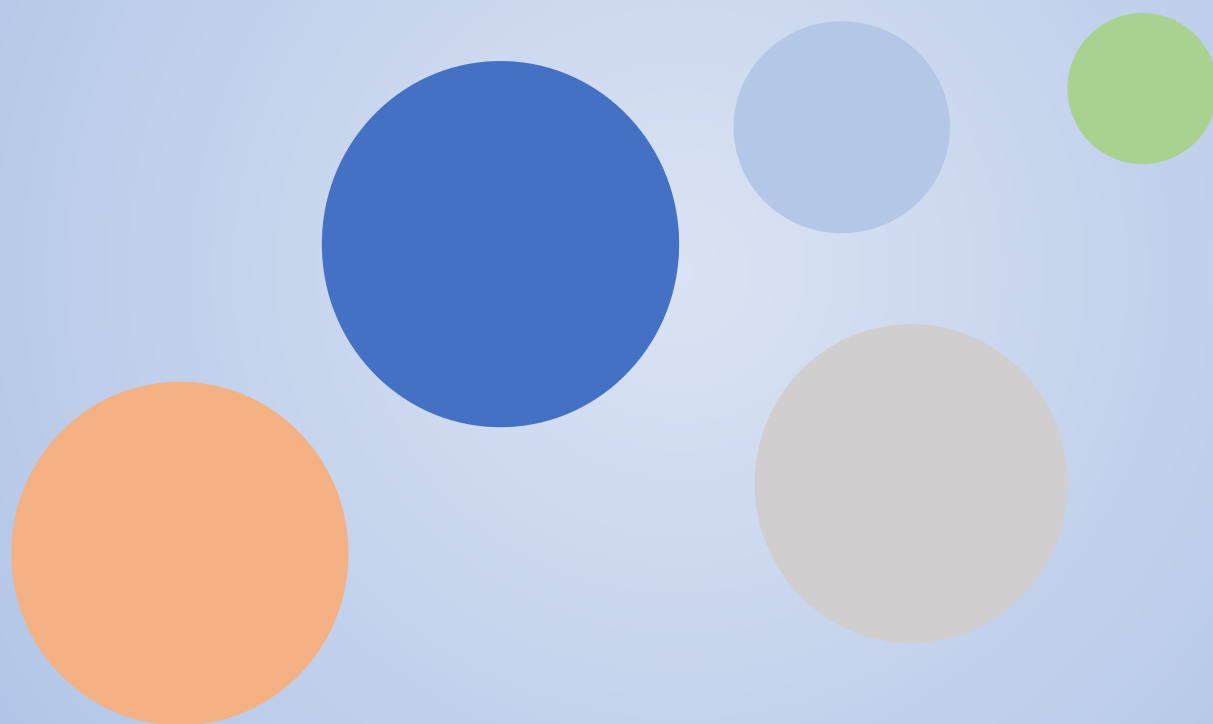


河川設計等の手引き



令和6年2月

愛知県建設局河川課

はじめに

本県が昭和 51 年 3 月に編集・発刊した「河川・海岸事業の手引」は、昭和 62 年 4 月に改訂されて以降、通称“3 部作”として長らく活用されてきました。

この間、県内では、内津川の堤防の決壊をはじめ各地で浸水被害が発生し、企業のサプライチェーン寸断が社会的課題となった平成 3 年の台風第 18 号や、伊勢湾台風以来の甚大な水害となり特定都市河川浸水被害対策法制定のきっかけとなった平成 12 年の東海豪雨、局地的豪雨の凄まじさを日本中に知らしめることとなった平成 20 年 8 月末豪雨など、幾多の水害を経験してきました。

また、平成 9 年には治水・利水に加え、環境を河川管理の目的に加えた、河川法の改正がありました。この改正は、河川環境は整備や管理の際に付帯的に配慮するものではなく、常に自然環境においてその役割を果たすものとしていくことを法律に位置づけて責務としたもので、変わりつつあった河川の整備や管理のあり方を明確に転換するものとなりました。

さらに、平成 23 年の東日本大震災や、近年、全国各地で多発する水害は、想定外を設けないリスク管理への移行を促し、施設の設計や管理、水門等操作の考え方の見直しやソフト対策の充実、そしてあらゆる関係者が防災・減災に取り組む流れへとつながっています。

こうした河川をとりまく状況が変遷する中、近年は「河川・海岸事業の手引」＝“3 部作”を実質廃止し、個々の基準や通知に基づき設計や整備、管理を進めてきましたが、河川ならではの多岐にわたる項目やその難しさから、“3 部作”に代わる総合的な指針を求める声は大きく、今後の社会情勢の変化や気候変動等の課題にも適切に対応していくために、今回「河川設計等の手引き」を発刊することとしました。

本手引きは、「河川砂防技術基準」(国土交通省)を軸に、本県で培ってきた独自の基準などを補足・解説するとともに、「多自然川づくりアドバイスブック」や「愛知県排水機場等長寿命化マニュアル」といった、設計や整備、管理、許認可等を行う場面で基準とすべき図書等を示す構成としました。この構成や内容は、今後、ニーズに応じて随時検討を加え、柔軟に拡充・改定していきます。

なお、海岸と災害関係については、別途、基準等が整理されていることから、今回は対象外としています。

本手引きが、河川の整備や管理、利活用に関わるすべての皆様の一助となり、愛知の良好な河川の実現につながっていくことを期待いたします。

令和 6 年 2 月

愛知県建設局河川課長 西村 薫

目次

本手引きの取り扱い	1-1
-----------	-----

調査編

第1章 総論	2-1
第1節 総説	2-1
第2章 水文・水理観測	2-1
第1節 総説	2-1
第2節 降水量等観測	2-4
第3節 水位観測	2-8
第4節 流量観測	2-19
第3章 水文解析	2-49
第1節 水文統計解析	2-49
第2節 流出解析	2-64
第4章 河道特性調査	2-85
第1節 総説	2-85
第2節 河道特性調査に際しての基本的捉え方	2-88
第5章 河川における洪水流の水理解析	2-97
第1節 総説	2-97
第2節 洪水流解析の目的	2-97
第3節 目的に応じた洪水流解析手法の選定	2-99
第4節 計算手法の説明	2-102
第5節 パラメータの設定	2-110
第6章 氾濫解析	2-115
第1節 総説	2-115
第2節 氾濫域調査	2-115
第3節 外水氾濫解析	2-117
第4節 内水氾濫解析	2-122
第5節 氾濫解析結果の活用	2-124

計画編

第1章 河川計画	3-1
第1節 河川計画に関する基本的な事項	3-1
第2節 洪水防御に関する計画の基本的な事項	3-5
第2章 河川環境等の整備と保全及び総合的な土砂管理	3-20
第1節 河川環境等の整備と保全	3-20
第3章 河川管理施設配置計画	3-29
第3-1章 河道並びに河川構造物	3-29
第1節 河道計画	3-29
第2節 捷水路及び放水路	3-50
第3節 貯水池（ダム）	3-53

第4節	遊水地等	3-58
第5節	堰、水門、樋門	3-60
第6節	流況調整河川計画	3-61

設計編

第1章	河川構造物の設計	4-1
第1節	総説	4-1
第2節	堤防	4-2
第3節	護岸・水制	4-27
第4節	床止め	4-62
第5節	堰	4-95
第6節	樋門	4-150

維持管理編

第1章	総説	5-1
第1節	目的	5-1
第2節	河川維持管理の基本方針	5-3
第3節	適用範囲	5-6
第2章	河川維持管理目標	5-8
第1節	河川環境の整備と保全に係る目標	5-8
第3章	河川の状態把握	5-10
第1節	堤防点検等のための環境整備	5-10
第2節	河川巡視	5-11
第3節	点検	5-14
第4章	河道流下能力の維持管理のための対策	5-23
第1節	樹木の対策	5-23
第5章	河川区域等の維持管理対策	5-25
第1節	一般	5-25
第2節	不法行為への対策	5-27
第3節	河川の適正な利用	5-33
第6章	水防等のための対策	5-35
第1節	水防のための対策	5-35
第2節	水質事故対策	5-38
第7章	愛知県における留意事項	5-40
第1節	護岸修繕及び維持管理における袋詰玉石を使用する際の留意点	5-40
第2節	河川に設置する標識	5-41
	河川一覧表	6-1

本手引きの取り扱い

本手引きは、河川計画・河川設計等における基本的な考え方や手法等について、「河川砂防技術基準」（国土交通省）※をはじめとする既存の各種技術基準資料の考え方と整合を図りつつ、愛知県が管理する河川に対して技術的な参考資料としてとりまとめたものである。

本手引きについては、現時点における知見に基づいてとりまとめたものであるが、各種政令、国土交通省及び関連機関から発信されている技術基準、指針等が改定になった場合は、本手引きも適宜改定を行うものとし、本手引きが改定されるまでは記述内容を読み替え、改定された各種政令等の内容を優先するものとする。

また、本手引きは検討を行う際の技術的な考え方を記載したものであるが、河川計画・河川設計等に当たっては、これに限定せず、対象河川の特徴や技術的課題等を十分把握した上で、適宜解析法や考え方等を検討するものとする。

「河川設計等の手引き」は、基準の適用上の位置付けを明確にするために、下表に示すように適用上の位置付けに分類している。

分類	適用上の位置づけ
考え方	目的や概念、考え方を記述した事項。
必須	技術的に明確であり遵守すべき事項。
標準	周囲の条件等によって一律に規制することはできないが、特段の事情がない限り記述に従い実施すべき事項。
推奨	周囲の条件等によって実施することが良い事項。
例示	適用範囲や実施効果について確定している段階ではないが、周囲の条件等によっては導入することが可能な新技術等の例示。 周囲の条件等によって限定的に実施できる技術等の例示。 具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。

※本手引きに記載のある「河川砂防技術基準」（国土交通省）は、国土交通省 水管理・国土保全局が河川等に関わる技術的事項について標準を定めたもので、「調査」「計画」「設計」及び「維持管理」の4編からなる基準のことをいう。

調査編

第1章 総論

第1節 総説

<考え方>

本手引きの調査編は、河川の計画、設計及び維持管理等の適正な実施に資することを目的として、現状の技術水準に照らし合わせて基準となる調査手法等を規定したものである。

第2章 水文・水理観測

第1節 総説

<考え方>

本章は、河川に関わる計画と管理等のためのデータを得ることを目的とした、降水量、水位、流量、地下水及び関連水文気象要素等の観測と、結果の整理・分析に必要な技術的事項を定めるものである。

本章で扱う水文・水理観測については、以下の3つのカテゴリーに分けることができる。本章各節とこれら3つのカテゴリー（サブカテゴリーまで含めると4つ）との関係については、2)で述べる。

- ・ カテゴリー1：基盤・汎用観測
 - ・ カテゴリー2：特定目的観測
 - ・ カテゴリー3：総合観測
- | | |
|---|-----------------|
| { | 3.1 河川の流れの総合的把握 |
| | 3.2 河川・流域の水循環把握 |

なお、調査編において、このカテゴリー分けは観測に対してのものであり、1つの観測所において複数のカテゴリーにまたがる観測が行われる場合もあり、観測所を無理に1つのカテゴリーに当てはめる必要はない。

1) 3つのカテゴリーの説明

a) カテゴリー1：基盤・汎用観測

水文・水理量に関する基盤的な情報を汎用目的に蓄積するための観測である。その特徴は次のとおりである。

- ・ 降水量、水位、流量など、個々の水文・水理量を対象とし、それ自体の把握が観測の第一の目的となる。
- ・ 当該水文・水理量に対応した観測法単独で所要の精度を確保することが基本となる。
- ・ 基盤的情報として、汎用的に活用できるように蓄積される。
- ・ 代表的な活用として統計資料用のデータ蓄積があることなどから、長期にわたる継続的な実施、手法の一貫性、全国的な網羅性が重視される。
- ・ 精度や信頼性について一定の条件を満足する均質な情報が蓄積されるよう、一律な精度管理がなされることが基本となる。
- ・ 観測法については信頼性・確実性・堅牢性が重視される。
- ・ 観測手法の技術的改良は、慎重な検証を伴い、段階的な改善を通じて逐次行われることが基本となる。
- ・ 観測の実施方法等に関して、法律や業務規程（国土調査法、気象業務法、水文観測業務規程等）により定められる部分が多い。

b) カテゴリー 2：特定目的観測

特定の目的のために水文・水理量を把握する観測である。目的としては、「ある個別の技術判断を行うこと」や「ある個別の技術情報を得ること」などがある。たとえば、水防活動等において、的確な予警報や早期避難などの実施に役立てるため、特定の場所の降水量や流速、洪水位、氾濫水位などを把握すること、河道内の洪水流や洪水氾濫流、浸水、津波等の痕跡高の空間分布を測定することなどがある。その特徴は次のとおりである。

- ・ 汎用的な活用が主目的ではないことから、目的に応じて行うことが基本になる。
- ・ 個々の目的に応じて、最適な観測手法を柔軟に採用し、観測の実施方法についても機動的となることがある。
- ・ 観測手法あるいは観測結果の利用方法について、先導的取組となる場合がある。
- ・ 観測データの蓄積方法については、個々の目的に応じて適宜行うことになる。

c) カテゴリー 3：総合観測

単一箇所の一種類の水文・水理量ではなく、一定期間、一定範囲において多点かつ複数種類の水文・水理量を対象として、水理現象等の全体状況やシステム、相互関係等を明らかにすることを目的として、総合的あるいは統合的な観点から組み立てられた観測である。本章で扱う水文・水理観測については、以下の2つのサブカテゴリーがある。

① カテゴリー 3.1：河川の流れの総合的把握

観測データと水理的考察に基づく解析等を行うことにより、一定範囲の河川の流れる水理システムとして把握することを主たる目的とするものである。水位、流速、流量を一括して観測対象とすることが一般的である。その特徴は次のとおりである。

- ・ 水位や流量という一種類の水文・水理量を観測するのではなく、対象とする流れを特徴づける複数種類の水文・水理量を複数地点で同時に観測し、更にこれを一定時間内の多時点で行い、得られた水文・水理量データの相互関係を把握できるようにすることが基本となる。
- ・ 観測対象となる水理量は、対象とする流れ及びそれを支配する水理システムから決められる。
- ・ 観測及び解析等の結果として、個々の水理量を、カテゴリー 1 などにより直接観測するよりも高い頻度で求める場合がある。
- ・ カテゴリー 3.1 は、観測と水理解析を一体的あるいは双方向的に捉えるものである。カテゴリー 3.1 の観測が適用される場については、多くの場合、総合的な流れの特徴の把握を必要とする課題を有する河川区間という観点から決められることになる。
- ・ 水位や流量との水理システムを介しての相互作用関係がない降水量は、通常、カテゴリー 3.1 の観測対象とはならない。
- ・ 水理システムの構成要素に河床変動や流砂量まで組み込み、観測をデザインするという方法もある。

② カテゴリー 3.2：河川・流域の水循環把握

カテゴリー 3.2 の観測は、降水、蒸発散、地中への浸透、地下水流動、流域から河川への降雨流出、河川における流れ、河川水と地下水との出入り、といった自然系の水循

環を基本に、必要に応じて上水道、工業用水道、下水道、農業用排水路等を経由して流れる人工系の水循環を組み込み、対象とする河川流域内に存在するこれらの水循環過程を総体的に把握することを主眼に行われるものである。把握対象には、必要に応じ、適切な時間スケールでの水収支の観点も含める。カテゴリ3.1の観測と同様に、個々の水文・水理量の観測は、水循環の状況を把握するという全体目的の中で位置付けられ、相互の関係把握が重視される。ここで、カテゴリ3.1では対象河川区間の水理システムが観測をデザインする際の基軸になるのに対し、カテゴリ3.2では、対象河川流域の水循環が基軸になる。

2) 水文・水理観測における各カテゴリの位置付け及び相互関係

水文・水理観測において、カテゴリ1は、国土管理全般に資する基盤的データを整備するために、カテゴリ2は特定の目的を達成するために、カテゴリ3.1と3.2はそれぞれ対象エリアにおける水理システムあるいは水循環状況を把握するために用いる。ただし、これらのカテゴリは、図2-1-1に示すように、互いに重複する部分を持ち、また、相互補完的な関係をなす。たとえば、カテゴリ1の観測結果が、カテゴリ2、3.1、3.2の観測に活用されることがあり、また、カテゴリ2の観測を通じて得られた新しい観測手法がカテゴリ1の観測手法の改善に最終的に反映されることもある。カテゴリ2の結果がカテゴリ3.1や3.2の観測に組み込まれることもあろう。さらに、カテゴリ3.1の観測結果がカテゴリ1のそれを補完する情報として役立てられることも考えられる。こうしたことから、水文・水理観測に当たっては、当該観測がどのカテゴリに属するかを意識し、カテゴリの違いによる基本的な性格の差異を踏まえ、更にカテゴリ間の相互補完関係に留意して他カテゴリへの活用を考慮することで、当該観測の位置付けについての理解を高め、もって観測とその結果の活用がより適切かつ効率的で有効なものとなるよう工夫することが重要である。

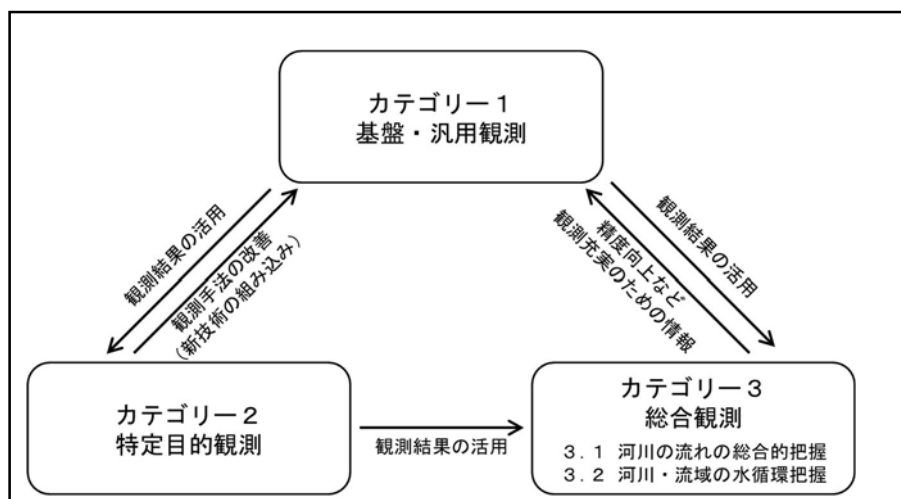


図2-1-1 3つのカテゴリ間の相互関係

<標準>

水文・水理観測は、その目的等に応じ、カテゴリ1（基盤・汎用観測）、カテゴリ2（特定目的観測）、カテゴリ3（総合観測）のカテゴリに分けることができる。

なお、カテゴリ分けは観測に対してのものであり、観測所を1つのカテゴリに当てはめる必要はない。

第2節 降水量等観測

2.1 総説

<考え方>

本節は、降水量及び関連気象水文要素の観測を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

降水は、大気から地面に降下する水のことであり、一般に、降雨と降雪に大別される。

降水量は、ある時間内に地表の水平面（又は地表の水平投影面）に達した降水の量であり、降水が平面上にたまったと仮定した場合の深さで表す。測定単位はmmである。

降雨強度は、ある定められた時刻間に測定された降水量を1時間あたりに換算したものであり、単位はmm/hである。

降水量観測は、河川・砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等による水災害への対応等を実施するための最も基本的な調査項目の一つである。

関連気象水文要素は、降雪深、積雪量、気温、湿度等をいい、河川流域の水循環や水資源の調査のため観測が行われる。

これらの観測により得られるデータは、近年、地球温暖化の進行に伴う気候変化による洪水や渇水等に与える影響が懸念されており、温暖化に伴う様々な影響への「適応策」を講じるためにも、長期にわたる同一品質の観測データの確保が必要である。

そのため、本節で主に扱うのは、本章 第1節 総説 で説明した3つのカテゴリーのうちのカテゴリー1である。

2.2 降水量等観測の方法

<標準>

降水量観測は、自記雨量計（自動記録装置を備えた雨量計）を用いた地上雨量観測を標準とする。

レーダ雨量計による観測は、空間的な網羅性等、面的な降水量分布を的確に評価するために必要であり、自記雨量計による観測に加えて実施する。

また、関連気象水文要素観測は、対象観測要素に対応した計器により実施する。

2.3 自記雨量計による観測

<考え方>

降水量観測は、河川に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等による水災害への対応等を実施するため重要である。また、地上雨量計観測は、面的な降水量分布の把握を補完するレーダ雨量観測の精度管理を行う観点からも重要である。

そのため、適切に配置、必要な機能を備え、適切に維持管理された自記雨量計等からなる地上雨量観測所により適切に観測を行う必要がある。

また、降水量観測結果が既往の河川計画の基本資料として利用され、今後も継続して用いられることが想定される観測所については、優先して観測を継続することが重要である。

なお、降水量観測は、気象業務法に基づき実施しなければならない。

2.3.1 地上雨量観測所の配置

<必須>

自記雨量計を設置する地上雨量観測所は、河川等の計画・管理上、適正な観測網となるように配置しなければならない。

<標準>

自記雨量計は、以下の基準に従い、設置することを標準とする。

- 1) 観測対象区域をおおむね均一の降水状況を示す地域に区分して、各地域に1観測所を配置するものとする。
- 2) ただし、おおむね均一の降水状況を示す地域に区分することが困難であるときは、観測対象区域をおおむね50km²ごとの地域に区分して、各地域に1観測所を設置するものとする。
- 3) 河川構造物等の管理のための降水量観測については、上記基準に捉われず、必要に応じて個別に自記雨量観測所を設置することとする。
- 4) 気象庁による観測データ等、河川計画・管理上の目的に適合した属性・品質の降水量観測データが別途得られる場合には、それも考慮に入れた上で観測網を検討するものとする。

<例示>

流出解析を行う観点から、その計算単位となる流域の平均降水量（面積雨量）を精度よく把握することが重要である。当該流域の面的な降水量分布特性をレーダや密な地上雨量計による観測等から把握し、流域平均としての降水量を精度よく把握できる観測網を設定することが望ましい。面的降水量分布特性が把握できる資料が存在しない場合、ある流域面積と地上雨量計設置密度に対して、把握できる面積雨量としての観測精度を簡易的に推定する手法として、橋本(1977)の研究事例がある。

それによると、面積雨量としての降水量観測の誤差は、次式で表される。

$$E_s = \frac{e_s}{\mu} = \frac{\sigma}{\mu} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \quad (2-2-1)$$

ここに、 σ : n個の観測所で得られた観測値の標準偏差

μ : " 平均值

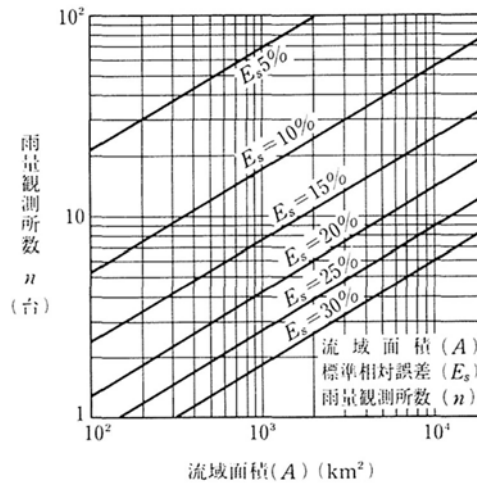
e_s : 標準誤差 (= σ / \sqrt{n})

C_v : 変動係数 (= σ / μ)

E_s : 標準相対誤差

変動係数 C_v は、降雨特性や流域特性（大きさ、地形）によって異なる。

上式と利根川流域等における一雨連続雨量での C_v の実測値から、雨量観測所数と観測誤差の関係を図2-2-1に示す。この図から、50km²に1台程度の雨量計の設置密度で一雨連続雨量の面積雨量誤差を10%程度以内に抑えることができるのは、流域面積が1,000km²程度以上の場合であることが読み取れる。流域内の降水分布に関する知見がなく雨量計をおおむね均一に配置しているなどの前提条件の下での結果であるが、支川や中小河川の河川管理におけるレーダ雨量による補完の必要性を示唆している。



出典：橋本健，佐藤一郎：面積雨量の精度と雨量観測所数，土木技術資料，Vol. 16, No. 12, pp. 631-637, 1974.

図 2-2-1 雨量観測所数と観測誤差精度の関係

2. 3. 2 地上雨量観測所の設置場所の選定

<標準>

地上雨量観測所は、その観測所が代表することを期待される当該地点並びにその周辺領域の降水量を適正に計測できる場所に設置することを基本とする。

原則として、以下の事項に掲げる条件に適合することを基本とする。

- 1) 地形の狭窄や急変等により気流や降水が特殊な値を示すようなことがない地点であること。
- 2) おおむね 10m 四方以上の広さの開放された土地であって、局所的な気流の変化が少ないこと。
- 3) 豪雨時に浸水や崖崩れのおそれがないこと。
- 4) 観測や巡回点検に便利であること。

2. 3. 3 地上雨量観測所が備えるべき設備

(1) 自記雨量計

<必須>

降水量観測用の自記雨量計は、求められる時間の降水量を的確に無人・自動で観測でき、「気象業務法」及びこれに基づく「気象測器検定規則」に適合したものでなければならない。

また、雨量計は、以下の事項に対応しなければならない。

- 1) 雨量計の受水口は水平に設置するとともに、風の影響が著しいと思われる観測所では、受水口に風よけを付けること。
- 2) 凍結が生じるおそれのある地点では、凍結防止機能の付いた雨量計（たとえば、温水式雨量計、ヒータ付雨量計等）を用いること。
- 3) 降雪による降水量を観測する観測所では、温水式雨量計若しくは溢水式雨量計を用いるとともに、常に積雪面上に受水口が出ているように設置すること。

<標準>

雨量計の受水口の直径は20cmを標準とする。

設置地点の制約により観測局舎の屋上等に雨量計を設置する場合には、たとえば屋上の中央部に雨量計を設置するなど、局所的な気流の影響を受けないように配慮するものとする。

(2) 自動記録装置

<標準>

地上雨量観測所には、自記紙やデータロガー等の自記記録装置を設置することを標準とする。

自動記録装置は、無人・自動での確実な観測データ記録と定期的なデータ収集に支障のないように設置することを標準とする。

(3) 自動データ伝送装置

<必須>

河川管理・施設管理上、リアルタイム観測が必要な自動雨量観測所は、求められる時間の降水量を的確に伝送できる自動データ伝送装置（テレメータ等）を備えなければならない。

<標準>

自動データ伝送装置は、10分以下の観測間隔の機能を有するものを標準とする。

自動データ伝送装置は、「電気通信施設設計要領（案）（通信編）」に基づき設計されたものを標準とする。

(4) 標識

<必須>

地上雨量観測所には標識を設置しなければならない。

標識には、観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度（世界測地系）、標高、観測所記号を記載する。

(5) 観測小屋

<必須>

地上雨量観測所には、観測小屋、柵を設置することとし、観測小屋は雨量計による観測の障害物とならないように設置しなければならない。ただし、設備の特性や設置条件等により、不要と判断できる場合は設置しなくてもよい。

<標準>

観測小屋は、地震等の自然災害時や停電時における機能確保を考慮して設計し、非常用発電設備など必要な設備を設置することを標準とする。

2.3.4 観測所台帳

<必須>

地上雨量観測所を設置した場合には、雨量観測所台帳及び付図を作成しなければならない。

台帳には、雨量観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載する。雨量計等の移設や交換等の変更が生じた場合には、気象業務法上の届け出とともに、台帳への記載加筆を速やかに実施しなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

地上雨量観測所には、雨量観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。ただし、観測小屋を設置していない場合はその限りではない。

雨量観測所を新設・変更・廃止する場合は、気象業務法上の届け出を行う。

<標準>

観測所台帳及び付図は電子的に保管、編集が可能なものとし、電子的方法により管理することを標準とする。

2.3.5 観測の実施と観測所の維持管理

(1) 観測の実施

<必須>

降水量の観測の実施に当たっては、「水文観測業務規程」及び「水文観測業務規程細則」の定めに従わなければならない。

(2) 地上雨量観測所の維持及び管理

<必須>

地上雨量観測所の維持及び管理の実施に際しては、「水文観測業務規程」第8章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」第8章 観測所の維持管理等の定めに従わなければならない。自動データ伝送装置は、「電気通信施設点検基準（案）」に基づき点検を実施しなければならない。

また、観測所ごとに維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

<標準>

観測所の点検は、観測所の維持管理において最も重要である。点検については、以下に示す総合点検及び定期点検を組み合わせることを基本とする。

- 1) 総合点検は、年1回以上（出水期前等。必要に応じて回数を増やす。）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の内部に対して詳細点検を実施し、擬似テスト等による点検を含めた総合的な保守及び校正を行う。この点検は、測定部（受水部）、記録部、器械類の故障の有無を確認し、観測データの精度向上を図ることを主たる目的としている。
- 2) 定期点検は、月1回以上（総合点検を除いた月）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の外部に対して目視による点検を中心に行う。この点検は、測定部（受水部）、記録部、器械類の機能障害等の異常を早期に発見し、観測データの欠測や異常値を生じさせないことを主たる目的とする。

第3節 水位観測

3.1 総説

<考え方>

本節は、水位観測を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

水位とは、ある基準面からの水面の高さであり、河川、湖沼、貯水池、遊水地、内水、河口及び地下水等の水文・水理現象を把握することを目的として観測を行う。その観測結果は、当該地点における水位の把握のほか、個別地点の水深やほかの地点との関係の中での水位差・水面形・水面勾配に換算したり、本章 第4節 流量観測 で記述する流量や流速に変換し

たりすることで活用される。

水位観測は、河川に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等の水災害への対応等を実施するための、最も基本的な調査項目の一つである。

本節で主に扱うのは、本章第1節 総説 で説明した3つのカテゴリーのうちのカテゴリー1である。ただし本節3.9では、実務上の重要性に鑑み、カテゴリー2に属する簡易観測や洪水痕跡水位調査を記載している。

<標準>

水位観測は、河川、湖沼、貯水池等における、ある基準面からの水面の高さの観測であり、これらは関連通知等に従い実施する。

3.2 水位の基準面の取り方

<考え方>

水位の測定表示単位は、mとし、読み取り最小単位は、1/100 mとする。

水位の基準面の取り方には、主に以下の3種類がある。

- 1) 水位観測地点において、当該地点独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。
- 2) ある水系内の上流から下流に至る観測所間での水位の相互関係を明らかにするため、当該水系独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。
- 3) 東京湾平均海面 (T.P.) を基準面とし、そこからの水面の高さとする方法。

上記 1) の基準面の取り方は、水位観測の目的 (水防活動の基準等) や河川断面・堤内地標高等の特性を考慮して最も適切な基準面 (零点高) を地先ごとに定める方法である。

しかし、それだけでは、複数地点の水位を比較することができないことから、水系一貫の河川計画・管理を行う場合には、上記 2) 、 3) のように当該水系における統一基準面を設定した上での基準面の取り方が有効となる。上記 3) の基準面の取り方は、水面の標高表示といえるものであり、水系をまたがる全国統一基準面での水位となる。

また、水位は、河川・湖沼等における流れ、貯留量等を把握するための基本量であることから、一般には波浪の影響を受けない平均的な水面の高さを測定する必要がある。このことから、水位は、波浪の影響を受ける瞬時値ではなく、当該地点の水利特性を表す時間平均値として計測することが必要である。

<標準>

水位の測定表示単位は、mとし、読み取り最小単位は、1/100 mとする。

水位の基準面の取り方は、以下の3種類を基本とする。

- 1) 水位観測地点において、当該地点独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。
- 2) ある水系内の上流から下流に至る観測所間での水位の相互関係を明らかにするため、当該水系独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。
- 3) 東京湾平均海面 (T.P.) を基準面とし、そこからの水面の高さとする方法。

3.3 水位観測の方法

<考え方>

水位観測は自記水位計または水位標によって実施する。通常の観測は、自記水位計により実施し、自記水位計の故障や水位計の校正のため、近傍の水位標を用いる。

また、水位計には接触型、非接触型とも様々な種類があり、観測目的や環境に応じて選定する。

<標準>

水位観測は自記水位計または水位標を用いた観測を標準とする。なお、自記水位計による水位観測値は、同一横断面内に設置した水位標による水位観測値と一致していることが原則であり、必要に応じて水位標による観測によって校正もしくは補完するものとする。

<例示>

河川等の調査でよく使われている水位計には次のようなものがある。

表 2-3-1 主な水位計の種類

検出方式	機器名称	説明
接触型 フロート式	フロート式水位計	水面に浮かべたフロートと錘とをワイヤーで結び、そのワイヤーを滑車にかけて、回転量を記録する。設置については観測井が必要である。
	リードスイッチ式水位計	水中に測定柱を立て、その中に磁石の付いたフロートと一定間隔に並んだリードスイッチを配置し、フロートの上下によるスイッチのON/OFFにより水位を測定する。設置のためにH鋼杭などの支柱が必要である。
接触型 圧力式	気泡式水位計	水深と水圧が比例することから、水中に開口した管から気泡を出すときに必要な圧力を測定し、機械的または電氣的な変換により水位を測定する。気泡管を水中に固定するだけで設置は簡易である。気泡発生装置が必要である。
	水圧式水位計	水中に設置された圧力センサーの信号を電氣的に変換して水位を測定する。センサーには半導体式や水晶式などの種類がある。電池で長時間作動し、データを記録するロガー付きの小型タイプのものであれば、現場に機器を取り付けるだけで、比較的簡単に水位の時間変化測定を行うことができる。
非接触型	超音波式水位計 電波式水位計	超音波又は電波送受波器を水面の鉛直上方に取り付け、超音波または電波が水面に当たって戻ってくるまでの時間を測定することにより、水位を測定する。非接触型であるため、流路の変動時に対処しやすい。
	CCTVカメラ	水位標または橋脚や護岸など水面輝度の違いを認識できる場所を利用して、CCTVカメラから水面位置を認識し、水位標や事前測量データと組み合わせることで水位を観測する。CCTVカメラによる水位標等を利用した水位観測は、状況によっては自記水位計による水位観測値の校正もしくは補完に利用できる。一般に継続的な観測には適していない。

3.4 水位観測所の配置と設置

3.4.1 水位観測所の配置

<必須>

水位観測所あるいは観測地点は、観測の目的に応じて、河川等の計画、管理上などの重要な地点にその配置を検討しなければならない。

<推 奨>

水系全体から見た適正な観測網を構成する重要な地点としては、以下の地点を選定することが望ましい。

- 1) 重要支派川の分合流前後、堰・水門等の上下流
- 2) 流量を観測する地点
- 3) 狭窄部、遊水地、湖沼、貯水池、内水及び河口等の水理状況を知るために必要な地点

なお、洪水時に水位流量曲線がループを描く流量観測所では、近隣の水位観測所との水位差（水面勾配）を考慮に入れた水位流量曲線を導入することにより、流量観測精度が高くなる場合がある。その場合は、当該観測所の上下流地点にも水位観測所を別途設置することが望ましい。

一方、近年、中小河川や河川上流部・支川における水害発生が顕著となっており、従来よりもきめ細かな観測網による水位予測の精度の向上をとおして早期避難や的確な水防活動を実施するなどの危機管理体制の強化が必要となってきた。このような場合は、3.9に示す簡易観測等を実施することが望ましい。

3.4.2 水位観測所の設置場所の選定

<標 準>

水位観測所は次の各項に掲げる条件を考慮し、要求される精度の観測が行える場所に設置することを標準とする。

- 1) 水流の乱れが少なく、流心が安定している場所
- 2) 流路や河床の変動が少ない場所
- 3) 観測所の維持管理が容易な場所
- 4) 観測所に設置すべき自記水位計のデータ表示・記録等を担う自動記録装置や自動データ転送装置等に関しては、洪水時を含めてその設置場所へのアクセスが可能であり、観測作業を実施するに当たって危険が少なく安全である場所

<推 奨>

水位観測所の具体的な位置設定に当たっては、上記のほか、以下のような事項にも留意することが望ましい。

- 1) 湖沼・貯水池、場合によっては河川においても水面の振動現象（セイシュ）が発生して水位観測の精度が低下する場合がある。そのため、事前に調査を実施し、水面の振動現象が発生しない場所に設置する、又は振動の静止点（節ともよぶ）に観測所を設置するなどの対応が必要である。
- 2) 内水水位観測の場合には付近の地形・地物を考慮して代表性のある所を選ぶ必要がある。
- 3) 感潮河川の感潮区間上流で、感潮区間内ではないとされている地点においても、近時の河床低下等で潮汐の影響を受けていることがあるので、非感潮区間で観測する場合には、特に満水期の大潮時に調査を行っておく必要がある。

3. 5 水位観測所が備えるべき設備

3. 5. 1 総説

<標準>

水位観測所は、以下の設備等を備えることを標準とする。

- 1) 自記水位計（自動記録装置、自動データ転送装置を含む。）
- 2) 水位標（量水標）及び水準基標
- 3) 標識
- 4) 電源装置（非常用発電設備含む）

河川における自記水位計および水位標については、以下に示す水位の範囲を精度良く計測できるように設置することを標準とする。

計測下限：水位標については、既往の最低水位より 1m 以上低い水位。自記水位計については、既往の最低水位より 0.5m 以上低い水位または、現況河床高。

計測上限：無堤区間の場合、計画高水位又は既往最高水位より 1m 以上高い水位。有堤区間では、堤防天端より 0.5m 以上高い水位。

河川以外に設置する水位計についても、その目的に照らして計測しておくべき範囲の水位を欠測しないように設置するものとする。

目的を低水計画・管理若しくは、高水計画・管理に明確に区別して絞り込むことができる場合は、いずれかの目的に対応する水位範囲のみを観測する設備としてもよい。

なお、カテゴリ 2 やカテゴリ 3 等で行う観測の設備は、観測目的に応じ、水位標・水準基標・標識を設置しなくてもよい。

3. 5. 2 自記水位計

(1) 自記水位計が満たすべき要件

<必須>

自記水位計は、水位の時間平均値を記録・出力することができなければならない。ただし、自動記録装置として自記紙のみを採用し、かつ、自動データ伝送装置を備える必要のない自記水位計については、その限りではない。

データ表示・記録等を担う自動記録装置や自動データ転送装置等に関しては、堅固な基礎の上に、洪水時にも冠水しない高さに据え付けなければならない。

水位の最小読み取り単位は 1/100 m を原則とする。高い精度を要求される場合には、必要に応じて最小読取単位を小さくするものとする。

<標準>

データ表示・記録等を担う自動記録装置や自動データ転送装置等に関しては、洪水時を含めてその設置場所へのアクセスが可能な場所に設置することを標準とする。

また、水位計としての必要な性能を満たすことを証明する試験成績書が添付された水位計を使用することを標準とする。

(2) 自記水位計の選定・設置

<標準>

自記水位計の機種を選定及び設置に当たっては、水位計設置場所の水理特性や地形等に適

合していること、目的に応じ洪水や濁水のような異常時も含めて計測すべき最低水位から最高水位まで継続的に安定したデータが取れること、必要精度を満足すること、設置地点の条件下において維持管理が容易であり、設置も含めた経費が適正であること等を総合的に判断して、機種と設置位置を選定するものとする。

<例 示>

主要な自記水位計について、選定に当たっての参考事項を以下に例示する。

表 2-3-2 主な自記水位計の比較選定時における参考事項

水位計の種類	選定における参考事項
(1) フロート式水位計	センサ本体には電子部品がないため、電源異常や中断時の対応が容易であり、長期にわたる水位観測データの収集・蓄積において歴史的に大きな役割を果たしてきた実績がある。しかし、観測井・導水路（導水管）を伴う施設整備が必要であり、河床変動・土砂輸送が激しい河川では、導水路（導水管）の水流からの隔絶や土砂堆積による閉塞への対策が必要である。
(2) リードスイッチ式水位計	観測井が不要で H 型鋼を利用して比較的容易に設置ができ、中下流部での観測に多く用いられる。低水から高水までの観測を確保するために、一般に同一横断面に複数のセンサを設置する必要がある。流下物の影響を小さくするゴミよけ等の対策が必要である。
(3) 気泡式水位計	気泡が送気管から出るときの圧力を測る水位計である。以前に比べてシステム全体が小型化されており、海外では、適用事例は少なくない。動水圧や、水温・濁度等による水の密度変化の影響には注意が必要である。
(4) 水圧式水位計	水中にセンサ部を固定すればよく、設置が容易である。しかし、動水圧の影響や、高速流・転石等によるセンサ流出・ケーブル破断、および、水温・濁度等による水の密度変化の影響には注意が必要である。センサ部が大気圧との差圧検知型でない場合は、大気圧補正が必要である。
(5) 超音波式水位計、電波式水位計	水面と全く接触せずに計測でき、観測断面内におけるセンサの設置位置の自由度が高いことから、高流速の地点や河床変動が激しく川筋が大きく変動する場所での設置に適している。センサ本体を空中に設置することから、風による振動や、設置土台の振動を抑制する必要がある。また、超音波式の場合、気温補正が必要である。
(6) CCTV カメラ	CCTV を活用して水位標または、橋脚等での水面を抽出することにより、水位の計測が可能であり、危機管理目的やより高度な河道管理への情報収集等を目的とした水位計測に用いることができる。橋脚を水面抽出の対象とする場合、橋脚による水位の乱れ（せき上げ等）の影響に注意が必要である。

(3) 自動記録装置

<必 須>

水位観測所には、自記紙やデータロガー等の自動記録装置を設置しなければならない。
 自動記録装置は、関連機材を収納することのできる観測小屋又は観測ボックス等の内部に設置し、無人・自動での確実な観測データ記録と定期的なデータ収集に支障のないようにしなければならない。
 ただし、カテゴリー 2 やカテゴリー 3 等の観測を目的とした水位計の場合はその限りではない。

<標 準>

自記水位計のうち、デジタル的に水位を表示・記録する装置の場合は、1 秒以下の時間間隔

で水位の瞬時計測値を得ることができ、それらのある一定時間内で平均した値（波浪等の影響を除いた水位の観測値）について、10分以下の時間間隔で表示・記録できる機能を有していることを標準とする。

なお、水位瞬時計測値を水位観測値とするためのサンプリング間隔（瞬時計測の時間間隔）とその平均時間については、本節 3.7.1 自記水位計による観測によるものとする。

（４） 自動データ転送装置

＜必 須＞

リアルタイム観測が必要な水位観測所は、自動データ伝送装置（テレメータ等）を備えなければならない。

＜標 準＞

自動データ伝送装置は、10分以下の時間間隔でデータを転送できる機能を有するものを標準とする。

自動データ伝送装置は、「電気通信施設設計要領（案）（通信編）」に基づき設計されたものを標準とする。

3.5.3 水位標

＜必 須＞

水位標は、量水板を用いて水位を目視観測するための設備であり、自記水位計の水位観測値を校正もしくは補完するためにも用いられる。

量水板の最小目盛の単位は原則として1/100 m としなければならない。

ただし、高い精度が要求される場合には、必要に応じて最小読取単位を小さくするものとする。

水位標の零点の標高（零点高）は、水準基標を基準として測量しておかなければならない。これにより、本節 3.2 に述べた各種の水位表示法について、目的に応じていつでも相互に変換できるようにしておくものとする。

水位標の零点高は原則として既往最低水位以下としなければならない。ただし、上下流の近接する既設水位標の零点高との関連も考慮して定めるものとする。また、河床掘削計画等がある場合には、その影響を見込んで設定するものとする。

夜間や出水時の場合でも、目盛を正確に読み取ることができる箇所に水位標を設置しなければならない。

水位計測範囲を大きくとる必要がある川では、2m 程度の支柱を護岸や堤防のり面に複数本設置し、水位上昇時においても、順次上位の水位標に読取を安全に引き継げるようにしなければならない。

その際、上位・下位の水位標目盛の重複は0.5m 以上とする。

水位標の設置後においても、その零点高は少なくとも年1回は測定しなければならない。その場合、水準器の読取の単位は1mm を用いる。

＜標 準＞

零点高の変化が見られた場合、零点高の変化時点（洪水、地震等）が分かる場合にはその時点より、分からない場合は前年の測定時点より、水位観測値を補正することを原則とする。ただし、補正の単位は1/100 m とする。

3. 5. 4 水準基標

< 必 須 >

水準基標（水準拠標）は、水位観測所（水位標）の零点高と東京湾平均海面（T. P.）及び当該水系における独自の統一基準面がある場合にはその基準面との関係を定義するために、水位観測の近くに水準点に準じて必ず設置するものとする。やむを得ず距離標等で代用する場合は堅固な構造としなければならない。

定期的な水準測量により、その標高を常に明らかにしておかなければならない。

地盤沈下・隆起のある地域では、地盤変動していないと推定される水準点を基準として水準測量しなければならない。

< 標 準 >

水準基標の測量精度は、2級水準測量とする。

3. 5. 5 標識

< 必 須 >

水位観測所には、標識を設置し、必要に応じ観測小屋、柵を設置しなければならない。

標識には、観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度、標高（水位標零点高）、河口又は合流点からの距離、水防団待機水位、氾濫注意水位を記載する。

また、必要に応じて、既往最高水位、計画高水位、観測所番号等、参考となる事項を記載するものとする。

3. 6 観測所台帳

< 必 須 >

水位観測所を設置し水位観測を行う者は、水位観測所台帳及び付図を作成しなければならない。

台帳には、観測所の位置や施設構造等に関する諸元のほか、水防団待機水位、氾濫注意水位及び氾濫危険水位並びに水位標位置、零点高及び観測機器の変化等を記載し、観測条件の変遷を明らかにしておかなければならない。

水位観測所には、水位観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

< 愛知県基準 >

愛知県では、上記の台帳及び付図は、所管する建設事務所で備え付けるものとする。

3. 7 水位観測

3. 7. 1 自記水位計による観測

< 標 準 >

自記水位計により計測した水位は、波浪の影響を排除するために、ある一定時間にサンプリングされた水位瞬時計測値群を対象として、その一定時間で平均した値を水位観測値として記録するものとする。

3. 7. 2 水位観測システムの二重化等

<標準>

水位観測所は、地震等の自然災害時や停電時における機能確保を考慮して設計し、非常用発電設備など必要な設備を設置することを標準とする。

<推奨>

河川計画・管理、洪水予報河川及び水位周知河川の基準局などの危機管理上重要な水位観測所においては、データの欠測を極力防止し、整合性のあるデータを極力継続して取得するため、必要に応じて観測システム（センサ及び記録部）の二重化を図ることが望ましい。

センサの二重化を図る場合には、設置地点は、同一地点、少なくとも同一横断面内を原則とする。やむを得ず、縦断方向に位置がずれる場合には、相互の水位関係を把握し、水位の相関を確認しておくこととする。

また、自記水位計の機種は異機種とすることが望ましい。

なお、主水位計と副水位計の切り替えは遠隔で可能とし、切り替えを行う場合には、切り替えの基準を明確にしておくこととする。

3. 8 水位観測所の維持及び管理

<必須>

観測設備の維持及び管理の実施に際しては、「水文観測業務規程」第8章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」の第8章 観測所の維持管理等の定めに従わなければならない。

また、観測設備ごとに点検や維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

<標準>

観測設備の点検は、観測設備の維持管理において最も重要である。点検は、以下に示す総合点検及び定期点検を組み合わせることを基本とする。それぞれにおいて点検すべき主要な事項は以下を標準とする。なお、これらの点検においては、水位標による水位観測値と自記水位計による水位観測値を必ず記録・比較し、自記水位計の校正をその都度図ることを原則とする。

- 1) 総合点検は、年1回以上（出水期前等。必要に応じて回数を増やす。）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の内部に対して詳細点検を実施し、擬似テスト等による点検を含めた総合的な保守及び校正を行う。この点検は、測定部（センサ）、記録部、器械類の故障の有無を確認し、観測データの精度向上が図られるよう保守及び校正を行うことを主たる目的とする。
- 2) 定期点検は、月1回以上（総合点検を除いた月）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の外部（表示値を含む）から判断できる点検を中心に行う。この点検は、測定部（センサ）、記録部、器械類の機能障害等の異常を早期に発見し、観測データの欠測や異常値を生じさせないことを主たる目的とする。なお、これらの点検においては、水位標読取値と自記水位計記録値を必ず記録・比較し、自記水位計の校正をその都度図ることを原則とする。

3.9 簡易観測等

3.9.1 洪水痕跡水位調査

<考え方>

洪水痕跡とは、堤防のり面等に繁茂する植生に付着した泥やゴミ等、当該洪水時に冠水したことを示す跡である。洪水痕跡水位は、任意の河道横断測線上において洪水痕跡が認められる最高地点の標高として測定するものである。多数の河道横断測線において痕跡水位を得ることで、当該出水時の左右岸に沿った最高水位の詳細な縦断分布を知ることができ、洪水流下のネック部（せき上げ）、河道の湾曲や砂州による左右岸の水位差、粗度係数等といった洪水の流下特性を調査するための基礎的データとして活用する。

本調査で得られる水位の精度は、本節 3.9.2 に後述するように、カテゴリ 1 の水位観測と比較して低いことが一般的である。また、痕跡であることから、その地点の最高水位を表すものであり、その生起時刻や水位の時間変化に関する情報は得られない。洪水痕跡水位調査にはこのような短所がある一方、縦断方向に密な測定が可能で、縦断的な水位分布に関する詳細な情報を得られる可能性が高く、洪水時の観測の困難さから考えて、洪水痕跡調査を行うことが洪水流の特性を知る上で非常に重要と認識され、実施されてきたところである。こうした観点から、カテゴリ 2 の具体例として記載する。

なお、水位の時間変化を測定することが技術的にもコスト面でも容易になってきたことから、縦断方向に密で、かつ時間変化の情報まで得られる水位測定が可能となってきた。したがって、こうした水位測定方法を洪水痕跡水位測定の代わりに採用する、あるいは併用するという選択肢があることを考慮しておくことが望ましい。

<推奨>

痕跡水位の測定については、以下により実施することが望ましい。

- 1) ピーク水位発生後、なるべく早く痕跡の位置を測定すること。又は杭・マーカ等で印を付けて、後日測定すること。
- 2) 痕跡の判定は、河岸・高水敷・堤防のり面の植生に付着する泥によるものを基本とする。ただし、樹木や茎の固い草本植物では、洪水流中では倒伏していたものが出水後に立ち上がり、そのため痕跡による水位が実際より高い位置になる場合があるため、その採用に当たっては、他の植物種の痕跡と比較するなど注意を要する。また、高水護岸上では一般に泥の付着による痕跡の判定が困難であり、確実な痕跡水位を得ることができない。そうした区間が左右岸とも連続する河道区間では、最高水位のみを記録する簡易な水位計等を設置すること。
- 3) 泥が見られずゴミで判定する場合には、測定対象地点周辺の痕跡をできるだけ多く観察し、低いものを除外し、高さがおおむね一致するほぼ直線上に位置する痕跡群を採用すること。ただし、護岸の設置された堤防や河岸のり面上には、最高水位の位置にゴミが残らず、小段等平坦面上に集積する場合がある。それらのゴミも上記のように観察した結果、痕跡群として採用される場合がある。このような護岸上（特に小段等平坦面上）における痕跡は精度が低い可能性があるため、測定する際にその旨を記録しておくこと。また、そうした区間が左右岸とも連続する河道区間では、最高水位のみを記録する簡易な水位計等を設置すること。
- 4) 以上に基づき、左右岸で洪水痕跡水位を得る。洪水痕跡水位は少なくとも定期横断測線上で測定することとするが、低水路幅と比較して定期横断測線の間隔が大きい河川では、低水路幅と同程度の縦断間隔で少なくとも 1 個以上の洪水痕跡水位が得られるように測定すること。

洪水痕跡水位は、流量データと並んで粗度係数の逆算等、出水に関する水理検討の結果を大きく左右するので、その水位の精度についてより精度の高い水位測定値との比較から確認することを推奨する。

図 2-3-1 は、全国の河川を対象に、洪水痕跡水位に含まれる誤差と河床勾配との関係を示したものである。なお、誤差は、洪水痕跡水位の測定を行った断面（地点）内に設置してある自記水位計、普通水位計等により得られた水位を真値と仮定し次式により求めた。

$$\text{誤差} = (\text{洪水痕跡水位}) - (\text{水位計、普通水位計等により測定した水位}) \quad (2-3-1)$$

図 2-3-1 によると、河床勾配が大きいほどばらつきが大きく、またほぼ同一勾配の河川の誤差の分布特性に注目すると、零を中心にして、正負同様にばらつく傾向となった。ただし、誤差の原因についてはまだ十分には把握されていないことから、図 2-3-1 はあくまで参考とされたい。

上記を踏まえて、急勾配河川等痕跡のばらつきが大きい河川では、縦断間隔を短く、多地点で洪水痕跡水位を測定することが望ましい。

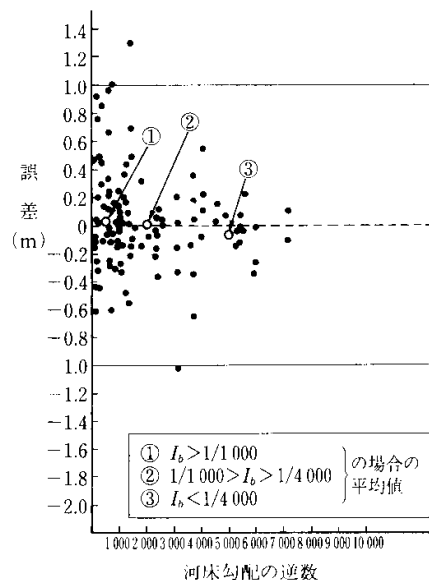


図 2-3-1 洪水痕跡水位に含まれる誤差と河床勾配との関係

出典：河道特性に関する研究，建設省河川局治水課・土木研究所，第 42 回建設省技術研究会報告，1988。

3. 9. 2 簡易水位観測

<考え方>

簡易水位観測は、精度を確保した長期的な統計資料として活用することを主目的とせず、概略的、緊急的、若しくは臨時的に、洪水時の特定の水理・水文状況等について個別具体的に設定し、それに適した簡易的な方法・センサ等で観測することを指す。本章の第 1 節 総論 カテゴリー 2 や カテゴリー 3 の観測において有効となる。洪水時の避難判断等のために設置する危機管理型水位計や重要区間等で水位を密に把握するために設置するデータ発信機能付きのアドホック型水位計による観測は、その具体例である。

<推奨>

河川における水位等の水文観測は、従来は主に カテゴリー 1 の用途で実施されてきた。

これに対し、例えば危機管理型水位計は、警戒避難体制の確保等の危機管理にも有効な洪水時の的確な予警報や早期避難に役立つことを目的とした カテゴリー 2 に属する水位観測

であり、またその観測結果はカテゴリ 3 の観測に組み込むことも可能である。

カテゴリ 2 や 3 の観測によって得られた水文資料については、出水を捉えたデータなど各種検討解析の必要に応じて、保存することが望ましい。

<愛知県基準>

<危機管理型水位計の設置箇所の考え方>

設置箇所の選定にあたっては、下記の要件に該当する箇所で検討を行うこと

- ①水位周知河川の水位計の二重化
- ②市町村が避難判断等のために必要と判断する要望箇所の内
 - ・浸水実績が確認されている箇所
 - ・急激な水位上昇が確認されている箇所
 - ・水位上昇のしやすい支川合流部
 - ・付近に学校、病院、公民館及び要配慮者利用施設等がある箇所
 - ・遊水地流入部、狭窄部及び氾濫危険箇所等の施設管理をするうえで水位監視が必要とされる箇所
 - ・市街化が進む河川で水位計が設置されておらず、水位監視が必要とされる箇所

第4節 流量観測

4.1 総説

<考え方>

本節は、河川での流量観測を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

河川流量は単位時間に河川のある横断面を通過する水の量である。

流量観測は、河川の計画・管理を適切に行うために、流域から河道への流出過程及び河道内の流下過程を把握することを目的としており、河川・砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等による水災害への対応等を実施するための最も基本的な調査項目の一つである。

流量観測データの具体的な活用事例としては以下が挙げられる。

- 1) 流域の主要な地点の流量の時間的変化を正確に把握し、実現象を精度よく再現できる水文流出モデル、並びに河道流下モデルの構築に活用する。
- 2) 河道内の流れの状況を把握し、河床変動の傾向を把握し、河床の局所洗掘や堆積を予測し、被災予防等効率的な河川管理に活用する。
- 3) 水利権の見直し、正常流量の設定に活用する。
- 4) ダム・堰等の流水制御施設の計画、施設の運用管理に活用する。

本節で主に扱うのは、本章の第 1 節 総説 で説明した 3 つのカテゴリのうちのカテゴリ 1 であり、特に断らない限り、本節ではカテゴリ 1 の流量観測について述べている。このことから、本節で記述する基準は、特に断らない限り、水文観測業務規程に基づき定常業務として実施する観測を前提としている。

また流量は、カテゴリ 3.1、3.2 にとって基本となる量であり、カテゴリ 2 においても対象となる可能性が高い。本節の内容は、それらのカテゴリの観測手法の検討にも役立つ情報を含むので、カテゴリ 1 に限定せず適宜参考にすると良い。

<標準>

河川・砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等の水災害への対応等を実施するため、流量を観測することを基本とする。

4.2 流量観測の方法

4.2.1 流量観測手法の分類

<考え方>

流量観測手法は、次の3つの方法に大別される。

- 1) 河川横断面において、流速計測値と、水位観測等により求めた断面積値から、(流速) × (面積) の計算を行って流量を算出する方法(流速断面積法)。
- 2) 堰等の水理構造物において、適切な位置において水深を計測(若しくは水位観測結果より算定)し、越流公式等から流量を求める方法(水理構造物法)
- 3) 洪水痕跡水位等を含む水位観測結果を利用し、開水路流れとしての水理学的知見に基づき流量を算出する方法(間接計測法)

本節では、主に、上記のうち、1)と2)による観測法を取り上げる。

3)の水位観測結果を利用した流量を求める方法は、本章第1節 総説で説明したカテゴリー3.1の観測から流量の解析を行う方法に属する。

なお、洪水時の流量観測は1)の手法のうち人力による浮子測法を用いる事が一般的だが、大規模洪水時等には様々な制約により観測できない場合があることから、センサや非接触型を用いた無人観測や、3)の間接計測法の活用に向けた取組を進めることが重要である。

表 2-4-1 主要な流量観測手法の種類

分類		名称	直接の測定対象	説明	
流速断面積法	トレーサによる流速計測法	浮子測法	吃水部平均流速	直線上に一定の区間を定め、浮子はその区間の上流から流し、その下流までの距離を流下時間で除して流速を求める方法である。	
		色素投入法・希釈法等	ある代表的な流速	水深が浅く表面浮子が使用できない場合等に、フルオレッセン等の色素や化学物質を投入して代表的な流速を測定する方法である。	
	流水にセンサを接触させる流速計測法	可搬式流速計	回転式流速計測法	横断面内点流速分布	回転する測定部を流水中に水没させ、その回転数から流速を測定する方法である。水車やプロペラを回転部に持つ横軸型(広井式流速計等)と円すい型のカップを回転部に持つ縦軸型(プライス流速計)に分類される。
			可搬式電磁流速計測法		水中に電磁式の測定部を持つ流速計で、人工的に発生させた磁界の中を水が動くときに生じる起電圧から流速を測定する。
	水中固定	船搭載	ADCP(超音波ドップラー流向流速計)計測法	横断面内流速分布	超音波のドップラー効果を応用することによって、断面内の三次元流向・流速分布を測定する機器である。この測定器を橋上係留船等に搭載し、移動しながら測定することによって大水面、大水深領域の通過断面内流量を短時間で測定できる。また、河床等に固定した場合は、流速分布の時間変化を測定できる。
			超音波流速計測法(パルス伝播時間差法)		代表深さにおける平均流速
		H-ADCP 法	ADCP を水平方向に設置し、横断方向の流速分布を超音波の反射波におけるドップラー効果から測定する。中小河川であれば、片岸のセンサだけで測定システムを構成することが可能。		
	非接触型流速計測法	連続観測可能 固定式観測法	ドップラー型(電波式、超音波式)	表面流速	流れの表面に橋桁等に設置したセンサから電波もしくは超音波をある俯角をもって水面に向けて発射し、その反射波の周波数変化から表面流速を測定するシステムである。現状では、流速が約 0.5m/s 以上の流量観測のみに利用可能
			画像処理型(PIV法、STIV法等)		洪水時に流況をビデオカメラ等で撮影した映像を用いて、画像解析手法により流速を計測する手法である。流下するゴミ、波紋等を河岸から撮影、画像解析する PIV 法や、動画から得られる連続した静止画を用いて輝度値等を時間軸方向に積み重ねた時空間画像に生じる縞パターンから水表面流速を求める STIV 法等がある。
	水理構造物法	非固定式観測法	堰測法等	水深	三角堰や台形堰を自由越流する際の越流水深を測定し、実験等により求められた流量公式により流量換算する方法である。
間接計測法	水面勾配断面積法		水位	河川断面の粗度を仮定し、洪水痕跡等から推定される水位、水面勾配から流量を算出する方法である。洪水痕跡水位については本章 第3節 水位観測 3.9 が参考になる。	

※ 観測中や観測現場への移動中の観測員の安全確保など、浮子測法の適用に課題を抱えた観測所で、改善のために非接触型流速計測法が用いられた例がある。

- ※ 非接触型流速計測法は、センサを橋桁等に固定設置することで固定式流量観測法として利用するのが一般的であるが、可搬型の非接触型センサ（小型電波流速計やビデオカメラ）を橋上等に仮設置して用いる場合は、非固定式流量観測法として利用することも可能である。
- ※ 表 2-4-1 に記載していない水位流量曲線法は、様々な水位における上記の手法による流量観測値を収集することで、流量の連続評価を行うための関係式を作成するものであり、上記に挙げた流量観測法（特に非固定式観測法）に依存して成立する方法である。このことから、流量観測法としては挙げていない。
- ※ 間接計測法の一つである「水面勾配断面積法」は、最も単純な手法として例示している。なお、本章 第 1 節 総説 で説明したカテゴリー 3. 1 の観測の中で、多地点の水位連続観測による対象河川区間の水理システムの把握により、流量の他、河床の変動等の洪水時の河道の諸元など、より多くの情報を得ることも行われる。
- ※ 各点の流速計測値に代表させる区分断面ごとの区分流量を単純にそのまま足し合わせるのではなく、それらの計測値群が満足すべき水理学的条件を同時に考慮して流量を算出する方法も近年提案されている。
- ※ 表面流速を測定対象とする手法として、洪水時航空測量により、計測原理としてカメロン効果を用いるなどしてスナップショット的に表面流速を計測する技術がある。洪水流の特性を面的に広域に把握する上で有用である。

4. 2. 2 流量観測手法の選定

< 必 須 >

流量観測手法を選定するに当たっては、流量観測所の設置目的、設置条件、流量規模、必要精度、観測頻度を勘案して、前項に挙げた各種方法の現時点での精度・信頼性・適用範囲・労力やコスト等の特性を踏まえ適切な手法を選択若しくは組み合わせることで流量観測を実施するものとする（本章 第 4 節 流量観測 4.5～4.10 も参照）。

4. 3 流量観測所の配置と設置

4. 3. 1 流量観測所の配置

< 必 須 >

河川等の計画・管理上重要な地点に、必要に応じて、カテゴリー 1 の流量観測のための流量観測所を設けなければならない。

< 標 準 >

流量観測所は、低水から高水に至るまで連続的に流量を把握できる地点に設置することを標準とする。

しかし、流量観測所の設置目的を低水計画・管理又は高水計画・管理に特化する場合は、その限りではない。

< 例 示 >

流量観測を行う地点には、以下に示すような地点が考えられる。

- 1) 管理区間最上流端付近（本川・支川）
- 2) 重要支川の合流後及び同支川の下流端（背水区間を除く）
- 3) 重要派川の分流前後
- 4) 遊水地、湖沼、貯水池の流出口、若しくはその下流地点
- 5) 流水制御施設の上下流、伏没・還元、適正な取水の把握、正常流量の設定等、水収支を把握する必要のある地点
- 6) 水面勾配や河道幅・セグメント等の河道条件が変化する地点の前後

4. 3. 2 流量観測所の設置場所の選定

<標準>

観測所は、次の1)～5)の条件を満足する場所に設置することを標準とする。

- 1) 水位観測施設が設置できる場所
- 2) 流量観測を安定して行うことができる以下の場所
 - a) 流路や河床の変動が少ない場所
 - b) 流れに瀬や淵の部分がなく、みお筋が安定している場所
 - c) 対岸及び観測断面周辺の見通しが良い場所
 - d) 低水流量観測及び高水流量観測が同一場所若しくはなるべく近い場所で実施できる場所（低水又は高水のいずれかの観測目的に特化した観測所を除く）

浮子測法を用いる観測所では、更に以下の e)～h) の条件を満たす場所とする。

- e) 浮子の流下時間を測定する直線区間が必要な距離以上確保できる場所
- f) 洪水時の水平方向・鉛直方向の流速分布に大きな変化がない場所
- g) 浮子投下施設を設置できる場所。又は、浮子を必要な測線に安全・確実に投下できる橋がある場所
- h) 流れを阻害する立木・構造物等がない場所

電波流速計を用いる観測所では、以下の i)～l) の条件を満たす場所とする。

- i) センサ面からの対水面間距離、対象洪水時の水表面流速等が機器の仕様、計測範囲内であり、水面が波立つ等電波が確実にセンサに反射され測定できること。
- j) 電波流速計の電波照射範囲に護岸、岩、河床、樹木やその枝葉等、流水以外がないこと。
- k) 河道の湾曲や橋脚などの影響により大きく流速が異なる水域や渦を巻くような流れ等にならない場所であること。
- l) 流速計測箇所の横断形状と当該箇所の水位観測値を得られること。

画像処理型流速測定法を用いる観測所では、以下 m) から o) の条件を満たす場所とする。

- m) 流速計測箇所近傍の水位（洪水時）や横断測量（洪水前後）成果が取得しやすいこと。
- n) 流速計測範囲において画像解析に必要な情報（STIV 法における水表面の波紋、Float-PTV 法におけるトレーサの視認、標定点など）を撮影できる画角が設定可能な撮影箇所であること。
- o) 渦を巻くような流れや偏流、橋脚等の構造物の影響がない位置であること。

- 3) 観測所の維持管理がしやすい場所
- 4) 観測作業を実施するに当たって危険が少なく安全である場所
- 5) その他
 - a) 水位流量曲線法により流量の連続評価を行う観測所の場合は、大河川との合流点や堰等の水位制御施設の直上流点や感潮区間等、下流水位の影響を受ける地点は避けるべきである。

- b) 固定式観測法（水理構造物による方法を除く）を採用する観測所においては、非固定式観測法による観測値との同時刻流量の比較を実施することによる校正・検証作業が一般に必要となることから、固定式観測法（水理構造物による方法を除く）を採用する場所は、原則として、校正用に観測する非固定式観測法が適用可能な場所とする。

4. 3. 3 観測施設が備えるべき設備

（１） 総説

< 必 須 >

流量観測所には以下の設備を設置しなければならない。

- 1) 水位観測施設
- 2) 観測断面を指定する流量観測所横断線拋標
- 3) 標識
- 4) 流量観測に必要な観測装置及び付帯設備

< 必 須 >

流量観測に影響を与える河川区間内では、整正な水流を確保することを目的として、立木伐採、除草、障害物の除去、断面の保全等、必要な維持管理に努めなければならない。

浮子測法による場合、上記の区間は浮子投下断面より 50m 程度上流から、第 2 見通し断面より 50m 程度下流までの範囲とする。

（２） 各観測方法における留意事項

< 必 須 >

観測方法によっては、以下の事項について、留意して設置しなければならない。

- 1) 水位観測施設については、本章 第 3 節 水位観測 3.5 水位観測所が備えるべき設備 に記載されている設備を設置しなければならない。
- 2) 流量観測所横断線拋標については、浮子測法による計測において、夜間でも照明等により見通すことのできる見通し杭として設置しなければならない。
- 3) 固定式観測法を用いる場合には、観測装置を現地に設置する。恒久設置をする場合だけでなく、観測期間中のみの一時的な暫定設置をする場合もある。
- 4) 非接触型流速計測法の場合には、付帯設備として、風向風速計も設置しなければならない。

（３） 流量観測所横断線

< 必 須 >

流量観測所には、流心に直角の方向に流量観測所横断線を設定し、当該横断線の位置を示すために横断線拋標を設置しなければならない。

<標準>

横断線の数及び間隔は、観測の方法に応じて、次の表 2-4-2 によることを標準とする。

表 2-4-2 横断線の数及び間隔と観測の方法

方法	横断線設置箇所数	備考
浮子測法	2 箇所	浮子測法の 2 か所の横断線拋標（第 1 及び第 2 見通し杭）間の距離については、流下時間計測における誤差を抑制する観点から、最大流速×10 秒～15 秒程度の距離（概ね 50m 以上が目安）をとることを標準とする。 ただし、その直線区間内においても高水敷・植生等による大規模な乱流や渦の存在等により適正に浮子が流下しないケースがある場合は、確保すべき直線区間の距離を短縮してもよい。その場合は、流下時間計測等による誤差を減らすため、同一測線での浮子投下・計測回数増加等の工夫を行わなければならない。
上記以外	1 箇所	流量観測を実施する断面に設定する。

<標準>

流量観測所に設置する水位観測施設は、流量観測所横断線（2 箇所の場合は、流心に直角方向の測線のうちいずれか 1 か所の横断線）上に設置することを標準とする。

（４） 流量観測所横断線の横断測量

<必須>

流量観測所横断線については、横断線ごとに横断測量を行い、流量観測所横断図面を作成しておかなければならない。

<標準>

流量観測所の横断図面は、出水期の前に行う横断測量により修正することを標準とする。
洪水等によって河床が変化すると認められる場合には、その都度速やかに横断測量を行い、同様に修正するものとする。
水理構造物を用いる方法の場合には、構造物の変形や堆砂がない限り測量し直す必要はない。ただし、可動ゲートが設置された堰については、ゲートの開度を常に記録しておくことが必要である。

（５） 標 識

<必須>

流量観測所の付近には観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、標高（水位標・零点高）、河口からの距離又は支川においては合流点よりの距離及び観測所番号を記した標識を立て、必要な場合には周囲に防護のための柵等を設けるものとする。
標識は水位流量観測所とし、水位観測所と分ける必要はない。
本章 第 3 節 水位観測 3.5.5 標識 を併せて参照するものとする。

(6) 台帳

<必須>

流量観測所を設置し流量観測を行う者は、流量観測所台帳及び付図（流量観測所横断線の断面における横断測量図を含む）を作成しなければならない。

流量観測所台帳には観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載しなければならない。

既存の流量観測所に流量観測を委嘱した場合にも同様とする。

流量観測所には、流量観測所台帳及び付図の写しを備えつけなければならない。

本章 第3節 水位観測 3.6 観測所台帳 を併せて参照するものとする。

4.3.4 観測所の維持及び管理

<必須>

河川管理者は、観測所の維持及び管理の実施に際して「水文観測業務規程」第8章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」第8章 観測所の維持管理等 に従わなければならない。

また、観測所ごとに点検や維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

4.4 観測

4.4.1 総説

<考え方>

本節 4.4 では、カテゴリ 1 の流量観測の実施について共通となる事項について述べる。

4.4.2 観測回数

<必須>

低水流量観測は、種々の水位に対してできるだけ数多く観測しなければならない。

高水流量観測は、観測値の流量規模に偏りがないように大規模のみならず、中規模の洪水も含めて、できるだけ数多くの洪水を観測しなければならない。

<標準>

低水流量観測は、年間 36 回以上実施することを標準とする。

流量の連続評価が可能な固定式観測法については、観測が可能な流況の範囲において、低水時には毎正時、高水時には 10 分以下の間隔で連続観測を実施し、これを保存することを標準とする。

<愛知県基準>

愛知県では、低水流量観測の回数は、河川管理上必要な回数を実施することを標準とする。

<標準>

高水流量観測は、洪水の上昇期のみならず下降期にも行うことを標準とする。

洪水ピーク流量を水位流量曲線を介した外挿で推定する必要がないように、適切なタイミングで観測するように努力しなければならない。

非固定式観測法では、ピーク流量観測以外の観測間隔は、毎時実施することを標準とするが、観測所の出水特性、出水状況により判断する。

<推 奨>

非固定式観測法により急激な増減水を伴う洪水の観測を行う場合は、1時間ごとより短い観測間隔で観測することが望ましい。

<推 奨>

渇水時に、前年度の水位流量曲線の適用外（外挿）となるところまで水位が低下した場合は、観測頻度の確保や精密流量観測の実施等により観測精度の確保に努めることが望ましい。

4. 4. 3 器材の管理

<必 須>

流量観測に使用する器材は、求められる所定の機能が常に発揮・保持できるように適切に管理しなければならない。

4. 4. 4 流速計の検定

<必 須>

流速計は、流速計が必要とする精度を確保しているかを確認するための検定（係数試験）又はそれに準じる精度検証を行い、必要な精度の確保が確認できた流速範囲のみにおいて、流速計測に使用しなければならない。検定（係数試験）結果の有効期間は1年を超えないものとする。

回転式流速計や電磁流速計等の可搬式流速計は、流速計検定所（係数試験所）において検定（係数試験）を行わなければならない。

なお、ADCP や電波流速計等のドップラー効果を原理とする流速計については、超音波や電波の送受信性能の確認をもって、上記の精度検証に代えてもよい。

流速センサが必要とする精度は、河川流量観測の目的を踏まえ、測定対象とする流速範囲において、少なくとも5%以内を確保しなければならない。

<標 準>

流速計の計測特性に変化が生じたおそれのある場合は、その都度速やかに検定（係数試験）若しくはそれに準じる精度検証を受けることを標準とする。

4. 4. 5 観測心得の交付

<必 須>

流量観測責任者は、現地で流量観測作業に従事する観測員に対して、観測心得を定め、これを観測員に交付しなければならない。

<標 準>

観測心得には次に掲げる事項を定めることとする。

- 1) 観測の目的と意義
- 2) 観測施設の使用方法
- 3) 観測機器の取扱方法
- 4) 観測記録の整理方法
- 5) 観測の実施に際して必要な注意事項
- 6) 臨時観測の基準
- 7) その他必要な事項

なお、5) 観測の実施に際して必要な注意事項 には、器材の故障時の対処方法と連絡先、異常値が観測された場合の通報先等が含まれる。

また、7) その他必要な事項として、作業の安全対策を含めて記述する。

4. 4. 6 精度確保のための留意事項

<必須>

カテゴリー1の主要な流量観測法については、観測地点の水理・水文特性を十分把握した上で、断面全体での流量観測値の精度を確保する必要がある。したがって、それぞれの流量観測法の原理と運用実態、並びに、観測地点の水理・水文現象の実態の両者を踏まえ、観測精度が低下するおそれのある条件下においては、基準を柔軟に運用するなどにより流量観測値の精度を確保するように努めなければならない。

特に、洪水時に実施する高水流量観測では、急激な増減水を伴う中で、緊急かつ迅速に流量観測を行わなければならないことから、急激な水位上昇等により一連の観測作業が間に合わない等の理由で必要な流速測線数を確保することが困難と判断される場合がある。このような条件下においては、観測作業の迅速性に配慮しつつ、流量観測の時系列データをより多く取得することを優先して流量観測を実施するものとする。

また、観測地点の水理・水文特性及び周辺状況の変化により非固定式流量観測手法で観測できなくなる事態が想定される場合は、固定式流量観測機器の併設を行うなど、欠測の防止に努めなければならない。

4. 4. 7 安全確保のための留意事項

<必須>

現地観測員は、救命具を着用するほか、低水路満杯付近から高水敷に流水が乗る状況へ急速に変化する場合を想定し、水位の急激な上昇に備えた観測・退避体制の確保に万全を期するなど、観測時に発生する危険な状況を事前に想定し、観測員が現地で実施する作業の安全確保のための対策に万全を期さなければならない。

4. 4. 8 野帳への記録と保管

<必須>

現地観測員は、観測の都度、観測年月日、時刻、観測流量、観測の方法、当該流量の算出方法等を野帳に記録しなければならない。野帳の様式は、各観測手法ごとに定めておくものとする。

これらの現地での計測データ等を記録した野帳は確実に保管しなければならない。野帳の保存期間等の詳細については、「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

4. 5 可搬式流速計による流量計測法

4. 5. 1 総説

<考え方>

可搬式流速計による流量計測法は、河川の水面幅及び水深に応じて事前に設定した測点において流速を計測し、その流速とそれが代表する区分断面積を乗じて、区分断面ごとの流量を算定し、それらを全断面で加算することにより流量を求めるものである。したがって、1回の観測において水深測定と流速測定を組み合わせる実施する。

4. 5. 2 水理条件に対応した流速計の選定に当たっての留意事項

<標準>

感潮河川、河口付近、河川の分合流部付近での観測や、低水位時に河床地形等に起因した廻り込み流れが無視できない場合等、逆流・斜流が生じたり、水流が乱れるなどして、流速の方向が横断線に対して垂直にならない場合がある。このような条件下において観測しなければならないときは、横断線に対して水流の流向のなす角（方位角）を測定できる流速計を用いることを標準とする。

また、可搬式流速計は、一般に、必要な精度を確保できる水深範囲（表面からの深さ及び河床からの距離）に関する制約があることに注意が必要である。計測すべき測点での計測に対応できる流速計を選定することを標準とする。

4. 5. 3 測定回数、測線と測点（標準法）

（1）測定回数

<標準>

水深測定については、同一横断線上を往路と復路で1回ずつ計2回実施するものとする。

流速測定については、上記の水深測定のいずれかの観測に合わせて、水深測定と同じ横断線上の各測点において実施するものとする。ただし、出水時のように、水位、流速の変化が大きいときはこの限りではない。

（2）測線

<標準>

水深測線及び流速測線は、横断方向に以下の表に示す間隔になるように設定することを標準とする。

表 2-4-3 水面幅と水深測線間隔、流速測線間隔

水面幅 (B) m	水深測線間隔 (M) m	流速測線間隔 (N) m
10 以下	水面幅の 10~15%	N=M
10~20	1	2
20~40	2	4
40~60	3	6
60~80	4	8
80~100	5	10
100~150	6	12
150~200	10	20
200 以上	15	30

<標準>

水深測線は、横断線を含む鉛直面内で流速測線上及び互いに隣り合う流速測線の中央に設けることを標準とする（図 2-4-1）。なお、両岸側においては、流速測線の外側の死水域との境界にもそれぞれ1つの水深測線を設けるものとする。

<推奨>

横断面の形状や流速分布が複雑なときは、測線間隔を短縮し、より密に設定することが望ましい。

(3) 測点

<標準>

流速測点は、流速測線上鉛直方向に水深の2割、8割の位置の流速を測定する2点法を採用することを標準とする。

なお、流速計（及び錘）のサイズによっては、水深が小さい場合に2割水深において流速計感部が水面上にはみ出す、8割水深で必要位置に測点を設定できない等により2点法をとることが困難な場合がある。2点法をとるために必要となる水深は以下により算定できることから、その必要水深以下の場合には水深6割における1点法を基本とする。

1) ロッドにより測定を行う場合

2点法の必要水深 = (ロッドの最下端と流速計の中心の間の距離) × 5

2) 流速計に錘をつけて測定する場合

2点法の必要水深 = (錘の最下端と流速計の中心の間の距離) × 5

(4) 各測点における流速計測

<必須>

流速計測に当たっては、流速計感部が所定の器深に正しく保持されていることを確認の上、計測を開始しなければならない。

各測点では、20秒以上の有効測定時間を確保した計測を少なくとも2回繰り返さなければならない。両者に著しい相違(10%以上を目安)があった場合は、計測を1回追加し、相違の少ない2回の計測値を確保した上で、それらの平均値を算出し、当該測点における流速値とする。

なお、所定の器深とは、本節4.5.3(3)測点に定める深さをいう。正しく保持するとは、流速計の方向が流速方向に合致していること、ワイヤが傾いていても器深が正しい測点位置に達していることをいう。

<標準>

流量観測値を算出するのに必要な各測点での流速は、測線に鉛直方向の流速成分である。したがって、流向が観測断面に対する垂直方向から大きくずれる場合は、垂直方向からずれた角度を同時に計測した上で、鉛直方向に通過する流速成分に換算することを標準とする。

4.5.4 測定回数、測線と測点（精密法）

<必須>

流速分布の不規則な乱れ等の観測地点の水利条件により、標準法では必要な精度が確保できない場合には、精密法による測定を行い、測定の精度を保持するように努めなければならない。

特に感潮区間、河口付近等で塩水浸入等の密度成層の見られる地点や、低水位時等の河床地形による廻り込み等による流速分布の不規則な乱れが無視できない条件下での流量観測は、精密法によらなければならない。

精密法による流量観測と同時に行った他の観測法による流量値との差異は、野帳、観測流量表及び水位流量曲線図にそれぞれ記入しておかなければならない。

<標準>

精密法による測定は、以下のとおり実施することを標準とする。

1) 測線

水深測線・流速測線の間隔について、ともに標準法の1/2とする。

2) 測点

水面から河床までの間に等間隔に10点の測点をとることとする。

なお、水深2m未満の条件下で精密測定を実施する場合は、測定間隔を20cmとした上で、可能な範囲で測点数を確保することとする（鉛直方向の測点数は10点以下となる。）。

3) 各測点における流速計測

各測点において、60秒以上の有効測定時間を確保した計測を少なくとも2回繰り返すものとする。両者に著しい相違(10%以上を目安)があった場合は、計測を1回追加し、相違の少ない2回の計測値を確保した上で、それらの平均値を算出し、当該測点における流速値とする。

<推奨>

誤差の原因が流速分布の乱れによるものと想定され、精密法を実施する場合は、以下の測点の設定で計測を行うことが望ましい。

- 1) 水深2m以上の条件下では、20cmの測定間隔を下限値として、10点以上の測点を確保すること。
- 2) 水深2m未満の条件下では、小型の流速計を活用するなどして、10点以内を目安としてできるかぎり多くの測点を確保すること。

4.5.5 流量算出の手順

<標準>

可搬式流速計による流速計測値から流量を算出する作業は、次の各項に従って行うことを標準とする。

1) 流量観測の開始時に、水位を測定する。

2) 水深は、各水深測線において往復2回測定した値を平均する。

3) 水深の往路（もしくは復路）測定時に、各流速測線において、水深値に応じて鉛直方向の測点を決め、各測点毎に2回ずつ流速を測定する。鉛直方向の平均流速値は、同一測点で2回ずつ測定した流速を平均して求め、これを用いて各流速測線ごとに次のいずれかにより求める。

a) 2点法にあってはそれぞれの測点の平均流速値を平均した値

b) 1点法にあっては1点での測点の平均流速値

c) 精密法にあっては、各測点の流速を直線で結んだ鉛直方向の流速分布曲線を描き、曲線内の面積を台形の面積計算法により計算した上で、水深値で除した値（図2-4-2参照）。水面の流速は水面に最も近い測点での流速値、河床の流速はゼロとおいてもよい。

4) 流量観測の終了時に再度水位を測定し、開始時の水位との平均値を、流量観測時の水位とする。

5) 横断面中において1つの流速測線の鉛直方向の平均流速値が代表する区分断面積は、こ

れと互いに隣り合う流速測線の中央までとする。互いに隣り合う水深測線間の区分断面積は、台形近似により求めてもよい（図 2-4-1 参照）。なお、水面幅 10m 以下にあっては、水深測線と流速測線が一致している（表 2-4-3 参照）ことから、隣り合う 2 つの水深（流速）測線の間点に仮想的な水深測線を配置し、両隣の水深測線における水深値の平均水深を与えることで、当該流速測線に対応する区分断面積を求める。

- 6) 流量は、1 つの流速測線における鉛直方向の平均流速値と、対応する区分断面積との積を全測線（全区断面）について合計することによって求める。
- 7) なお、両岸に死水域があれば、その区分断面積の流量はゼロとする。
- 8) 算出した流量値は直ちに前年の最終の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係に変化があるかを確認する。固定式流量観測法によるリアルタイムの流量観測値がある場合は、その値との比較も行う。前年の水位流量関係や、固定式流量観測法によるリアルタイムの流量観測値との間に 10% 程度以上の大きな差異がある場合には、原因を究明する。原因が明らかにならない場合には、確認のため再測定を行う。

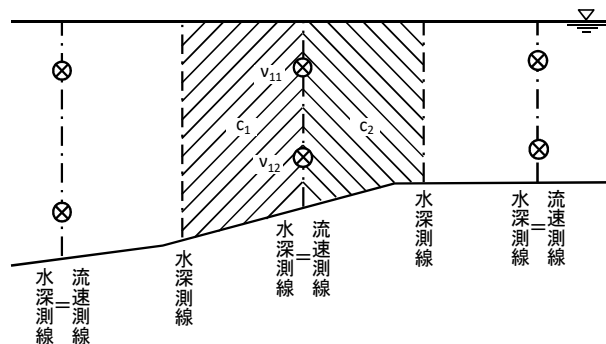


図 2-4-1 標準法（2点法）における河川横断面内での測線・測点・区分断面の設定

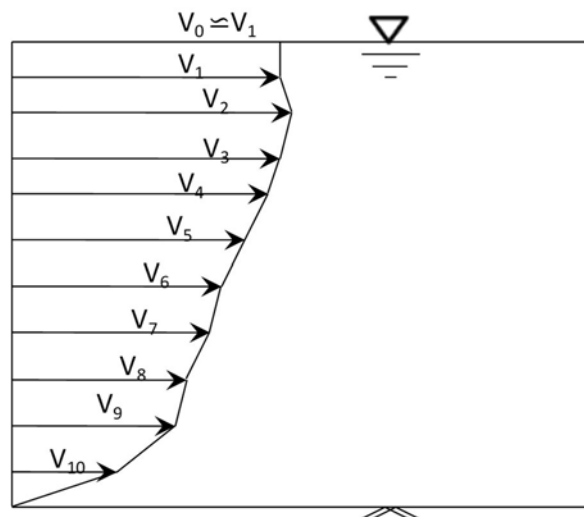


図 2-4-2 精密法における河川鉛直断面内各測点の設定例と鉛直方向平均流速の算出

4. 6 浮子による流速計測法（浮子測法）

4. 6. 1 総説

<考え方>

浮子測法は、浮子を投下して、ある区間を流下する時間を計測し、その区間の平均流速を求める方法である。急峻な日本の河川は、洪水時の流速が速く、ゴミや流木等の流下物も多い。浮子測法は、このような洪水時の厳しい条件下においても河川の流速を確実に計測することができるという特長がある。

本項では浮子測法の標準的な手法を示すが、洪水時の水理条件の変動が特に大きい地点や橋脚やその周辺の構造物等の影響による流れの乱れ（橋脚後流）の影響が無視できないと想定される場合は、浮子の流下状態に注意し、適切な観測値が得られるように実施する必要がある。

4. 6. 2 付帯施設

<必須>

浮子測法による流量観測を行うためには、浮子のほか、次の付帯設備を備えなければならない。本節 4.3.3 観測施設が備えるべき設備も参照すること。

1) 浮子投下施設

橋梁を利用する場合と、橋梁が利用できないところでは、専用の浮子投下施設を設ける場合がある。

2) 見通し杭

見通し杭（横断線扱標）は、第1見通し横断面及び第2見通し横断面に設置する。併せて、夜間でも照明等で見通すことのできる見通し杭を備えなければならない。

また、浮子投下施設として橋梁を利用する場合は、橋脚後流の影響が及ばないように第1見通し横断面及び第2見通し横断面を設置する必要がある。

3) 水位標

水位標は、第1見通し横断面及び第2見通し横断面に設置する。

4. 6. 3 流速測線

<標準>

流速測線は、第1見通し横断面と第2見通し横断面の間で流れに沿うよう設けるものとする。

測線間隔については、第1見通し横断面の水面幅に応じて、表 2-4-4 に示す測線数以上を確保することを標準とする。

表 2-4-4 水面幅に対応した浮子流速測線の目標数

水面幅	20m 未満	20~100m 未満	100~200m 未満	200m 以上
浮子流速測線数	5	10	15	20

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

一方、急激な増減水を伴う中で、緊急かつ迅速に流量観測を行わなければならない場合には、水面幅に応じて次の表 2-4-5 に示す測線数を下限数とし、表 2-4-4 にある測線数を目標にして、その間の測線数を確保することを標準とする。

表 2-4-5 やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の
水面幅と最小浮子流速測線数の関係

水面幅	50m 未満	50~ 100m 未満	100~ 200m 未満	200~ 400m 未満	400~ 700m 未満	700m 以上
浮子流速測線数	3	4	5	6	7	8

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

<標準>

測線の配置については、観測誤差をできるだけ小さくするため、区分流量が大きい部分に密に配置することを標準とする。

なお、流線が流下方向に平行でないため、各測線上に投下した浮子が流下するにつれて左右にふれる場合においても、第1見通し横断面を基準として測線を設定することを標準とする。

<例示>

測線の具体的な位置について、流速分布が未知の場合は、想定される水深分布を参考として設定する方法がある。

<例示>

測線の位置を適切に設定するために、観測地点付近の洪水流の特性を事前に把握する調査を行う場合がある。そのための方法としては、1) 表 2-4-4 に示す間隔よりも密に設定した測線において浮子により計測する方法、2) 他の流速分布を密に把握できる観測手法を用いる方法等が考えられる。

4. 6. 4 浮子の種類

<必須>

浮子測法に使用する浮子は、桿浮子（棒浮子）又は表面浮子とし、水深に応じた浮子を用いなければならない。なお、夜間も確実に浮子の位置を確認できるように発光体を付けるなど工夫された浮子を用いるものとする。

浮子の流下速度は、水面から浮子の吃水深までの間の平均流速であることから、水面から河床までの間の鉛直方向全体での平均流速に変換するために更正係数を乗じなければならない。

<標準>

観測に用いる浮子は、水深に応じて、水位及び流量調査作業規程準則に与えられている表 2-4-6 に示すとおり、表面浮子、0.5m 吃水の浮子、1.0m 吃水の浮子、2.0m 吃水の浮子、4.0m 吃水の浮子のいずれかを用いることを標準とする。

表 2-4-6 浮子番号と水深、吃水の適用範囲

浮子番号	1	2	3	4	5
水深 (m)	0.7 以下	0.7～1.3	1.3～2.6	2.6～5.2	5.2 以上
吃水 (m)	表面浮子	0.5	1.0	2.0	4.0

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

<例示>

植生が繁茂している等により、観測に用いる浮子について表 2-4-6 に依ることが不適切な測線においては、1段階短い浮子を用いることで、当該測線の観測データを確保する手段が有効となる場合がある。

<例 示>

高水敷が冠水した時には、水深に応じた適切な浮子を使用するほか、可搬式流速計を用いて高水敷上の観測を行う場合がある。また、必要に応じて非接触型流量計測法による観測を行う場合がある。

4. 6. 5 浮子による流速の測定

<標 準>

浮子による流速測定作業は、次の各項に従って実施することを標準とする。

- 1) 浮子は、浮子投下施設や橋梁を使って、定められた測線位置において順次投下する。
- 2) 測線ごとに、水位と横断面図とから水深を求め、適切な吃水の浮子を投入する。
- 3) 第1見通し横断面通過から第2見通し横断面通過までの時間 t を測定し、両横断面間の距離 L を t で割って浮子流下速度 v_0 とする。第1、第2見通し横断面間の距離については、本節 4.3.3(3) 流量観測所横断線を参照する。また、浮子が異常流下していないことを後から確認できるように、浮子の流下状況の記録（ポンチ絵、写真、ビデオ等）を残すものとする。
- 4) v_0 に修正係数を掛けて測線ごとの深さ方向平均流速 v を算出する。
- 5) 浮子の修正係数については、次表の値を標準とする。

表 2-4-7 浮子番号と水深、修正係数の関係

浮子番号	1	2	3	4	5
水 深 (m)	0.7 以下	0.7~1.3	1.3~2.6	2.6~5.2	5.2 以上
更 正 係 数	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

但し、4.6.4 の例示に基づき、1 段階短い浮子を用いる場合には、水深と浮子の吃水深に応じて修正係数値の修正を行う必要がある。その場合の修正修正係数は、流速分布式に基づき浮子吃水部の平均流速に対する全水深平均流速の比により設定することを基本とする。

- 6) 流速測定の開始時と終了時とにおいて、第1見通し横断面及び第2見通し横断面でそれぞれの水位を観測する。

<推 奨>

水深が 10m 程度を超える場合は、浮子の吃水比が 0.4 以下となり、上表の修正係数の設定条件からのずれが大きくなることから、流速分布式や ADCP による流速分布実測値に基礎を置いた、修正係数の再設定を行うことが望ましい。

4. 6. 6 浮子測法による流量の算出

<標 準>

浮子測法による流量の算出は、次の事項に従って行うことを標準とする。

- 1) 流量算出に用いる断面は、横断面ごとに、洪水前後の横断測量の結果から求められる洪水前及び洪水後の全断面積（洪水期間中の最高水位時）を比較して、いずれか大きい方の断面を用いる。
- 2) 上記の断面積算出に用いる水位は、横断面ごとに、本節 4.6.5 に定めた流速計測の開始時と終了時における水位の平均値とする。

- 3) 1つの流速測線の深さ方向平均流速が代表する区分断面は、これと相隣り合っている流速測線との中央線までの領域とする。
- 4) 第1見通し横断面と第2見通し横断面において、1つの流速測線それぞれに対応した区分断面の面積を求め、両者の算術平均をその流速測線の受け持つ区分断面積とする。
- 5) 流量は、測線ごとの深さ方向平均流速とその平均流速が受け持つ区分断面積との積を全測線について合計して算出する。
- 6) 測定精度のチェックのために、算出した流量値は現場で速やかに前年の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係を確認するとともに、固定式観測法による洪水流量観測データが存在する場合には、そのリアルタイム観測データとの比較を行う。水位流量曲線図において、水位～流量の点を時系列的につないで、観測値が反時計回り又は、時計回りのループを描いているかを確認し、実況の水理状況に合致しているかどうかを確認する。

4.7 舟に搭載した ADCP（超音波ドップラー流向流速計）による流速計測法

4.7.1 総説

<考え方>

ADCP は水中に発射する超音波が、流水に乗って移動する細粒土砂やプランクトン等に当たって反射する際に生じるドップラー効果を利用して、河道断面内の3次元的な流速分布を計測する測器である。

ADCP を活用した流量計測法としては、舟に搭載して水面から流速分布を計測する非固定式の方法をとる場合、舟が有人か無人かにかかわらず、必ず人が現場で舟を操作する必要があるが、舟を水面上で横断方向に移動させながら観測することにより、河川流水断面内の流速分布と断面積を同時に計測できること、観測原理上水面及び川底の付近に一部の観測不能域が生じるものの、流水内の流速分布について他の手法よりも少ない仮定で積分的に流量を計測できることといった特長がある。

水面波浪が大きく、ADCP を搭載した舟の揺動が激しくなる（20度以上が目安）場合や、流木・ゴミの流下が特に多い場合には、安全で安定した計測ができなくなることに注意が必要である。

4.7.2 流速分布計測の方法

(1) 基本事項

<標準>

洪水時の ADCP による非固定式の流量観測は、橋上操作艇に ADCP を搭載し、橋上からの曳航操作による横断計測を標準とする。

低水時の ADCP による非固定式の流量観測は、有人艇・無人艇（橋上操作艇若しくはラジコン艇）のいずれに搭載する方法でもよい。

いずれの場合においても、観測中は上流からのゴミや流木の監視を行い、それらを迅速に回避する体制をとるものとし、安全管理を十分に行う。

また、ADCP による流量観測については、観測地点において以下のような水理・水文現象が生じている場合には実施しないものとする。

- 1) （波浪の波長が舟の長さよりも十分長い場合を除き）水面の波高が 50cm を超え、舟を浮かべたときに揺動が激しく転覆のおそれがある場合
- 2) 洪水時の流木が舟に頻繁に引っかかるなどにより観測に危険が生じる場合

上記の場合は浮子による観測等を含め、観測方法を別途検討する必要がある。

(2) 使用する計測機器等

<標準>

計測機器等は、下記のものを用いることを標準とする。

- 1) ADCP
- 2) 高精度位置標定装置 (RTK (Real Time Kinematic)-GNSS 等)
- 3) ADCP を搭載する舟
- 4) 遠隔操作装置 (無人艇の場合)
- 5) 橋上から舟を安全に係留操作するための架台 (曳航観測の場合)

<推奨>

- 1) 観測所の状況に応じて下記の機能を有する計測機器を使用又は併用することが望ましい。
 - a) 音響測深器 (高濁度下での観測や河床の凹凸が複雑かつ顕著な場合)
 - b) VTG (進行方向対地移動速度) 情報を取得できる (RTK- GNSS) の使用、又は、トータルステーション
 - c) 磁場の影響を受けない外部コンパス (GNSS コンパス) (観測断面周辺の鋼構造物等による磁場の変化を受けて流向流速ベクトルの算出に影響が及ぶ場合)
- 2) 洪水時の計測に使用する舟は高速流に対応できるトリマラン型 (三胴艇) の橋上操作艇を用いることが望ましい。

(3) 計測機器等の点検準備

<必須>

使用する計測機器等は、舟への固定方法、ケーブル類の配線方法等を検討するとともに、計測前に十分な点検を行わなければならない。

計測時は、ADCP のほかに観測所の状況に応じた計測機器等が必要となる。計測機器等のトラブルは、洪水時の流量観測データを取り逃すことにつながるため、舟への搭載に当たっては、各機器の固定方法やケーブル類の配線方法を検討し、計測時の揺動においても機器の脱落、ケーブルの切断等が生じないようにしなければならない。また、観測時に必要となる発電機等も含め、観測前には十分な点検を行うものとし、特に機器のバッテリーや発電機の燃料等は十分な予備を携帯する必要がある。

(4) 横断計測の範囲

<標準>

横断計測の範囲は、水際部を除き、河道断面内の流速分布 (死水域を含む) について可能な限り計測できる範囲とし、水際部は計測範囲内の流速分布データにより適正な補間処理を行うことを標準とする。

また、横断計測では、水際部に近づくにつれて水深が浅くなるため、近づきすぎると波の影響等で舟が河岸や河床に接触して破損する危険が伴う。このため、水際付近の計測には十分注意するとともに、リアルタイムの計測データにより水深を確認しながら計測を行うこと

を標準とする。

<例 示>

高水敷における計測では、樹木等の影響や地形により、横断計測の途中で橋上操作艇の曳航ができなくなる場合がある。地形により曳航が不可能となった場合は、一度、舟を水面から撤去し、再び観測可能な箇所へ着水させることで、横断計測を継続することが可能となる。

(5) 横断計測の速度

<推 奨>

横断計測の速度については、計測原理上は遅い方が望ましいが、出水時に特に急激な水位変動が見られる場合には、流況の変化に影響がない時間内での観測が望まれる。観測データの精度を安定させるためには両者のバランスが必要となる。

低水流量観測においては、流速が舟の横断速度に比べて極端に遅い場合に、RTK-GNSS 等から得られる横断計測の速度が流速値に与える影響が大きくなるため、計測に使用する舟の制御可能な範囲において、できるだけ舟の横断速度を遅くすることが望ましい。

高水流量観測において橋上操作艇を使用する場合は、横断計測の速度を 1m/s 程度とすることが望ましい。

(6) 計測状況の記録

<必 須>

現地計測の状況に係る下記の項目は、必ず現地において野帳に記録しなければならない。

- 1) 計測年月日
- 2) 観測開始時刻と終了時刻
- 3) 舟と左右岸の水際線までの距離（データ補間処理が必要な距離）
- 4) 計測を開始した河岸（左岸または右岸）
- 5) その他、ADCP 観測時の河道状況等で明記すべき事項（浅瀬の存在等）

4. 7. 3 流量の算出

<標 準>

流量の算出は下記の手順によることを標準とする。

なお、低水路、高水敷を分けて算出するとともに、それぞれ直接計測部と観測不可能領域での補完部の流量も更に分けて算出しておくことを標準とする。

- 1) 各セル（流速分布計測単位）の流速に各セルの面積を乗じて各セルにおける流量を算出する。
- 2) 各セルの流量を合計し、横断計測における各細分化区分断面ごとの計測部流量を算出する。
- 3) 観測不可能領域の流量については、直接計測部より得られる鉛直方向若しくは横断方向の流速分布を適切に活用しながら補完するものとする。
- 4) 各細分化区分断面の流量及び観測不可能領域の全合計値を全断面流量として算出する。
- 5) 全断面平均流速の算出は、全断面流量を全断面積で除して算出する。

4. 8 非接触型流速計測法

4. 8. 1 総説

<考え方>

非接触型流速計は、流水に直接接触することなく河川の表面流速を計測する器械である。このことから、非接触型流速計を活用することで、洪水時の河川の流量を無人で安全かつ自動的に連続観測するシステムの構築が可能である。

ここでは、非接触型流速計の中でも適用事例の多いドップラー型の電波流速計と画像処理型流速測定法を対象として、適用手法を記述する。

4. 8. 2 流速計の設置及び付帯施設

(1) 電波流速計

<標準>

電波流速計は、可搬型流速計による流速計測法や浮子測法と同様に、複数測線（複数区分断面）を設定し、その区分断面ごとの表面流速代表値を計測できるように、電波流速計を橋桁等に設置する。測線の設定に当たっては、橋上操作艇に搭載した ADCP や浮子測法等による現地観測結果等により、洪水時の横断方向流速分布を事前に把握した上で、それぞれの区分流量がほぼ均一になるように設定する。必要測線数は、浮子測法の基準に準じる(4.6.3 参照)。ただし、急激な増減水や固定式電波流速計の適用時の経済性、機器同士の電波の干渉などやむを得ない場合は、最小浮子流速測線数を適用できる(4.6.3 参照)。

横断方向流速分布から流量演算処理を行うためには、事前に区分断面ごとの水深－断面積(H-A)の関係を算出しておく必要がある。このため、流速観測を開始する前に電波照射域を設定し、その中に流量観測断面を設定する。電波流速計は、その流量観測断面に垂直な方向に向けて計測を実施するものとし、同断面における水位も流速と同時に計測するものとする。また、流量観測断面の横断測量を実施して、区分断面ごとの水深－断面積(H-A)の関係を事前に把握しておくことを標準とする。

また、出水時には河床が変化する場合があることから、流量観測断面の横断測量を洪水前後に実施し、流量演算処理に反映させることを標準とする。

電波流速計が計測する表面流速は、風による吹送流の影響を受けるため、観測所の近傍に併せて設置する風向風速計のデータを用いて吹送流の影響を除去することを標準とする。

固定式電波流速計では安定性や保守点検を考慮し、設置場所の状況に応じて、保守点検足場、観測局舎、振動対策設備等の周辺設備を設置することを標準とする。

(2) 画像処理型流速測定法

<考え方>

画像処理型流速測定法とは、洪水流を撮影した映像を解析することで流速を計測する手法である。主に LSPIV (あるいは PIV) (Large-Scale Particle Image Velocimetry)、STIV (Space-Time Image Velocimetry)、Float-PTV (Particle Tracking Velocimetry) の3手法がある。LSPIV は平面 2 次元的な流況を捉えるには有効な手法であるが、高水流量観測事例は少ない。一方、STIV と Float-PTV は観測事例が比較的多く高水流量観測に適している。

STIV :

- ・STIV 法は水面の波紋の移動速度から水表面流速を計測する手法である。
- ・STIV で得られるのは、(検査線上の) 水表面流速の 1 方向成分のみである。

Float-PTV :

- ・Float-PTV は、原則、浮子の流下速度の計測や流下軌跡を追跡する手法である。

- ・浮子以外にも、浮子の替わりになるような“Float（流木等）”の流下状況を追跡することで流速等を把握することが可能である。

<標準>

画像処理型流速測定法を用いた高水流量観測では、録画面像を用いた画像解析手法に適した撮影機材を用いて観測、記録を行うことを基本とする。

STIV や Float-PTV といった画像処理型流速測定法を実施する上での画角設定方法は以下を標準とする。

- ・計測範囲及び兩岸の標定点や標定点として使用可能な既設構造物等をカメラ画角内に収める
- ・ズーム機能も用いて、空やその他の流速・流量算出に係わらない部分はできるだけ画角内に入れない

カメラ映像を用いるにあたり、画像上での位置の移動を実空間での位置の移動に変換する必要があるため、必要に応じ標定点を設置することを標準とする。

画像処理型流速測定法のうち STIV を採用する場合、その検査線の位置、長さ、時間は以下を標準とする。

1) 検査線の位置と検査線の本数

検査線の位置は、検査線の中心が流量を算出する横断面上になり、かつ、流量を算出する横断面に対し直交するように配置する。検査線の本数は、浮子測法における標準法（表 2-4-4）以上とする。

2) 検査線の長さ

検査時間は検査線の長さや流速に依存する。可能な限り、検査線の長さや検査時間は STI がほぼ正方形になるように設定する。検査線の長さは、現地の河道特性・流況に合わせて設定する。

3) 解析時間

解析時間は検査線の長さや流速に依存する。可能な限り、検査線の長さや解析時間は STI がほぼ正方形になるように設定することが望ましい。解析時間は、現地の稼働特性・流況に合わせて設定する。

また、出水時には河床が変化する場合があることから、流量観測断面の横断測量を洪水前後に実施し、流量演算処理に反映させることを標準とする。

表面流速は、風による吹送流の影響を受けるため、観測所の近傍に併せて設置する風向風速計のデータを用いて吹送流の影響を除去することを標準とする。

<例示>

STIV により流速を算出する場合、検査線の設定する位置、検査線の長さ、時間は流速の算出精度の影響を及ぼす。

1) 検査線の本数

検査線の本数が増えることで、詳細な水表面流速の横断分布が把握可能となり、流量算出精度の向上が期待できる。

2) 検査線の長さ

できる限り STI 画像自体が正方形であることが望ましい。なお、10～15m 程度が適切であるという実証例がある。併せて、STI 中に現れる波紋の縞模様の傾きが 30～60 度以内になるようにし、40～45 度程度が最適である。

3) 解析時間

可能な限り、検査線の長さや解析時間は STI がほぼ正方形になるように設定することが望ましい。なお、特に大きな流況の変化等がない場合、15 秒程度で問題ないという実証例がある。併せて、STI 中に現れる波紋の縞模様の傾きが 30～60 度以内になるようにし、40～45 度程度が最適である。

検査線長が 10m の場合、解析時間が 15 秒程度で STI 画像が正方形に近い形になる。

4. 8. 3 流量の算出

<標準>

流量は、区分断面ごとの平均流速を算定し、それに区分断面積を乗じて区分断面ごとの流量を算出し、全断面での総和により算出する。

区分断面の平均流速は、区分断面ごとの風補正をした水表面流速に流速補正係数を乗じることで算出する。

流速補正係数は、各観測所における適切な値を使用することを基本とする。

非接触型流速計測法による流量の算出は、次の事項に従って行うことを標準とする。

- 1) 流量算出に用いる断面は、横断面ごとに、洪水前後の横断測量の結果から求められる洪水前及び洪水後の全断面積（洪水期間中の最高水位時）を比較して、いずれか大きい方の断面を用いる。
- 2) 上記の断面積算出に用いる水位は、流速計測の開始時と終了時における対象横断面の水位の平均値とする。
- 3) 1つの流速測線の深さ方向平均流速が代表する区分断面は、これと相隣り合っている流速測線との中央線までの領域とする。
- 4) 非接触型流速計測法により流量を算出する断面において、1つの流速測線それぞれに対応した区分断面の面積を求める。
- 5) 測線ごとの深さ方向平均流速は、非接触型流速計測法で得られた水表面流速に対し、風の影響による補正をし、その補正された水表面流速に流速補正係数を乗じる。
- 6) 流量は、測線ごとの深さ方向平均流速とその平均流速が受け持つ区分断面積との積を全測線について合計して算出する。
- 7) 測定精度のチェックのために、算出した流量値は現場で速やかに前年の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係を確認する。

<例示>

流速補正係数は、各観測所における適切な値を使用することが望ましいが、検証が出来ない場合、暫定的に 0.85 を使用しても良い。

今後、ADCP による様々な規模の洪水時の鉛直方向の流速分布に関する観測結果から係数の妥当性を検証し、必要に応じて更新・修正を行う。

4. 8. 4 維持管理

<必須>

非接触型流速計測の計測断面では、流下断面の変化を反映させて計測精度を確保するため、設置後においても出水期前に横断測量を実施しなければならない。

<標準>

電波流速計は、現地への設置の前に、流速検定施設において検定を行い、設置後は現地に

において観測精度を確認することを標準とする。

設置後、観測機器の劣化や不備による欠測を未然に防ぐため、定期的に保守管理を行うことを標準とする。

<標準>

非接触型流速計測の計測断面に H-A 関係、H-V 関係に影響を与えるような変化が生じた場合には、計測結果を ADCP 等による観測結果と比較し、演算処理装置内の係数（流速補正係数）を更新することを標準とする。

4.9 超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）

4.9.1 総説

<考え方>

超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）は、対となる超音波送受波器を河川の水の中兩岸に斜めに対向して設置し、上流側から下流側へ超音波が伝播するのに要する時間と、反対に下流側から上流側へ伝播するのに要する時間の差が、超音波伝播線上の平均流速に比例することを利用した流速計測法である。

4.9.2 超音波流速計測法による流速の測定

<標準>

超音波流速計測法による流速の測定は、次の各項に従って行うことを標準とする。

- 1) 適切な観測位置とシステムを選定する。
- 2) 流量を観測する位置に、流向に対して斜めにかつ水平に流速測線を設け、その両端（水中）に対向させて超音波送受波器を設置する。あわせて断面積算定のための水位計も設置する。
- 3) 送受波器は、流速測線上にある堅固な杭又は護岸等の水中部に取り付ける。
- 4) 横断面の形状・河川の水理・水質特性に応じて、流速測線は1本又は複数設置し、それに応じた超音波制御・処理システムを選定する。
- 5) 測定・演算等のため超音波機器設備は陸上に局舎を設け、設置する。

なお、観測位置については本節 4.3 流量観測所の配置と設置に従うものとするが、位置の選定とシステムの選定は相互関連があるので、下記の点にも留意して位置を設定する必要がある。

- 1) 川幅：標準的には、100～200m 程度まで対応が可能であり、それより川幅が広い場合、断面を分割して計測する方法をとるなどの工夫が必要である。
- 2) 水深：水深が浅いと、超音波が水面・底面に当たり多重反射を起こす場合があるので注意が必要である。中州がある地点は避ける。
- 3) 流速：高流速時の気泡、乱流等によるノイズや、洪水時の濁度上昇による減衰の影響を受けることに注意する必要がある。
- 4) 流向：流向の変化の影響は、送受波器を V 字型に配置することで解決できるが、著しい流況の変化があるところは避ける必要がある。
- 5) 水温・塩分の鉛直分布：躍層は、超音波屈折の原因となるので、多層での計測や断面分割等の対策が必要となる場合がある。
- 6) 水温・塩分の時間変動：速い変動により流速計測に影響を与える場合には、上流方向と下流方向の超音波の同時送波が必要である。

<推 奨>

水温変化や塩分変化が流速計測に影響を与えていると想定される場合には、水温計・塩分計を設置することで水温・塩分の鉛直分布を監視することが望ましい。

4. 9. 3 超音波流速計測法による流量の算出

<標 準>

複数の流速測線を持つ場合の流量の算出は、次の各項に従って行うことを標準とする。

- 1) 流量を測定する横断面において1つの流速測線の受け持つ区分横断面積は、上下の流速測線との中間までとする（流速測線が一つの場合は、全横断面を受け持つことになる。）。なお、横断面は、超音波送受波器の方向にかかわらず、流水に直角方向の横断面を用いる。
- 2) 最上段及び最下段に設定された流速測線の受け持つ区分横断面積の最上限及び最下限は、それぞれ水面及び底面とする。
- 3) 流量は、平均流速とその受け持つ区分横断面積との積を全測線について合計して求める。

なお、非固定式観測法や ADCP の計測結果との比較により、流速補正係数を用いる必要が明らかになれば、その流速補正係数を用いることを標準とする。

3 測線の場合を数式に表わすと、

$$Q = a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 + a_3(H) \cdot v_3 \quad (2-4-1)$$

- Q : 求められる流量
v₁, v₂, v₃ : 超音波による平均流速 (3 測線)
a₁, a₂ : 断面積 (一定)
a₃(H) : 断面積 (水位の関数)

である。

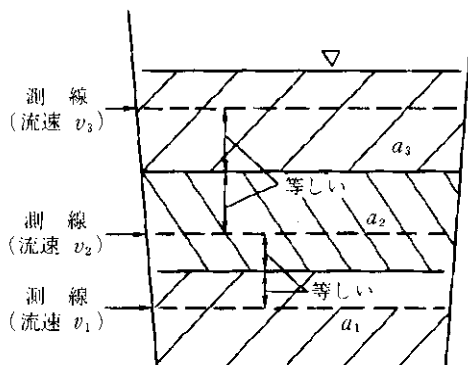


図 2-4-3 パルス伝播時間差法における測線・区間横断面積の考え方

- 4) 超音波機器設備としては、この流量観測システムに要求される目標、たとえば流量管理に適した情報が表示されるように測定・演算・表示することを標準とする。

<推奨>

観測データについては、水位流量曲線を介さずに直ちに流量を算出・表示できるメリットを最大限生かすため、テレメータ設備を用いて、事務所、管理所等で即時利用できる自動演算処理・表示システムを導入することが望ましい。

4.9.4 維持管理

<必須>

超音波の伝播経路となる斜め横断面内に、超音波伝播の障害物が生じないように、河道の維持管理に努めるものとする。

4.10 水理構造物を用いる方法

4.10.1 総説

<考え方>

堰や限界流フリュームは、常流から射流に遷移する流れを発生させることにより支配断面を形成することで、水位（越流水深）と流量との間に1対1の関係をつくり、水位から流量を換算することのできる水理構造物である。比較的小流量の河川（小規模な溪流等）における流量観測に用いられる。また、ダムや水門等の構造物についても、流れを拘束するなどして水位と流量との関係を単純化し、水理実験によって通過流量を把握するための流量換算式を作成することが行われる。

本節では、流量観測を目的とした水理構造物として代表的な堰を活用した流量計測法（堰測法）を中心に記載する。

4.10.2 堰測法の種類と配慮事項

<考え方>

流量観測が可能な堰は、堰の形状によって次の3種に分類される。

- 1) 刃型堰：精度が良い。小規模な河川で一般に利用される。
- 2) 越流頂：ダムの余水吐等で自由ナップの形状が採り入れてあれば、大流量でも利用できる。
- 3) 広頂堰：一般の落差工等を利用した流量観測所に見られる。ただし、流量係数は複雑である。

<必須>

堰によって流量を観測する場合には、堰上流の堆砂及び堰下流の洗掘に対して十分な対策を立てておかなければならない。

また、特に刃型堰では、流木、ゴミ等により観測の精度が著しく低下することがあるので、これに対する対策を講じなければならない。

堰測法においては、いずれも越流深を測定するのであるが、堰上流側の堆砂は、上流側の堆砂ポケットの大きいダム等を除いては問題となる。堆砂は堰測法の精度に影響するため、堆砂が問題となる場所に設置した場合には、排砂装置をつけて精度確保に努めておかなければならない。

また、下流側の洗掘に対しては、河床保護工を行うなど対策を立てておかなければならない。

<例 示>

一般の落差工を用いる堰測法では、低水時には越流水深が極めて小さくなることがあるので、精度を上げるために複断面の堰とする例がある。

4. 10. 3 可動ゲートを有する堰における要件

<必 須>

可動ゲートを有する堰に流量観測所を設ける場合には、ゲートの開度を水位と同時に記録しておかなければならない。

4. 10. 4 越流水深の測定

<標 準>

堰測法によって流量を観測する場合には、堰に近く、流速の小さい位置に水位観測施設を設置し、これにより越流水深を観測することを標準とする。

水位観測については、本章 第3節 水位観測 によるものとする。

4. 10. 5 堰測法による流量の算出

<標 準>

堰測法において、完全越流の矩形堰の場合には、次の公式を用いて流量を算出することを標準とする。

$$Q = CBH^{3/2} \quad (2-4-2)$$

Q：流 量 (m³/s)

C：堰の越流係数

B：堰 幅 (m)

H：越流水深 (m) である。

越流係数については、堰形状・適用範囲が、堰に関する公式（石原・井田の式、板谷・手島の式等）の適用条件を満たすものであれば、それらの公式をそのまま用いることができる。そうでない場合は、模型実験による越流水深と流量の関係式を求める必要がある。

その他の形状の堰、不完全越流又は、潜り越流の堰及び可動ゲートを有する堰については、その形状等に最も適した公式を用いるか、又は観測、模型実験等により水位と流量との関係を求めることを標準とする。

4. 11 流量の連続データの算出

4. 11. 1 総説

<考え方>

観測された水位(H)と流量(Q)との関係を示す曲線を水位流量曲線(H-Q曲線)と呼ぶ。連続的に得られている水位観測値から365日24時間の連続した流量を算出できることから、長年にわたり、流量を連続的に算出する手法として幅広く用いられてきている。

ここで、水位から流量が1対1に求まる条件は、エネルギー勾配（又は河床勾配）に対して水面勾配の変化の影響を無視できる場合であり、ある程度以上の河床勾配を有し、かつ、ゆっくりとした水位変動の場合には、水位と流量はほぼ1対1に対応する。ただし、当該流量観測地点を含む河道区間が、河積や粗度（特に樹木群の繁茂状況）の縦断方向の急変等により、河床勾配が急な割に一ハイドログラフ内での水面勾配の変化の影響が出やすい条件を有している場合にはこの限りではない。ここでは、流量観測所が本節4.3.2に示された条件を満足することが標準であり、また本節4.3.3(1)に記した維持管理が流量観測所においてな

されていることを前提に、水位と流量がほぼ1対1に対応するための条件を広目に記述している。こうしたことから、当該流量観測所が、河積や粗度の縦断方向の急変等の特性を有していないかをチェックすることは、水位と流量がほぼ1対1の関係を持つことを前提にデータの処理を行って良いかを確認する上で重要である。

本節では、この原理を活用した水位流量曲線による連続的な流量データの算出手法について規定する。

なお、本節 4.8～4.10 で解説した固定式流量観測手法を用いることにより、水面勾配の変化にかかわらず、ある範囲の河川流量において、流量の連続データの算出を行うこともできる。

<必須>

本節で用いる流量の観測資料は、「河川砂防技術基準」（国土交通省）の調査編第2章水文・水理観測 第5節 水文資料の整理・保存と品質管理 5.3 照査 5.3.2 異常値補正 に基づき現地補正を済ませた後の観測資料を用いなければならない。

<推奨>

緩流河川においては、下流側における潮汐や合流、堰操作等による背水の影響による水面勾配の変化の影響が無視できないため、水位流量曲線を水位のみの一価関数として表現することはできない。したがって、このような地点においては水位流量曲線法を用いないことが望ましい。緩流河川でなくとも、上述のように、河積や粗度（特に樹木群の繁茂状況）の縦断方向の急変が見られる場合も、水位流量曲線法の採用を再検討することが望ましい。

このような地点で流量の連続評価を行う場合は、こういった水理条件下でも利用可能な固定式流量観測手法を活用することが望ましい。

<例示>

河川の合流点付近の流量観測所では、近傍の流量観測所のデータに基づく水収支より連続評価を行う事例もある。

4.11.2 水位流量曲線の作成手法の基本

<標準>

水位流量曲線式の作成は、水位を縦軸として流量を横軸とする座標上に、水位及び流量の値をプロットし、最小二乗法等によって関係式を求めることを標準とする。

水位流量曲線式には、2次式を用いることを標準とする。2次式の場合、曲線式は、水位を $H(m)$ 、流量を $Q(m^3/s)$ として、以下ようになる。

$$Q = a(H + b)^2 \quad (2-4-3)$$

a, b : 観測断面、作成対象となる期間・水位範囲によって決まる定数

水位流量曲線を用いて流量の算出を行う場合、当該期間中の流量観測値の範囲内において流量を算出することとし、当該期間中の流量観測範囲を超えた外挿領域への曲線式の適用は行わないことを標準とする。

また、水位流量曲線式の定数を求める際には、低水位部分で流量値がマイナスとならない制限を設けて同定することを標準とする。

縦断勾配が緩やかな河川では、水位流量曲線は、洪水時（特にハイドログラフが急激に変化し非定常効果が大きくなる洪水時）に水面勾配の変化等の影響を受けて、単純な一価関数とならずに、時系列的に反時計回りのループを描く場合がある。緩流河川でなくとも、縦断

方向の河積の急変等により、場合によっては同様の特性が出現する可能性がある。この場合、近隣の水位観測所との水位差（水面勾配）を考慮した水位流量曲線の導入を検討することを標準とする。これは、表 2-4-1 に示した水面勾配断面積法の原理を応用するものである。

<推 奨>

水位及び水面勾配から流量を得ようとしても、必要な精度が満足されない場合も考えられる。その原因としては、当該河川区間の流れが、水位流量曲線はもちろん水面勾配断面積法を採用しても適切に再現できない水理的特性を本来的に有していることが考えられる。そうした状況においては、流量と相関の高い水理量の組合せを形式上見いだそうと、更に作業を進めるのではなく、本章の第 1 節 総論 に述べたカテゴリー 3. 1 の観測を通じて、当該区間の流れの総合的把握を行い、そこでの流れを支配する水理システムを理解し、流量を算出する合理的な方法を個々に見いだしていくことが望ましい。

<推 奨>

自記水位計の記録から得られる当該地点での最高水位・最低水位において、現地での流量観測が行われていなかったり、前年の H-Q 式をベースにした洪水予測等の日々の河川管理の目的のために、水位流量曲線をその流量観測範囲を超えて左下方（渇水）と右上方（洪水）にやむを得ず外挿して適用しなければならない場合も想定される。その場合は、観測範囲の水位流量曲線を単純に延長するのではなく、 Manning 式等を活用し断面特性を加味した水理学的な水位流量曲線とする方法をとることが望ましい。

<例 示>

水位流量曲線式として 2 次式により精度を確保できない場合は、べき乗値を 2 と固定しない一般の n 次式を用いてもよい。この場合、未知定数が 3 つとなるが、特に n の同定値について、一般に見られる開水路の断面形状において Manning 式から理論的に想定される 1~3 の範囲を超えるような不合理な値をとることのないように注意する必要がある。

4. 11. 3 水位流量曲線の更新

<標 準>

水位流量曲線は一水文年をひとつの有効期間として曲線式を作成するのが一般的であるが、洪水による河床変動等を契機として水位流量関係が変化した場合は、その変化時を区切りとして曲線式を更新する。

一つの水位流量曲線について有効な期間から、別の異なる水位流量曲線について有効な期間に移行する境界（有効期間を一水文年とする場合は、年界）において、同じ水位に対する流量算出値が極力不連続にならないようにすることを標準とする。

4. 11. 4 曲線分離

<標 準>

複断面等の複雑な断面形状を有する河川では、低水から高水までを一つの曲線式で表すことができないことが多い。この場合、一つの曲線式で回帰できる水位区間群に分割し、水位区間ごとの水位流量曲線式を求めることを標準とする（曲線分離）。

これらの曲線分離においては、分離して同定された水位流量曲線同士の境界周辺の日時若しくは水位において、流量が不連続にならないようにするものとする。

<推 奨>

水位流量曲線の作成に当たっては、以下のことに注意することが望ましい。

- 1) 高水部分を曲線分離する水位は、断面形状（又はH-A関係）の変曲点等を参照しながら設定する。
- 2) 高水流量観測においては、一連の観測値を時刻順に結ぶことによって、水面勾配等の影響による水深－流量関係のループ効果をH-Q関係のばらつきや観測誤差と区別しながら水位流量曲線の検討を行う。

4. 12 特殊な場所における流量観測

<考え方>

流量観測手法に関する事項は、上流から下流に向かって全断面で常に順流状態で流水が流れる地点での流量観測手法を基本に記述したものである。このため、河口感潮域等の全断面で順流状態が確保されるとは限らない地点での流量観測においては、別途留意が必要となる。

4. 12. 1 河口感潮域における留意事項

<考え方>

河口感潮域における低水時の調査については、本節 4.5 以下に詳述した流量観測手法が原則的に用いられる。しかし、潮汐の影響で時々刻々水位と流量が変動するので、特に可搬式流速計による流速計測法の適用に当たっては、特別な配慮が必要となる。また、本節 4.11 に記述するような、水位から一意的に流量を連続的に評価する水位流量曲線法が使えないことに注意が必要である。さらに、複雑な流動を示すことが多い河口感潮域において、流動に関わるどのような水理量の継続観測が必要か、それと流量との関係はどうかに留意し、目的と当該区間の流動の特徴を踏まえた上で観測内容を定めていくことが重要である。

<標 準>

河口感潮域での低水時の流量観測は、以下の事項に留意して実施することを標準とする。

- 1) 潮汐等対象区間の流動特性をよく考慮して観測計画を立てる。
- 2) 水位・流速の変動があるため、観測の同時性確保の必要性に応じて、迅速に計測作業を行う。
- 3) 順流・逆流が入れ替わる前後の時間帯等、流水内の流速分布が複雑となるため、代表的な流速値を適切に把握できるように流速計測を行う。可搬式流速計による流速計測法においては、流向を測定できる流速計を用いるとともに、必要に応じて、精密法等により多くの測点での流速計測を行うことを標準とする。

<推 奨>

流況が時々刻々変動するため、固定式観測法を採用することで、流速・流量を連続的に観測できる手法を導入することが望ましい。

<例 示>

可搬式流速計による流速計測法の適用に当たっては、代表的な潮汐条件のときに精密法で流速分布を把握しておき、いかなる深さでその測線上の平均流速を把握できるかを事前に調べておくことで、一般的な方法からの流速測点数の増加を抑制することができる場合がある。

第3章 水文解析

第1節 水文統計解析

1. 1 総説

<考え方>

本節は、第2章 水文・水理観測 第2節 降水量等観測、第3節 水位観測、第4節 流量観測で規定されている方法等により得られた水文資料等の統計的解析についての技術的事項を定める。

一般に河川計画及びそれを実現するための河川管理施設等の設計や管理のよりどころとなる目標としては、既往の事象の中で厳しいもの又は既往の事象の頻度解析によって計画規模若しくは目標とする規模の値を推定したものが選ばれる。本節で規定する水文頻度解析手法は、計画規模の頻度で生起すると想定される事象を既往の水文資料から推定する際に用いられ、また、あわせて、任意の事象の発生頻度を既往の水文資料から推定する際にも用いられる。

従来、水文頻度解析においては、水文資料の定常性等を仮定することが多かったが、地球温暖化に伴う気候変化が予測されており、その吟味も重要となってきたので解析の前提条件の確認手法について述べる。

水文統計解析には、資料の収集及び解析手法の前提条件の検討、水文頻度解析、時系列変化特性の解析等が含まれる。

資料の収集及び解析手法の前提条件の検討では、水文統計解析を行うに当たり基本的な事項を述べるとともに、水文頻度解析の前提条件を満たしているかどうかの検討の方法について述べる。また、水文頻度解析において、次に述べる定常解析又は非定常解析のどちらを適用すべきかを選択する際のよりどころとなる水文資料の定常性の検討の方法について述べる。

水文頻度解析は、水文諸量の規模とその発生頻度の関係を統計的な方法により推定するものであり、前述の定常性の検討結果に応じて、定常な水文量の頻度解析又は非定常な水文量の頻度解析を適用する方法について述べる。

時系列変化特性の解析において、周期性等の時間変化特性の解析を行う方法について述べる。

1. 2 資料の収集及び解析手法の前提条件の検討

<考え方>

水文統計解析の基となる水文資料は、解析の目的、解析方法、資料収集・整理の難易等を考慮して選定する。水文資料の選定、収集に当たっては次の各項目について調査・検討を行う。

- 1) 水文資料の存在状態
- 2) 観測又は記録の方法、水文資料の精度、代表性等の特性
- 3) 水文資料収集に関する時間、費用等の作業の程度
- 4) 他の調査成果資料

年最大値資料はその変動が大きいので水文資料の特性から吟味することは容易ではないが、平均値に比べ異常に大きいものや小さいもの等を見つけた場合は、その年の気象条件を吟味し、水文資料の妥当性を調べ、測定時の野帳等に戻って観測値の徹底的な吟味を行う。

また、水文資料を水文頻度解析に用いる際の検討項目として、1) ランダム性、2) 独立性、3) 均質性、4) 定常性が考えられる。

1) ランダム性(Randomness)

ランダムとは、標本の変動が自然由来であることである。例えば、人為的に調節された流量データはランダムとはみなされないので調節効果を除去する必要がある。

2) 独立性(Independence)

独立とは、標本の各データがそれぞれ他のデータの影響を受けていないことである。例えば、本日の流量は昨日の流量の影響を受けている（昨日の流量が大きければ、本日の流量も大きい）ので独立とはいえず、双方を水文資料に含めることはできない。通常、データのサンプリング間隔を大きくすれば独立とみなせる。

3) 均質性(Homogeneity)

均質とは、標本が一つの母集団からのものとみなせることである。

4) 定常性(Stationarity)

定常とは、標本からランダムな変動を除いた後の成分が時間的に変化していないことである。非定常なデータは、トレンド（長期的傾向変化）、ジャンプ（急激な変化）又は周期を持つ。例えば、トレンドは徐々に進む流域の改変等、ジャンプは自然的、人為的な条件の急変等と関係する。

定常性が満たされない場合は、水文資料から周期成分やジャンプの影響を排除した資料についてトレンドの有意性について検討し、有意と認められない場合は周期成分やジャンプの影響を排除した資料について定常性を前提とした水文頻度解析を適用する。そうでない場合は水文頻度解析にトレンド成分を内包する非定常な水文量の頻度解析を行う方法が考えられる。

1. 2. 1 水文資料の周期性の検討

<例 示>

水文資料の周期性の有無は、標本自己相関係数を用いたコレログラム（時系列相関図）で評価することができる。水文資料が独立同一分布からの標本かどうかを検定する手法として、有意水準を5%とするとき、標本 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ の自己相関係数が信頼限界 $\pm 1.96/\sqrt{n}$ の範囲に入るかどうかで判断できる。もし、想定される周期の2~3倍程度（または40タイムステップ程度）までの標本自己相関係数を求めて、そのうち2、3個以上が信頼限界外となるか、1個が信頼限界のはるか外になれば、独立同一分布であるという仮説を棄却する。棄却された場合、調和解析等により周期成分を除去して水文頻度解析を行う必要がある。

1. 2. 2 水文資料のジャンプの検討

<例 示>

水文時系列資料がジャンプを有するかどうかの判断には、t-検定やMann-Whitney検定を用いることができる。なお、ジャンプは観測期間の長短により検出されなかったり、検出されたりするので、水文資料が十分な観測期間を有しているかどうかを併せて検討する必要がある。十分な観測期間の長さについては、水文資料の特性により異なる。水文資料が十分な観測期間を有していない場合は、ジャンプを有していないとみなす。また、ジャンプの原因が明確な場合、観測期間を分けた検討が必要である。

例えば、年降水量、洪水期降水量、月降水量、年最大日雨量、年最大時間雨量等の水文時系列資料を収集した場合、これらのうち最も安定的と考えられるのは年降水量である。日降水量や時間降水量等の年最大値は変動が激しく、ジャンプを検出することが難しい。このため、たとえ年最大値の解析が目的とするところであっても年降水量等の平均的特性を表すものによる検討を行うことが望ましく、そこで有意なジャンプが検出されれば、観測期間を分けた検討を行う。

1. 2. 3 水文資料のトレンドの検討

<例 示>

水文時系列資料がトレンドを有するかどうかの判断に使える手法として、Mann-Kendall 検定や新記録数検定等がある。ただし、検出力がそれぞれ異なり、必ずしも水文資料が単調なトレンドを有していることは少ないことから、複数の方法や対象期間等により評価する必要がある。

1) Mann-Kendall 検定

Mann-Kendall 検定は、トレンドが線形か非線形かを問わずに水文時系列資料のトレンドを検定するノンパラメトリックな手法である。本検定の帰無仮説 H_0 と、対立仮説 H_1 は、以下に示すとおりである。

H_0 : n 個のデータ $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ が独立で同一の確率分布に従う。

H_1 : n 個のデータ $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ が同一の確率分布に従わない。

Mann-Kendall 検定においては、式 (3-1-4) で与えられる統計量 Z を定義する。

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(X_j - X_k) \quad (3-1-1)$$

$$\text{sign}(\theta) = \begin{cases} 1 & \theta > 0 \\ 0 & \theta = 0 \\ -1 & \theta < 0 \end{cases} \quad (3-1-2)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left(n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n e_i(e_i-1)(2e_i+5) \right) \quad (3-1-3)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (3-1-4)$$

ここに、 e_i はデータ $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ を昇順に並べたとき、同じ値が連続して出現する個数を表し、 n はその組数を表す。ここで、有意水準を α としたとき、標準正規変量 Z が $|Z| > z_{1-\alpha/2}$ のとき仮説 H_0 は棄却される。ここに、 $z_{1-\alpha/2}$ は標準正規分布の超過確率 $\alpha/2$ に相当するクォンタイルである。また、 $S > 0$ のとき、水文時系列資料 X_i は上昇傾向であることを示し、 $S < 0$ のときは下降傾向であることを示す。

2) 新記録数検定

水文時系列資料が定常で独立同一分布に従う場合、最初の記録を新記録として、以降この新記録が更新される回数を数える。この数は理論的に次式で表されるので、観測値から得られる新記録の回数と比較することにより定常性を評価できる。

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} \approx \log n + \gamma \quad (3-1-5)$$

ここに n は観測回数（年最大値を対象とする場合観測年数）、 γ はオイラ一定数であり、約 0.577216 である。時系列が増加傾向であれば、観測値から得られる新記録の数は理論値を上回り、減少傾向であれば逆に下回ることになる。例えば、有意水準 5% のとき、 $n=25, 50, 100$ に対する新記録の個数の上限値はそれぞれ 7, 8, 9 である。

1. 3 定常な水文量の頻度解析

<標準>

定常性を前提とした水文量の生起頻度の解析は以下の手順による。

- 1) 候補確率分布モデルの列挙
- 2) 確率分布モデルの母数推定
- 3) 候補モデルのスクリーニング
- 4) 確率水文量のバイアス補正と安定性の評価
- 5) 確率分布モデルの決定

1. 3. 1 候補確率分布モデルの列挙

<例示>

水文頻度解析に用いるモデルの候補を解析対象水文資料に応じて列挙する方法がある。

<例示>

- 1) 水文時系列資料を一定の区間に分割し、それぞれの区間に含まれる最大値を収集した水文資料を区分最大値という。一般に極値資料とも呼ばれる。極値資料は3つの型の極値分布で表されることが証明されており、これらを一つの式で表したものが一般極値分布(GEV)である。一般極値分布の形状母数が0の場合がGumbel分布であり、 x を変量とするときそれぞれ確率密度関数 $f(x)$ 、確率分布関数 $F(x)$ は次のように表される。

- a) Gumbel 分布

$$f(x) = \frac{\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}}{\alpha} \exp\left[-\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}\right] \quad (3-1-6)$$

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}\right] \quad (3-1-7)$$

- b) 一般極値分布

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left\{1 - \frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}-1} \exp\left[-\left\{1 - \frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right\}^{1/k}\right] \quad (3-1-8)$$

$$F(x) = \exp\left[-\left(1 - k\frac{x-\xi}{\alpha}\right)^{1/k}\right] \quad (3-1-9)$$

ここに ξ : 位置母数、 α : 尺度母数、 k : 形状母数であり、 $k=0$ の場合がGumbel分布である。なお、一般極値分布は $k > 0$ の場合、上限値を有する。

$$x \leq \xi + \alpha/k \quad (3-1-10)$$

- 2) 閾値超過資料(POT: peaks over threshold)は、閾値を超過する独立なピーク値を全て取り出した資料である。年最大値資料が他の年の年最大値より大きな年間第2位や3位などのデータを使わず、また、年によっては洪水とみなせないような事象を含むのに対し、適切に閾値を選べばこのように特性の異なる水文資料を含むことを回避できる利点がある。閾値の選定によく用いられる手法としては、標本平均超過関数を用いる手法がある。以下に指数分布、一般Pareto分布を例示する。

一般Pareto分布の形状母数が0の場合が指数分布であり、 x を変量とするとき、それぞ

れ確率密度関数 $f(x)$ 、確率分布関数 $F(x)$ は次のように表される。

a) 指数分布

$$f(x) = \frac{\exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\}}{\alpha} \quad (3-1-11)$$

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\frac{x-\xi}{\alpha}\right\} \quad (3-1-12)$$

b) 一般 Pareto 分布

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left\{1 - k \frac{x-\xi}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}-1} \quad (3-1-13)$$

$$F(x) = 1 - \left(1 - k \frac{x-\xi}{\alpha}\right)^{1/k} \quad (3-1-14)$$

ここに、 ξ : 位置母数、 α : 尺度母数、 k : 形状母数であり、 $k=0$ の場合が指数分布である。なお、一般 Pareto 分布は $k > 0$ の場合、上限値を有する。

$$x \leq \xi + \alpha/k \quad (3-1-15)$$

3) よく知られているように、誤差は正規分布に従う。また、一定期間内の日降水量等の短時間降水量は指数分布で表される場合が多い。指数分布に従う二つの変数の和はガンマ分布で表される。このように各分布の特徴や既往の事例などを踏まえ、対象とする水文資料の解析においては適切と考えられる分布を列挙する。以下に正規分布、Pearson III 型分布の確率密度関数 $f(x)$ 、確率分布関数 $F(x)$ を例示する。

a) 正規分布

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\} \quad (3-1-16)$$

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right\} dt \quad (3-1-17)$$

ここに μ : 平均、 σ : 標準偏差である。特に、 $\mu=0$ 、 $\sigma=1$ の場合を標準正規分布と呼び、これに対する確率分布関数の数表が用意されている。

b) Pearson III 型分布

形状母数 γ が 0 でなければ次の変数変換を行うと、

$$\alpha = \frac{4}{\gamma^2}, \quad \beta = \frac{1}{2}\sigma|\gamma|, \quad \xi = \mu - \frac{2\sigma}{\gamma}, \quad \gamma \neq 0 \quad (3-1-18)$$

γ の正負ごとに x の分布範囲、確率密度関数 $f(x)$ 及び確率分布関数 $F(x)$ が以下のように表される。

$\gamma > 0$ の場合、 x の分布範囲: $\xi \leq x < \infty$

$$f(x) = \frac{(x-\xi)^{\alpha-1} \exp\{-(x-\xi)/\beta\}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (3-1-19)$$

$$F(x) = G\left(\alpha, \frac{x - \xi}{\beta}\right) / \Gamma(\alpha) \quad (3-1-20)$$

$\gamma < 0$ の場合、 x の分布範囲： $-\infty < x < \xi$

$$f(x) = \frac{(\xi - x)^{\alpha-1} \exp\{-(\xi - x)/\beta\}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (3-1-21)$$

$$F(x) = 1 - G\left(\alpha, \frac{\xi - x}{\beta}\right) / \Gamma(\alpha) \quad (3-1-22)$$

ここに、 $G(\alpha, z)$ は不完全ガンマ関数

$$G(\alpha, z) = \int_0^z t^{\alpha-1} \exp(-t) dt \quad (3-1-23)$$

である。

Pearson III型分布は γ が0に近づくととき、正規分布に漸近し、 $\gamma=2$ の場合、指数分布となる。

1. 3. 2 確率分布モデルの母数推定

<例 示>

解析対象水文資料を用いて候補モデルの母数を求める際には、標本の大きさに応じて適切な推定法を用いるなどの手法があり、積率法、L積率法、最尤法等の手法が用いられている。なお、小標本（標本サイズ<30）については、L積率法がよく用いられている。

1) 積率法

従来、確率分布モデルの母数推定に当たってはその原点及び平均値まわりの積率、すなわち、平均値、分散、歪みをそれぞれ標本から得られる標本平均、不偏分散、不偏歪み等に等しいとおいて分布モデルの母数を推定する積率法を用いて、分布モデルの母数を求めてきた。

確率分布モデルの確率密度関数を $f(x)$ とするととき、この平均 μ 、分散 σ^2 及び歪み γ はそれぞれ、

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx \quad (3-1-24)$$

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x)dx - \mu^2 \quad (3-1-25)$$

$$\gamma = \int_{-\infty}^{\infty} x^3 f(x)dx / \sigma^3 \quad (3-1-26)$$

と表される。一方、標本 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ から得られる標本平均 $\hat{\mu}_x$ 、不偏分散 $\hat{\sigma}_x^2$ 、不偏歪み $\hat{\gamma}_x$ は、

$$\hat{\mu}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3-1-27)$$

$$\hat{\sigma}_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (3-1-28)$$

$$\hat{\gamma}_x = \frac{n}{(n-1)(n-2)\hat{\sigma}_x^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (3-1-29)$$

と表される。 $f(x)$ が2母数の場合、(3-1-24)と(3-1-25)の左辺を(3-1-27)と(3-1-28)に置き換えて連立方程式を解くことにより、母数を求めることができる。3母数の場合、(3-1-24)、(3-1-25)及び(3-1-26)の左辺を(3-1-27)、(3-1-28)及び(3-1-29)に置き換えて連立方程式を解くことにより、母数を求めることができる。なお、3母数の場合、種々の歪みの補正が提案されている。

2) L積率法

大きく外れたデータが含まれ歪んだ水文資料に対処するために考案された手法がPWM(probability-weighted moments)やL積率(L Moments)を用いる手法である。L積率は順序統計量の線形和で表される特徴を持つ(Lはlinear combinationsに由来する)。

$X_j(j=1,2,\dots,n)$ を標本から得られた順序統計量($X_1 \geq X_2 \geq X_3, \dots, \geq X_n$)とするとき、PWMは次式で定義される。

$$\beta_r = E\{X[F(X)]^r\} = \int_0^1 xF^r dt \quad (3-1-30)$$

PWMの標本推定値を算定するには2つの方法がある。最も単純な方法は確率分布関数 $F(x)$ にプロットイング・ポジションを使う方法である。

$$\hat{\beta}_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j \left[1 - \frac{j-0.35}{n}\right]^r \quad (3-1-31)$$

もう一つの方法は不偏推定値を求める方法であり、次式で表される。

$$\hat{\beta}_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-r} \frac{\binom{n-j}{r} X_j}{\binom{n-1}{r}} = \frac{1}{r+1} \sum_{j=1}^{n-r} \frac{\binom{n-j}{r} X_j}{\binom{n}{r+1}} \quad (3-1-32)$$

この式を $r=0, 1, 2, 3$ について具体的に書くと次のようになる。

$$\hat{\beta}_0 = \bar{X} \quad (3-1-33)$$

$$\hat{\beta}_1 = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{(n-j)X_j}{n(n-1)} \quad (3-1-34)$$

$$\hat{\beta}_2 = \sum_{j=1}^{n-2} \frac{(n-j)(n-j-1)X_j}{n(n-1)(n-2)} \quad (3-1-35)$$

$$\hat{\beta}_3 = \sum_{j=1}^{n-3} \frac{(n-j)(n-j-1)(n-j-2)X_j}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \quad (3-1-36)$$

このようにして求めたPWMを用いてL積率は、次式で求めることができる。

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (3-1-37)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (3-1-38)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (3-1-39)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (3-1-40)$$

$$\tau_2 = \lambda_2/\lambda_1 \quad (\text{L - CV}) \quad (3-1-41)$$

$$\tau_3 = \lambda_3/\lambda_2 \quad (\text{L - skewness}) \quad (3-1-42)$$

$$\tau_4 = \lambda_4/\lambda_2 \quad (\text{L - kurtosis}) \quad (3-1-43)$$

これらの L 積率を各確率分布モデルの母数と L 積率の関係を表す連立方程式に代入することにより各確率分布モデルの母数を求めることができる。

a) Gumbel 分布

$$\alpha = \lambda_2/\log 2, \quad \xi = \lambda_1 - \alpha\gamma \quad (3-1-44)$$

ここに γ : オイラーの定数であり、約 0.577216 である。

b) 一般極値分布 (GEV)

$$k \approx 7.8590c + 2.9554c^2, \quad c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \quad (3-1-45)$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k})\Gamma(1 + k)} \quad (3-1-46)$$

$$\xi = \lambda_1 - \alpha \{1 - \Gamma(1 + k)\}/k \quad (3-1-47)$$

c) 指数分布

$$\alpha = 2\lambda_2, \quad \xi = \lambda_1 - \alpha \quad (3-1-48)$$

下限値 ξ が既知の場合

$$\alpha = \lambda_1 - \xi \quad (3-1-49)$$

d) 一般 Pareto 分布

$$k = \frac{1 - 3\tau_3}{1 + \tau_3} \quad (3-1-50)$$

$$\alpha = (1 + k)(2 + k)\lambda_2 \quad (3-1-51)$$

$$\xi = \lambda_1 - (2 + k)\lambda_2 \quad (3-1-52)$$

下限値 ξ が既知の場合

$$k = \frac{(\lambda_1 - \xi)}{\lambda_2} - 2 \quad (3-1-53)$$

$$\alpha = (1 + k)(\lambda_1 - \xi) \quad (3-1-54)$$

e) 正規分布

$$\mu = \lambda_1, \quad \sigma = \sqrt{\pi}\lambda_2 \quad (3-1-55)$$

f) Pearson III型分布

$$\alpha \approx \frac{1 + 0.2906z}{z + 0.1882z^2 + 0.0442z^3}, \quad z = 3\pi\tau_3^2, \text{ for } 0 < |\tau_3| < \frac{1}{3} \quad (3-1-56)$$

$$\alpha \approx \frac{0.36067z - 0.59567z^2 + 0.25361z^3}{1 - 2.78861z + 2.56096z^2 - 0.77045z^3}, \quad z = 1 - |\tau_3|, \text{ for } \frac{1}{3} < |\tau_3| < 1 \quad (3-1-57)$$

α が与えられる場合には次式の方がよい。

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \text{sign}(\tau_3) \lambda_1, \quad \sigma = \lambda_2 \sqrt{\alpha \pi} \Gamma(\alpha) / \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right), \quad \mu = \lambda_1 \quad (3-1-58)$$

3) 最尤法

確率密度関数が $f(x) = f(x; \theta)$ で与えられ、母数ベクトルを θ とするとき、次式で表される尤度関数

$$L(\theta) = L(\theta, X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{j=1}^n f(X_j, \theta) \quad (3-1-59)$$

を最大にする母数ベクトル

$$L(\hat{\theta}) = \max_{\theta} L(\theta) \quad (3-1-60)$$

を推定値とする手法が最尤法である。通常は尤度関数の自然対数をとった対数尤度関数を最大にすることにより最尤推定量を求める。

1. 3. 3 候補確率分布モデルのスクリーニング

<例 示>

候補モデルの解析対象水文資料への適合度を評価する手法として SLSC (Standard Least Square Criterion) が用いられてきている。SLSC は次式で定義される。

$$\text{SLSC} = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|S_{99} - S_{01}|}, \quad \xi^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i - s_i^*)^2 \quad (3-1-61)$$

ここに、 s_{99} 及び s_{01} はそれぞれ非超過確率 0.99 と 0.01 に対する当該確率分布の標準変量、 n : 標本の大きさ、 s_i : 順序統計量を推定母数で変換した標準変量、 s_i^* : 確率分布モデルで求めたプロットイング・ポジションに対応するクォンタイルを推定母数によって変換した標準変量である。

SLSC は値が小さいほど適合度が良いと判断される規準であり、これが一定の水準を満たすことによりスクリーニングを行なう。SLSC は 0.04 以下であれば適合度を満足するとして用いられてきている場合が多い。

プロットイング・ポジションとしてはこれまでにいろいろな式が提案されている。水文資料から得られた順序統計量 ($X_1 \geq X_2 \geq X_3, \dots, \geq X_n$) の i 番目の値の超過確率 p_i は次式により、統一的に表すことができる。

$$p_i = \frac{i - \alpha}{n - 2\alpha + 1} \quad (3-1-62)$$

ここに、 n : 標本サイズ、 α : プロットイング・ポジションを決める定数であり、提案者により異なる。Weibull:0、Blom:0.375、Cunnane:0.4、Gringorten:0.44、Hazen:0.5 等がある。

SLSC を求める際にはプロットイング・ポジションとして多くの分布によく適合する Cunnane プロットがよく用いられている。なお、小標本の場合は、Weibull プロットを用いる手法がある。

なお、SLSC による適合度の評価と併せて適切な確率紙にプロットしてモデルの適合度を確認する手法が用いられている。

<例 示>

確率分布モデルの適合度を確認する手法として、Gumbel 確率紙及び指数確率紙を用いた例を

示す。

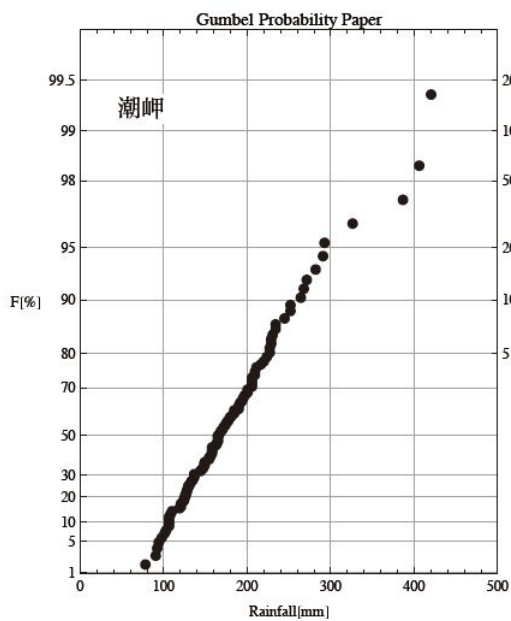


図 3-1-1 Gumbel 確率紙の事例
(極値資料)

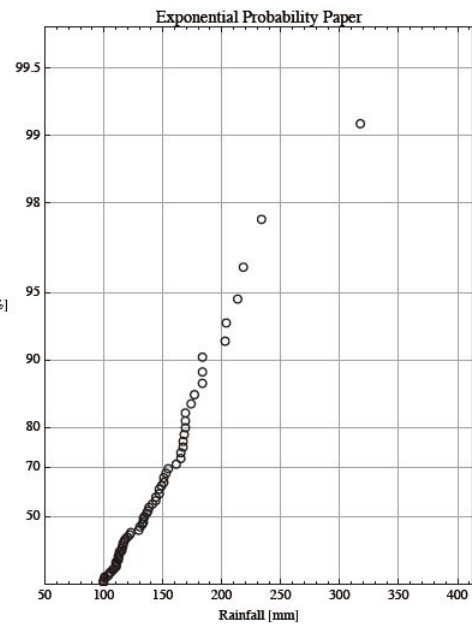


図 3-1-2 指数確率紙の事例
(POT 資料)

1. 3. 4 確率水文量のバイアス補正と安定性の評価

<例 示>

一定レベルの適合度を満足する確率分布モデルを対象に、必要に応じてリサンプリング手法を用いることにより、確率分布モデルの確率水文量のバイアスを補正するとともにその安定性を評価する手法として jackknife 法や bootstrap 法がある。

jackknife 法は大きさ n 個の標本のうち i 番目の 1 データのみを欠いたデータ数 $n - 1$ 個の標本を全ての i について作成し (n セット作成することになる)、これらの標本から求めた統計量をもとに不偏推定値及びそのまわりの推定誤差を算定する手法である。

一方、bootstrap 法は大きさ n 個の標本から重複を許して任意に n 個取り出した標本を複数作成し、これらの標本から求めた統計量を基に不偏推定値及びそのまわりの推定誤差を算定する手法である。

jackknife 法は計算回数が少なく、作成する標本数、不偏推定値及び推定誤差が一意的に定まるのに対し、bootstrap 法は作成する標本数が任意に設定でき、作成する標本数によって不偏推定値や推定誤差が異なる。両手法によるバイアス (偏倚) 補正量は、bootstrap 法のバイアス補正量が jackknife 法のバイアス補正量の $(n - 1)/n$ となるが、 n が極端に小さくなければこの差は小さい。

jackknife 法の具体的手順は以下のとおりである。大きさ n の標本の各データを X_1, X_2, \dots, X_n とする。これを用いて求める母集団の特性を推定する統計量を

$$\hat{\psi} = \psi(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (3-1-63)$$

とする。大きさ n 個の標本のうち i 番目の 1 データのみを欠いたデータ数 $n - 1$ 個の標本を用いた統計量を

$$\hat{\psi}_{(i)} = \psi(X_1, X_2, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_n) \quad (3-1-64)$$

とする。 $\hat{\psi}_{(i)}$ は $i = 1, 2, \dots, n$ に対して求まるので n 個求まることになる。

$\hat{\psi}_{(i)}$ の平均値を

$$\hat{\psi}_{(c)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{\psi}_{(i)} \quad (3-1-65)$$

により求める。バイアス推定値は次式で与えられる。

$$\widehat{\text{BIAS}} = (n-1)(\hat{\psi}_{(c)} - \hat{\psi}) \quad (3-1-66)$$

これを用いて統計量のバイアスを補正した jackknife 推定値は次式で与えられる。

$$\tilde{\psi} = \hat{\psi} - \widehat{\text{BIAS}} = n\hat{\psi} - (n-1)\hat{\psi}_{(c)} \quad (3-1-67)$$

また、jackknife 法による推定誤差分散は、

$$\widehat{\text{VAR}} = \frac{n-1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{\psi}_{(i)} - \hat{\psi}_{(c)})^2 \quad (3-1-68)$$

で求められる。

jackknife 法を適用しない場合の統計量が $1/n$ のオーダーのバイアスを有しているのに対し、(3-1-67)で示される jackknife 推定値のバイアスは $1/n^2$ のオーダーであり、jackknife 法によるバイアスの補正が有効である。

1. 3. 5 確率分布モデルの決定

<例 示>

適合度の基準を満足する確率分布モデルを用いる方法がある。

確率分布モデルを選択する場合には、適合度の基準を満足するものの中から安定性の良好な確率分布モデルを採用する方法がある。この場合、本節の 1. 3. 4 で求められた確率水文学の推定誤差分散の平方根である推定誤差を指標とし、相対的にこれが小さい確率分布モデルを選択する方法が考えられる。

超過確率若しくは非超過確率に対応する確率水文学又は任意の規模の変量に対応する超過確率若しくは非超過確率は、用いることとした確率分布モデルから推定する。

任意の規模の変量 x に対応する非超過確率 F を求めるには確率分布関数 $F(x)$ の x に単に代入すればよい。超過確率は $1-F$ で求めることができる。超過確率の逆数が再現期間 (return period) である。

$$\text{Return Period} = \frac{1}{1-F} \quad (3-1-69)$$

確率水文学を求めるには、用いることとした分布の確率分布関数 $F(x)$ を変量 x について解いた式に、非超過確率 F を代入して確率水文学を求める。年最大値等の極値資料を対象とする分布の確率水文学を求めるための例を以下に示す。

1) Gumbel 分布

$$x(F) = \xi - \alpha \cdot \log(-\log(F)) \quad (3-1-70)$$

2) 一般極値分布

$$x(F) = \xi + \alpha \{1 - (-\log(F))^k\} / k \quad (k \neq 0) \quad (3-1-71)$$

POT の閾値を超える変量、その非超過確率を表す確率分布関数 $G(x)$ 及び年最大値資料の確率分布関数 $F(x)$ の間には次式の関係がある。

$$F(x) = \exp\{-\lambda(1 - G(x))\} \quad (3-1-72)$$

ここに、 λ は閾値を超える事象の年間発生率である。この式を $G(x)$ について解き、年最大値資料の非超過確率 F に対応する非超過確率 G を次式で求め、これを(3-1-12)や(3-1-14)の $F(x)$ の代わりに置き換えて x について解けば、(3-1-74)や(3-1-75)になり、年最大値資料を対象とした再現期間に対応する確率水文量を求めることができる。

$$G = 1 + \frac{\log(F)}{\lambda} \quad (3-1-73)$$

3) 指数分布

$$x(F) = \xi - \alpha \cdot \log\left(-\frac{\log(F)}{\lambda}\right) \quad (3-1-74)$$

4) 一般 Pareto 分布

$$x(F) = \xi + \alpha \left\{ 1 - \left(-\frac{\log(F)}{\lambda}\right)^k \right\} / k \quad (k \neq 0) \quad (3-1-75)$$

5) 正規分布

正規分布の確率分布関数の逆関数は陽には表せないので、標準正規分布表を用いるか、誤差関数の逆関数を用いるなどして確率水文量を求める。

1. 3. 6 確率分布モデルの決定に関する補足事項

<例 示>

本節の 1. 3. 5 の確率分布モデル選定において判断が難しい場合は、赤池の情報量基準(AIC)による評価も併せて用いる手法が考えられる。

AIC は次式で定義される。

$$AIC = 2m - 2MLL \quad (3-1-76)$$

ここに m は母数ベクトルの次元数(母数の数)である。MLLは最大対数尤度

$$MLL = \sum_{i=1}^n \log[f(X_i, \hat{\theta})] \quad (3-1-77)$$

であり、母数ベクトル $\hat{\theta}$ は最尤推定量であるが、L積率を用いて母数推定した場合にはその母数ベクトルを代わりに用いる。

一般に母数の数が多くなると分布の適合度はよくなる。AICは母数の数を考慮していることが適合度のみを評価する他の規準とは異なる。AICの値が小さいほどよいモデルであると判断される。

1. 4 非定常な水文量の頻度解析

<例 示>

定常とみなせない場合の水文量の頻度解析として、以下の手順による方法が考えられる。

- 1) 水文資料の周期性やジャンプの有無を検討し、これらを含まない水文資料とする。

2) 水文時系列資料の統計特性の時間的変化がモデルの中に組み込まれた確率分布モデルの母数を推定し、確率評価を行う。例えば、年最大値等の極値資料を扱う一般極値分布の場合や POT 資料を扱う一般 Pareto 分布の場合、位置母数、尺度母数及び形状母数の 3 母数で表されるが、そのうち、位置母数及び尺度母数が時間的に変化するモデルを考える。

$$\xi(t) = \beta_0 + \beta_1 t \quad \text{又は} \quad \xi(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \quad (3-1-78)$$

$$\alpha(t) = \exp(\beta_3 + \beta_4 t) \quad (3-1-79)$$

このような母数の中のパラメータを最尤法で解くことにより、時系列変化を表す確率分布モデルを推定する。

1. 5 時系列変化特性の解析

<考え方>

水文現象には時間的にある程度規則性を持ちつつ徐々に平均や分散等の統計的特性が変化すると考えられるものが多い。時系列解析はこの時間変化の特性を定量的に明らかにすることを目的とした解析法を総称したものであり、以下の方法が考えられる。

時系列現象の変化状態を大別すると、一般に長期的傾向変化（トレンド）、周期性変化、持続性変化及び偶然性の変化に分けられる。これらの特性を定量的に明らかにする場合には、それぞれに対応した解析方法が必要である。

気候変化等の影響を受け解析対象水文資料の統計的特性が経年的に変化していると判断される場合の水文頻度解析には、本節の 1. 4 の非定常性を考慮した検討を行う。

なお、水文資料の統計的特性は観測期間により経年的な変化の有意性が異なるため、観測期間の取り方を変えた評価を行うなど慎重な検討が必要である。

<例示>

水文時系列資料の時間経過に対する状態の傾向を把握する方法として、次に示す事項のいずれかの方法又はこれらを組み合わせた方法が考えられる。

- 1) 経過時間と、対応する水文資料の値を図化整理（時系列図）して、直接その変化状態を見る。
- 2) 資料の値について移動平均値を求め、その時間的な変化傾向を見る。
- 3) 任意の時間区分によって資料を数群に分け、それぞれの群についての観測値の平均値、分散、系列相関係数等の統計量を求め、それから推定される母集団の特性値について、各群の値を比較する。
- 4) コレログラム（時系列相関図）を作成して、周期性変化及び持続性変化の傾向の有無を見る。

図 3-1-3 に 1876 年から 2010 年までの東京の年降水量とこれを 11 年で移動平均したものを示す。

この事例について全期間を対象に Mann-Kendall 検定を行うと $Z = -0.36$ となり、定常であるという仮説は有意水準 5% で判断すると棄却されないの有意な減少傾向とはいえない。

図 3-1-4 は同期間の年最大日雨量の推移を示したものである。

図 3-1-4 の水文資料について観測開始から 25 年経過した 1900 年から 2010 年までを対象に Mann-Kendall 検定を行った結果を図 3-1-5 に示す。

この図から横軸が 1950 年付近に $Z > 1.96$ となっている部分が見られる。この部分は 1876 年から 1950 年ごろまでのデータで判断すると有意水準 5% で判断すると定常であるという仮説は棄却されることを示している。しかし、その後のデータの蓄積で、2010 年までの全てのデータ

を用いると $Z=1.18$ となり、同仮説は棄却されない。

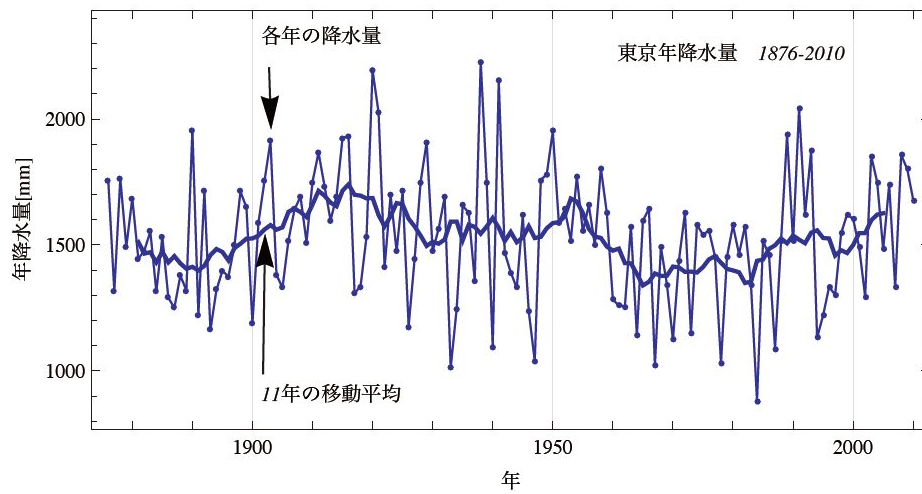


図 3-1-3 東京の 1876-2010 の年降水量と 11 年の移動平均 (太線)

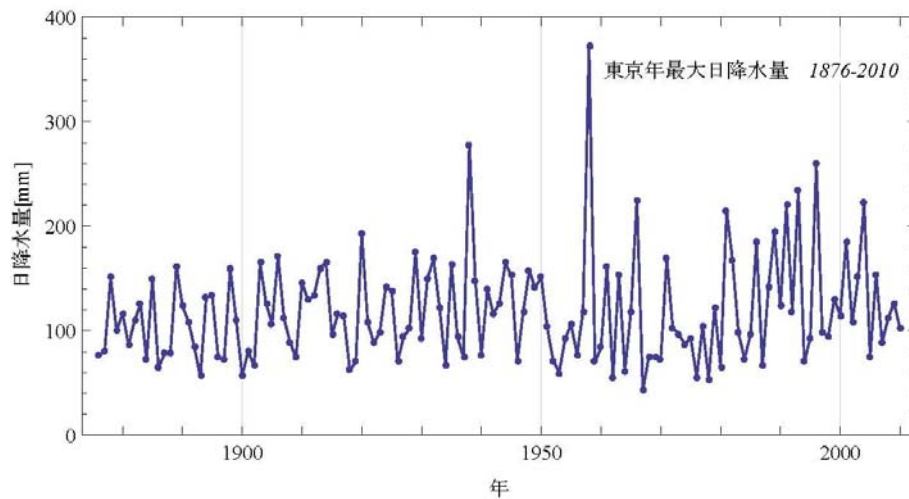


図 3-1-4 東京の 1876-2010 の年最大日降水量

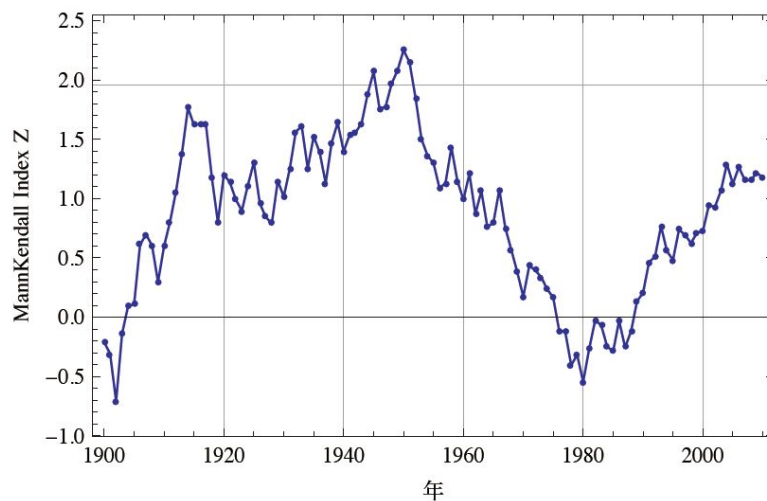


図 3-1-5 東京の 1876-2010 の年最大日降水量のトレンド評価

図 3-1-6 は東京の 1876 年から 2010 年までの月降水量のコレログラムを示したものであり、12 か月の周期性がはっきり現れているのが分かる。

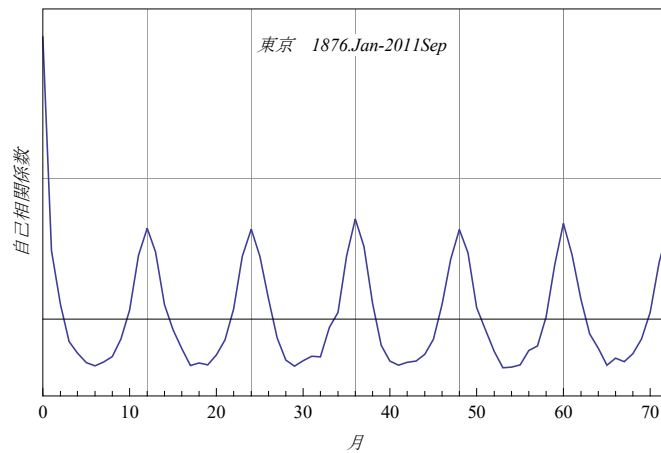


図 3-1-6 東京の 1876–2010 の月降水量のコレログラム

コレログラムのパターン形状の特徴、すなわち時系列変化の特徴はおおよそ図 3-1-7 のように分類することができる。

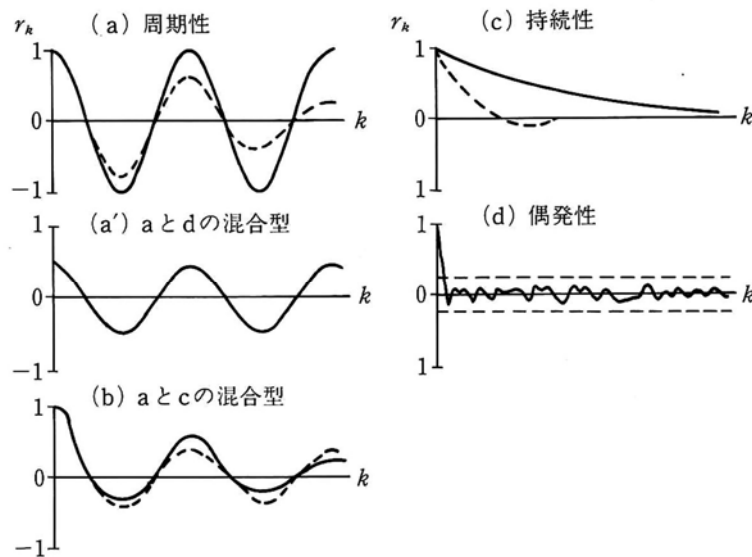


図 3-1-7 時系列変化のパターン

- ① ほとんど完全な周期性 (a) ② 持続性 (減衰傾向) (c)
 周期性と偶発性の混合型 (a') ③ 純偶発性 (d)
 周期性と持続性の混合型 (b)

なお、周期性の理由が明確でない場合、コレログラムによる完全な周期性の判断基準としては、水文資料全期間の中に数サイクル以上周期が含まれていること等が考えられる。

更に、詳細に時系列変化の特性を求める場合には、おおよそ以下に示す方法の 1 つ又はそれらを組み合わせた方法によって基本的な解析を行ってもよい。

- 1) 時間に関する 1 次式又は多次式をあてはめた回帰分析によって傾向変化曲線 (トレンド)

を推定する。

- 2) 周期解析（又はピリオドグラム解析）等の方法によって、周期変化成分の特性を求める。
- 3) コレログラム解析その他の方法によって、周期成分の変化及び持続性変化の特性を求める。
- 4) もとの時系列変化を上記1) ないし3) で求められる規則的変化成分と残りの不確定な変化成分に分ける。後者についてはその分布特性及び生起特性についての解析を行う。

第2節 流出解析

<考え方>

本節は、河川等の調査で行う流出解析に必要な技術的事項を定めるものである。

流出解析に用いる流出モデルは多種多様であり、また、次々と新たな流出モデルや解析手法が考案されている。そのため、本節は、河川等の調査で行う流出解析に共通する技術的事項について記載するとともに、河川等の調査で適用実績のある代表的な流出モデルを例示する。

2. 1 総説

2. 1. 1 流出解析の目的

<考え方>

河川等の調査で行う流出解析の目的は、一般に、以下のように大別できる。

- 1) 河川等の計画や河川管理施設等の設計のための河川流量の計算
- 2) 実時間での河川流量（特に洪水時の流量）の予測
- 3) 長期の河川流量の計算
- 4) 流域や気候の変化に伴う水循環の変化の予測
- 5) 水文観測が十分でない流域の長期又は洪水時の河川流量の計算
- 6) 流出現象のより深い理解のための解析

本節では、特に断りのない限り、1) 河川等の計画や河川管理施設等の設計のための河川流量の計算、又は3) 長期の河川流量の計算の目的での流出解析について記述する。

<必須>

流出解析の方法・手順は、流出解析の目的や利用可能な資料等に応じて適切に設定しなければならない。

2. 1. 2 流出モデルの種類と特徴

<例示>

流出モデルは視点ごとにさまざまな分類が可能である。代表的な分類例とそれぞれの特徴を以下に示す。

- 1) 予測期間からみた分類
 - ・短期流出モデル
 - ・長期流出モデル

短期流出モデルは、洪水流出モデルとも呼ばれ、数時間から数日の流出現象を計算するモデルである。数日の河川流量を1時間単位又はそれよりも短い時間単位で計算する。この場合の流出モデルは、斜面流出過程と河道網での流れのモデル化が流出モデルの主要部分となり、蒸発散過程は短期流出モデルに導入しないことが多い。一方、長期流出モデルでは、積雪・融雪

や蒸発散の過程を適切にモデルに反映させることが重要となる。

2) 降雨一流出の応答の考え方からみた分類

- ・ 応答モデル
- ・ 概念モデル
- ・ 物理モデル

応答モデルは、入出力の応答関係から降雨流出の関係式を構成するモデルである。

概念モデルは、現象を概念的に捉え降雨流出の関係式を構成するモデルである。過去の長期間の降雨と河川流量の水文資料が存在し適切にモデルの定数を設定できれば、比較的精度よく河川流量を予測できる。また、計算負荷が小さいという特徴を有する。

物理モデルは、物理的な法則性に基づいた基礎式から降雨流出の関係式を構成するモデルである。土地利用や流域環境の変化をモデルに表現することができる。

3) モデルの空間的な構成方法からみた分類

- ・ 集中定数系モデル（集中型モデル）
- ・ 分布定数系モデル（分布型モデル）

集中定数系モデルは、ある対象地点の流量の計算を行うとき、対象地点上流の流域を単位としての流出過程を流域全体で平均化するモデルである。

分布定数系モデルは、降雨時の時空間観測データを取り込み、地形・地質・地被等の地域情報の分布を考慮し、水文量の時空間分布を計算できるような構造のモデルである。

2. 2 洪水流出計算

2. 2. 1 総説

<考え方>

洪水流出計算は、一般的に以下の手順で実施される。

- 1) 流出モデルの選定
- 2) 水文資料及び流域特性資料の収集と整理
- 3) 流出モデル構造の決定及び入力する降雨の算出
- 4) 流出モデルの定数解析と検証
- 5) 流量の計算

ただし、洪水流出解析の目的や利用できる水文観測資料の制約、用いる流出モデル等により、この手順は簡略化される場合もある。例えば、合理式を用いる場合は、3)、4)が省略されることがある。

2. 2. 2 洪水流出モデルの選定

<標準>

洪水流出モデルは、洪水流出解析の目的や必要とされる水文資料の有無等に応じて、適切な流出モデルを選定し、必要に応じて改良を加えることを標準とする。

例えば、水循環健全化の検討で流域の都市化が流量に与える影響の予測が必要となる場合、流域変化前後の流出特性を表現できる流出モデルを選定する。

<例示>

洪水流出モデルの選定に当たり、モデルの頑健性（異なる洪水事象におけるモデルの適用性）

や十分な適用実績を考慮している例が多い。

合理式は、土地利用に応じた定数の標準値の調査事例が豊富であり、過去の流量資料がない小さな流域での洪水のピーク流量の計算手法として長年の適用実績を有する。

貯留関数法は、我が国における洪水流出に対し高い再現性を有し、広く利用されている。

タンクモデルは、世界の多様な気候条件や流域特性を持つ流域での流出予測に適用された実績を有する一方、多くの定数を過去の水文資料から試行錯誤で求めなければならない。

一般的に、モデル定数の数が多いと再現性は高まる一方で、頑健性が低下する。数多く開発されている分布定数系モデルは、運動方程式に物理式を適用することにより頑健性を損なわない工夫がなされている。

2. 2. 3 水文資料及び流域特性資料の収集と整理

<考え方>

洪水を対象とする水文資料及び流域特性資料は、流出解析の精度を高める観点から、できる限り収集する。また、収集した資料の整理は、用いる流出モデルの構造に適合するように行う。

<標準>

解析対象地域内とその近傍の雨量、水位、流量観測記録をできる限り収集し、洪水ごとに資料の存否を整理することを基本とする。

雨量資料については、対象河川流域内の雨量資料だけでは雨量の時空間分布を適切に再現できない場合もあり得ることから、その周辺近傍地域において得られる全ての雨量資料を降雨原因を含めて収集することを基本とする。

流量資料については、流量の観測方法を明示するものとする。

<標準>

観測流量が貯水池での調節等の人為的影響や洪水時の外水氾濫等の偶発的影響を受ける場合、流出解析の目的に応じた適切な方法でこれらの影響を考慮することを標準とする。

<例示>

流域平均雨量と観測流出高の時系列変化図を作成することで、洪水事象ごとの降雨と流出の関係の特徴を把握する方法がある。

<推奨>

必要に応じ、水文資料の照査に利用可能な関連資料を整理する。

天気図等の気象情報、レーダ雨量、浸水被害や土砂災害等の災害記録は雨量資料の精度の把握に、また、観測所以外の地点で特定の期間に調査された水位、流量、水位痕跡等は観測所での流量資料の精度の把握に役立つことが多い。

<推奨>

必要に応じ、当該流域の地形、地質、土地利用、土地被覆等の資料を収集、整理し、流域分割の妥当性の検討や流出モデルの定数解析、流出計算結果の分析等に活用することを推奨する。

2. 2. 4 洪水流出モデル構造の決定と入力する降雨の算出

<標準>

洪水流出計算では、当該河川流域を流出計算の基本単位（小流域や小区画など）に分割し、

河道モデルにより連結し計算することを基本とする。その際には、洪水流の伝播や河道貯留の影響等の取扱いに留意しなければならない。

<標準>

洪水流出計算における河道の洪水波を追跡する場合の河道計算方法は、流域の基本単位の流出モデルの精度と整合のとれた手法を、河川における洪水波の伝播に伴う水量の変化を知ることが目的とした次元の解析手法から選定することを標準とする。

<例示>

洪水流出計算における河道計算方法は、水理的追跡法と水文学的追跡法に大別できる。

水理的追跡法は、次元開水路流れの運動方程式を、差分法や特性曲線法などの数値計算法により数値解を得る手法であり、河川の断面の水理学的特性に関する情報が必要となる。開水路流れの運動方程式においてどの項まで考慮するかによって、いわゆる不定流計算であるダイナミック・ウェーブモデルから、拡散波モデル、キネマティック・ウェーブモデルまでの選択肢がある。

水文学的追跡方法は、河道区間への流入と流出の応答関係を数式化する手法であり、更に以下のように分類できる。

- 1) ある河道区間内の水体の連続方程式と運動方程式（貯留関数）を用いる方法
- 2) 洪水波の伝播速度（遅れ時間）を設定する方法
- 3) 洪水流の水位の相関を利用する方法

1)の方法としては、貯留関数法、Muskingum 法等がある。貯水池内の洪水追跡法として、河道区間の水体の水面が一様に昇降する場合の貯留関数法に相当する貯水池モデルがある。これらの定数は、河道区間の横断面形状等の水理学的情報から求めることができる。

2)の方法としては、Manning 式や Chezy 式といった等流式を用いる方法、合理式の洪水到達時間を求める式を用いる方法、貯水池などにおける長波の伝播速度を用いる方法がある。水理・水文学的情報が限定された条件下において簡易的に計算を行いたい場合に有用である。

3)は、洪水流出計算の対象地点以外の地点で水位予測を行う場合や、実時間洪水予測等で用いられる方法である。

<必須>

流出モデルに入力する雨量は、流出モデルの流域の基本単位ごとの面積平均雨量とする。面積平均雨量の算出に当たっては、流域内の地形性降雨の地域分布特性、年代により異なる降雨観測所網、欠測状況等を考慮し、最も適切と考えられる方法により行うものとする。

<例示>

面積平均雨量を算出する方法としては、等雨量線法、ティーセン法、算術平均法、支配圏法、高度法、代表係数法等がある。

<例示>

レーダ雨量計解析処理データが地上雨量計による観測雨量から算出される雨量より高精度と判断できる場合、これを幾何補正して入力値とする方法がある。

また、過去観測された気象情報と気象数値モデルを用いて過去の気象を詳しく解析する同化

解析の結果である「再解析データ」から降雨量を抽出し利用する方法も研究されている。

<例 示>

実時間洪水予測において流出モデルに入力する予測雨量が必要な場合、地点での降雨予測値から面積平均雨量を算出し入力する方法や気象数値予測結果を入力する方法がある。

<標 準>

洪水流出計算では、流域での雨水の損失・保留機能を内蔵するものは別として、直接流出（表面流出＋中間流出）成分を計算対象とすることを標準とする。一つの洪水事象での総有効降雨量は、直接流出成分の総量に等しくなる。直接流出成分は、観測ハイドログラフの基底流出成分の分離により求めることを標準とする。流出成分の分離方法として、洪水立ち上り点で水平に分離する方法、ハイドログラフ逶減部の折曲点と洪水立ち上り点を結んだ線で分離する方法等がある。

<例 示>

有効降雨に関する定数は、観測資料から得られる洪水期間の水収支に基づき求めることができる。

また、降雨の初期に凹地等に貯留される効果が水収支等から認められる場合、これを有効降雨の算出に組み入れた計算法を用いることができる。

2. 2. 5 洪水流出モデルの定数解析と検証

<考え方>

洪水流出モデルの定数解析、検証のための洪水事象は、過去の記録を超える洪水のピーク流量の予測、大洪水から中小洪水までのハイドログラフの再現等の流出計算の目的や利用できる観測資料等を勘案して選定する。

定数解析が適切に行われたことは、観測流量と計算流量を比較することで確認する。

検証用の洪水事象は、定数解析用と異なる洪水事象を選定することが望ましいが、大洪水等の事象数が限られる場合、当該流出モデルが様々な流域で検証された実績を有することをもって検証を省略し、より多くの洪水事象を定数解析に用いることによりその精度を向上させるものとする。

<必 須>

洪水流出モデルの定数解析は、観測資料の精度に大きく依存するので、流域平均雨量等の入力値又は観測流量の精度が著しく低いと判断される場合、定数解析対象から除外するものとする。

<標 準>

洪水流出モデルの定数解析に当たっては、例えば大洪水のピーク流量の再現といった流出計算で再現しようとする事象について、複数の洪水事象のピーク流量を適切に再現できるよう対象洪水を選定することを標準とする。ただし、個別の洪水事象の現象の理解など特定の目的の場合はその限りではない。

<推 奨>

洪水流出モデルの定数解析に当たっては、できるだけ多くの洪水事象を対象とすることが望

ましい。

<例 示>

計算流量と観測流量との適合度を定量的に示す数値指標としては、ピーク流量付近の誤差に重みをおく評価基準、相対基準、相対2乗基準、Nash-Sutcliffe 効率等がある。

2. 2. 6 洪水流量の計算

<考え方>

流量の計算は、同定された流出モデルに降雨を入力して行う。

2. 3 低水流出計算

2. 3. 1 総説

<考え方>

低水流出解析の一般的手順は、基本的に洪水流出解析の手順と同じである。以下、洪水流出解析とは異なる項目について記述する。

<考え方>

流量は1950年代以降の記録が多いが、雨量の記録は相当長期にわたって存在する。低水流出計算は、流量未観測期間の流量資料の補完（復元）の目的で利用されることが多い。

<標準>

低水流出解析は、通常、日単位あるいは半旬単位で行うことを標準とする。

<標準>

日平均流量(m^3/s)を流出高(mm/day)に変換する際、日雨量、日流量の日界を把握し、流出計算時の留意事項として記録する。例えば、日流量は、自記水位記録の観測所の場合は1時から24時までの毎正時の流量の平均、水位標の観測所の場合は通常6時及び18時の流量の平均である。

2. 3. 2 蒸発散量の計算

<標準>

低水流出計算では、降雨及び融雪を入力し、これから損失を差し引いた量が時間をかけて流出すると考え、これを追跡計算するのが一般的である。損失は、蒸発散による大気への水移動、流域貯留量変化、深層地下水帯水層を通した流域外への流失である。河川流域を対象とする場合は、通常、最後の流失は無視できると考えるのが一般的である。また、1水文年の始まりと終りでは、流域貯留量変化は無視できると考え、この間の損失はすべて蒸発散であるとし、1水文年の水収支に合うように蒸発散量を推定する方法を基本とする。

<標準>

蒸発散量は、可能蒸発散量又は観測蒸発量に水収支から求めた係数を掛けて算出することを基本とする。

水収支が不明な場合は、過去の調査事例から、当該流域への適用が妥当と考えられる係数を適用する。

ただし、上記より精度が高いと考えられる観測が行われている場合は、これも利用する。

<例 示>

地表への水分の供給が十分になされると仮定した場合の可能蒸発散量を推定する方法として、多くの式が提案されている。気温と緯度で決まる日照量から推定する Hamon 公式、Thorntwaite 公式といった経験的な公式や、より詳しい微気象観測情報を必要とする Penman 公式、Penman-Monteith 公式などが提案されている。

観測蒸発量は、気象庁等が観測するパン蒸発量が利用できる。

<例 示>

河川流域の水収支から求めた日本の平均的な年降雨損失量は、全国平均で約 500mm、北海道で約 400mm、瀬戸内・九州で約 600mm 程度という調査結果が得られた事例がある。

2. 3. 3 取水・還元量等の推定

<考え方>

利水計算目的での低水流出計算を行う際には、貯水池による調節や上流での取水・還元等の人為的影響がない場合の自然流量をあらかじめ算出し、この自然流量を予測する流出モデルを構築する。

<標準>

貯水池による調節、取水・還元量は観測値を利用することを基本とする。

観測資料がない場合は、許可水利権量や河川区域での水収支等の情報から推定するものとする。その情報も利用できない場合は、他河川での調査事例の準用等を行う。

<推奨>

農業用水の取水量の実測値がない場合、以下に挙げる方法等で取水量を推定することが望ましい。

1) 水収支法

農業用水取水がないと仮定し計算した河川流量と同一地点での観測流量の差を正味の農業用水取水量（＝農業用水取水量－還元水量）として求める方法。

2) 減水深法

水田その他の農耕地の減水深にその面積を乗じて農業用水量を求め、これを取水量とする方法。

2. 4 主要な流出モデルの事例

<例 示>

流出モデルは利用者により適宜改良されることが多くあり、同一名称の流出モデルであっても異なる計算方法をとることもあるため、ここでは河川等の調査で利用実績のある流出モデルについて例示する。さらに、近年開発が進められ実用例も増えつつある分布定数系モデルの一つを例示する。ここに例示した流出モデル以外にも、国内外で多くの流出モデルが提案されている。

1) 合理式

合理式は洪水のピーク流量を推算するための簡便な方法であって、貯留現象を考慮する必要

のない河川でピーク流量のみが必要とされる場合に広く用いられている。ピーク流量を推定する諸公式は、一般に流域面積の関数としたものが多い。比流量法の Creager 曲線もその一つであるが、最大流量はもとより流域面積のみの関数ではないから、他のいろいろな要素、例えば降雨強度や流域の植生、傾斜の度合いなどを考慮した流出計算法が必要とされ、また、洪水頻度をも要因の中に入れられれば河川等の計画に当たって更に有用となる。このような点を考慮した簡単な流出計算法として合理式が提案された。これは流域の形を河道に対して対称な長方形と考え、雨水は流域斜面を一定速度で流下し、河道に入るものとする。そして流域の最遠点に降った雨が流域の出口に達するまでの時間を洪水到達時間と呼び、時間内の降雨強度に流域の土地利用に応じた流出係数を乗じて流出量を計算する。

合理式によるピーク流量は次式で与えられる。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} fRA \quad (3-2-1)$$

ここに、 Q_p はピーク流量(m^3/s)、 f は流出係数、 R は洪水到達時間内の雨量強度(mm/h)、 A は流域面積(km^2)である。

合理式は、次の仮定の上で作成されたものであるので、適用に当たっては、これらの仮定にできるだけ近い流出特性を示す流域に用いるように注意しなければならない。

- a) ある降雨強度 R の降雨による流出量 Q は、その強度の降雨が洪水到達時間かそれ以上の時間継続するとき最大になる。
- b) 降雨の継続時間が洪水到達時間に等しいか、それ以上長い、ある降雨強度 R による最大流出量 Q_p はその降雨強度 R と直線関係にある。
- c) 最大流出量 Q_p の生起確率は、与えられた洪水到達時間に対する降雨強度 R の生起確率に等しい。
- d) 流出係数 f はどの確率の降雨に対しても同じである。
- e) 流出係数 f は与えられた流域に降る全ての降雨に対して同じである。

これまでの試験地などにおける調査結果によれば、これらの前提条件に比較的近い流出特性を示す流域として、降雨の浸透や貯留の少ない市街化された流域が挙げられる。一般に流域面積が大きくなると貯留効果が大きくなり、合理式の線形仮定が成立しなくなるので注意しなければならない。適用すべき流域の大きさは $100km^2$ 程度以下であることが多い。

当該流域特有の流出係数及び洪水到達時間は、過去の水文観測資料から求めることができる。洪水到達時間は降雨強度が最大となる時刻と流出が最大となる時刻の時間差の2倍として求める場合がある。

過去の水文資料がない流域では、流出係数と洪水到達時間を流域の地被、植生、形状、開発状況などを勘案して決定する必要がある。流出係数と洪水到達時間についてはいろいろな値が提案されているが、その一部を示すと次のようである。なお、計画に用いられる流出係数の値については、計画編 第1章も参照することができる。

a) 物部による日本河川の流出係数(物部、1933)

表3-2-1 日本内地河川の流出係数

地形の状態	Fp
急しゆんな山地	0.75~0.90
三紀層山地	0.70~0.80
起伏のある土地および樹林地	0.50~0.75
平らな耕地	0.45~0.60
灌漑中の水田	0.70~0.80
山地河川	0.75~0.85
平地小河川	0.45~0.75
流域の半ば以上が平地である大河川	0.50~0.75

b) 「下水道施設計画・設計指針と解説」の流出係数

表3-2-2 工種別基礎流出係数の標準値(日本下水道協会、2009)

工種	流出係数
屋根	0.85-0.95
道路	0.80-0.90
その他の不透面	0.75-0.85
水面	1.00
間地	0.10-0.30
芝、樹木の多い公園	0.05-0.25
こう配の緩い山地	0.20-0.40
こう配の急な山地	0.40-0.60

基礎流出係数：細分化された基礎工種ごとの流出係数

表3-2-3 用途別総括流出係数の標準値(日本下水道協会、2009)

用途	総括流出係数
敷地内に間地が非常に少ない商業地域及び類似の住宅地域	0.80
浸透面の屋外作業等の間地を若干もつ工場地域及び若干庭がある住宅地域	0.65
住宅公団団地等の中層住宅団地及び1戸建て住宅の多い地域	0.50
庭園を多くもつ高級住宅地域及び畑地等が割合残っている郊外地域	0.35

総括流出係数：工種ごとの基礎流出係数を工種面積比で重付けして平均した流出係数

c) アメリカ土木学会の流出係数 (ASCE、1993)

表3-2-4 アメリカ土木学会の流出係数

土地利用別の総括流出係数*		流出係数の一般的範囲*	
地域の記述	流出係数	地表面の特徴	流出係数
商業地		舗装	
商業区域	0.70~0.95	アスファルトとコンクリート	0.70~0.95
商業地区の近隣	0.50~0.70	レンガ	0.70~0.85
住居地域		屋根	0.75~0.95
1家族住宅	0.30~0.50	砂質土の芝生	
複合住宅、一戸建て	0.40~0.60	平坦 (2%)	0.05~0.10
複合住宅、連棟	0.60~0.75	標準 (2-7%)	0.10~0.15
住居 (郊外)	0.25~0.40	急こう配 (7%より大)	0.15~0.20
アパート	0.50~0.70	重粘土の芝生	
工業区域		平坦 (2%)	0.13~0.17
准工業地域	0.50~0.80	標準 (2-7%)	0.18~0.22
重工業地域	0.60~0.90	急こう配 (7%より大)	0.25~0.35
公園、墓地	0.10~0.25		
プレイグラウンド	0.20~0.35		
鉄道駅構内	0.20~0.35		
未改良地域	0.10~0.30		

*ここに示す流出係数の値の範囲は、リターンピリオド2-10年に対して典型的である。
大きい側の数値は、より大きな設計降雨に適用される。

d) 特定都市河川浸水被害対策法施行規則で規定する流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数

表3-2-5 特定都市河川浸水被害対策法 (平成15年法律第77号。以下「法」という。) 第2条第9項に規定する「宅地等」に該当する土地 (法第9条第1号関係)

土地利用の形態	流出係数
宅地	0.90
池沼	1.00
水路	1.00
ため池	1.00
道路 (法面を有しないものに限る。)	0.90
道路 (法面を有するものに限る。)	法面 (コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面の流出係数は1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は0.40とする。) 及び法面以外の土地 (流出係数は0.90とする。) の面積により加重平均して算出される値
鉄道線路 (法面を有しないものに限る。)	0.90
鉄道線路 (法面を有するものに限る。)	法面 (コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面の流出係数は1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は0.40とする。) 及び法面以外の土地 (流出係数は0.90とする。) の面積により加重平均して算出される値
飛行場 (法面を有しないものに限る。)	0.90
飛行場 (法面を有するものに限る。)	法面 (コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面の流出係数は1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は0.40とする。) 及び法面以外の土地 (流出係数は0.90とする。) の面積により加重平均して算出される値

表3-2-6 舗装された土地 (法第9条第2号関係)

土地利用の形態	流出係数
コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた土地 (法面を除く。)	0.95
コンクリート等の不浸透性の材料により覆われた法面	1.00

表3-2-7 その他土地からの流出雨水量を増加させるおそれのある行為に係る土地
(法第9条第3号関係)

土地利用の形態	流出係数
ゴルフ場(雨水を排除するための排水施設を伴うものに限る。)	0.50
運動場その他これに類する施設(雨水を排除するための排水施設を伴うものに限る。)	0.80
ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められた土地	0.50

表3-2-8 表3-2-5から表3-2-7までに掲げる土地以外の土地

土地利用の形態	流出係数
山地	0.30
人工的に造成され植生に覆われた法面	0.40
林地、耕地、原野その他ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められていない土地	0.20

合理式に用いられる洪水到達時間は、流域の最遠点に降った雨がその流域の出口に達するまでに要する時間として定義される。洪水到達時間は当該流域の特性を調査して決定する定数であるが、通常次の2方法で求められている。

- a) 降雨が水路に入るまでの時間(流入時間)と水路の中を下流端に達するまでに要する時間(流下時間)の和として求める方法

これは、都市下水道の設計に用いられてきた方法で、山地や小河川で準用されることもある。

① 流入時間

流入時間は流路に達するまでの排水区の形状や面積の大小、地表面勾配、地被状態、流下距離、降雨強度など多くの要素に支配される。現在、下水道の設計には一般に表3-2-9のような値が用いられている。

表3-2-9 日本とアメリカの流入時間(土木学会、1968)

我が国で一般に用いられている値		アメリカ土木学会
人口密度大なる地区 : 5分	幹線 : 5分	全舗装下水道完備の密集地区 : 5分
人口密度疎なる地区 : 10分	枝線 : 7~10分	比較的勾配の小さい発展地区 : 10~15分
平均 : 7分		平地な住宅地区 : 20~30分

② 流下時間

雨水が流路上流端に流入し、流量算出地点まで達するに要する時間が流下時間である。河道においては通常 Manning の平均流速公式が流下速度を与えると仮定して計算されている。下水道においては、管内の平均流速が用いられるが、平地地では0.9~1.0m/s、勾配のとれる地域では1.15~1.26m/s、枝線では0.6~0.9m/sが一応の目安として用いられている(土木学会、1968)。

- b) 経験式を用いる方法

洪水到達時間を求める経験式は、いろいろ提案されてきているが、その多くは流路長と

勾配を用いた表現となっている。

① 洪水到達時間 T を、流路長 L と洪水流出速度 W から求める方法

$$T=L/W \quad (3-2-2)$$

ここで、

L : 流路長(m)

T : 洪水到達時間 (s)

W :洪水流出速度(m/s)であり、表 3-2-10 や式 (3-2-3) 等から求められる。

- ・河谷を流れ下る水の速度 (井口, 1957)

表3-2-10 河谷を流れ下る水の速度の表

I	1/100 以上	1/100~1/200	1/200 以下
W	3.5m/s	3.0m/s	2.1m/s

ここで、 I は流路勾配である。

- ・バイエルン地方で使い慣らされた式 (井口, 1957)

$$W=20 (h/L)^{0.6} \quad (3-2-3)$$

ここで、

h : 落差 (m)

② 土木研究所での調査による洪水到達時間の式 (吉野・米田, 1973)

都市流域では、

$$T = 2.40 \times 10^{-4} (L/\sqrt{S})^{0.7} \quad (3-2-4)$$

自然流域では、

$$T = 1.67 \times 10^{-3} (L/\sqrt{S})^{0.7} \quad (3-2-5)$$

で表されると報告されている。ここで、 T : 洪水到達時間(h)、 L : 流域最遠点から流量計算地点までの流路長(m)、 S : 流域最遠点から流量計算地点までの平均勾配である。

この公式の適用範囲は都市流域で流域面積 $A < 10\text{km}^2$ 、 $S > 1/300$ 、自然流域で $A < 50\text{km}^2$ 、 $S > 1/500$ である。

2) 貯留関数法

貯留関数法は流域ないし河道をひとつの貯水池と考え、貯留量と流出量の関係 (貯留関数) を運動方程式とし、これを連続方程式と組み合わせて、流出量を追跡する方法である。我が国では、1961年木村によって提案された、浸透域と流出域に分割し流出計算を行う貯留関数法 (木村, 1961; 木村 1975; 建設省水文研究会編, 1962) が広く利用されている。また、浸透域と流出域に分割せず有効降雨を設定して流出計算を行う貯留関数法も用いられている。以上のとおり、貯留関数法は我が国でこれまで多数の流域で適用実績を持っていて信頼性がある方法であ

る。

まず、木村の貯留関数法を説明する。

流域の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$s_{\ell} = kq_{\ell}^p \quad (3-2-6)$$

$$\frac{ds_{\ell}}{dt} = r_{ave} - q_{\ell} \quad (3-2-7)$$

ここで、

s_{ℓ} : みかけの流域貯留高 (mm)

q_{ℓ} : 遅滞時間を考慮した流域からの直接流出高 (mm/h)

r_{ave} : 流域平均降雨強度 (mm/h)

k, p : 流域による定数

を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$S_{\ell} = KQ_{\ell}^P - T_{\ell}Q_{\ell} \quad \text{又は} \quad S_{\ell} = KQ_{\ell}^P \quad (3-2-8)$$

$$\frac{dS_{\ell}}{dt} = \sum_{j=1}^n f_j I_j - Q_{\ell} \quad (3-2-9)$$

ここで、

S_{ℓ} : みかけの河道貯留量 ((m^3/s)h)

Q_{ℓ} : 遅滞時間を考慮した河道区間下流端流量 (m^3/s)

T_{ℓ} : 遅滞時間 (h)

I_j : 流入量群 (m^3/s)、流域、支川等から対象河道区間に流入する量又は河道区間上流端流量

K, P : 河道による定数

f_j : 流入係数

を表す。

式(3-2-7)の貯留高 s と流出高 q との関係は既往の洪水流出資料から求められる。一般に流出ハイドログラフの増水部と減水部では s と q の関係は異なるが、遅滞時間 T_{ℓ} を導入してこれを一価関数に近似できるように修正するところに貯留関数法の特色がある。

貯留関数法では流域に対する一つの貯留関数の適用限界で流域面積が決定される。木村は流域面積 10~1,000 km^2 、流路長で 10~100 km 程度ならば十分な精度が得られるとしている。これまでの事例ではおおむね 300 km^2 以下の小流域に分割して計算を行っている例が多い。小流域が大きすぎると流域内の地形や地質に相違が生じたり、河道が長くなることによる河道流下の影響が現れるので、流域での貯留関数の適用に無理が生じる。したがって、対象とする流域面積としては 100 km^2 前後のものが望ましい。なお、流量検証地点が多く望めない流域では分割を多くすると変動要素を増やすことになるので、結果の妥当性の検証が難しい場合もあることに注意を要する。

木村の貯留関数法では、 f は降雨量 r_{ave} に係る係数ではなく、流域面積 A に係る係数であるとする。すなわち、降雨初期には $f=f_1$ (1次流出率という)として $f_1 A$ の面積(流出域という)

だけで流出が発生するとし、累加雨量が R_{sa} (飽和雨量) を超えると $f=1$ (飽和流出率) となって残りの $(1-f_1)A$ の部分 (浸透域) から流出が発生すると考える。ただし、流出域と浸透域とは洪水の終わりまで別個に流出計算を行うものとし、流出域からの流出量と浸透域からの流出量の和に基底流量を加えた値をもって流域流出量とする。流域からの計算流出量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ は基底流量を加えて次の式で与えられる。

$$Q = \frac{1}{3.6} f_1 A q_1 + \frac{1}{3.6} (1-f_1) A q_{sa,1} + Q_i \quad (3-2-10)$$

ここで、

- f_1 : 1次流出率
- A : 流域面積 (km^2)
- q_1 : 全降雨による流出高 (mm/h)
- $q_{sa,1}$: 飽和点以後の降雨による流出高 (mm/h)
- Q_i : 基底流量 (m^3/s)

である。

浸透域と流出域に分割せず有効降雨を設定する貯留関数法の計算式は次のとおりである (角屋・永井、1980)。流域の貯留関数は (3-2-6) と同じ式である一方、流域の連続方程式は下式となる。

$$\frac{ds_\ell}{dt} = r_e - q_\ell \quad (3-2-11)$$

ここで、

- s_ℓ : みかけの流域貯留高 (mm)
- r_e : 流域平均有効降雨強度 (mm/h)
- q_ℓ : 遅滞時間を考慮した流域からの直接流出高 (mm/h)

有効降雨の算出はいかなる手法の適用も可能であるが、木村の貯留関数法における一次流出率と飽和雨量の考え方を踏襲し、累加雨量が $R_{sa}(\text{mm})$ に達するまでは流出率を f_1 として、それを超えると流出率は 1 として、 r_e を算出する計算方法をとる場合が多い。流域からの計算流出量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ は基底流量を加えて次の式で与えられる。

$$Q = \frac{1}{3.6} A q + Q_i \quad (3-2-12)$$

ここで、

- q : 計算流出高 (mm/h)
- Q_i : 基底流量 (m^3/s)

3) 等価粗度法 (Kinematic Wave 法)

Kinematic Wave 法 (キネマティック・ウェーブモデル) (末石、1955) とは、河川流路における洪水流下現象を水流の運動法則と連続の関係を用いて水理学的に追跡するものである。この手法を流域斜面における雨水流下現象にも適用したものが、ここで説明する等価粗度法である。すなわち、流域をいくつかの矩形斜面と流路が組み合わされたものとみなし、これらの斜面からの流出現象を Manning 型の平均流速公式で表現し、この斜面と流路を組み合わせた流域から

の流出ハイドログラフが実測ハイドログラフに近づくように粗度係数を決定する。このことから、流域に適用した Kinematic Wave 法は等価粗度法とも呼ばれる。

複雑な流域斜面からの流出現象はモデル化して取り扱えるが、等価粗度法 (Kinematic Wave 法) を実河川に適用するには、対象とする河川が比較的急勾配で、かつ、降雨強度が大きく流出現象が洪水流出により生じていることが必要である。中間流や地下水流出が支配的な洪水では、逓減特性を近似することが難しく、妥当な結果を得られない場合がある。また、支川の合流点その他で河道をある区間ごとに分割したとき、その区間内では横断面、勾配、粗度、横からの流入量などが流路に沿って一様に近いものと仮定できる必要がある。

以下、等価粗度法による流出計算の基本式について簡単に紹介しておく。

山腹斜面に降った雨の一部は浸透し、一部は地表を流れて小さな水路からやがては大きな水路へと集められていく。この過程を模式的に図示したものが図 3-2-1 である。流出計算は有効降雨による斜面からの流出量 q を求め、これを横流入量とする河道内の流量 Q を計算することにより行われる。考えている流域外から水路上流端へ供給される水量、あるいは降雨の始まる前から河道に既に流れていた流量などがある場合には、それぞれ境界条件及び初期条件として考慮に入れる。

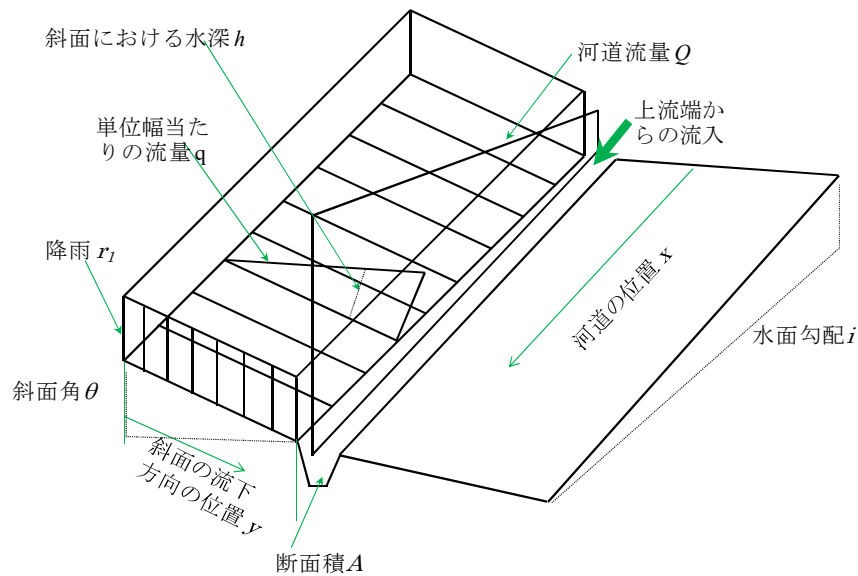


図3-2-1 等価粗度法における流域斜面及び河道のモデル

いま、図 3-2-1 のように斜面から河道へ時間的に変動する横流入量 $q(t)$ がある場合、流れが定常に近いものと仮定すれば、河道内の運動方程式と連続方程式はそれぞれ次のように表現される。

$$i - i_f = 0 \tag{3-2-13}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(t) \tag{3-2-14}$$

ここで、 i は水面勾配、 i_f は摩擦勾配、 A は流水断面積、 Q は断面平均流量、 x は河道の流下方向の位置である。運動方程式の解として定常等流における抵抗法則、例えば Manning の式を代用すれば式(3-2-13)から、

$$Q = Av = AR^{2/3}i^{1/2} / n \tag{3-2-15}$$

が得られる。

流路における径深 R と断面積 A との関係が、 K' 、 Z を定数として、

$$R = K' A^Z \quad (3-2-16)$$

と表されると仮定すれば、式(3-2-15)は次のように書き換えられる。

$$A = KQ^p \quad (3-2-17)$$

ここに、

$$p = 3/(2Z + 3)、K = (n/i^{1/2}K'^{2/3})^p \quad (3-2-18)$$

である。

このように河道内の流れをモデル化すれば、式(3-2-14)と式(3-2-17)を適当な境界条件、初期条件の下に解けばよいことになる。

これと同様な考えをモデル化された流域斜面にも適用すれば、その流れは次式で表現できることになる。

$$h = kq^p \quad (3-2-19)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial y} = ar_1 \quad (3-2-20)$$

ここに、 h は水深、 q は単位幅当たりの流量、 y は斜面の流下方向の位置、 r_1 は有効降雨強度、 a は単位変換定数で r_1 を mm/h、 q を m^2/s とすると、 $a = (1/3.6) \times 10^{-6}$ 、 p と k は定数で、流れに対して Manning 則が成立するときは、

$$k = (N/\sin\theta)^p、p = 3/5 \quad (3-2-21)$$

ここに、 N は等価粗度、 θ は斜面傾斜角である。式(3-2-19)、式(3-2-20)は式(3-2-17)、式(3-2-14)と同じ式形であって、これをこのままの形で差分化して数値計算するか、特性方程式上で数値積分すれば解が得られる。

実際の計算に際しては、斜面の粗度係数 N を変化させて計算を行い、実測と計算値がよく一致するとみなされるときに N 値をその流域の等価粗度係数とする。等価粗度係数は流域の分割の仕方によるが $10^0 \sim 10^2$ の値 ($m^{-1/3}s$) をとるものが多い。流域の特性による等価粗度の値としては表 3-2-11 の値が挙げられている。

表3-2-11 流域特性と等価粗度（田岡・日野、1965）

流域の状態	等価粗度 N ($m^{-1/3} s$)
階段状に宅地造成を行った丘陵地帯	0.05
流域の一部(15%)に宅地を含む丘陵地帯	0.1~0.2
階段状田畑主体流域	0.2~0.4
上流山地、中下流に市街地を含む階段状田畑主体流域	0.3~0.5
主として林相のかなりよい山地流域	0.4~0.8
上流丘陵地50%、中流市街地20%、下流低平水田30%の流域	0.6~1.1
排水改良の行なわれていない水田地帯	1~3

等価粗度法は、流域を複数の矩形斜面に区分することから、斜面要素型の分布モデルとみなすことができる。また、上記のとおり、降雨時に生じる表面流出又は早い中間流出を含む直接流出の流れを追跡することが基本である。しかしながら、最近では、山地森林土壌中への浸透に起因した降雨損失や、中間流出や基底流出を含む、様々な遅い流出成分を考慮できるように改良したキネマティック・ウェーブモデルが開発されてきている。

4) 準線形貯留型モデル（土研、1979）

都市化等による土地利用の変化が流出にどのような変化をもたらすかという観点から検討された初期の流出モデルとして準線形貯留型モデルがある。準線形貯留型モデルは、有効降雨モデル、斜面モデル（準線形貯留型モデル）及び河道モデル（貯留関数法等）の3つより構成されている。

有効降雨モデルとしては、1次流出率 (f_l) ~ 飽和雨量 (R_{sa}) ~ 飽和流出率 (f_{sa}) モデル等がある。有効降雨モデルでは、損失雨量が土地利用状況ごと（山林、水田、畑、市街地）に異なることを想定し、それぞれ対象流域においてあらかじめ最適化しておく必要がある。

斜面モデルの基本式は、次のように表される。

$$S = Kq \quad (3-2-22)$$

$$r_e - q = \frac{dS}{dt} \quad (3-2-23)$$

$$\text{ただし、} K = \frac{t_c}{2} \quad (3-2-24)$$

ここで、 S : 貯留高(mm)、 q : 流出高(mm/h)、 t_c : 洪水到達時間(h)である。 t_c は、角屋らによる洪水到達時間の経験式と実績の有効降雨強度曲線から決定される。

$$t_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \quad (3-2-25)$$

ここで、 t_p : 式(3-2-24)の t_c を分で表示した洪水到達時間、 r_e : 降雨継続時間内の最大平均有効降雨強度(mm/h)、 A : 流域面積(km²)、 C : 土地利用形態によって定まる定数である。

このようなモデル構成により、1) t_c を通じて斜面上の流れの非線形性が表現できる、2) 土地利用形態の差異による流出の差異を表現できる、3) 当該河川流域内の他の排水計画（下水道、中小河川等）に使われるモデル（合理式）と共通性がある、という特徴がある。ただし、土地利用形態の差異による流出の差異をよりよくしていくためには、土地利用別の有効降雨及び洪水到達時間の評価に係わる資料を蓄積し、それぞれのモデルを改良していく必要がある。

5) タンクモデル

タンクモデルは図 3-2-2 に示すように、流域を側面にいくつかの流出孔を持つ容器で置き換えて考える流出計算法である（菅原、1972；菅原、1979）。世界気象機関の概念モデルの比較プロジェクトで、世界の多様な気候下でも高い適用性がある流出モデルと評価され、世界的に多く用いられている（木下、2001）。



図3-2-2 一般的なタンクモデルの構造

雨はタンクモデルの最上段の容器に注入される。2 段目以下の容器は、1 段上の容器の底面の孔から水を受ける。各容器内の一部の水は側面の孔から外部に流出し、一部は底面の孔から直下の容器に移行する。各段の容器の側面の孔からの流出の和が河川の流量となる。

一般的なタンクモデルの構造は直列 4 段の容器から成り、各段の容器からの流出は、最上段が洪水の表面流出、第 2 段が表層浸透流出、第 3～4 段が地下水流出に対応すると概念的に考えられている。融雪がある又は乾季が続くといった地域特性を、容器を増やしたりその配置を変更することにより、高い再現性を有する（WMO、1975）

しかし、斜面や河道を通して水が集水する過程を、横方向に一つの容器の構造を持ち、河道モデルを有しないタンクモデルでは表現できないので、各流出孔の定数は、河道における洪水の伝播を含めた当該流域の集中過程等の様々な影響を含んだ定数で、物理モデルと異なり流域の物理特性と関連付けられるものではない。

したがって、タンクモデルの定数（各孔の大きさ及び側面の孔の高さ）は、過去の水文資料を用いて、試行錯誤で求めることが必要となる。

タンクモデル法の特徴を要約すると次のとおりである。

- a) 初期損失とその損失雨量が降雨履歴によって変化する現象を自動的にモデル中に含んでいること。
- b) 大洪水と小洪水とで、流出の仕方が自動的に切り換わる構造（非線形性をモデル中に含んでいる構造）であること。
- c) 洪水と小洪水とで、流出率が自動的に切り換わる構造であること。
- d) 各段のタンクからの流出は、それぞれ固有の逓減曲線を示すので、流出量が固有の逓減を持ついくつかの流出成分の和で表されること。
- e) 水がタンクを通過して下方に移行する間に自動的に時間遅れが与えられること。

f) 洪水流出にも低水流出にも用いることができること。ただし、一般には、それぞれの目的に最適化したモデル構造と定数により使い分けられることが多い。

6) 土研分布モデル

1980年代にヨーロッパでSHEモデルやIHDMモデルといった分布定数系モデルが相次いで開発されたが、当時はモデル化の手間や計算時間の制約から流域面積10km²程度までの適用が限界とされ、またヨーロッパ特有の流域以外への適用性に疑問が持たれていた。このことから、我が国の河川流域で主要な流出の水文過程を組み込み、それ以外をある程度簡略化し、大流域にも適用できる実用的なグリッド型の分布定数系モデルである「土研分布モデル」を土木研究所が開発した。長期・短期流出解析両用のVer. 1、短期流出解析用にモデルを簡略化したVer. 2、長期流出解析用に蒸発散等の地表面水文過程を高度化したVer. 3の3種類がある。以下、最も広く用いられているVer. 2について解説する(鈴木ら、1996)。

土研分布モデルVer. 2の河川流域での基本構成は図3-2-3のとおりであり、流域をグリッドで分割し、それぞれの小区画からの流出を連結する構造としている。

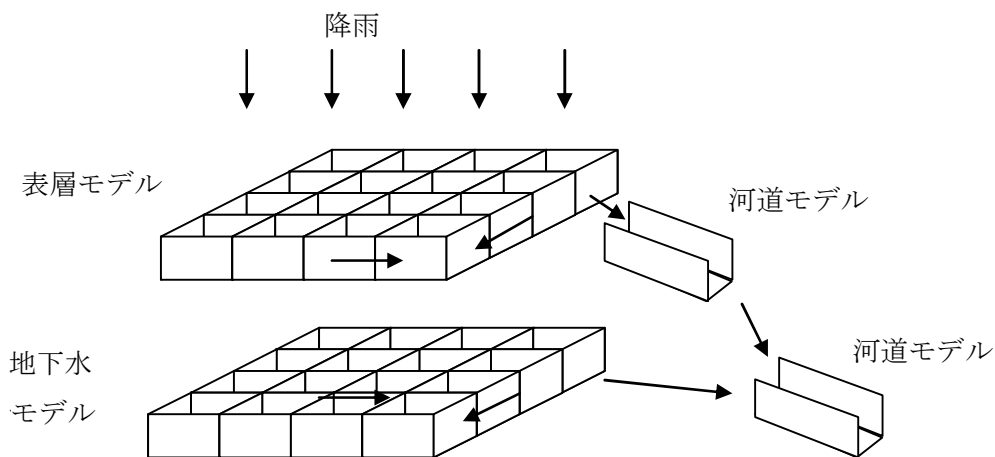


図3-2-3 土研分布モデルVer. 2の構成図

それぞれの小区画に2段のタンク(表層モデル、地下水モデル)を設定し、それぞれからの流出を、その小区画における土壌の透水係数等の物理特性を考慮して計算する。各小区画からの流出は、落水線網に従って、隣接する小区画に流入させる。

表層モデルの構造を図3-2-4に示す。

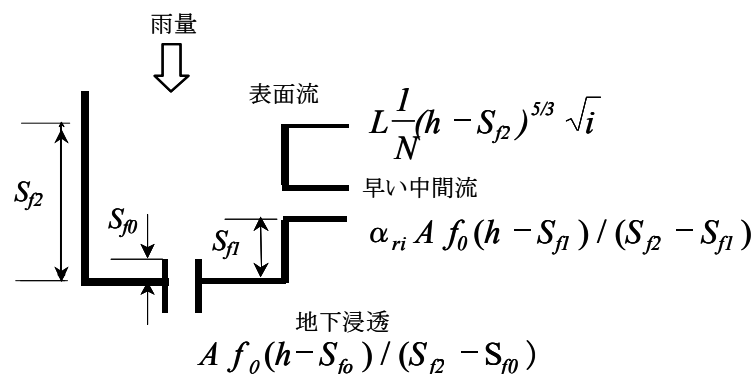


図3-2-4 各小区画の表層モデルの構造

ここに、 S_{f2} : 表面流の発生する高さ(m)、 S_{f1} : 中間流の発生する高さ(m)、 S_{f0} : 地下浸透の発生する高さ(m)、 h : 貯留高(m)、 L : グリッド長(m)、 N : 粗度係数($m^{-1/3}/s$)、 i : 落水線勾配(無次元)、 α_{ri} : 地下浸透に対する横方向浸透能の比(無次元)、 A : 小区画の面積(m^2)、 f_0 : 最終浸透能(cm/s)である。地形、土地利用、土壌の違いや土壌水分量の多寡による表面流や浸透、中間流、降下浸透の発生の変化を物理定数や内部貯留高を通して表現できるようにしている。地下水モデルの構造は、図 3-2-5 のとおりである。

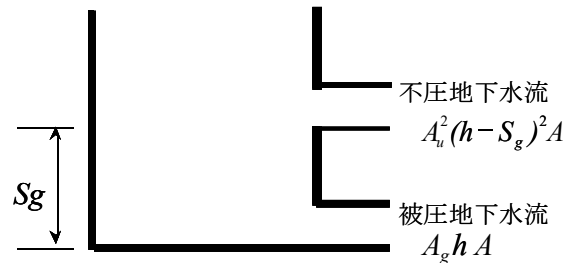


図3-2-5 各小区画の地下水モデルの構造

ここに、 S_g : 不圧地下水流出が発生する高さ(m)、 A_u : 不圧地下水位流出量に係る係数($(1/mm/day)^{1/2}$)、 A_g : 被圧地下水位流出量に係る係数($1/day$)である。

表面流、早い中間流、不圧地下水流、被圧地下水流の合計が斜面からの流出量であり、河道モデルに入力される。

河道モデルは、ある閾値(上流側の小区画数)を超えて真に河道が形成されていると考えられる小区画から下流に設定し、キネマティック・ウェーブモデルにより洪水追跡を行う。下流部の緩流河道区間のために不定流モジュールも準備されている。

本モデルは、CommonMP に標準搭載されている。また、発展途上国での水文資料が乏しい河川流域での洪水予測への適用を主目的として開発された、グラフィカルなユーザーインターフェースを搭載する総合洪水解析システム(Integrated Flood Analysis System: IFAS)のコアとなる流出モデルとしても活用されている(土研、2009)。

2.5 参考 流出計算手法の比較

愛知県では、以下に示す資料も参考としている。

表3-2-1 中小河川に適用される流出計算手法の比較

手法	適用と特色	長 所	短 所
線形モデル	合理式 合理式の特徴は流域の最遠点から考慮地点まで雨水が流下集中した時に最大流量が生ずると考え、その時間を洪水到達時間と呼んでいる。 洪水流を全て河道で処理する河川で適用可能である。 中小河川でよく用いられている。	ピーク流量算出が最も簡便である。	ハイドログラフを求めることができないので、洪水調節施設の計画には用いることができない。また、実測値との検証についても困難である。 流域面積が大きくなると適用が困難である(50km ² 未満を目安)。 内水処理区域や下水道区域が占める割合が大きい場合や低平地河川等で河道貯留が見込める場合には、適用困難である。
	合成合理式 合理式のピーク流量を重ねて結合したものであり、ハイドログラフが作成できる。	簡易にハイドログラフが作成できる。	ハイドログラフの項以外、同上。
非線形モデル	貯留関数法 貯留高と流出高との間に比較的簡易な式で非線形性を表現した手法で、日本の殆どの一級河川で使用されている。 10km ² ~数100km ² 程度の流域で適用(単流域として)されている。 土地利用の変化を考慮した方法も提案されている。	山地流域が卓越し、流域の貯留効果が顕著な場合での適合度が良い。 定数検証は主にK、T1の修正で済み、比較的容易である。また、流域分割、流出系統作成の巧拙があまり問題にならない方法である。	実用的であるが、定数について水理学的裏付けが弱い。 小出水の際の定数を用いた場合、大出水の再現性に問題がある。 一般に平地や都市域での適合度に劣る。
	準線形貯留型モデル 合理式の到達時間内降雨強度の考え方を取り入れ、非線形性を表現した各地目毎の指数単位図である。 降雨流出の非線形性が扱え、流域の開発等の地目変更に伴う流出変化が扱えることから、開発が著しい流域で適用例が多くなっている。	地目毎の流出計算結果を合成しており、地目の改変や地目毎の貯留、浸透対策等の効果を扱うことが可能である。流域治水を扱う河川に適用性が高い。 流域分割や流出系統の作成の巧拙は特性曲線法ほど精度に影響しない。	計画論的に有効なモデルであるが、反面実績の再現性に難点がある場合がある。地目別定数Cについての総合化の程度に問題を残す。 山地部のように貯留効果が大きいところでは、特に低減部の再現性に難点がある。
	特性曲線法(等価粗度法) 流域を幾つかの矩形斜面と流路が組み合わされたものと見なし、雨水流を水理学的に追跡した計算手法である。	流域の性状を等価粗度で表すところが特徴的で、流域開発の変化を反映させることができる。 比較的表面流が卓越する都市域について適合度が高い。	定数の構成要素が多く、かつそれぞれの要素を比較的高い精度で求める必要がある。 流域分割や流出系統作成の巧拙により精度が問題となる。

出典：「洪水防御計画を中心とした中小河川計画の手引き 基本方針編」(財国土技術研究センター)より

第4章 河道特性調査

第1節 総説

1. 1 河道特性調査の目的と位置付け

<考え方>

本章は、河道特性を構成する個々の要素の調査法と、それらの調査結果を組み合わせて対象河道の特性を総体的に理解するための枠組みについて述べる。ここで河道特性とは、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施を図る上で把握しておくべき「沖積河川の種々の姿の全体像」を指す。河道特性調査の全体構成とその活用については本節の1.2に示している。

沖積河川の姿には多くの側面があり、河道特性を構成する諸要素は、個々にばらばらに存在しているのではなく、相互に密接に関連し合って河道という1つのシステムを形成している。このため、計画、設計、維持管理等の検討を通じて河川へ様々な働きかけを行う際には、当該目的に直接関係する機能や特性、場所に限定して河川を調べることに加えて、あらかじめ対象河川の河道特性を把握し理解しておくことが重要である。

通常、河道特性の構成要素としては、河道自体及びそれと直接的関わりを持つ事象等が対象となる。本章においては、河道特性調査を幅広く捉え、流域や水系環境など沖積河川を取り巻く諸状況とその変遷も調査対象に含めて考えていく。また、河道形状や河床材料など河道に関する基本事項の調査手法についても本章で一体的に説明する。

1. 2 河道特性調査の意義と活用

<考え方>

河道特性調査は、河道の基本的な性質と特性を様々な側面について総体的に把握するものであり、

- 1) 流下能力確保などのための河道計画
- 2) 洪水流に対する氾濫の危険性や堤防の安全性の評価
- 3) 洪水を受けた際の河道の挙動と安定性の評価
- 4) 種々の河道変化を見据えた河道管理の検討
- 5) 河道の動きや土砂流送と関わりの深い河川構造物の設計とその維持管理
- 6) 河道の物理環境や土砂流送の制御を基軸にした河川環境の保全と管理
- 7) 流域・水系環境の変化を踏まえた河道管理
- 8) これらの検討を包括した治水・利水・環境保全・維持管理にわたる統合的視点からの河道の在り方の検討

など、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施を図るための種々の技術検討を行う際に用意しておくべき共通的、基盤的な情報を提供するものである。

1. 3 河道を構成する河川堤防に関わる各調査の相互関係

<考え方>

河川堤防は、河川に関わる多くの事象に関わりを有しており、調査編における位置付けを理解しておくことは重要である。そこで、河川堤防に関わる各調査の相互関係についてここでまとめて記載する。

- 1) 河川堤防に関わる諸調査間の相互関係を理解することの重要性

河川堤防は河道を構成する主構成要素の1つではあるものの、原則として盛土により築造され、通常、維持管理が高頻度でなされる構造物であり、営力により変動することが常態である

河床や河岸とは性質を異にする。しかし、河川堤防は、河道を構成し、洪水氾濫からの堤内地防御において直接的な役割を担う河川構造物であり、その本来的成り立ちから、河川に関わる多くの事象に関わりを有している。

このような河川堤防の技術的特徴を踏まえると、河川堤防に関係する個々の、あるいは各分野（地盤工学、水工学、地形学など）の調査結果の活用を図ることはもちろん、各調査の位置付けや相互関係をよく理解し、それらを有機的につなげ、河川堤防の本来的、総体的役割に立脚した総合技術判断に結び付けるという基本スタンスが重要となる。

調査編は、「河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施」のために、他編（計画編、設計編、維持管理編）を介して、あるいは直接的に生じる必要性に応じて、適切な技術手法等を提供する役割を負っており、河川堤防に関する多様な内容を含む。

こうしたことから、河川堤防に関して、ここで、調査内容の相互関係について述べておくものである。

2) 河川堤防に関わる諸事象

河川堤防は、堤体と基盤を主構成要素とし、堤防近くの河道、堤防と一体的に設置される構造物（護岸、水制、水門、樋門・樋管など）も構成要素となる。また、基盤と空間的に連続する堤内地も、必要に応じて関連要素に含めて考える。

河川堤防は、場合によっては堤体－基盤－河道の相互作用も内包しつつ、種々の機構及びプロセスの下、所定の機能を発揮し、また変化・変状を起こし、更に過度の外力を受けた場合に破壊に至ることもある。機構及びプロセスの代表的類型としては、地盤工学、水工学それぞれにより分析されるものがあり、一般に、浸透や地震動による変化・変状・破壊は前者により、浸食による変化・変状・破壊は後者により扱われる。ただし、このような類型ごとのアプローチだけでは実現象を十分には分析できず、学際的なアプローチの充実が望まれる境界領域的現象が重要となる場合も考えられる。

河川堤防の機能発揮にしても、変化・変状・破壊にしても、それらは堤防自体の状況と堤防に対する諸作用等との関わりの中で決まってくる。したがって、調査の主なターゲットもそれに対応したものとなる。堤防の状況は諸元、特性、構造、状態（表面、内部）などで表される。堤防の状況に加えて、河道（堤外地）や周辺の堤内地の状況が関係してくる場合がある。一方、堤防に関わる作用や事象等には、以下に示すように様々な種類のものがあり、中には堤防と双方向作用の関係を持つものもある。

a) 洪水

洪水は、水位、流速、流水によるせん断力、水圧などの形で、堤防に対する外力として作用し、作用継続時間と相まって、場合によっては変更、更には破壊の原因となる。所定の洪水の作用に耐えることが、堤防が持つべき最も重要な機能である（河川管理施設等構造令第18条参照）。

一方、堤防は、堤内地を洪水氾濫から防ぐという本来的機能ゆえに、堤防がない場合に比較して洪水流を制御する。この制御の強さが大きくなれば、一般に、堤防に作用する洪水の作用も大きくなる。この点において、洪水と堤防は双方向的に作用し合う関係にある。このことは、たとえば、堤間幅と洪水時の水理量との関係という「川幅」の切り口から、更には堤防法線と洪水流との関係という「平面形」の切り口からの検討につながっていく。

b) 地下水の流れ

周辺の地下水の流れが、堤防の水分条件を規定する1要素になる可能性がある。逆に、地盤対策などが施された場合、対策工法によっては堤防が地下水の流れに影響を与えることもある。

c) 地震動、地殻変動

外的作用として堤防に影響する。地震動に対する安全性は、条件によって、堤防が持つべき重要な機能の1つとなる。

d) 河床変動

洪水流や氾濫流を介して土砂流送が起こり、それがしばしば地形変化を生じさせる。その地形変化が堤防の近傍に生じる場合には、堤防に対する外的作用となる。上記 a) と合わせると、ここにおいて、堤防→洪水流→土砂流送→地形変化→堤防への外的作用という一連の相互作用系という視点の必要性が示唆される。そして、この視点は、河川堤防が洪水の作用を介して河道形成を一定程度支配し、そのことがひいては、物理環境形成を通じて河川環境形成とも関わりを持つという捉え方につながり得る。

e) 時間の経過

外的作用には当たらないが、種々の堤防に内包されている変化・変状等の機構のうち、多くのものは、時間の経過に従って発揮される。代表的な事例として、堤体の荷重による沈下及びそれに付随する事象が挙げられる。

f) 生物的作用

堤防表面に生育する植物は、葉茎や根毛による被覆作用により降雨や流水による表面浸食からの防護機能をもたらす一方、時間経過とともに増大すると考えられる根毛層の状態によっては、堤防機能の減耗につながる懸念も考えられる。動物については、モグラが代表的な考慮対象となる。これら生物的作用は、逆に、堤体の土質等の影響を受けると考えられ、この点で、生物的作用と堤防は双方向的関係にあると考えられる。

g) 気象など

降水、日射、気温などの気象条件、河口近くの堤防には影響する潮位などの海象条件、平水位の状況、更に広域地盤沈下などは、堤防に対しての外的作用あるいは環境条件と捉えることができる。このうち、たとえば、降水や平水位、潮位は通常時の堤防内の水分状況を規定し、洪水発生と同期した降雨は、浸透に起因する堤防破壊や変状を引き起こす外力を規定する有力なファクターとなる。日射の状況は f) における植物の生育に影響する。

h) 堤内地の状況

堤内地の内水や流下してきた洪水氾濫流が、たとえば支川や本川の堤防に遮られる状況となり、堤内地側からの浸透や浸食作用が生じることも考えられる。そのような場合には、堤内地に生じる浸水、氾濫の状況は堤防の安定に直接関連する検討事項になる。また、堤内地の土地利用の状況は、パイピングや浸透に直接的に影響を及ぼすことがある。堤内地の状況は、堤防の機能の様々な面に関係を持つので留意が必要である。

i) 人間活動、社会的インパクト

河川の利用は、その形態によっては堤防に影響を及ぼすことがある。

これらの作用等は互いに独立しているとは限らず、d) について a) との関連を説明したように、相互に関連しながら作用することがあり、更には堤防との相互作用も交えつつ、堤防の機能発揮や変化・変状・破壊に関わる様々な現象が生じることがある。

堤防は、堤防の強化、補修、維持管理等によっても直接改変を受け、河川改修等の堤防周辺の改変からも影響を受ける。これらは、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施という目的に従って必要な技術的検討を経て実施されるものであり、上記の a) ～ i) とは「作用」の性格が根本的に異なるが、その履歴を把握しておくべきことについては同様である。

第2節 河道特性調査に際しての基本的捉え方

2. 1 河道の階層構造と類型区分

2. 1. 1 河道の階層構造

<考え方>

河道は、以下の階層構造を持つとする考え方がある。

- ・ 河道を空間的スケール及び形成・変化に要する時間スケールが異なる種々の構成要素（たとえば表 4-2-1 の類型）の集合体として捉える。
 - ・ その集合体は代表スケールがオーダー単位で異なる階層に区分される。
 - ・ 下位階層の構成要素群の形成・変化に対して、上位階層は所与の条件として取り扱える。
- 調査編では、この考えに基づいて、種々の類型をこの階層構造の下に設定する。

河川に関する調査の中でも、「場」に着目した調査を行う際には、様々な調査結果を共通的に活用できるようにするため、あるいは当該調査の位置付けが容易に理解されるように、対象とする場の類型を明確にしておくことが有用である。

一般に場の類型は、階層が異なれば、また、それが属する 1 つ上位の階層の類型によって、類型区分の構成も異なってくる。このことから、場の類型区分に際しては、河道の階層構造をあらかじめ考慮しておくことが必要である。

なお、同一階層の場であっても、着目した代表的事象により類型の呼称が異なる場合がある（たとえば、本節 2. 1. 2 に後述する河口域と汽水域）。同様に、着目した事象によってそれを捉えるのに適した代表長が異なるため、同一階層内でも異なる類型区分が採用される場合がある（たとえば、本節 2. 1. 2 に後述する沖積河道区間とセグメント区分）。

表 4-2-1 河道の階層構造の説明

階層	スケール		類型の例	当該階層・スケールの類型出現に関わる代表的事象
	種別	代表長 ※nの目安は1~10		
上位	大規模 (セグメント)	平野幅 流域幅	地形区分, セグメント区分	河道縦断形形成, 地殻変動, 海水面変動
	中規模 (リーチ)	川幅 × n	砂州に伴う瀬・淵	砂州形成, 蛇行
	小規模 (ユニット)	出水時水深ある いは河岸高 × n	階段状河床に伴う瀬・淵, 構造物等の周りの淵, 河岸・水際・水域, 溪畔林, 河畔林, ワンド, たまり, 潮上帯・潮間帯・潮下帯	階段状河床の形成, 障害物周りの局所洗掘, 河岸・高水敷形成, 砂州・分岐流路の形成, 潮位変動
下位	微小規模 (マイクロ)	数cm~数十cm	浮き石・沈み石, 表層礫の空隙構造や細粒土砂充填度に関するもの, 小規模河床波が規定するもの	小規模河床波の消長, 混合粒径土砂の流送

2. 1. 2 河道の類型区分

<標準>

調査編では、河道の階層（表 4-2-1 参照）のうち大規模スケールについて、以下の類型区分を設定し、これを共通して用いることを標準とする。

- 1) 溪流区間
- 2) 山地河道区間

3) 沖積河道区間（更にセグメント区分を行う）

4) 河口域

5) 汽水域

なお3)の沖積河道区間については、同一階層の区分との位置付けで、さらにセグメント区分を行う。セグメント区分については本節 2.1.3に記載する。1)～5)の定義等は次のとおりである。

1) 溪流区間

山地部を流下する河川で、生産され当該区間に供給された土砂が土石流など高濃度・集合的な形態で移動が生じ得る河床縦断勾配が大きい区間である。あるいは、土石流区域と、掃流区域のうち山腹・沢からの土砂供給の影響が卓越する区間の河川である。

2) 山地河道区間

山地部を流下する河川で、生産され当該区間に供給された土砂が、土石流など高濃度・集合的な移動によってではなく、出水時に掃流・浮遊形態で流送される場であり、それが河床に堆積する状況となる。河岸の一定割合が山体を構成する岩により、又は支溪流や斜面崩壊により供給された巨岩によって構成され、それによって河岸位置や川幅が規定されている区間である。本節 2.1.3で述べるように、山地河道区間と溪流区間とを併せてセグメント分類Mと総称する。

3) 沖積河道区間

沖積平野、谷底平野、盆地を貫流する河道区間である。ここで、谷底平野とは、河川の流路幅に比べて数倍以上の幅を有する谷間に河川の運搬した砂礫で形成された低地である。これらの河道区間は、堤防や谷壁による洪水流の流下幅の制約や狭窄部での水位せき上げによる湛水など洪水流の流下特性には差異があるが、河岸が河成の堆積物で構成されており、河岸位置や川幅がその浸食・堆積作用のバランスの下で変動・調節される区間である。本節 2.1.3で述べるように、セグメント区分に応じて、河床勾配、河床材料、川幅などの河道諸量が同様の幾つかのグループに分けることができる。

4) 河口域

地形形成に波浪、潮位、河川流の相互作用が卓越する河道～海岸領域である。河口域のうち河道側は、河口砂州のフラッシュ又は潮位変動に応じて出水時の河川水位にせき上げ・低下背水が現れる区間まで、海岸側は、岸沖方向では河口テラスの舌状に伸びた最遠点（移動限界水深に相当する等高線が目安）まで、汀線方向には河口テラスの幅、また、河口砂州がある場合には砂州のフラッシュ後、砂州再形成のための底質供給源となる範囲を目安とする。

5) 汽水域

潮位変動による塩水浸入によって塩分濃度の変化が生じる河道区間、及び河口からの淡水の流出によって塩分濃度の変化が顕在化している海岸側の領域である。4)の河口域や感潮区間と範囲が重なる場合が多いが、平時における水位変動、主に塩分濃度などの水質及び生物生息環境の観点を重視した区分である。

本章では、これらのうち主として3)、4)を扱い、一部2)もカバーする。5)は3)、4)に含まれ、本章では汽水環境を取り上げることはしないので、5)を直接の対象とはしていない。

<推 奨>

以上に示した大規模スケールで区分されたそれぞれの類型の下に、中規模、更には小規模、微小規模の類型区分がなされることになる。

河道に関わる調査を行う際には、河川環境が主対象となる場合も含め、表 4-2-1 に示す階層構造を考慮しつつ、中規模以下の類型区分についても必要な共通化を図れるよう、場の類型の記述を適切に行い、蓄積する情報に一貫した方法で表記していくことが望ましい。

2. 1. 3 沖積河道のセグメント区分とセグメントの類型

<標 準>

河道特性調査に際しては、本節の 2. 1. 2 に示した沖積河道区間について、

- 1) 河床勾配がほぼ同じで、似たような特徴を持つ区間ごとに河道を縦断的に区分すること、
- 2) この区分をセグメント区分と呼び、区分された各河道区間に「セグメントー◎△」のようにセグメントを冠した識別のための呼称を与えること
- 3) この区分を整理・分析において活用すること

を標準とする。

なお、セグメント区分は、地形区分のために行うのではなく、あくまで、河川等の計画・設計・維持管理等を目的とした河道特性把握のための合理的な整理法として行うものである。

<推 奨>

複数の河川を横断する視点から吟味するため、河川ごとに区分された各セグメントについて類型化を行い、各セグメントが有する一般的特徴と個性を整理しておくことが望ましい。

<例 示>

区分された各セグメントの類型化については、以下に示す代表的手法がある。

河川におけるセグメントの数は、河川によって、また、河川をセグメント区分する目的（河道特性の違いを細かく見れば見るほどセグメントの数は多くなる）によって異なるが、比較的単純な河川の場合（山間部から堆積空間に出て、そのまま海に流れる河川で、大きな支川が入り込まない河川）には、山間部を出てからは、次の 3 つのタイプのセグメントに分かれることが多い。

扇状地を持つ河川の場合は、扇状地を流下する河道区間に当たるセグメント類型 1、その下流で粗砂あるいは中砂を河床材料に持つ自然堤防帯あるいはデルタに相当するセグメント類型 2-2、その下流で細砂～シルトを河床材料に持つセグメント 3 類型に分かれる。

扇状地を持たない河川では、山間部から出た河川は、直接自然堤防帯に入るが、河床材料が砂利であるセグメント類型 2-1、その下流で粗砂・中砂を河床材料に持つセグメント類型 2-2、その下流で細砂～シルトを河床材料に持つセグメント類型 3 に分かれる。

なお、扇状地を持たない河川の中には、粒径が 1cm 以下の河床材料からなるセグメントが優占的に存在する場合がある（風化花崗岩を流域に持つ河川など）。これはセグメント類型 2-2 の中に含まれるものとする。

また、下流における堆積空間の有無や大きさによって、セグメント類型 1 で終わる（海に到達する）、セグメント類型 2-1 で終わる河川もあることに留意する。

表 4-2-2 には上記のセグメント類型と地形区分との関係、また各セグメント類型と河床材料、

河岸の構成材料、勾配、蛇行速度、河岸侵食程度、水路の深さとの概略の関係を示す。なお、本表では、セグメント類型 1、2-1、2-2、3 に加えて、溪流区間と山地河道区間を包含する区間をセグメント類型Mと総称し、河川水系全体を俯瞰できるようにしている。

対象とする河川についてセグメント区分を行った結果、得られた各セグメントが上記のタイプのいずれかに当てはまる場合は、類型名をそのまま当該セグメントの呼称に用い、セグメント区分とその類型化の結果が一括して把握できる方式としてもよい。たとえば、あるセグメントがセグメント類型 2-2 に属すると判断できる場合、そのセグメントを「セグメント 2-2」と呼称するという方式である。

区分されたセグメントは、表 4-2-2 に示すように、地形区分と良い対応を示す場合が多い。ただし、セグメント区分は、前述のように、地形区分のために行うのではなく、あくまで、河川整備や管理を目的とした河道特性把握のための合理的な整理法として行うことが本旨である。このことから、必要に応じて、地形区分にこだわらず、適切な区分を行う。たとえば、扇状地河川において、セグメント 1 の類型を持つセグメントを 2 つあるいは 3 つの小セグメントに分けることが必要な場合もある。また、セグメントMについては、その中を複数のセグメントに区分すべき場合がほとんどである。

表 4-2-2 沖積河道区間についての代表的なセグメント類型とその特徴

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	←山間地 → ←扇状地 → ←谷底平野 → ←自然堤防帯 → ←デルタ →				
河床材料の代表粒径 d_R	多種多様	2cm 以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm 以下
河岸の構成材料	河床河岸に岩が出ていることが多い	表層に砂、シルトが乗ることがあるが、薄く、河床材料と同一物質が占める	細砂、シルト、粘土の混合材料。ただし下部では河床材料と同一		シルト、粘土
勾配の目安	多種多様	1/60~1/400	1/400~1/5,000		1/5,000~水平
蛇行程度	多種多様	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きいところでは8字蛇行又は島の発生		蛇行が大きいものもあるが、小さいものもある
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中 (河床材料が大きいほうが、水路がよく動く)		弱 (ほとんどの水路の位置は動かない)
低水路の平均深さ	多種多様	0.5~3m	2~8m		3~8m

※セグメントMは、沖積河道区間には当たらず、溪流区間と山地河道区間を包含するものであるが、河川水系全の状況を俯瞰するため、付け加えている。

2. 2 河道構成材料の粒径分類と呼称

<標準>

調査編においては、河道構成材料の粒径分類と呼称については、表 4-2-3 に従うことを標準とする。

表中で、左から二列目における中礫と細礫の境界（4mm）と三列目における中礫と小礫の境界（16mm）だけがずれている。このため、中礫の定義を厳密にする必要がある場合は、どちらに従った中礫の定義かが判別できるように「中礫（□mm～）」と記すことを、標準とする。

また、幾つかの粒径分類を束ねて表現する呼称のうち、表 4-2-3 にないものについては、以下に従うことを標準とする。

「礫」：粒径が 2mm 以上の材料の総称。したがって、「礫」という場合、細礫あるいは小礫から巨礫までを含み得る。

「石礫」：上記に定義される「礫」の範疇にあり、かつ、大礫以上の粒径分類を有意に含む幅広い粒径で構成される材料。特に、大礫以上の粒径範囲の存在が河床変動に支配的な影響を及ぼし得る粒径分類であることを明示する場合に用いられる呼称である。

「砂礫」：上記に定義される「礫」と砂からなる材料。ただし実質上、砂から中礫までを含む材料の総称に使われることが多い。

表 4-2-3 粒径の分類と呼称

日本で使用されている名称*		Udden-wentworth scale**	AGUの分類		粒径範囲(mm)		φ尺度***
巨礫	巨礫	巨礫	boulders	very large boulders large boulders medium boulders small boulders		4096~2048 2048~1024 1024~512 512~256	-11 -10 -9 -8
玉石	大礫	大礫	cobbles	large cobbles small cobbles		256~128 128~64	-7 -6
砂利	中礫 (pebbles)	中礫 (pebble)	gravel	very coarse gravel coarse gravel medium gravel fine gravel very fine gravel		64~32 32~16 16~8 8~4 4~2	-5 -4 -3 -2 -1
	細礫	小礫 (gravel)					
砂	極粗砂	極粗砂	sand	very coarse sand	2~1	2~1	0
	粗砂	粗砂		coarse sand	1~1/2	1~0.5	-1
	中砂	中砂		medium sand	1/2~1/4	0.5~0.25	2
	細砂	細砂		fine sand	1/4~1/8	0.25~0.125	3
	微細砂	微細砂		very fine sand	1/8~1/16	0.125~0.062	4
シルト	粗粒シルト	シルト	silt	coarse silt	1/16~1/32	0.062~0.031	5
	中粒シルト			1/32~1/64	0.031~0.016	6	
	細粒シルト			1/64~1/128	0.016~0.008	7	
	微細粒シルト			1/128~1/256	0.008~0.004	8	
粘土	粗粒粘土	粘土	clay	coarse clay	1/256~1/512	0.004~0.002	9
	中粒粘土			1/512~1/1024	0.002~0.001	10	
	細粒粘土			1/1024~1/2048	0.001~0.0005	11	
	微細粒粘土			1/2048~1/4096	0.0005~0.00024		

* 主として河川工学の分野で使用されている。土質工学の分野では、礫(2.0mm以上)、粗砂(2.0~0.42mm)、細砂(0.42~0.074mm)、シルト(0.074~0.005mm)、粘土(0.005~0.001mm)、コロイド(0.001mm以下)として分類している。

** 元々は地質学の分野で使用されていたが、Cummins(1962)が河川生態学の分野に採用した。

*** φ尺度 φ = -log₂d (d: 土砂粒子の大きさ(mm))

<推奨>

河道を、河川工学的視点から調査する場合と、生物の生息・生育場の物理環境という視点から調べる場合とで、異なる粒径分類・呼称が用いられてしまうと、同じ河道を調査したにもかかわらず、互いの結果の比較や統合が困難になり、河道特性の解釈や分析に不効率を招くおそれがあるので、極力同じ粒径分類・呼称を採用することが望ましい。

2. 3 粒径集団に着目した土砂動態の捉え方

<推奨>

河道特性調査においては、広域的に土砂動態を捉えるための技術的枠組みの1つである「粒径集団」、「有効粒径集団」、「混合型」、「通過型」の概念を必要に応じて具体化して用いることが望ましい。

2. 4 沖積河川の河床材料の捉え方

2. 4. 1 河道構成材料の大局的分類

<推奨>

河道構成材料の調査や整理・分析は、対象とする河道を構成する材料の大局的分類である材料 m、s、t のいずれに当たるかを明確にした上で行うことを推奨する。

それぞれの定義は以下のとおりである。併せて、図 4-2-1 が参考となる。

1) 材料 m (main)

洪水営力を頻繁に受ける、主流路で相対的に低い河床領域を構成する材料である。通常、低水路の河床材料がこれに当たり、特に断りなく「河床材料」と言うときは一般に材料 m を指す。材料 m は、本節 2. 4. 2、2. 4. 3 に述べるように粒度範囲を大きく 3 つに区分 (A, B, C 集団) して、移動しやすさや流送形態について分析することができる。

2) 材料 s (sub)

材料 m が存在する主流路の脇の高い河床部分に存在する材料であり、その粒径範囲は材料 m の粒径範囲と重なる部分がないか又は小さく、材料 m の平均粒径より 1 オーダー以上小さい成分を多く含む。主流路内では浮遊形態で流送されるのが一般的である。

材料 s は、本節の 2. 1. 3 で述べたセグメント類型 2 と 3 では高水敷の本体を構成する。その材料がシルト・粘土を含み粘着力を発揮する場合には、河床材料とは異なる流送特性を示す。そのため材料 s に関する情報は、低水路河岸の浸食形態・速度の予測や護岸の必要性の判断、低水路川幅拡張後の土砂堆積による川幅縮小の推定などに必要となる。

セグメント類型 1 での材料 s の堆積は、あっても一般に薄い。しかしここでは、材料 m である礫が露出している場所に比べ植物がより生育しやすいので、植物の状況などを分析する際にも材料 s に関する情報が重要となる。

3) 材料 t (transient)

平水時に水面下となる河床部分 (材料 m) の上に (多くの場合薄く) 乗った材料であり、その粒径範囲は材料 s 程度あるいは更に細かい成分を含むことさえある。材料 t は、一時的で不安定なことが多く、ごく小規模の出水があるとフラッシュされ、あるいは増減する性質を持つ。

材料 m が一時的にせよ部分的にせよ材料 t に覆われることは、微小規模のハビタット構造の変化として重要となる場合があり、平水状況が長く続くときの物質循環にも影響を与え得る。粒状有機物の堆積も材料 t に分類される。

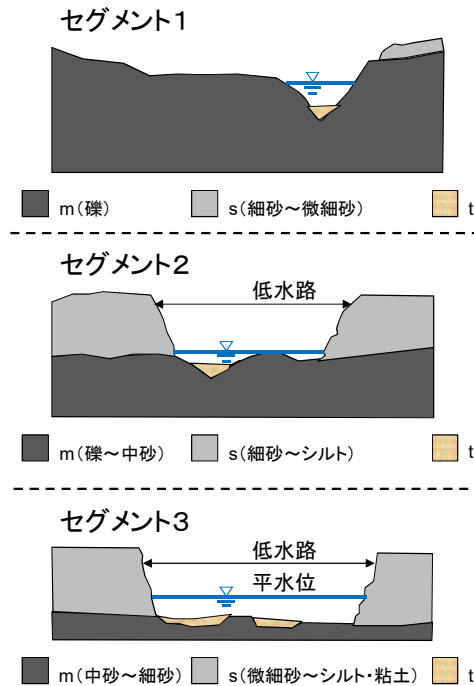


図 4-2-1 各セグメント類型における材料 m、s、t の典型的な存在状況

以上のように、材料 m、s、t の基本的性格や河道特性との関わりは大きく異なるので、調査や整理・分析の対象が、これらのうちどれに分類されるかを把握することが望ましい。

2. 4. 2 代表粒径の設定

<標準>

河道特性の整理・分析においては、材料 m を対象とした河床材料調査の結果に基づき、河床材料の動きやすさや流送される量を規定する河床材料粒径の代表値として、代表粒径 d_R をセグメントごとに設定することを標準とする。

<例示>

代表粒径 d_R は、以下の手法により設定することができる。

材料 m が砂主体であるセグメントの場合には、代表粒径に河床材料の d_{60} を用いることができる。

材料 m が砂礫や石礫であるセグメントの場合には、河床材料を以下の手順により A、B、C 集団に区分した上で、代表粒径を設定することができる。河床材料の区分については、図 4-2-2 が参考となる。

- 1) 容積法による河床材料の調査によって得た当該セグメントの粒径分布を、横軸に粒径を対数表示し、縦軸に通過重量又は体積百分率を取った図面に、粒径加積曲線として描く (図 4-2-2 参照)。
- 2) 粒径 2mm を区分粒径とし、粒径 2mm 以下の砂成分を B 集団とする。ただし、この付近の粒径加積曲線上に勾配の急変点が生じていれば (通常 1.0~2.0mm 辺り)、それを区分粒径とする。
- 3) 粒径加積曲線上で、もっとも大粒径よりの直線状 (勾配一定) 部分を C 集団とする。
- 4) B 集団と C 集団の間を A' 集団と仮置きする。B 集団と A' 集団、A' 集団と C 集団は、

通常、粒径加積曲線の勾配急変点を隔てて接続することになる。

- 5) A' 集団の粒径加積曲線の中に勾配急変点が存在する場合には、仮置きしたA' 集団を、そこでA' 集団とA'' 集団に分割する。場合によっては、この勾配急変点が明確でないことがある。この場合は、当該セグメントの滞筋部の表層材料の粒度分布（C集団とA' 集団からなることが多い）により判断するか、C集団とA' 集団の区分粒径の8分の1程度の粒径をA' 集団とA'' 集団の区分粒径として、仮置きしたA' 集団をA' 集団とA'' 集団に分割する。更に、新設したA'' 集団の最大・最小粒径比が15を超える場合は、下流のセグメントの粒度分布形も参考にしながら、B集団と隣接するA''' 集団を新たに挿入し、粒径の大きな順にA'、A''、A''' 集団とする。
- 6) 最後に対象河川の各小セグメントの区分粒径が、上下流で一致するように区分粒径を微調整する。
- 7) こうして得られた河床材料区分に基づき、C集団とA' 集団のみから成る粒径加積曲線を新たに作成し、その60%通過粒径 d_{60} を求め、これを代表粒径 d_R とする。

A'' 集団以下の含有率が20~30%以下の場合には、河床材料調査によって得た粒度分布の d_{60} とその粒度分布に上記手順を適用してA'、C集団から求めた代表粒径との差が一般に小さい。そのため、A'' 集団以下の含有率が20~30%以下の場合には、河床材料調査によって得た粒度分布の d_{60} を代表粒径とすることができる（すなわち、材料 m が砂主体であるセグメントの場合と同様に代表粒径の設定を行うこととなる）。

線格子法・面格子法による河床材料の調査を行った場合には、A'' 集団以下の含有率が20~30%以下となる場合が多く、そのため上記手順を踏まずに河床材料の調査によって得た粒度分布の d_{60} として代表粒径を求めてよい。

なお、河口や堰の上流等の中小出水では掃流力が相対的に小さい箇所では、A'、C集団より細粒の材料が多く堆積し、その箇所を含むセグメント内の他箇所に比べて細粒化している場合がある。そうした箇所を含むセグメントの代表粒径の設定においては、細粒化した箇所における河床材料の調査のデータは参考程度にとどめ、他箇所でのデータをより重視する。

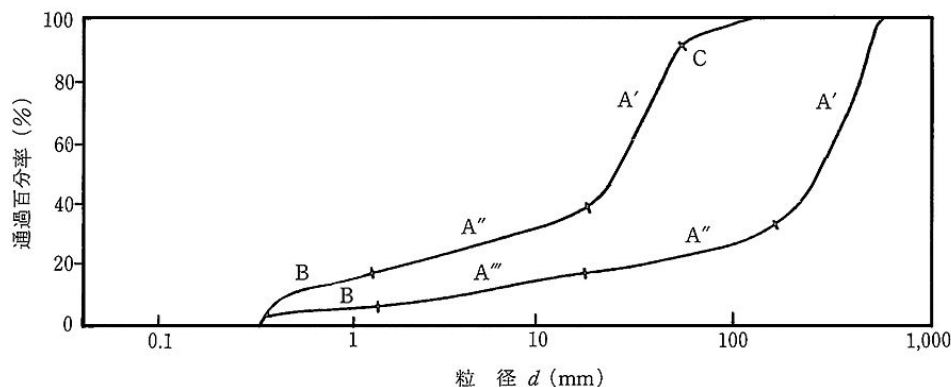


図 4-2-2 粒径加積曲線に基づく河床材料の区分の例

2. 4. 3 混合粒径河床材料の整理・分析について

<考え方>

本節の2.4.2に示した代表粒径の設定手順で用いている材料 m のA、B、C集団への区分という手法は、以下に示すように、混合粒径河床材料の捉え方にも資するものである。すなわち、A' 集団は河床材料の主モード（主構成材料）であり、それより粒径の大きいC集団は、A' 集団に比べ移動速度が遅く、河床に取り残されているような状況を呈するものである。河床変動

に関係するのは主にCとA' 集団であり、材料 m 全体の動きやすさを規定する主材料であることが一般的である。一方、B集団やA'、A'' 集団は、大粒径間に存在するマトリクス集団で、河床変動にはあまり寄与しないことが一般的である。

以上から、本節の2.4.2において代表粒径 d_R をCとA' 集団から算出することとしている。

各集団は、それぞれ異なる流送形態又は移動速度を持っている可能性が高く、したがって、集団ごとに移動性や移動量を評価することを通じて、当該セグメントの土砂動態や河床変動の特性についての理解を深めることにつながると期待される。代表粒径 d_R 設定の手順もこの考え方の一環である。

また、近年は、比較的粒径分布の狭い十分混合された混合粒径材料に対して、砂礫から石礫までを含む材料で構成される河川については、掃流力によって流砂や河床変動を記述する従来の枠組みを修正・改良する必要があるという観点からの知見の蓄積が活発になっている。粒径分布の幅が広い、更には、その平面的不均一性も高いような河床材料については、従来の整理・分析・解析法の有効性が、比較的粒径分布の幅が狭い十分混合された材料を対象にする場合と異なり得ることに配慮しておくことが望まれる。

第5章 河川における洪水流の水理解析

第1節 総説

<考え方>

洪水流の水理解析は、所定の流下能力や侵食・洗掘に対する安全性を確保するための河道設計、流下能力を維持するための樹木群管理や河積の確保等の維持管理、遊水地の施設計画等、河川等の計画・設計・維持管理のために実施するものである。

洪水流の水理解析とは、ある形状及び粗度状況を持つ河道に、上流端において流量又は水位を、下流端において水位を設定し、その河道内で生じる水位・流量・流速などの水理量の空間的な分布及びその時間変化を算定するものである。ここで、粗度状況は、河床表層の凹凸の状態のことであり、高水敷の地被状況、低水路の河床材料の粒径、河床波の形状等がその一例である。なお、背の高い植物の倒伏や河床波の消長などに見られるように、流水の作用を受けて粗度状況が変化することもあり、検討対象とする流量時の粗度状況を的確に表現することが重要である。

解析手法の選定に当たっては、各種解析手法の原理と特徴、その適用限界などを理解した上で、目的を達成するための適切な解析手法を選択する。また、計算を実施するに当たって、必要となる各種パラメータ、初期条件及び境界条件を設定する。

なお、洪水流の水理解析は、実河川で生じる現象を対象としているため、一般的に以下のような制約の下で行われる。

- 1) 計算に用いる初期条件及び境界条件が必要な時空間解像度及び精度で得られていない場合がある。
- 2) 洪水流の発生頻度が低いいため、解析結果を検証する機会が限られる。
- 3) 洪水流の作用により粗度状況（河床波、植生の倒伏・破壊状況等）や河道形状が変化し、またその影響が洪水流に及ぶことについて、今後とも知見を拡充し、解析の信頼性をより高めていくことが必要である。

本章では、洪水流解析の目的及び目的に応じた洪水流解析手法の選定、各解析手法、及びパラメータの設定手法について標準的な方法を示す。

第2節 洪水流解析の目的

<考え方>

河川計画・設計・維持管理における洪水流の解析の主な目的は、以下のように整理される。

- 1) 所与の出水条件の下での最高水位等の洪水位の算定
- 2) 構造物等（河岸や樹木を含む）に作用する外力の算定
- 3) 水防関係水位の算定
- 4) 河道特性の把握・河川環境管理・河川利用空間管理のための水理量・水理環境の算定
- 5) 氾濫計算のための外水氾濫条件の算定
- 6) 水位・流量の伝播特性の把握
- 7) 河道変化予測のための水理量の算定

- 1) 所与の出水条件の下での最高水位等の洪水位の算定

堤防又は河岸（掘込河道の場合）近傍の最高水位は、流下能力に直接に関わるため重要である。

最高水位は、一般に流出解析や流量観測等によって得た最大流量を与えた定常流解析により算定する。ただし、対象河川の洪水伝播に関わる本来的特性や、下流端水位の時間変化特性、分合流あるいは遊水地等による対象河道区間での流量の出入りの状況等によっては、最高水位に与える非定常的特性の影響が無視できなくなる場合がある。このような場合には、非定常流解析を用いる。その具体的な判断法については本章 第 3 節 目的に応じた洪水流解析手法の選定 3.2 を参照のこと。

2) 構造物等（河岸や樹木を含む）に作用する外力の算定

流れによって生じる抗力・揚力・せん断力といった外力の算定に当たっては、構造物の表面に作用する応力分布を定常流解析によって算定し、その分布を構造物表面にわたって積分することにより求める方法や抗力係数又は揚力係数を用いた経験式を用いて構造物近傍の代表流速から求める方法等を用いる。この定常流解析から得られる外力は、流れ場の時間変動を均した平均値である。目的によっては外力の時間変動（又は変動の最大値）が必要であり、その場合には非定常流解析を用いる。

3) 水防関係水位の算定

水防関係水位とは、氾濫危険水位、避難判断水位、氾濫注意水位、水防団待機水位の総称とする。これらの水位は、築堤状況や堤内地盤高と計画高水位の関係等によって地先ごとに設定される値である。水防関係水位の算定とは、地先で設定された値と洪水予報観測所での水位を対応付けることであり、具体的方法は「危険水位の設定要領について」、「特別警戒水位の設定要領について」による。

水防関係水位の算定のためには等流計算、不等流計算、不定流計算等、各河川の状況に応じた適正な計算手法により行う。

4) 河道特性の把握、河川環境管理、河川空間管理のための水理量・水理環境の算定

河道特性の把握のための水理量として、河道地形の形成・変化特性を考察する上で重要な指標である摩擦速度、川幅水深比など水理量の縦断分布を算定する。

河川環境管理、河川空間管理のための水理環境として、たとえば動植物にとってのハビタット、景観等の形成、変化に関わる水理量を算定する。

たとえば植物群落の冠水頻度や河床の攪乱頻度については、生起確率が異なる複数の流量に対する水位や掃流力等が挙げられる。

5) 氾濫計算のための外水氾濫条件（氾濫の生じる流量）の算定

氾濫計算のための外水氾濫条件として、越流地点や堤防の決壊点における氾濫流量の算定に用いる河道内水位等を算定する。その際、第 6 章 氾濫解析における堤内地の氾濫解析と連動させて洪水流の解析を行うことで、氾濫に伴う河川流量の増減を考慮できる。ここで、氾濫解析に必要とされる水理量は氾濫解析の手法によって異なるため、洪水流の解析手法の選定に当たっては第 6 章 氾濫解析 を参照のこと。

6) 水位・流量の伝播特性の把握

水位・流量の伝播特性の把握とは、河道の上流端で与えられた水位ハイドロや流量ハイドロが洪水流の流下に伴って変形する過程を再現するものである。洪水流は、河道内に存在する狭窄部、樹木群などの影響を受けて、流量に比べて水位の伝播が遅れる場合がある。このような水位と流量の伝播特性の違いを表現するためには、非定常流解析を用いる。

7) 河道変化予測のための水理量の算定

流砂量の算定に必要な掃流力など水理量を算定するものである。

第3節 目的に応じた洪水流解析手法の選定

3.1 目的に応じた選定

＜考え方＞

洪水流解析として、表 5-3-1 に示す計算手法を用いる。

一次元解析[1DF]とは、河道横断面内で平均した水理量（水深、流速、河床せん断力など）の縦断分布を算定するものである。

準二次元解析[2DF']とは、河道横断面を粗度状況や水深等が同一と見なせる区間ごとに分割して等流近似の下で横断方向流速分布を算定し、この分布を反映した運動量補正係数とせん断力の算定式を一次元解析に組み込んで断面平均流速や水位等の縦断分布を算定するものである。

二次元解析[2DF]とは、水深方向に平均した水理量を対象として、水理量の平面分布を算定するものである。

準三次元解析[3DF']とは、二次元解析を拡張して水深方向に平均した水理量のほか、静水圧分布の仮定の下で二次流を含めた水深方向の流速分布を算定するものである。

三次元解析[3DF]とは、非静水圧分布となる流れ場にも適用でき、流水中の任意の位置における水理量を対象として、その平面及び水深方向の分布を算定するものである。

各解析には、流れ場の空間的分布を算定する定常計算とさらにその時間変化も計算対象とする非定常計算がある。

洪水流解析の目的 1)～6) に応じて、表 5-3-2 に従って計算手法を選定する。

表 5-3-2 において＜推奨＞とした計算手法は、＜標準＞として示す手法では解析対象とした事象を十分に再現することができず、＜推奨＞として示す高度な手法を採用する必要がある場合に選定する。また＜例示＞とした計算手法は、＜標準＞として示す手法より流れ場の記述レベルが低い手法でも目的を十分に満たす再現性が得られ、＜例示＞として示す比較的簡便な手法を採用することができる場合に選定する。

計算手法の選定に当たっては、計算に必要とされる情報の取得可能性についても併せて検討することが重要である。なお、目的1)～7) 以外の目的で洪水流解析を活用する場合でも、表 5-3-2 の「目的に対して必要となる物理量」を参考にして適切な解析手法を目的に合わせて選定する。

表 5-3-1 洪水流解析に用いる計算手法の一覧（記号は表 5-3-2 の凡例参照）

解析レベル	記号	H	Δh	U	u_{ave}	v_{ave}	u	v	w	Δp
一次元解析	1DF	○		○						
準二次元解析	2DF'	○		○	Δ^*					
二次元解析	2DF	○	○	○	○	○				
準三次元解析	3DF'	○	○	○	○	○	Δ	Δ	Δ	
三次元解析	3DF	○	○	○	○	○	○	○	○	○

凡例 ○: 計算できる項目

△: 近似的に計算できる項目

△*: 近似的に計算できる項目(断面区分単位の流速分布)

表 5-3-2 目的に対して必要となる物理量と洪水流解析手法の選定

目的		非定常性考慮の有無		目的に対して必要となる物理量 (計算で扱う物理量はこれよりも多いことが一般的)										計算方法		
		定常	非定常	H	Δh	U	u_{ave}	v_{ave}	u	v	w	Δp	時間変動	標準	推奨	例示
所与の出水条件の下での最高水位等の洪水位の算定	下記以外の河道区間	●	○	●	●※1	-	-	-	-	-	-	-	-	2DF不等流	2DF 3DF	1DF不等流※4
	流量が入り出す地点を含まず、最大流量と最高水位時の流量に有意な差(ズレ)が生じる、または最大流量が河川沿いに有意に変化する区間	○	●	●	●※1	-	-	-	-	-	-	-	-	1DF不定流 2DF不定流	2DF 3DF	-
構造物等(河岸や樹木を含む)に作用する外力の算定※2		●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	2DF不等流 2DF	2DF不定流 2DF 3DF 3DF	1DF不等流
水防関係水位の算定		●	○	●	●※1	-	-	-	-	-	-	-	-	2DF不等流	1DF不定流 2DF不定流	1DF不等流
河道特性の把握のための水理環境・水理量の算定		●	-	●	-	●	-	-	-	-	-	-	-	2DF不等流	2DF	1DF不等流※4
河川環境管理・河川利用空間管理のための水理環境・水理量の算定		●	-	●	-	●	-	-	-	-	-	-	-	2DF不等流	2DF	1DF不等流※4
氾濫計算のための外水氾濫案件の算定※3		-	●	●	●※1	○	○	○	-	-	-	-	-	1DF不定流 2DF不定流	2DF	-
水位・流量の伝播特性の把握		-	●	●	-	●	-	-	-	-	-	-	-	2DF不定流	2DF	1DF不定流

凡例 H : 横断方向平均水深 u : 流下方向流速
 Δh : Hからの横断方向偏差 v : 横断方向流速
U : 断面平均流速 w : 水深方向流速
 u_{ave} : 水深平均流速 Δp : 静水圧分布からの偏差
 v_{ave} : 水深平均流速(横断方向) 時間変動 : 流速・水深・圧力の時間的変動成分
● : 目的に対して必須の物理量 ○ : 条件によっては必要となる物理量
※1 堤防もしくは河岸近傍(堀込河道の場合)における水位
※2 構造物周辺における河床変動については第6章 河床変動、河床材料変化および土砂流送の解析を参照
※3 第7章 浸水解析の第3節において標準とした外水浸水解析モデルとの組み合わせを前提としている
※4 目的を十分に満たす場合には、計算に用いる情報の取得状況に鑑みて等流計算を採用することができる

3.2 最高水位の算定における定常・非定常流解析の使い分け

<考え方>

下記1)～4)のいずれにも当たらない場合には、流出解析や流量観測等により得た最大流量をあらかじめ与えた定常流解析を用いることが基本となる。下記1)～4)のいずれかに該当する場合は、非定常流的特性を解析において考慮する必要性が高まるので、非定常流解析を用いることが基本となる。

- 1) 分合流や遊水地等による流量の出入りの影響がないとできる河道区間において、最大流量と最高水位時の流量に有意な差(ズレ)が生じる。
- 2) 分合流や遊水地等による流量の出入りの影響がないとできる河道区間において、各地点の最大流量が河川沿いに有意に変化し、それをあらかじめ与えることが難しい。
- 3) 対象とする河道に、分合流や遊水地等による流量の出入りが存在する区間が含まれ、その出入りの量をあらかじめ与えることができず、非定常流解析によって一体的に計算する必要がある。
- 4) 対象とする河道に、分合流や遊水地等による流量の出入りが存在する区間が含まれ、その出入りの流量をあらかじめ与えることができる場合において、その流量の出入りが、最大流量と最高水位発生のタイミングに有意な差(ズレ)を生じさせる。

1)については、河口付近での潮位変化、支川を対象とする場合の本川との合流点付近での水位変化、水門操作による水位制御の影響を受ける場合など、解析の境界条件である下流端水位の時間変化に起因する場合と、対象河川の洪水伝播に関わる本来的特性による場合がある。このうち後者に該当するかどうかを判別する考え方について及び2)(これも洪水伝播にかかわる本来的特性に起因する)に該当するかどうかを判別する考え方について以下に述べる。

一様の川幅、勾配の単断面河道を対象とした一波の洪水波の流下に伴う水位・流量変化に関する水理特性（非定常性）の要点は、下記のとおりである。

- ・ 流下距離の増加に伴って最大水深は低減するが、水深の増大が生じている期間は長くなる（洪水波形の偏平化）。
- ・ 最大水深の低減は、流下距離が大きくなるほど、水深の時間変化を表す曲線のピーク形状が尖鋭であるほど、また、河床勾配及び断面平均流速（又は洪水波の伝播速度）が小さいほど顕著となる。

実河川では、上記特性に河道横断形状（複断面）や粗度・河積の縦断的な変化（たとえば樹木群や狭窄部等）等の影響が加わる。非定常性が顕在化すると、任意の河道断面においては、流量と水深の関係が図 5-3-1a) に一例を示すように明瞭なループを描くようになり、流量と水深のピークが現れる時間差が大きくなる。また、流下方向には、図 5-3-2 に示すように、洪水流の流下に伴って水深・流量の低減が顕著となる。こうした特性を踏まえて、洪水伝播にかかわる本来の特性のために非定常流解析を使う必要があるかどうかの判断の材料は、以下の 2 点に集約される。

- ① 最大流量と最高水位時の流量との差（ズレ）の大きさ（図 5-3-1a), b) 参照）
- ② 河道内流量の出入りのない一連区間の上下流端での最大流量の差（ズレ）の大きさ（図 5-3-2 参照）

流量の差（ズレ）は第 2 章 水文・水理観測に基づく水位・流量観測結果（カテゴリー1 の観測等）を用いて評価することができる。①②のいずれかに有意な差（ズレ）がある場合には、最大流量を与えた定常流解析による最高水位の算定に一定の誤差が含まれる。その場合、同一の粗度係数を用いた非定常流解析に比べて最高水位が大きめに算定される傾向を示す。こうした傾向を加味した上で、解析の目的を満たす精度で最高水位を得るため、非定常流解析の適用の必要性について検討する。なお、②の差（ズレ）については、図 5-3-2 に示すように一連区間を更に細分し、各区分ごとに最大流量を適切に与えることで小さくすることができる。こうした区間割と最大流量の再設定が可能な場合には、①の観点から非定常流解析の適用の必要性について検討することによい。

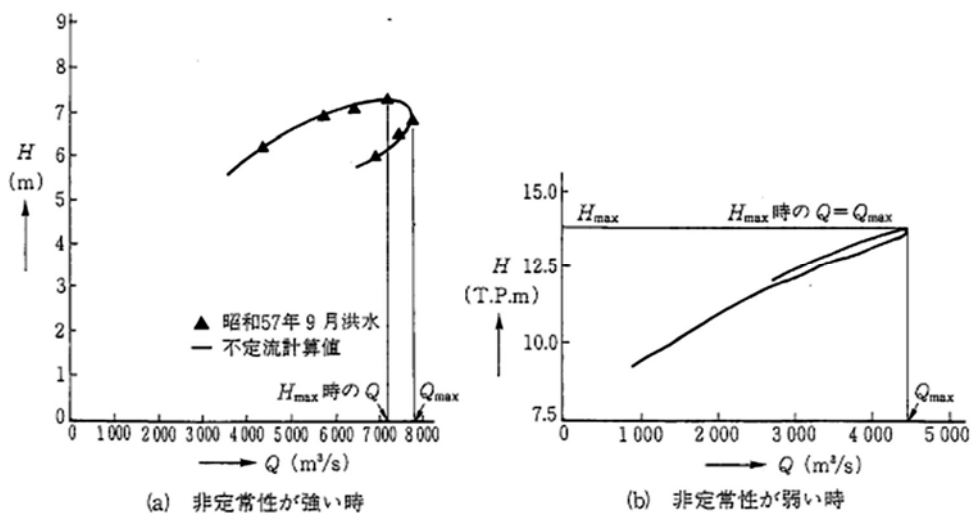


図 5-3-1 水位流量曲線図の例

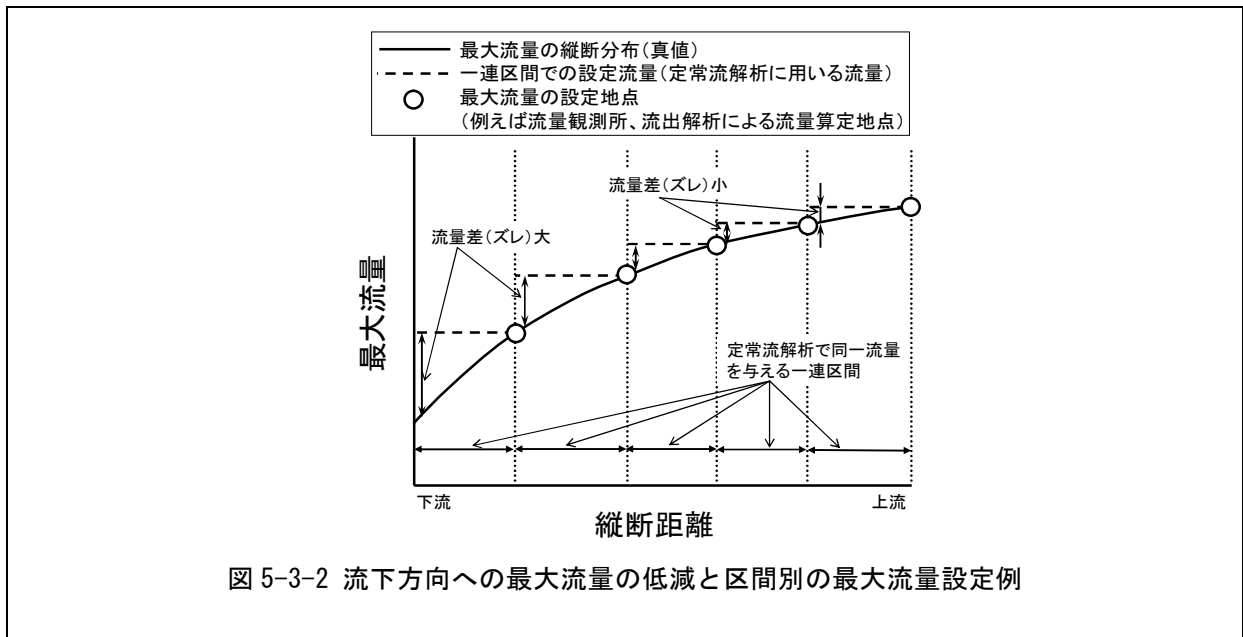


図 5-3-2 流下方向への最大流量の低減と区間別の最大流量設定例

第4節 計算手法の説明

4. 1 一次元不等流計算

4. 1. 1 定義

<考え方>

一次元不等流計算[1DF 不等流]は、流量 Q を一定とし、基礎式として運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-1)を用いる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\int u^2 dA \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{T_r}{\rho} = 0 \quad (5-4-1)$$

ここで、 A は流れの断面積、 x は流下方向に沿った座標、 H は水位、 T_r は単位長さの河道の河床に作用する力、 u はある点での流速、 ρ は水の密度、 g は重力加速度である。ここで、左辺第1項の括弧内は運動量補正係数 β を用いて式(5-4-2)のように置き換えられる。

$$\int u^2 dA = \beta U^2 A \quad (5-4-2)$$

ここで、 U は断面平均流速である。

一次元不等流計算は、断面内の粗度状況が一様及び変化する単断面河道に適用するのを標準とする。この場合、 β は一定値 (1.0~1.1 程度) とする近似的な取扱いを行う。

T_r の算定に当たっては、式(5-4-3)に示す Manning の平均流速公式を適用するのを標準とする。

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} I_b^{1/2} \quad (5-4-3)$$

ここで、 I_b は河床勾配、 $R (=A/S)$ は径深である。平均流速公式とは、縦断方向に一様な河道断面における等流を想定し、河道断面形と河床勾配が与えられたときに、平均流速を粗度係数及び径深と関係づける式である。

断面内の粗度状況が一様又は図 5-4-1 に示すように変化する場合、 T_r は式(5-4-4)、(5-4-5)により算定する。

$$\frac{T_r}{\rho} = \frac{gAn^2U^2}{R^{4/3}} \quad (5-4-4)$$

$$\frac{T_r}{\rho} = \frac{gU^2}{A^{1/3}} \cdot \left(\sum S_i \cdot n_i^{3/2} \right)^{4/3} \quad (5-4-5)$$

ここで、 S_i は同一の粗度を有する i 番目の潤辺部の長さ、 n_i はその潤辺部での粗度係数である。

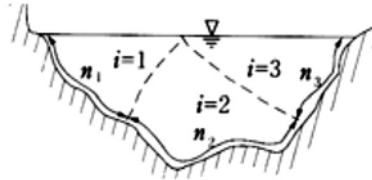


図 5-4-1 複数の粗度係数を有する河道横断面

4. 1. 2 計算方法

<標準>

式(5-4-1)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に与え、標準逐次計算法により数値計算を行うのを標準とする。

計算断面については、距離標ごとに設定するのが標準とする。

支配断面が現れる断面の近傍あるいは大きなエネルギー勾配が現れる断面の近傍では、必要に応じて内挿断面を挿入するのが標準とする。

河道形状、河川構造物や樹木群繁茂領域等については、河川定期横断測量、河道平面図、航空写真、植生図、樹木群調査の結果を用いて設定するのが標準とする。

樹木群、河道の急拡・急縮等により死水域が形成される場合には、該当する計算断面において死水域に相当する部分を河積から除く。以上の設定手法については、河道計画の検討の手引き、及び河川における樹木管理の手引きによる。

粗度係数については、本章 第5節 に基づいて適切に設定する。

分合流点、跳水発生地点、段落ち部及び橋脚設置地点を含む河道区間においては、式(5-4-1)に代えて、これら地点を間に挟む上下流の計算断面間をコントロールボリュームとしてこれら事象に即した運動量式（又はエネルギー方程式）に基づいて水位を算定する。

また、河道湾曲区間や砂州の発達する区間における左右岸水際部の水位は、河道形状や水量等に基づいて横断方向偏差 ΔH の算定式を別途用意し、これにより算定した ΔH を式(5-4-1)により算定した平均水位に付加することにより得る。

以上の算定手法については、水理公式集[平成 11 年版]及び河道計画検討の手引きによる。

河口部において下流端境界条件を与える場合には、潮位、河川水と塩水との密度差、河口砂州などを考慮し、下流端水位を設定する。

<推 奨>

解析の精度・解像度の向上の観点から、航空レーザ測量やサイドスキャンソナーを用いた音響測深等による高解像度の連続的な河道地形測量成果を用いて河道形状を設定するのを推奨する。

常流と射流が混在した流れ場を対象とする場合には、本節 4.2.2<推奨>に記載する一次元不定流計算を流量及び水位一定の境界条件の下で実施し、水位や流速等の水理量が時間的に安定した定常状態の解を得るのが望ましい。

<例 示>

標準逐次計算法により常流と射流が混在した流れ場の計算を行う場合には、支配断面の位置を予測して常流と射流の発生区間を判別する方法が適用できる。

また、河川水と海水の密度差を考慮した下流端水位の簡易的な設定法として、潮位から求めた河口部水深 h_0 と $(\rho_2/\rho_1 - 1)$ (ここで ρ_2 、 ρ_1 は海水と河川水の密度) の積として求めた値を河口部の潮位に加える方法を用いることができる。

4.2 一次元不定流計算

4.2.1 定義

<考え方>

一次元不定流計算[1DF 不定流]は、基礎方程式として連続方程式及び運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-6)、式(5-4-7)を用いる。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (5-4-6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\int u^2 dA \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{T_r}{\rho} = 0 \quad (5-4-7)$$

ここで、 t は時間である。一次元不定流計算は、断面内の粗度状況が一様及び変化する単断面河道に適用することを標準とする。式(5-4-7)の左辺第2項及び第4項は、本節 4.1.1 に示した一次元不定流計算と同様に式(5-4-2)、(5-4-4)、(5-4-5)により算定する。

4.2.2 計算方法

<標準>

式(5-4-6)、式(5-4-7)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に与え、数値計算を行うのを標準とする。

計算時間間隔については、計算が安定的に進められ、かつ所定の精度及び解像度が得られるように設定するのを標準とする。

計算断面、河道形状、粗度係数、樹木群や死水域、河口部における下流端境界条件等については、本節 4.1.2 と同様に設定する。

河道湾曲部、砂州の発達する区間における左右岸水際部の水位は、本節 4.1.2 と同様に算定する。

<推 奨>

常流と射流が混在する流れ場を対象とする場合には、跳水や段波などの不連続的な流れや常流から射流への遷移流れといった急変流に適応した計算手法を用いることが望ましい。

4. 2. 3 一次元不定流計算の近似解法

<考え方>

一次元不定流計算の近似解法とは、運動方程式の運動量の時間変化に関する項、運動量や水深の縦断方向変化に関する項の全て又は一部を省略した近似式を用いて解析を行うものである。このような近似解法として、Kinematic wave モデル、Diffusion wave モデル等があり、本節 4. 2. 1 に示した計算法と併せて水理学的追跡法と呼ばれる（第 3 章 水文解析 2. 2. 4 参照）。計算法については、本節 4. 2. 2 に準ずる。

4. 3 準二次元不等流計算

4. 3. 1 定義

<考え方>

準二次元不等流計算[2DF'不等流]は、流量 Q を一定とし、基礎式として式(5-4-1)と β 及び T_r の算定式である式(5-4-8)～(5-4-13)を用いる。

$$\beta = \frac{\int u^2 dA}{U^2 A} = \frac{\beta_1 \sum_i (U_i^2 A_i)}{U^2 A} \quad (5-4-8)$$

$$\frac{T_r}{\rho} = \sum_i \left\{ \frac{g n_i^2 U_i^2 S_{bi}}{R_i^{1/3}} + \sum_{ji} (f U_i^2 S_{wji}) \right\} \quad (5-4-9)$$

$$\frac{n_i^2 U_i^2}{R_i^{1/3}} S_{bi} + \frac{\sum_{ji} (\tau'_{ji} S'_{wji})}{\rho g} + \frac{\sum_{ji} (\tau_{ji} S_{wji})}{\rho g} = A_i \cdot I_b \quad (5-4-10)$$

$$\tau_{ji} = \rho f U_i^2 \quad (5-4-11)$$

$$\tau'_{ji} = \rho f (\Delta U_{ji}) |\Delta U_{ji}| \quad (5-4-12)$$

$$Q = \sum_i (A_i U_i) \quad (5-4-13)$$

ここで、 S_b は壁面せん断力が働く潤辺長、 S_w は樹木群境界の潤辺長、 S'_w は分割断面境界の潤辺長、 τ と τ' は樹木群境界及び分割断面境界に作用するせん断力、 ΔU_{ji} は境界面を介して隣り合う分割断面間での断面平均流速差、 f は境界混合係数、 β_1 は各分割断面内の運動量補正係数 (1.1 又は 1 が標準) である。なお、添え字 i は i 番目の分割断面についての量であることを、添え字 j は j 番目の分割断面境界あるいは樹木群境界についての量であることを表す (ただし、 i 番目の分割断面に関わる境界のみが対象)。

準二次元不等流計算は、断面内の粗度状況が一樣又は変化する複断面河道に適用することを標準とする。

式(5-4-8)～(5-4-13)は、 f を導入して隣り合う断面間での干渉効果を考慮したものである。ここで、干渉効果とは河道横断方向に急な流速変化が生じ、そこで生じる横断方向の組織的流体混合・運動量輸送により流れ全体の抵抗が増大する効果のことである。

断面分割と境界混合係数の設定に当たっては、一般に急な流速変化をもたらす地形・粗度状況の条件に基づいて行う。河道断面形状及び粗度状況 (一般的には樹木群境界) の急変点にお

いて分割断面境界を設定する。また、境界混合係数についても、断面急変部と樹木群境界に分けて設定手法を使い分ける。

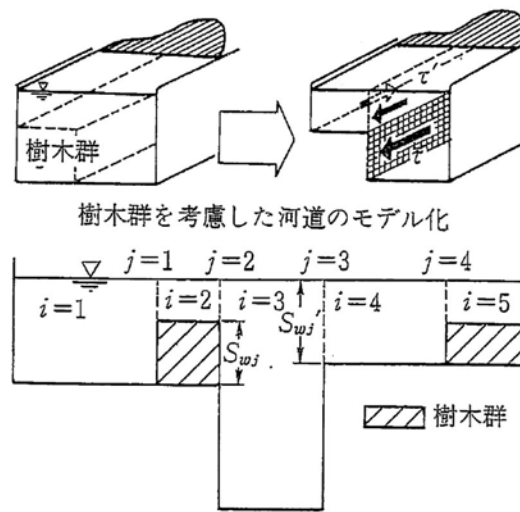


図 5-4-2 準二次元不等流計算での断面分割の一例

4. 3. 2 計算方法

<標準>

本節 4. 1. 2 と同様に式(5-4-1)を差分化し、数値計算を行うのを標準とする。

境界混合係数については、水理公式集[平成 11 年版]、河道計画の検討の手引き及び河川における樹木管理の手引きを参考にして適切に設定する。

計算断面、河道形状、粗度係数、樹木群や死水域、河口部における下流端境界条件等については、本節 4. 1. 2 と同様に設定する。

分合流点、跳水発生地点、段落ち部、橋脚設置地点、河道湾曲部、砂州の発達する区間における水位変化については、本節 4. 1. 2 と同様に算定する。

4. 4 準二次元不定流計算

4. 4. 1 定義

<考え方>

準二次元不定流計算[2DF'不定流]は、基礎式として式(5-4-6)、(5-4-7)を用い、 β 及び T_r は本節 4. 3. 1 に示した準二次元不等流計算と同様に式(5-4-8)～(5-4-13)により算定する。

準二次元不定流計算は、断面内の粗度状況が一樣又は変化する複断面河道に適用するのを標準とする。

4. 4. 2 計算方法

<標準>

本節 4. 2. 2 と同様に式(5-4-6)、式(5-4-7)について数値計算を行うことを標準とする。

計算断面、断面分割、河道形状、粗度係数、樹木群や死水域の配置、境界混合係数、河口部における下流端境界条件等については、本節 4. 3. 2 と同様に設定する。

また、河道湾曲部、砂州の発達する区間における水位変化については、本節 4. 1. 2 と同様に算定する。

4. 5 平面二次元流解析

4. 5. 1 定義

<考え方>

平面二次元流解析[2DF]は、基礎式として連続方程式及び運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-14)～(5-4-17)を用いる。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [h\bar{u}] + \frac{\partial}{\partial y} [h\bar{v}] = 0 \quad (5-4-14)$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = F_x - g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left[-h\overline{u'^2} \right] + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(-h\overline{u'v'} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} \quad (5-4-15)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = F_y - g \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left[-h\overline{u'v'} \right] + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(-h\overline{v'^2} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho h} \quad (5-4-16)$$

$$\begin{pmatrix} -\overline{u'^2} & -\overline{u'v'} \\ -\overline{u'v'} & -\overline{v'^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2\nu_{txx} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} - \frac{2}{3}K & \nu_{txy} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \\ \nu_{txy} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) & 2\nu_{tyy} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} - \frac{2}{3}K \end{pmatrix} \quad (5-4-17)$$

ここで、 x, y は水平面又は河床面に平行な直交座標軸、 u, v はある点での各座標軸方向の流速(乱れ成分を平均化したもの)、 F_x, F_y は外力(質量力)、 H は水位、 \bar{u}, \bar{v} は水深平均の u, v 、 h は水深、 τ_b は河床せん断力、 ν_t は渦動粘性係数、 K は乱れエネルギーである。添え字 x, y はそれぞれ作用方向の座標軸を表す。

平面二次元流解析は、静水圧分布の近似が成り立つ流れ場に適用するのを標準とする。ただし、曲率半径の小さい湾曲流れ、構造物近傍の局所的な流れ等といった二次流による運動量輸送が卓越する場合や非静水圧分布となる場合には、本節 4.6、4.7 に示す準三次元流解析、三次元流解析を適用する。

4. 5. 2 計算方法

<標準>

式(5-4-14)～式(5-4-17)を差分化し、河道形状、粗度状況、境界条件を適切に設定し、数値計算を行うのを標準とする。

計算格子の設定に当たっては一般座標系を用い、河岸法線形状、堤防法線形状、定期横断測線の位置を考慮して座標を設定するのを標準とする。

河道形状、河川構造物や樹木群繁茂領域等については本節 4.1.2 に示した資料に基づいて設定する。

計算時間間隔については、計算が安定的に進められることはもちろんのこと、所定の精度及び空間解像度が得られるように設定する。

河床せん断力については、Manning の式若しくは対数則などを用いて算定するのを標準とする。粗度係数については、本章 第5 節に基づいて適切に設定する。

式(5.4.17)には、式(5.4.18)に示す渦動粘性モデルを適用するのを標準とする。

$$\begin{aligned} \nu_t &= au_* h \\ K &= 0 \end{aligned} \quad (5-4-18)$$

ここで、 u_* は摩擦速度、 a は定数である。

式(5-4-18)は、水深スケールの乱れが卓越する流れ場での平面的な流体混合のモデルであり、水深や粗度が空間的に漸変する河道の場合、 a は0.13~0.15程度の値をとる。

<推 奨>

高水敷・低水路間等での河道横断形状の急変部や樹木群等の植物群落を含む流れ場であり、かつ平面せん断流に伴う大規模平面渦など組織的流体混合による河道平面方向の運動量輸送が卓越して発生する場合には、以下の二通りのアプローチで解析を行うことが望ましい。

- 1) 平面せん断流の平均的な効果を渦動粘性係数により評価するアプローチ
- 2) 平面スケールの組織的流体混合現象を平面二次元流解析の直接の対象とするアプローチ
(本アプローチでは、渦の動きを表す流速の時空間的な変化を計算結果として得る。実務上は、こうした流速の変動を直接必要とすることは少なく、渦による混合の効果を受けた平均的な流速(例えば断面平均流速、横断方向流速分布等)に関する情報を用いるのが一般的である。平均的な流速は、本アプローチで得た流速の変動を時空間的に平均することで得られる。)

1) のアプローチでは、平面せん断流に関する水理量、河道形状、植物群落の粗度・形状等に基づいて、組織的流体混合現象に即した渦動粘性係数を設定する。2) では、解析によって平面渦に伴う流れが直接計算されるので、渦動粘性係数については、大規模平面渦よりスケールが小さく、直接の解析対象外となる流体混合に即した値を設定する。そのような設定の一例として、水深スケール以下の流体混合を式(5-4-18)と同様に摩擦速度と水深の関数として与えることが挙げられる。

また、解析の精度及び空間解像度の向上の観点から、航空レーザ測量やサイドスキャンソナーを用いた音響測深等による高解像度の連続的な河道地形測量成果を用いて河道形状を設定することを推奨する。

<例 示>

渦動粘性係数 ν_t と乱れエネルギー K の算定方法として、 $k-\epsilon$ モデル等の乱流モデルの方程式に基づいて計算する方法を用いることができる。

4. 6 準三次元流解析

4. 6. 1 定義

<考え方>

準三次元流解析[3DF]は、基礎式として連続方程式及び運動方程式に基づく漸変開水路流れを対象とした式(5-4-19)~(5-4-23)を用いる。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{z_b}^H u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{z_b}^H v dz = 0 \quad (5-4-19)$$

$$w = -\frac{\partial}{\partial x} \int_{z_b}^z u dz - \frac{\partial}{\partial y} \int_{z_b}^z v dz \quad (5-4-20)$$

$$\frac{Du}{Dt} = F_x - g \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \overline{u'^2} - \frac{\partial}{\partial y} \overline{u'v'} - \frac{\partial}{\partial z} \overline{u'w'} \quad (5-4-21)$$

$$\frac{Dv}{Dt} = F_y - g \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \overline{u'v'} - \frac{\partial}{\partial y} \overline{v'^2} - \frac{\partial}{\partial z} \overline{v'w'} \quad (5-4-22)$$

$$\begin{pmatrix} -\overline{u'^2} & -\overline{u'v'} & -\overline{u'w'} \\ -\overline{u'v'} & -\overline{v'^2} & -\overline{v'w'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2\nu_{txx} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3}K & \nu_{txy} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & \nu_{txz} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\ \nu_{tyx} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & 2\nu_{yy} \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3}K & \nu_{tyz} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \end{pmatrix} \quad (5-4-23)$$

ここで、 z は xy 平面に対して垂直上向きの直交座標軸、 w はある点での z 座標軸方向の流速（乱れ成分を平均化したもの）、 z_b は河床面の z 座標である。

準三次元流解析は、 $w \ll \overline{u}, \overline{v}$ であり静水圧分布の近似が成立する場合に適用するのを標準とする。

4. 6. 2 計算方法

<例 示>

式(5-4-19)～(5-4-23)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に設定し、数値計算を行う。

計算格子、河道形状、粗度係数、河川構造物や樹木群繁茂領域等や河床せん断力については、本節 4.5.2 と同様に設定できる。

4. 7 三次元流解析

4. 7. 1 定義

<考え方>

三次元流解析[3DF]は、基礎式として式(5-4-24)～(5-4-28)を用いる。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (5-4-24)$$

$$\frac{Du}{Dt} = F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \overline{u'^2} - \frac{\partial}{\partial y} \overline{u'v'} - \frac{\partial}{\partial z} \overline{u'w'} \quad (5-4-25)$$

$$\frac{Dv}{Dt} = F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \overline{u'v'} - \frac{\partial}{\partial y} \overline{v'^2} - \frac{\partial}{\partial z} \overline{v'w'} \quad (5-4-26)$$

$$\frac{Dw}{Dt} = F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \overline{u'w'} - \frac{\partial}{\partial y} \overline{v'w'} - \frac{\partial}{\partial z} \overline{w'^2} \quad (5-4-27)$$

$$\begin{pmatrix} -\overline{u'^2} & -\overline{u'v'} & -\overline{u'w'} \\ -\overline{u'v'} & -\overline{v'^2} & -\overline{v'w'} \\ -\overline{u'w'} & -\overline{v'w'} & -\overline{w'^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2\nu_{txx} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3}K & \nu_{txy} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & \nu_{txz} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\ \nu_{txy} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & 2\nu_{tyy} \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3}K & \nu_{tyz} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \\ \nu_{txz} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) & \nu_{tyz} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) & 2\nu_{tzz} \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3}K \end{pmatrix} \quad (5-4-28)$$

ここで、 F_z は外力（質量力）である。添え字 z は作用方向の座標軸を表す。

三次元流解析は計算負荷が大きく、そのため広範囲にわたる実河川での適用事例が少ない。三次元流解析の適用に当たっては、水制等の構造物周辺の流況を再現する場合など局所的かつ非静水圧分布となる流れ場であるか、かつ解析の目的に照らし合わせて三次元流解析の必要性が高いか、前もって十分に吟味することが重要である。

4. 7. 2 計算方法

<例 示>

式(5-4-24)～式(5-4-28)を差分化し、河道形状、粗度係数、境界条件を適切に設定し、数値計算を行うことを標準とする。

河道形状、粗度係数、河川構造物や樹木群繁茂領域等や河床せん断力については、本節 4. 5. 2と同様に設定できる。

第5節 パラメータの設定

5. 1 パラメータの種類と設定の基本的な考え方

<考え方>

水理解析におけるパラメータとしては、各解析法に内在したパラメータと河道の粗度状況に依存したパラメータが存在する。

前者は、準二次元流解析の境界混合係数、平面二次元流解析の渦動粘性係数等である。一方、後者の粗度状況に依存したパラメータとは基本的に粗度係数を指す。

計算手法に内在したパラメータは、既往の知見から水理条件等に応じて設定されることが多く、その設定方法を本章 第4節 計算手法の説明 に記載している。したがって、本節では粗度係数の設定法について述べる。

なお、計算手法に内在したパラメータについては、実洪水の観測結果から逆算等によって検証されることが少なからず行われてきたが、観測技術の進歩に伴ってデータの空間分解能や時間分解能が向上してきたことも考慮して、今後とも積極的に検証を試みる事が重要である。

5. 2 粗度係数の設定

<考え方>

粗度係数の設定方法としては、逆算によって粗度係数を同定する方法、河道の粗度状況から物理的に粗度係数を推定する方法の大きく分けて二つが存在する。

粗度係数の逆算による同定法とは、適切な平均流速公式を用いた洪水流の計算手法に実測の河道形状、水位、流量あるいは流速を与えて、粗度係数を算定することである。逆算粗度係数には、その洪水発生時の種々の情報が集約されており、実績と言う意味で重みがある。設定対象とする粗度状況、河道形状、洪水規模が、粗度係数逆算対象のそれらと余り変わらない場合には、妥当な設定を行うことができる。逆にそうでない場合、この設定が妥当ではなくなる可能性がある。質が良く十分な数の粗度係数逆算が行われていることが前提となり、また、設定

結果の成否が洪水データの精度に依存する。

物理的な推定による方法とは、推定法の原理、特徴、適用範囲を理解した上で、対象となる場の特性を踏まえた適切な推定法に基づき粗度係数を算定するものである。粗度状況による粗度係数の推定は、一般性、応用性が高く、原理的には任意の断面形状、洪水規模及び粗度状況に適用できる。したがって、任意の粗度状況、河道形状、洪水規模を想定した粗度係数設定を行うことができる。その一方で、粗度係数の物理性が保たれるような平均流速公式の使用が前提となる。また、粗度係数の推定精度や推定法の適用範囲に限界や不確定要素が残る。

粗度係数の設定に当たっては、逆算による同定法と粗度状況による推定法の弱点を補完するように、両方の設定法を併用することが現実的な選択である。すなわち、河道の粗度状況から物理的に粗度係数を設定し、その一方で、その設定により既往代表洪水の逆算粗度係数あるいは洪水位を再現できるかを確認し、必要に応じて、逆算粗度係数値を踏まえて粗度係数を修正するというものである。あるいは、逆算粗度係数に基づき粗度係数を設定することを試み、その一方で、逆算対象の洪水規模・河道状況と粗度係数設定対象のそれらとの違いを踏まえ、物理的な粗度係数推定法を加味して、最終的に粗度係数を設定するというものである。

なお、物理的な粗度係数推定法の適用が難しい河道については、粗度係数逆算結果を重視した粗度係数設定を行うこととなる。この例として、岩河道、土丹が露出した河道などが挙げられる。逆に、逆算のためのデータが存在しないまま設定せざるを得ない場合は、物理的な推定法のみ適用や、それが難しい場合には、類似の河川の粗度係数を十分に吟味した上で適用することも現実的な選択肢となる。

粗度係数を支配する要因とその影響度が複雑で、精度の良い洪水観測が必ずしも容易でない実河川を対象としていることから、適切な粗度係数設定を行った場合でも、種々の誤差、不明確な要素を粗度係数から完全に除去することは困難と考えるべきであり、一般的には粗度係数の有効数字は2桁が限度である。粗度係数の設定や設定した流れ場の解析結果の解釈と利用においては、粗度係数を含みうるこのような誤差、不確実性を十分考慮しなければならない。

5.3 逆算による同定の方法

5.3.1 逆算に用いるデータセットの種類

<考え方>

粗度係数の逆算に用いるデータセットとして、以下の3種類を用いる。データセット1)、2)は、第2章 水文・水理観測 第1節 総説 で述べたカテゴリー1, 2による観測データ群であり、3)はカテゴリー3.1の河川の流れの総合的把握のための観測データ群である。

1) 時間的には疎であるが、空間的に密に計測された水位データ

代表的なデータとしては、第2章 水文・水理観測 第3節 水位観測 3.9に示す洪水痕跡水位が挙げられる。

2) 空間的には疎であるが、時間的には密に計測された水位データ

代表的なデータとしては、第2章 水文・水理観測 第3節 水位観測 3.4に示す水位観測所の水位データが挙げられる。

3) 時間的・空間的に密に計測された水位データ

代表的なデータとしては、水位時間変化の縦断方向多点観測結果が挙げられる。

5. 3. 2 データセットに応じた同定

<標準>

1) 共通事項

1 断面内に複数の粗度係数（低水路と高水敷など）を設定する場合には、1回の逆算で1断面内の全ての粗度係数を逆算することはできない。そのような場合には、次のように算定するのを標準とする。

種々の規模の洪水について逆算を行い、実測値に合う粗度係数の組合せを見いだす。たとえば、低水路満杯時の洪水で低水路粗度係数を逆算し、それよりも高い水位の洪水から高水敷上の樹木や草本植物の粗度係数を求める。この場合は、洪水規模による粗度係数の変化、対象とした各洪水発生時の粗度状況の違いを無視できることが適用条件となる。

また、水位に対する影響が支配的でなく、粗度状況からの物理的推定の信頼性が比較的高い粗度係数の値を逆算時に既知として与え、この条件に該当せず逆算する必要性が高い1つの粗度係数だけを対象に逆算を行う。たとえば、高水敷の粗度係数値を植生地被からの推定により与え、低水路粗度係数だけを逆算の対象とする場合等がこれに当たる。この場合は、既知として与える粗度係数値の誤差によって、逆算した粗度係数の精度が決まる。

2) データセット1を用いた同定法

この同定法では、河道の長い区間の平均的な粗度係数が得られる。「河道の長い区間」の一つの目安としては河道特性が同一と見なせる単位であるセグメント区間が挙げられる。逆算においては、平均的な粗度係数を算定する本同定法が用いられることが多いが、これは対象区間の平均的な粗度係数を設定することにより、河道計画の策定などに使用できる精度で水位計算を行うことができるからである。

長い河道区間の平均的な粗度係数を逆算する場合、河道及び洪水流の特徴に応じて、本章 第3節 3.2 に述べたように不定流計算と不等流計算を使い分ける。なお、一次元・準二次元流解析によって逆算する場合には、左右岸の痕跡水位の平均値と水位計算値を比較する。

3) データセット2を用いた同定法

この同定法では、水位観測所の水位データを用いるのが一般的であり、その場合、水位観測所地点間の平均的な粗度係数が得られる。

河道の長い区間内に多地点の水位観測所が設置されている場合には、各観測所の最高水位に対して、上記2)で述べた痕跡水位に対する手法によって粗度係数の逆算を行う。

また、同一のセグメント区間内に近接した2地点で水位観測所等により水位データが得られる場合には、等流計算又は不等流計算によって粗度係数を逆算できる。「近接した2地点」の一つの目安としては2地点間の流量が同一と見なせることが挙げられる。この場合、最高水位のみならず水位の時間変化にも適用できるため、粗度係数の時間変化が把握できる。

この逆算において、大きな誤差をもたらす可能性が高いのは水面勾配である。水位測定精度（又は誤差）に比べて2地点間の水位差を十分に大きくとれない場合には、水面勾配の精度を確保することが難しく、逆算粗度係数の誤差が大きくなる。

上記の観点からは、水位差を大きくするためにより離れた水位観測所間で粗度係数の逆算を行うことが望ましい。ただし、2地点間の距離を増すと粗度状況や河道形状の一様性が保ち難くなり、等流計算では逆算粗度係数の精度が低下する場合がある。その際には、不等流計算を適用することで原理的には精度低下が抑えられるが、距離を増すことで2地点間の流量が同一とはみなせなくなった場合には、その限りではない。

一般に上記した要件を全て満たすのは、特に河床勾配の緩い河道区間において困難であり、そのため一定の誤差が含まれ得る。

なお、本手法で同定した粗度係数をより長い区間の平均的な粗度係数として用いる場合、上下流の長い区間をも代表し得るか十分に吟味し、その適用を慎重に行う必要がある。

<例 示>

4) データセット 3 を用いた同定法

この同定法では、解析の対象とする洪水時の水面形を不定流計算によって再現計算し、水面形の時空間的な変化を多地点かつ高頻度の水位観測結果とできるだけ一致するように粗度係数を逆算することで、粗度状況別に粗度係数の同定を行うことができる。

5. 4 粗度状況による推定の方法

5. 4. 1 推定の基本的な考え方

<考え方>

移動床に洪水が作用すると、小規模河床波の消長により粗度係数が大きく変化することがある。この傾向は砂床河川で顕著であるが、礫床河川でも無視できない場合がある。以下では、出水中の河床変化が顕著でない場合の粗度係数の推定法と小規模河床波の発生を伴う場合の粗度係数の推定法に分けて記述する。また、河川構造物の抵抗の推定法についても併せて記載する。

5. 4. 2 出水中の河床変化が顕著でない場合の粗度係数の推定法

<標準>

1) 河床等の裸地面における粗度係数

河床材料の移動が生じず平坦な固定床として取り扱える場合には、河床材料の粒径、水深等に基づいて粗度係数を推定するのを標準とする。固定床として扱える場合の粗度係数の推定は水理公式集[平成 11 年版]による。

2) 人工水路等の粗度係数

人工水路においては、固定床面の凹凸等の粗度状況に応じて粗度係数を推定するのを標準とする。推定に当たっては、水理公式集[平成 11 年版]による。

3) 草本植物・樹木の粗度係数

河床や高水敷が草本植物・樹木により覆われている場合、草丈等の繁茂状況と水深等の水理量に基づいて粗度係数を推定するのを標準とする。推定に当たっては、河道計画の検討の手引き及び河川における樹木管理の手引きによる。

4) 護岸等の粗度係数

のり覆工、根固工の主構成材料（ブロック、礫等）の相当粗度等の粗度状況に基づいて、粗度係数を推定するのを標準とする。推定に当たっては、護岸の力学設計法による。

5. 4. 3 小規模河床波の発生を伴う場合の粗度係数の推定法

<標準>

小規模河床波（平坦河床を含む）を伴う河床の粗度係数の推定には、実用的な観点からは、次元解析や土砂水理学の知見を用いつつ、実験や観測結果から何らかの法則性を導き出すというアプローチが主流である。これには主として実験結果に基づき小規模河床形態の領域区分ごとに抵抗則を示した方法、実験結果に河川の観測データを加え、河川に生じ得る幅広い水理条

件、河床材料の粒径範囲について流速係数、無次元掃流力、水深粒径比の関係を示した方法がある。小規模河床波を伴う河床の粗度係数の推定は、これら方法を用いるのを標準とする。

5. 4. 4 河川構造物の流体力の推定法

<標準>

水制や橋脚等の河川構造物が河道縦横断方向の水位・流速分布に与える影響を評価する場合、洪水流の解析においては河川構造物の具体的な形状は与えずに流体力としてのみ反映する手法を用いる（たとえば、式(5-4-15)、(5-4-16)、(5-4-21)、(5-4-22)の F_x 、 F_y がこれに該当）。その際、各種構造物の諸元に応じた適切な抗力係数、揚力係数を用いた経験則に基づいて推定するのを標準とする。推定に当たっては、水理公式集[平成11年版]による。

第6章 氾濫解析

第1節 総説

<考え方>

本章では、氾濫解析に必要な技術的事項を定める。

氾濫解析は、河川からの氾濫水や降雨・流出水等により生じる氾濫現象（氾濫範囲や浸水深・氾濫流速等）を再現・予測することにより、被害の想定や水害対策、避難方法、盛土構造等流域内地形の氾濫流制御効果等の検討に資することを目的とするものである。

従来より、氾濫現象は、堤防の決壊や越流により生じた河川氾濫水が地形等の影響を受けながら流下・拡散する現象と、堤内地に集まった雨水や下水等が排水機能を上回り湛水する現象に分類され、前者を「外水氾濫」、後者を「内水氾濫」とする。

氾濫解析は、河川からの氾濫水（外水）や降雨・流出水等（内水）により生じる氾濫範囲や浸水深・氾濫流速等を再現・予測するものであり、以下の項目より構成される。

- 1) 氾濫域調査
- 2) 外水氾濫解析
- 3) 内水氾濫解析

<標準>

氾濫解析に当たっては、氾濫現象の特徴や検討目的に適した解析モデルの選定及び計算条件の設定を行うとともに、解析モデルの検定や設定した計算条件による再現性に関する検証を行い、精度を確認した上で、解析を実施することを標準とする。

解析モデルの検定としては、理論解との比較や水収支の確認等から、また、再現性に関しては既往の研究や過去の浸水実績との比較から検証する。

<推奨>

実際の浸水現象においては、外水氾濫と内水氾濫、降雨流出、下水道排水等の現象が複合しているのが一般的である。このため、氾濫解析においては、解析対象とする実現象の本質的特徴を捉えるという方向で解析モデル（要素モデル）を組み合わせることにより、実務上可能な限り実現象に忠実な解析を行うことを推奨する。

氾濫を含め降雨流出、河川内洪水流、下水道管路内の水理現象等は、近年要素モデルとして開発が進むとともに、オブジェクト指向のプログラム言語やそれらを利用したプラットフォームの普及により、これら要素モデルを組み合わせた統合化モデルの構築が比較的容易になってきている。

第2節 氾濫域調査

<考え方>

氾濫域調査は、氾濫解析モデルの選定、計算条件の設定、再現性の検証等に必要データの収集を目的としたものである。

<標準>

氾濫域調査では、河川における洪水の水理解析に用いる資料（水文資料を含む）のほか、主に地盤高（線的地形、構造物）、土地利用、下水道・排水路、地下空間・流域貯留施設、浸水実績等について、検討目的に応じて調査項目、調査範囲、調査方法を適切に設定するとともに、必要に応じて施設管理者の協力を得ることにより効率的に実施することを標準とする。

なお、河川における洪水の水理解析に用いる資料は、第3章 水理解析 第2節 流出解析 及び第5章 河川における洪水流の水理解析 に従うものとする。

<推 奨>

氾濫解析の精度向上を図るためには、氾濫域や浸水深・流速の時間変化についても再現性を検証できることが望ましい。このため、浸水深計の設置による浸水深の時間変化の計測、画像解析による流速の計測、衛星データ等を利用した氾濫域の時間変化の把握等、検証データの収集についても検討することを推奨する。

<例 示>

主な調査項目について、調査方法を以下に例示する。

1) 地盤高

地盤高データは氾濫水の挙動を的確に予測・再現できるよう、想定される氾濫域全体を包含する範囲においてデータを読み取る。地盤高は、基盤地図情報数値標高モデル (DEM5A 等)、都市計画図、国土基本図や活用できる場合は LP (航空レーザ測量) データを利用して、計算格子点の地盤高として設定する。また、道路や鉄道、二線堤等連続した盛土地形や、これらに設けられたボックスカルバートやアンダーパス等通路も氾濫水の挙動に大きく影響するため、連続盛土地形の線形や地盤高さ、ボックスカルバート等の位置、諸元 (幅、高さ) について把握する。

2) 土地利用

土地利用データは、氾濫解析における底面粗度や氾濫水の透過率等を設定する上で必要なデータであり、数値地図 2500 (空間データ基盤) 等信頼性の高い資料を活用する。また、近年の土地利用に関する資料が得られない場合は空中写真や現地調査により把握する。

3) 下水道・排水路

下水道・排水路は、氾濫水や内水を排除するものであり、特に内水氾濫においては、これらが氾濫現象に大きく影響する。下水道・排水路の施設特性や排水能力を把握するためには、マンホールの位置・諸元、管路や側溝等の諸元・敷設位置、排水ポンプの諸元・操作規則・排水先河川等の諸元等について調査し、排水系統として総合的に把握する。

4) 地下空間・流域貯留施設

氾濫区域内に地下空間や流域貯留施設等があり、これら施設への流出入を考慮する場合は、氾濫区域内に存在する地下空間等の規模、出入口等氾濫水の流出入位置や流出入口の諸元を把握する。

5) 浸水実績

浸水実績の調査では、痕跡調査や聞き取り調査から過去に生じた氾濫の範囲や浸水深等の把握を行う。なお、調査結果は、当該浸水を再現するための発生時の地形、降雨、河川水位等のデータを併せて整理しておく。

6) 河川における洪水の水理解析に用いる資料

河川における洪水の水理解析に用いる資料は、「第5章 河川における洪水流の水理解析」に従うものとするが、中小河川については、河道縦横断測量データを取得していない場合が

あることから、その場合には、航空レーザ測量データを収集して河道断面データを作成する。なお、通常時の水深が比較的大きい河川において、水面下の計測データが無いものを使用すると、河道断面積が著しく過小評価になるおそれがあることから、その場合には、グリーン・レーザ測量等により補正する。

第3節 外水氾濫解析

3.1 総説

<考え方>

外水氾濫は、堤防の決壊や越流等により生じた氾濫水が地形等の影響を受けながら流下する現象であり、氾濫水の運動方程式を解くことが氾濫解析の主要な課題となる。このため、解析に当たっては、解析目的や対象とする氾濫現象の特徴を踏まえて基礎方程式、離散化手法を選定するとともに、氾濫域特性に応じた計算条件を設定することが重要である。また、氾濫解析においては、河道内の流況計算と氾濫解析を並行して行うことにより、河道と堤内地において氾濫流量をやり取りし、互いに整合性を確保する。

計算の精度は空間メッシュのサイズの細かさや計算時間間隔に依存するが、これらは計算時間とトレードオフの関係になるため、解析目的に必要な精度や利用できる計算機の能力等を踏まえた上で適切な組合せを設定することが重要である。

3.2 外水氾濫解析モデルの選定

<標準>

外水氾濫解析モデルの選定においては、以下を標準とする。

1) 基礎方程式

外水氾濫は基本的に運動量を有する氾濫水が二次元的に流下・拡散していく現象であり、また浸水深とともに流速ベクトルも重要な情報となるため、基礎方程式には移流項を含む2次元不定流方程式(7-3-1)を用いることを標準とする。この方程式は、浅海域における高潮や津波の解析と同じ基礎方程式であり、海面のせん断力や海底地形変化を設定することにより、高潮や津波の解析に使用することができる。

ただし、谷底平野における河川氾濫による次元性の強い氾濫の場合に次元方程式を用いること、氾濫形態が窪地への貯留等で流速が問題にならない場合に移流項を含まない線形方程式を用いること、河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合には、河道と堤内地を一体で解析する手法を採用すること等、氾濫の形態に応じて他の基礎方程式を用いることを妨げない。

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{h} \right) + gh \frac{\partial(h+z)}{\partial x} + gn_x^2 \frac{\sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} Q_x = 0$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{h} \right) + gh \frac{\partial(h+z)}{\partial y} + gn_y^2 \frac{\sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} Q_y = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = q_{in} - q_{out} \tag{7-3-1}$$

Q_x, Q_y : x 方向及び y 方向の単位幅流量、 h : 浸水深、 z : 地盤高、 n_x, n_y : x 方向及び y 方向の底面粗度、 q_{in} : 降雨、マンホールからの逆流等、 q_{out} : 下水道・排水路への排水等、 g : 重力加速度

2) 離散化手法

差分法、有限体積法、有限要素法等を使用することを標準とする。特に複雑な地形や家屋・構造物の配置等を反映する必要がある場合には、非構造格子による離散化手法（有限体積法、有限要素法等）を使用するか、地形等に応じて十分小さく設定した空間メッシュにより差分法を使用することとする。

<推奨>

- I. 河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合には、河道と堤内地を一体で解析する手法を採用することが望ましい。
- II. 谷底平野における一次元性の強い流下型氾濫の形態を呈する中小河川については、一次元不等流計算による手法を採用することができる。

3.3 外水氾濫の計算条件の設定

<標準>

計算条件の設定においては、検討目的や対象とする氾濫現象の特徴に応じてモデル定数や流入条件等を設定することを標準とする。

<例示>

計算条件の設定方法を以下に例示する。

I. 堤防の決壊や越流等により生じた氾濫水が水位差をもって拡散氾濫する場合の氾濫解析の計算条件

1) 流入条件

流入条件は、越流・堤防決壊による流入地点、流入幅を設定するとともに、河川流況条件から流入流量や流向を設定する。河川流況は、河道と氾濫域との流量のやり取りを考慮した一次元不定流解析もしくは準二次元不定流解析により行う方法や、二次元不定流解析等による氾濫域との一体的解析による手法がある。前者の場合は下記等により a)～d) を設定し、後者の場合は、d) 流量ベクトルは一連の解析の過程で求められるが、それ以外の条件は下記等に従い、適切に設定することができる。河川流況の具体的計算方法は第5章 河川における洪水流の水理解析を参照されたい。

a) 越流・決壊地点

決壊箇所は、発生可能性が高い箇所、危機管理上重要な箇所等検討目的に応じて設定する。なお、発生可能性の高い地点の設定においては、決壊実績から設定するほか、重要水防箇所のうち危険性が高い箇所、地形特性等から見て越流・決壊の危険性が高い箇所（流下能力が低い、旧川締切り箇所、落堀、旧扇状地面と現扇状地面が交差する箇所など）を設定する。また、越流地点は検討対象の洪水位と堤防高を比較し、水位が堤防高を越える箇所及び越流範囲を特定する。

b) 決壊幅・越流幅

決壊幅は過去の実績等から設定するが、実績等がない場合は式(7-3-2)の方法で設定することができる。また、越流幅は、河川水位と堤防天端高の関係から設定する。

<合流点の場合> $B_b = 2.0 (\log_{10} B)^{3.8} + 77$
 <合流点以外の場合> $B_b = 1.6 (\log_{10} B)^{3.8} + 62$ (7-3-2)

ここで、 B_b : 最終決壊幅(m)、 B : 川幅(m)である。

決壊幅の時間的变化についても実績等を参考として設定することを基本とするが、データがない場合は、以下の式(7-3-3)を使用することができる。

$$\begin{aligned} t=0 & B_b' = 0.5B_b \\ 0 < t \leq 60 \text{ 分} & B_b' = 0.5 (1 + t/60) B_b \\ t > 60 \text{ 分} & B_b' = B_b \end{aligned} \quad (7-3-3)$$

ここで、 t : 決壊後の経過時間(分)、 B_b' : ある時刻 t における決壊幅(m)、 B_b : 最終決壊幅(m)である。

c) 決壊部の敷高

堤防決壊部の敷高は実績に従うことを基本とするが、実績値がない場合はその地点の高水敷高若しくは背後地盤高の高い方の値とすることができる。また、決壊後瞬時にその敷高まで決壊するものとして設定できる。

d) 流入地点の流量ベクトル

流入地点の流量ベクトルは、河道内洪水モデルと氾濫解析モデルを二次元不定流による一体的な解析の過程の中で求める方法のほか、河道内水位と堤内地の浸水位との関係から、本間公式(7-3-4)や河道の平均河床勾配(I)を考慮した式(7-3-5)を用いて流入量(Q)及び流向(θ)を設定することができる。

流入量(Q) : 越流堰における越流量 Q_0 は本間公式(7-3-4)により与えられるが、栗城等はさらに河床勾配がある場合の横越流量を本間公式を補正する形で与えている。この場合、式(7-3-4)の h_1 、 h_2 は盛土地盤高からの水位とし、 h_1 の方が高いものとする。

$$\begin{aligned} h_2 / h_1 < 2/3 \text{ のとき} & Q_0 = 0.35 h_1 B_b \sqrt{2gh_1} & : & \text{完全越流} \\ h_2 / h_1 \geq 2/3 \text{ のとき} & Q_0 = 0.91 h_2 B_b \sqrt{2g(h_1 - h_2)} & : & \text{潜り越流} \end{aligned} \quad (7-3-4)$$

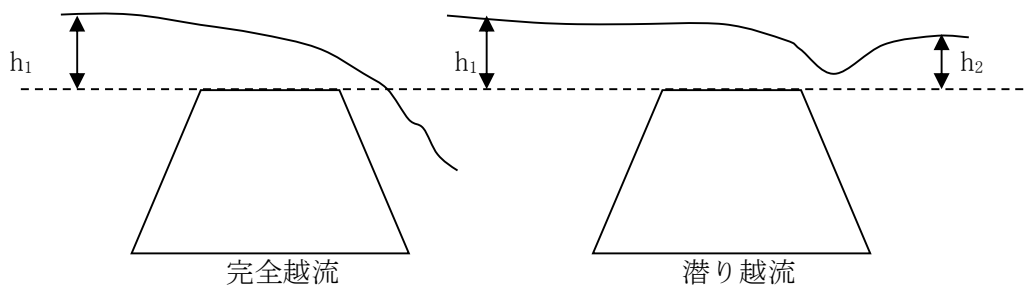


図 7-3-1 越流と本公式の諸元の関係

堤防決壊に伴う氾濫流量

$$I > 1/33600 \text{ の場合 } Q = \{0.14 + 0.19 \log_{10}(1/I)\} Q_0$$

$$1/33600 \geq I \text{ の場合 } Q = Q_0$$
(7-3-5)

$$\text{越流に伴う越流量 } Q = Q_0$$
(7-3-6)

また、横越流堰の越流量は、多くの研究者が実験と理論から越流量式を提案しており、たとえば、鬼束等(2007)は、堤防を考慮した台形断面水路での実験結果から以下の式を提案している。ここで、 q ：単位幅越流量、 C_M ：流量係数、 h ：堰上流河川水位、 S ：堰高、 T ：水面幅、 L ：堰長、 m ：側壁勾配、 Fr_1 ：上流側フルード数、 g ：重力加速度である。

$$q = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g(h-S)^3}, \quad C_M = 0.479 - 0.351m - 0.36Fr_1 + 0.089 \frac{L}{T} + 0.12 \frac{h}{L}$$

$$0.2 \leq Fr_1 \leq 0.8, \quad 0.45 \leq \frac{L}{T} \leq 1.74, \quad 0.125 \leq \frac{h}{L} \leq 0.905, \quad 0 \leq m \leq 0.7$$

流向(θ)：流向は、栗城等(1996)、末次(1998)が式(7-3-7)、(7-3-8)のとおり河床勾配から設定する方法を提案している。

$$I > 1/1580 \text{ の場合 } \theta = 48^\circ - 15 \log_{10}(1/I)$$

$$1/1580 \geq I \text{ の場合 } \theta = 0^\circ$$
(7-3-7)

越流に伴う越流量と流向

$$I > 1/12000 \text{ の場合 } \theta = 155^\circ - 38 \log_{10}(1/I)$$

$$12000 \geq I \text{ の場合 } \theta = 0^\circ$$
(7-3-8)

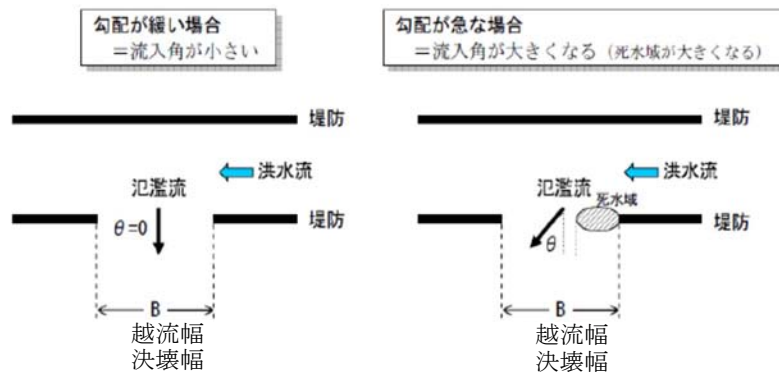


図 7-3-2 河床勾配と越流量、流向の関係

2) 粗度係数・透過係数

避難経路の氾濫状況のように、比較的狭い範囲の氾濫現象を詳細に解析する場合は、地表の性状に応じて粗度係数を設定するとともに、家屋や構造物等については領域内の境界条件として扱う。一方、広域的な氾濫現象の把握においては、家屋占有率を粗度に換算する、若しくは透過率で表現するなどのほか、計算格子内の異なる土地利用を合成粗度で代表させるなどの簡略化を行うことができる。家屋占有率の粗度換算及び合成粗度の考え方としては式

(7-3-9)がある。

なお、土地利用に応じた粗度係数は、モデルの特性を踏まえた上で設定する。

$$n_o^2 = \frac{n_1^2 A_1 + n_2^2 A_2 + n_3^2 A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad , \quad n^2 = n_o^2 + 0.02 \left(\frac{\theta}{100 - \theta} \right) h^{4/3} \quad (7-3-9)$$

n_o : 合成粗度、 $A_1, A_2, A_3, n_1, n_2, n_3$: メッシュ内の占有面積率とそのエリアの粗度

n : 建物占有率を考慮した合成粗度、 θ : 建物占有率 (%)

3) 連続盛土地形条件

道路や鉄道、二線堤等の連続的な盛土地形も氾濫水の挙動に大きく影響するため、このような地形は境界条件として計算に反映する。当該地点の水深が盛土地盤高を超えない範囲では不透過境界とし、超えた場合は式(7-3-4)に従い越流が生じるものとする。また、道路盛土等にボックスカルバート等通路が設けられている場合は、そこから氾濫水の流出が可能となるため、境界条件に反映する。ボックスカルバート等からの流出量の算定方法は、式(7-3-10)を用いることができる。ここで、 Q : 流出量(m^3/s)、 B : 樋門・カルバートの幅 (m)、 H : 樋門・カルバートの高さ (m)、 h_1 : 高いほうの水位 (m)、 h_2 : 低い方の水位 (m)、 g : 重力加速度である。

$$\begin{aligned} h_2 \geq H & \quad Q = 0.75BH\sqrt{2g(h_1 - h_2)} & : \text{潜り流出} \\ h_2 < H \quad h_1/H \geq 3/2 & \quad Q = 0.51BH\sqrt{2gh_1} & : \text{中間流出} \\ h_1/H < 3/2 & \quad Q = 0.79Bh_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)} & : \text{自由流出} \end{aligned} \quad (7-3-10)$$

ただし、 $h_1/h_2 \geq 3/2$ の場合は、 $h_2 = 2/3h_1$ と置き換える。

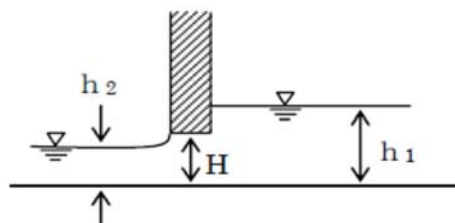


図 7-3-3 樋門等における流出形態と諸元

4) 下水道・ポンプ

比較的小規模な氾濫の場合や、ピーク流量後の氾濫域の縮小に関しては、下水道やそれに接続するポンプ施設が大きく影響する場合がある。

下水道管路のモデルは、汎用的なモデルも普及し、管路の大きさやネットワーク等の現地の条件を取り込み、氾濫計算と接続することも可能であるが、下水道データの収集、モデルへの反映、計算時間等に係るコストに対して、計算結果の精度が有意に向上するとは必ずしも言えないため、検討目的に応じて適宜簡略化(ランピング)する。

また、排水ポンプは、排水先の河川水位等による排水能力の変化、操作ルールにより排水規制を受ける場合があるほか、電気系統や操作室の浸水、燃料切れ等による運転停止等も考えられるため、施設特性や操作規則を把握した上で適宜現実的なシナリオを設定し、計算条件に反映する。

5) 河川・排水路等

計算対象領域内の主要な河川は、不定流計算モデル等により排水機能を明示的にモデル化する一方、明示的なモデル化が困難な多数の小河川・排水路等の集水域について、堤内排水が正しく表現されないことにより、計算結果において、実現象としてあり得ないような長期間の浸水が続く場合は、氾濫水が適宜主要河川を通じて又は直接に海に排水されるよう仮想的な排水路を設定する。

6) 地下空間・貯留施設

氾濫区域内に貯留施設等が存在する場合は、流入敷高や貯留量等施設特性を把握した上で、貯留効果を氾濫解析に反映する。同様に、地下空間への流入が生じる場合も、その流入規模によっては地表面の氾濫状況に大きく影響する可能性があるため、必要に応じて地下空間への流入等を計算に反映させる。

7) 降雨分布

外水氾濫解析においては、計算対象エリアの降雨量に比べて氾濫流の規模が大きいため、計算対象エリアの降雨を無視するが多い。

しかし、避難方法の検討等においては、氾濫流が到達する以前の内水氾濫の状況や避難途中の降雨状況を把握し、避難経路の安全性等を評価することも重要であるため、解析の目的に応じて計算対象エリアの降雨分布を考慮する必要がある。この場合レーダ雨量計のデータを、精度の確認や補正をした上で適宜活用する。

8) その他

I. 氾濫現象においては、上記以外にも水防活動やポンプ車の稼働等様々な要因が影響するため、検討目的に応じて考慮すべき要因を抽出し、それらに係るシナリオを作成した上で計算に反映する。

II. 河川水位が堤防天端を越え河川水位と堤内地の水位が同程度となって相互に干渉しながら流下する氾濫形態の場合の氾濫解析の計算条件については、例えば、田端ら（2021）を参考とすることが考えられる。

III. 谷底平野における一次元性の強い流下型氾濫の形態を呈する中小河川の氾濫解析の計算条件については、既存の取得データ等に基づき設定する。なお、河道の粗度係数に関するデータが存在しない場合には、一律 0.033 を採用することが考えられる。また、連続盛土については、数値標高モデル（国土地理院の DEM5A 等）に基づき横断測線上の地表面の凹凸として考慮する。

第4節 内水氾濫解析

4.1 総説

<考え方>

内水氾濫は、降雨や降雨流出による流入量が排水量を上回るために生じる比較的静的な氾濫現象であり、流入量、排水量の設定が主要な課題となる。このため、流出解析モデル、下水道モデル、河川内洪水モデル等を組み合わせることにより、氾濫と併せて一連の現象を解析の対象とするのが一般的である。

なお、内水氾濫は、①内水の排水元河川（以下、「内水河川」という。）と比べて排水先河川（以下、「外水河川」という。）の水位が高いため生じる排水不良が原因となる場合

と、②豪雨によりもたらされた降雨や流出量が下水道施設等による排水機能等を大きく上回ることが原因となる場合とがあり、主に前者①が河川事業の対象とされてきた。しかし、これらは流入量、流出量の設定方法が異なるものの、現象のメカニズムとしては同様であるため、以下では一体的に記述する。

4. 2 内水氾濫解析モデルの選定

<標準>

内水氾濫解析における解析モデルの選定は以下を標準とする。

1) 基礎方程式

内水氾濫解析は、氾濫区域内の流速や水面勾配等が問題とならない場合の解析については、運動方程式を考慮せず池モデルで解析することを標準とする。

式(7-4-1)で示すとおり氾濫現象を一つの氾濫域で表現する場合は1池モデル、また、氾濫域を多数の池で代表させ、湛水状況のある程度細かく表現しようとする場合は多池モデルと呼ばれる。

$$\frac{\partial V(h)}{\partial t} = Q_{in} - Q_{out} \quad (7-4-1)$$

V : 浸水ボリューム（浸水深の関数として表される）、 Q_{in} : 流域流出水、降雨、水路氾濫水等、 Q_{out} : 下水道・排水路への流出量

なお、氾濫区域内の流速や流速ベクトルの算定が必要な場合は、運動方程式を導入する必要があり、この場合は、本章 第3節 外水氾濫解析の方法を標準とする。

2) 離散化手法

池モデルを使用する場合は、離散化手法は特に問題とならない。運動方程式を導入する場合は、本章 第3節 外水氾濫解析を標準とする。

4. 3 内水氾濫の計算条件の設定

<標準>

内水氾濫の計算条件の設定においては、検討目的や解析モデルに応じて適切なモデル定数や流入条件を設定することを標準とする。

<例示>

計算条件の設定方法を以下に例示する。

1) 池モデルにおける氾濫域諸元（H-V-A 曲線）

池モデルにおける氾濫域諸元としては、浸水位と湛水量と湛水面積の関係式を適切に与える必要がある。H-V-A 曲線の作成方法については、地形図、測量成果等より等高線を描き、H（浸水位）とV（湛水量）、A（湛水面積）の関係を整理する。

なお、池モデルでなく運動方程式を導入する場合は、外水氾濫の計算条件の設定(3.3)を参照する。

2) 流入条件・流出条件

内水氾濫の計算においては、式(7-4-1)右辺の流入量、流出量を与える必要があるが、氾濫解析モデルと流出モデル、河道モデル、下水道モデル等を組み合わせて、流入条件や流出条

件の設定と氾濫解析を一体的に行うことが一般的である。流出モデル、河道モデルの計算条件の設定については、第3章 水文解析 第2節 流出解析、第5章 河川における洪水流の水理解析を参照する。

特に都市域での氾濫解析において重要となる下水道モデルについては、雨水等の流入（又は流出）地点であるマンホールと流下現象の生じる管路、排水ポンプとの組合せとしてモデル化されるが、複雑な管路網にも対応できるモデルが開発されており、これらを利用することができる。

第5節 氾濫解析結果の活用

5.1 総説

<考え方>

氾濫解析結果の活用においては、例えば、住民等の円滑な避難や防災・減災のための土地利用促進、企業の事業継続計画に活用できるよう、水害リスク情報として目的に応じて表現方法を工夫するなど、活用がより効果的になるよう適宜加工することが重要である。

5.2 洪水浸水想定区域図

<例 示>

洪水浸水想定区域とは、水防法第14条及び同法施行規則第1条から第3条に基づき、洪水時の円滑かつ迅速な避難を確保し、又は浸水を防止することにより、水災による被害の軽減を図るため、当該河川が氾濫した場合に浸水が想定される区域を指すものであり、想定される氾濫区域や浸水深等を着色で示したものを洪水浸水想定区域図と呼ぶ。

洪水浸水想定区域図は、様々な危険性を考慮して複数の堤防決壊地点や越流地点を設定して氾濫解析を行い、算定された氾濫域や浸水深の最大値を包含する区域や浸水深、想定される浸水の継続時間を表す。

市町村長は、洪水浸水想定区域図等をもとに河川堤防の決壊、越流等による浸水情報及び避難に関する情報を住民に分かりやすく提供することにより人的被害を防ぐことを主な目的とした「洪水ハザードマップ」を作成し、住民へ公表・周知を行うこととなっている。

洪水ハザードマップは、住民にとって、平常時には、自分の住んでいる地域の浸水履歴、浸水の可能性について認識を深める、水害に備えて非常持ち出し品の準備等被害軽減の工夫をする、土地の水害危険度に見合った土地利用や建築様式をとる等のほか、災害時には、洪水ハザードマップに盛り込まれた情報と気象情報、市町村からの避難情報を基に的確な避難行動をとるといった活用を期待されるものである。

また、想定最大規模の降雨に対する洪水浸水想定区域図等に加えて、より頻度の高い降雨も含めた多段階の洪水浸水想定を作成し、浸水の発生しやすさを評価することで、場所ごとの水害リスクが評価できるようになり、土地利用や住まい方の工夫、企業の事業継続計画などへの水害リスク情報の活用が考えられる。

5.3 リアルタイム氾濫シミュレーション

<例 示>

堤防の決壊等に伴う浸水発生時において、その後の氾濫域の拡大状況等を予測し、避難誘導や危機管理対策に資するものをリアルタイム氾濫シミュレーションと呼ぶ。

氾濫域が広大若しくは地形勾配が緩やか等により、人口や資産の密集地域への浸水到達時間に一定程度以上の時間を要する場合は、浸水の到達域、到達時刻等に関する予測を行うことにより、浸水到達時間を避難等のためのリードタイムとして有効に活用することが可能となる。

5. 4 内水処理計画の策定

<例 示>

内水氾濫解析の活用事例としては、治水事業における内水処理計画の策定が挙げられる。内水河川の水位上昇は、内水河川と外水河川のハイドロの規模・波形及びこれらの相対関係によるものであり、内水処理計画とは、内水河川の水位上昇が内水氾濫の直接の原因となる場合の対策を図るものである。対策としては、合流点に水門等を設置し外水位と内水位のピーク時間差を考慮した水門操作を行うことにより外水位の上昇が内水位に及ばないようにするか、若しくは上記による内水位上昇の回避が困難な場合は、ポンプ施設を設置し内水を排水することにより、内水位の低下を図ることが一般的である。

このため、内水処理計画の策定に当たっては外水河川及び内水河川の水力条件と堤内地の氾濫解析モデルを適切に接続することにより、当該内水現象及び対策を講じた場合の効果を、所要の精度で再現できる解析モデルを構築する必要がある。

計画編

第1章 河川計画

第1節 河川計画に関する基本的な事項

1.1 総説

<考え方>

本章は、洪水防御に関する基本的な事項、河川の適正な利用及び流水の正常な機能の維持に関する基本的な事項、河川環境の整備と保全に関する基本的な事項から構成されており、河川法に規定する河川整備基本方針及び河川整備計画等の策定に当たって、治水・利水・環境のそれぞれの観点から検討すべき基本的な事項を示したものである。

ここでは、河川計画を便宜上、「洪水防御に関する基本的な事項」「河川の適正な利用及び流水の正常な機能の維持に関する基本的な事項」「河川環境の整備と保全に関する基本的な事項」に分けて記述しているが、実態上は、治水・利水・環境の機能が相互に関連しており、単純に機能ごとに分離することは不可能である。また、総合的な土砂管理からの視点や、維持管理、洪水予報、施設操作等の河川管理からの視点も重要である。実際に河川計画を立案する場合には、これらの機能の強化を総合的に勘案する必要がある。

地球温暖化がもたらす気温の上昇で、大気中の水蒸気量が増加すること等により、近年の水災害をもたらすような豪雨において、その降雨量が増大していると評価されており、更に温暖化の影響により、こうした極端豪雨における降雨量が増すことが予測されている。

長時間を要する河川整備において、目標とする治水安全度を確保するためには、将来の気候変化等を見据えて対策を講じなければ、計画の見直しや追加的な対策の実施に迫られ、必要な河川整備に要する期間が長期化するおそれがあるため、河川計画を将来の降雨量の増加等を予め考慮したものに見直していく必要がある。

河川計画を策定・変更するためには、各種データを必要とする。降雨量、流量、水位、洪水痕跡、潮位、標高データ等の実測に基づくデータを活用し、経験した洪水の特徴を把握するとともに、将来気候における降雨の予測結果も活用し、将来の気象の状況を考慮して河川計画を検討することが必要である。

実測データに関しては、上下流、本支川といった水系全体で水位観測等を行い、降雨-流出特性や洪水の流下特性及びそれらの変化の把握に努め、必要に応じその結果を河川計画に反映していくことが重要である。

将来気候における降雨の予測に関しては、気候変動の影響に関する予測技術が進展し、現在、将来気候における膨大なアンサンブル計算結果が整備されており、これらを用いて河川計画の対象とするような極端現象を評価することが可能となっている。本章では、現時点で考えられる最良の河川計画の目標の設定の考え方や、温暖化による降雨量の増加等を予め考慮した計画の策定方法を示している。なお、今後の気候の変動状況や将来気候の予測に係る技術・知見の蓄積等を踏まえ、必要に応じ河川計画の目標の設定手法の改善を図っていく。

また、現況の施設能力や河川の整備の基本となる洪水の規模を超える洪水が発生し得ること、洪水防御の目標達成には時間を要することに鑑み、想定し得る最大規模まであらゆる規模の洪水に対して、氾濫やそれによる被害の特徴を分析し、氾濫による被害を軽減する対策についても検討しておくことが重要である。

<必須>

河川計画の策定・変更に当たっては、河川の有する治水機能、利水機能、環境機能の調和に配慮しつつ、総合的な土砂管理等についても必要に応じて配慮するものとする。

その際、河川の維持・管理等の視点を十分考慮するものとする。

また、降雨量、流量等の水文諸量のほか、環境に関するデータ等、精度を十分考慮し、こ

これらの各種実績データを用いるとともに、更に目標とする治水安全度を確保するために、将来気候における降雨の予測結果も活用し、将来の気象の状況を考慮して洪水防御の目標とする洪水を検討する。

<推 奨>

河川計画の策定・変更に当たっては、気候変動の影響により降雨量が増大することやこれまで発生していない降雨分布も含めた様々な時空間分布の降雨が発生する可能性が高まること、洪水防御の目標達成には時間を要することに鑑み、洪水防御のための対策に加え、氾濫の被害をできるだけ減らすよう河川整備を検討することが望ましい。

さらに、集水域と氾濫域を含む流域全体で、あらゆる関係者との協働による被害軽減のための対策の推進に必要な支援内容も併せて検討することが望ましい。

<例 示>

河川計画の策定に当たって検討すべき視点としては、例えば以下の点がある。

- ・ 現在及び将来の気象の状況
- ・ 流域の自然環境の現況とその歴史的な変遷
- ・ 流域の土地利用等の社会環境の現況とその歴史的な変遷及び今後の見通し
- ・ 災害の歴史と改修の経緯
- ・ 所要の治水安全度の確保
- ・ 超過洪水時の被害軽減
- ・ 総合的な土砂管理
- ・ 水利用の状況と今後の見通し
- ・ 健全な水循環系の確保
- ・ 河川の維持・管理
- ・ 良好な自然環境の保全・復元
- ・ 良好な景観の維持・形成
- ・ 人と河川との豊かな触れ合い活動の場の維持・形成
- ・ 地域づくりとの連携
- ・ 経済的合理性

1. 2 河川整備基本方針と河川整備計画

<考え方>

河川の整備は将来的に達成すべき目標を定め、これに基づいて行われるが、河川の整備には多大な予算と時間を要することから、水系間や河川間等のバランスを図りながら、中期的な整備目標を定めて段階的に整備を行うことが一般的である。すなわち、河川自体が自然の営力によって変化するだけでなく、河川を取り巻く社会的状況や地域住民の河川に対するニーズも時代とともに変化することから、長期的な整備目標に対する具体的な整備の内容やその目標に至るまでの整備手順や整備時期などを現時点ですべて定めることは困難である。したがって、当面の整備目標が達成できると見込まれ、かつ住民が実感を持つことができる程度の期間を計画期間として設定し、長期的な目標を定める河川整備基本方針に沿って、中期的な具体的な整備の内容を示す河川整備計画を定めることとしている。

河川整備計画の検討においては、それぞれの地域特性に応じた治水対策を講じることに より早期に安全度の向上・確保を図りつつ、流域全体で水災害リスクを低減していく観点が重要である。例えば、流域全体及び当該地域の治水安全度向上のため、遊水地の整備や霞堤の整備・保全、土地利用と一体となった輪中堤の整備等といった沿川の遊水機能の確保

にも考慮した河川整備が挙げられる。また、上流区間と下流区間で河川管理者が異なる場合は相互調整及び連携を図り、上下流・本支川の背後地の人口・資産の集積状況、土地利用状況等の現況に加え、関連地域の社会経済情勢の発展に即応するよう「都市計画」や「土地利用計画」等との調整を図り、河川整備を検討することが重要である。

<必須>

河川整備基本方針においては、全国的なバランスを考慮し、また個々の河川や流域の特性を踏まえて、水系ごとの長期的な河川の整備（河川工事及び河川の維持）の方針や整備の基本となるべき事項を定めなければならない。

また、河川整備計画においては、河川整備基本方針に定められた内容に沿って、地域住民のニーズなどを踏まえた、おおよそ 20～30 年間に行われる具体的な整備の内容を定めなければならない。

<標準>

河川整備基本方針においては、以下の事項を定めることを基本とする。

- 1) 当該水系に係わる河川の総合的な保全と利用に関する基本方針
- 2) 河川の整備の基本となるべき事項
 - ① 基本高水並びにその河道及び洪水調節施設への配分に関する事項
 - ② 主要な地点における計画高水流量に関する事項
 - ③ 主要な地点における計画高水位及び計画横断形に係わる川幅に関する事項
 - ④ 主要な地点における流水の正常な機能を維持するため必要な流量に関する事項

河川整備計画においては、以下の事項を定めることを基本とする。

- 1) 河川整備計画の目標に関する事項
- 2) 河川の整備の実施に関する事項
 - ① 河川工事の目的、種類及び施行の場所並びに当該河川工事の施行により設置される河川管理施設の機能の概要
 - ② 河川の維持の目的、種類及び施行の場所

なお、河川整備計画は当該河川の具体的な河川整備の内容を明らかにするものであるが、限られた費用と時間の制約の中で整備を行うに当たっては施行順序の検討、他事業との計画調整や進捗管理を含む事業調整などが不可欠であることを十分踏まえるとともに、以下の事項に留意することを基本とする。

- 1) 河川整備計画の策定単位は、一連の河川整備の効果が発現する範囲を基本とする。
- 2) 計画期間は、一連区間において河川整備の効果を発現させるために必要な期間として、20～30 年程度を目途に定めるのが一般的であるが、調査・検討に時間を要するなど具体の整備内容等に不確定な要素がある場合には、計画期間を通常のそれより短く設定して不確定部分を除くか、不確定部分を検討事項として明記し、明らかになった時点で適宜計画の見直しを行う。
- 3) 河川の整備内容の検討に当たっては、計画期間中に実現可能な投資配分を考慮するとともに代替案との比較を行う。
- 4) 河川の整備内容について、その必要性と効果がわかりやすい内容となるよう工夫する。
- 5) 河川の工事内容は、できるだけ将来的に手戻りがないよう配慮するが、整備の緊急性や施設の耐用年数などを考慮し、必要な場合には将来的な手戻りが生じることも妨げない。

6) 河川の維持内容については、単なる維持工事的なものではなく、計画的に実施すべき事項について定める。

また、観測や調査など、河川のモニタリングのために必要な事項についても定める。

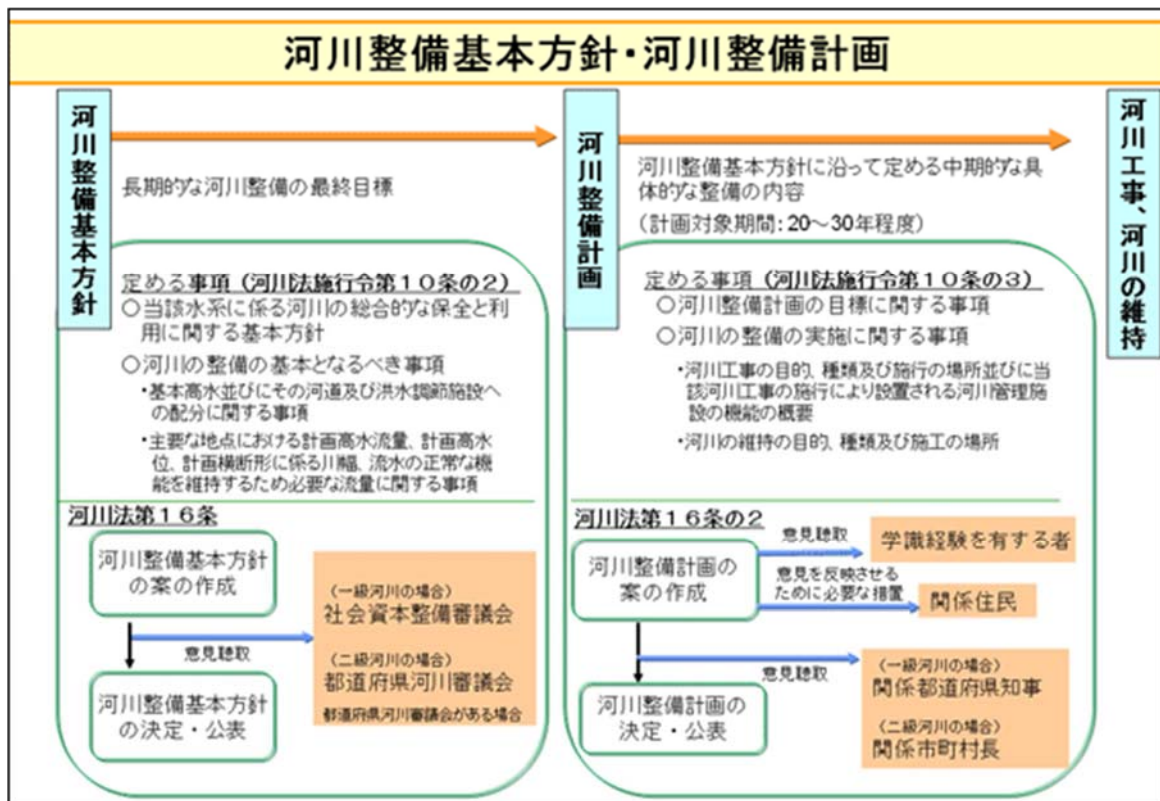
7) 河川整備計画には、河川の概要や現状と課題等、河川の整備を進めるに当たって前提とすべき事項についても記述する。

また、河川整備計画については、当面の具体的な河川整備に関する事項を定めたものであり、流域の社会情勢の変化や地域の意向、河川整備の進捗状況や進捗の見通し、河川維持管理計画に基づく維持管理におけるPDCAサイクルの中で得られた知見等を適切に反映できるように、適宜その内容について点検を行い、必要に応じて変更することを基本とする。

<愛知県基準>

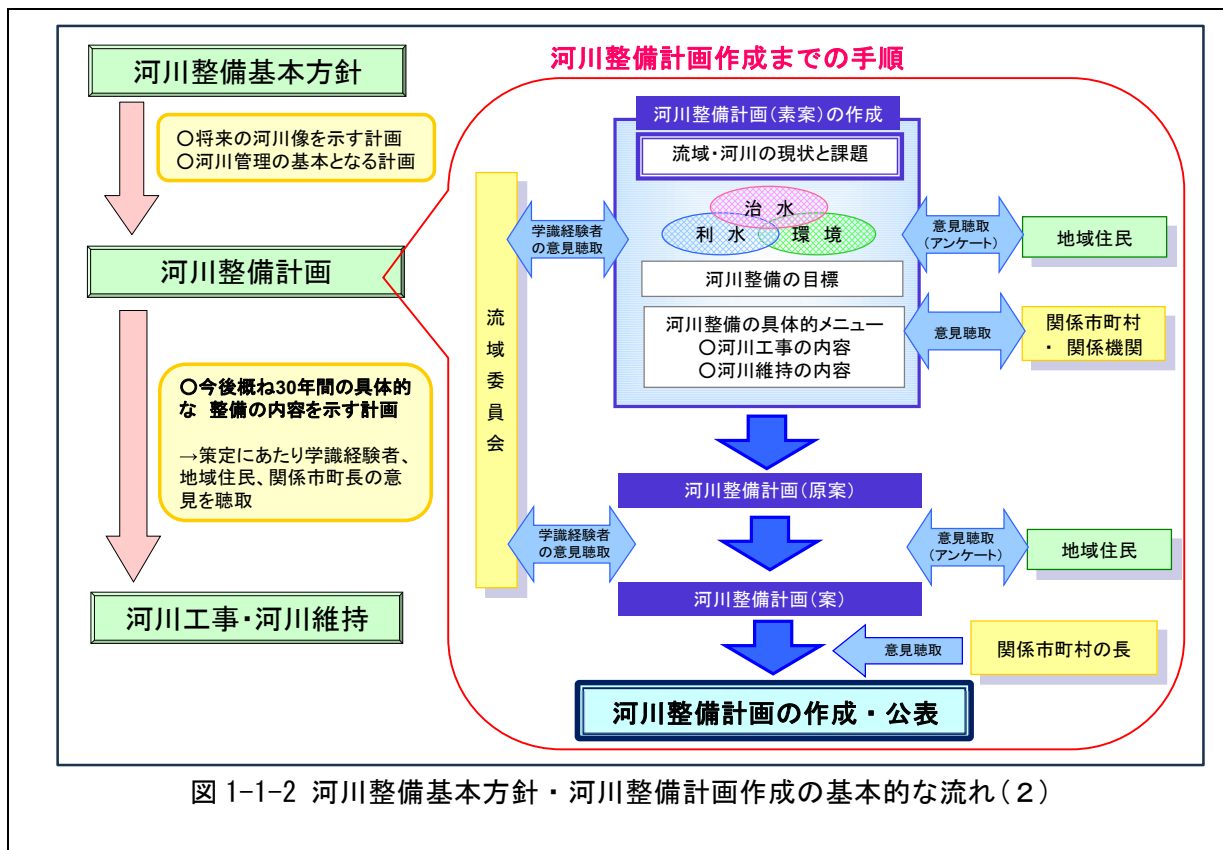
1.3 参考 愛知県における河川整備基本方針等の作成の基本的な流れ

愛知県では、河川整備基本方針、河川整備計画の作成の基本的な流れについては、以下を参考としている。また、愛知県では学識経験者の意見を聴く場として流域委員会を開催することとしている。



出典：「国土交通省 web サイト 河川整備基本方針・河川整備計画について」（国土交通省）

図 1-1-1 河川整備基本方針・河川整備計画作成の基本的な流れ(1)



第2節 洪水防御に関する計画の基本的な事項

2. 1 総説

2. 1. 1 洪水防御に関する計画の原則

<考え方>

洪水防御に関する計画の策定に当たっては河川及びその流域における他の河川計画その他各種の施設計画等との調整を図る必要がある。例えば、一般の河川については、河道計画と砂防計画や海岸保全計画、洪水調節計画と利水計画、河道計画と環境保全計画、河道計画と維持管理計画等についての調整である。

<必須>

洪水防御に関する計画は、河川の洪水による災害を防止又は軽減するため、計画基準点において計画の基本となる洪水のハイドログラフ（以下「基本高水」という。）を設定し、この基本高水に対してこの計画の目的とする洪水防御効果が確保されるよう策定するものとする。

また、洪水防御に関する計画は、基本高水に対してこの計画により設置される施設が水系を一貫して相互に技術的、経済的及び社会的に調和がとれ、かつ十分にその目的とする機能を果たすよう策定されなければならない。

2. 1. 2 超過洪水への対応

<考え方>

洪水防御に関する計画は、技術的、経済的及び社会的に適切であり、基本高水に対して、効果が確実に発揮できるものとなるよう配慮し、策定するものであるが、計画の規模を超える洪水（以下「超過洪水」という。）に対しては、技術的、経済的及び社会的に可能な範囲で超過洪水による被害ができる限り流域全体で最小化するよう計画上配慮する必要がある。ま

た、関係する地域社会に対して、河川整備前後における様々な規模の超過洪水が発生した場合の被害の態様を明らかにし、氾濫域の土地利用規制や立地の誘導等の被害対象を減少させる取り組み、氾濫発生時における住民等の自主的な避難や的確な水防活動、円滑な応急活動の実施など、流域の関係者により超過洪水の生起に際して適切な対応がとられるよう、氾濫による被害を軽減する取り組みを推進していく必要がある。

<標準>

洪水防御に関する計画の策定に当たっては、河川の持つ治水、利水、環境等の諸機能を総合的に検討するとともに、この計画がその河川に起こり得る最大洪水を目標に定めるものではないことに留意し、計画の規模を超える洪水（以下「超過洪水」という。）の生起についても配慮することを基本とする。

2. 1. 3 河川整備基本方針と河川整備計画

<標準>

河川整備基本方針においては、超過洪水の生起にも配慮し、計画基準点における基本高水のピーク流量とその河道及び洪水調節施設への配分、並びに主要地点での計画高水流量を定め、河川整備計画においては、現況施設能力を上回る洪水の生起にも配慮し、段階的に効果を発揮するよう目標年次を定め、一定規模の洪水の氾濫を防止し、必要に応じそれを超える洪水に対する被害を軽減する計画とする。その際に、既存施設の有効利用やソフト施策を重視するとともに、流域における対応を取り込むものとする。

2. 2 基本高水に関する基本的事項

2. 2. 1 基本高水の設定の手法

<考え方>

基本高水は、そのハイドログラフで代表される規模の洪水の起こりやすさ、つまり生起確率によって評価され、それが洪水防御に関する計画の目標としている安全の度合い、すなわち治水安全度を表している。

しかし、洪水のハイドログラフそれ自体は、その生起確率の計算等の対象としては必ずしも便利ではなく、そのピーク流量又は総ボリュームに着目して統計解析するには、多くの場合計算が複雑となり、資料不足のため十分な精度が得られないなどの難点がある。

したがって、基本高水を設定する方法としては、その取扱いが簡単であって一般の人々にとって理解しやすいよう、その洪水の起因となる降雨に着目して、所定の治水安全度に対応する超過確率を持つ対象降雨を選定し、この対象降雨から一定の手法でハイドログラフを設定する方法を標準とするが、これ以外でよりその河川に適合した方法を採用することもある。対象降雨から洪水流出モデルを用いて計算された洪水ハイドログラフのうち、洪水防御に関する計画の基本となるものを基本高水とする。

基本高水の設定に当たっては、計画規模に対応する適正なピーク流量を選定する等の観点から、総合的に検討を進める必要がある。基本高水は、洪水防御に関する計画の基本となるものであるから、洪水調節等の人工的な操作の加わらない洪水ハイドログラフでなければならない。

また、基本高水は計算された洪水ハイドログラフのうち、必ずしもピーク流量若しくは流出の総量が最大のものであるとは限らない。

なお、計画上、洪水のピーク流量の設定をもって洪水防御に関する計画の策定が可能な場合にあっては、基本高水はこのピーク流量で表すものとし、特に洪水のハイドログラフの設定を行う必要はない。

<標準>

基本高水を設定する方法としては、種々の手法があるが、一般には対象降雨を選定し、これにより求めることを基本とする。

基本高水は、計画基準点ごとにこれを定めることを基本とする。

2.2.2 対象降雨の定義

<考え方>

「対象降雨」という表現は、従来の「計画降雨」を改めたものである。これは、「計画降雨」という表現が基本高水の設定のために一つの降雨を設定するものと誤解されることを避けるためである。すなわち、基本高水は計画規模の複数の降雨から検討されるものであり、基本高水の検討に用いた降雨群を「対象降雨」と定義する。

<標準>

対象降雨は、計画基準点ごとに選定することを基本とする。対象降雨は、降雨量、降雨量の時間分布及び降雨量の地域分布の3要素で表すことを基本とする。

2.3 計画基準点の設定

<考え方>

計画基準点は、洪水防御に関する計画において、目標とする安全度を評価する地点であり、水理、水文解析の拠点となるような水位標のある地点やダム等主要な洪水調節施設が設けられる地点が適している。

<標準>

計画基準点は、既往の水理、水文資料が十分得られて、水理、水文解析の拠点となり、しかも全般の計画に密接な関係のある地点を選定することを基本とする。計画基準点は、計画に必要な箇所設けることを基本とする。

<例示>

図1-2-1に示す本川の基準水位標A、支川B(C)の基準水位標B(C)、ダムD及びEの所在する地点は、いずれも計画基準点の候補地となりうる。

対象降雨の規模はこれらの各地点において異なってよく、また、同一地点においても計画の対象となる施設が異なれば、その施設ごとの対象降雨は必ずしも同一のものであることを要しない。

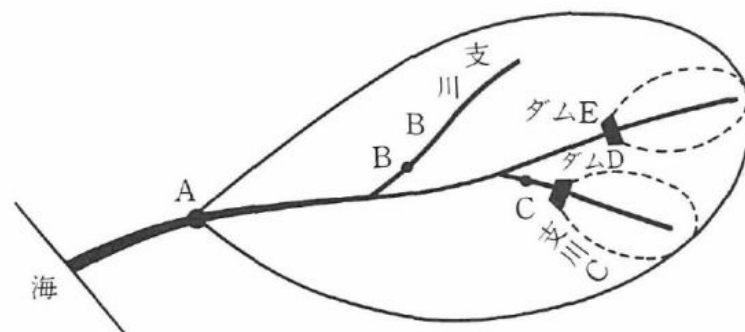


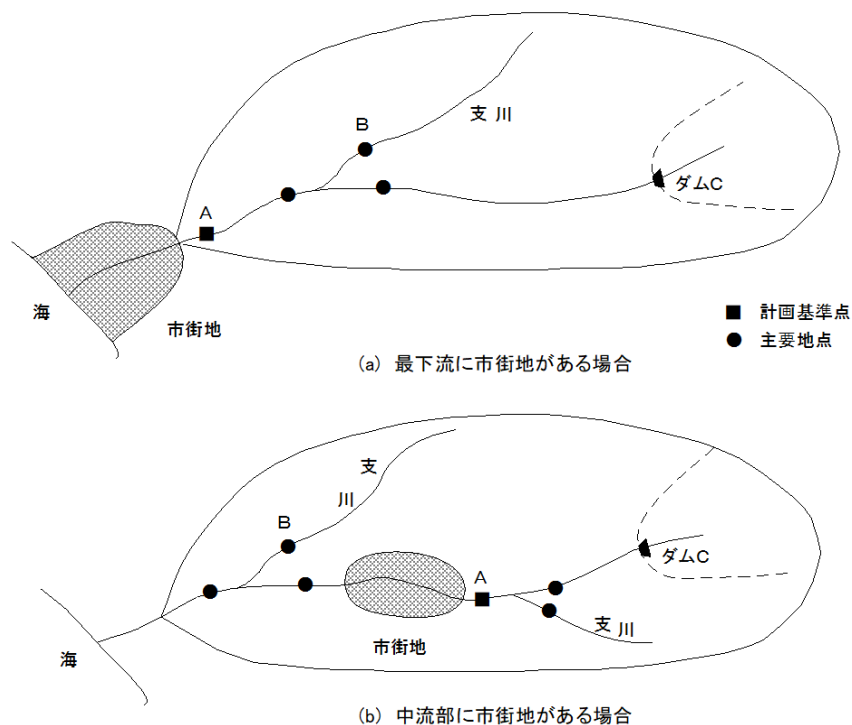
図1-2-1 基準地点模式図

<愛知県補足>

2. 3. 1 参考 愛知県における計画基準点の考え方

愛知県では、計画基準点の考え方について、以下も参考としている。

計画基準点は、河口部に近い市街地等の洪水防御対象区域の上流、計画基準点となる水位標のある地点やダム等の洪水調節施設が設けられている地点が適している。なお、1級河川等の支川計画を対象とする場合は、本川の背水の影響のない最下流端において計画基準点を設定する。また、本川計画で設定されている主要地点（補助基準点）を計画基準点とする場合や、すでに基準点が設定されていれば、これを考慮して設定することも考えられる。



出典：「洪水防御計画を中心とした中小河川計画の手引き 基本方針編」（財国土技術研究センター）より一部加筆

図 1-2-2 基準地点模式図

2. 4 計画規模の設定

2. 4. 1 計画の規模

<考え方>

計画の規模は、計画対象地域の洪水に対する安全の度合いを表すものであり、それぞれの河川の重要度に応じて上下流、本支川でバランスが保持され、かつ全国的に均衡が保たれることが望ましい。

河川の重要度とは、洪水防御に関する計画の目的に応じて流域の大きさ、その対象となる地域の社会的経済的重要性、想定される被害の量と質、過去の災害の履歴などの要素を考慮して定めるものである。

計画の規模が決定されると、それをもとに計画の立案に当たって必要となる対象降雨を選定することとなる。対象降雨は降雨量、降雨量の時間分布及び降雨量の地域分布の3要素によって表されるが、対象降雨の規模は、一般には降雨量の年超過確率で評価することとする。このようにして評価された対象降雨の規模は、対象降雨の降雨量について、1年間に何分の

1の確率でその値を超過するかということを示している。それゆえ、これはその降雨に起因する洪水のピーク流量の年超過確率とは必ずしも1:1の対応をしない。

しかし、洪水防御に関する計画においては、基本高水のピーク流量の年超過確率が重要な意味を持つので、年超過確率において両者の間に著しい差異が生ずるおそれがある場合には、これらの関係を明確にし、他の手法によって計画の規模を定めることを検討する必要がある。

<標準>

計画の規模の設定に当たっては、河川の重要度を重視するとともに、既往洪水による被害の実態、経済効果等を総合的に考慮して定めることを基本とする。

<例示>

河川整備基本方針の策定に当たって、計画の規模を決定する際に、おおよその基準として、河川をその重要度に応じてA級、B級、C級、D級及びE級の5段階に区分した場合の、その区分に応じた対象降雨の規模の標準を示すと表1-2-1のとおりである。

表1-2-1 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の規模(対象降雨の降雨量の超過確率年) ※
A級	200以上
B級	100～200
C級	50～100
D級	10～50
E級	10以下

(※)年超過確率の逆数

一般に、河川の重要度は一級河川の主要区間においてはA級～B級、一級河川のそのほかの区間及び二級河川においては、都市河川はC級、一般河川は重要度に応じてD級あるいはE級が採用されている例が多い。

なお、特に著しい被害を被った地域にあっては、この既往洪水を無視して計画の規模を定めることは一般に好ましくない。したがって、このような場合においては、その被害の実態等に応じて民生安定上、この実績洪水規模の再度災害が防止されるよう計画を定めるのが通例である。

しかしながら、この場合においても上下流、本支川のバランスが保持されるよう配慮する必要がある。

2.4.2 計画規模の同一水系内での整合性

<考え方>

洪水防御に関する計画は計画規模の洪水を防御することを目的とするものであるが、同一水系内で必ずしも計画規模が、上下流、本支川間で連続する必要はない。

特に、同一水系内において、計画基準点を複数決定すると、相互の対象降雨の間には降雨量、継続時間等において関連性がないのが通常であり、単純に計画規模をそろえることは多くの場合、超過洪水の生起に際して、上下流の間では下流、本支川の間では本川が危険になるのが一般であるので、この点も考慮して整合性を保つよう配慮すべきである。

なお、必要に応じ超過洪水による被害ができる限り流域全体で最小化し、過度に特定の地域に集中することのないよう配慮する必要がある。

<標準>

同一水系内における洪水防御に関する計画の策定に当たっては、その計画の規模が上下流、本支川のそれぞれにおいて十分な整合性を保つよう配慮することを基本とする。

<愛知県基準>

2.4.3 愛知県における計画規模の考え方

愛知県では、河川整備基本方針、河川整備計画の計画規模の考え方について、以下を参考としている。

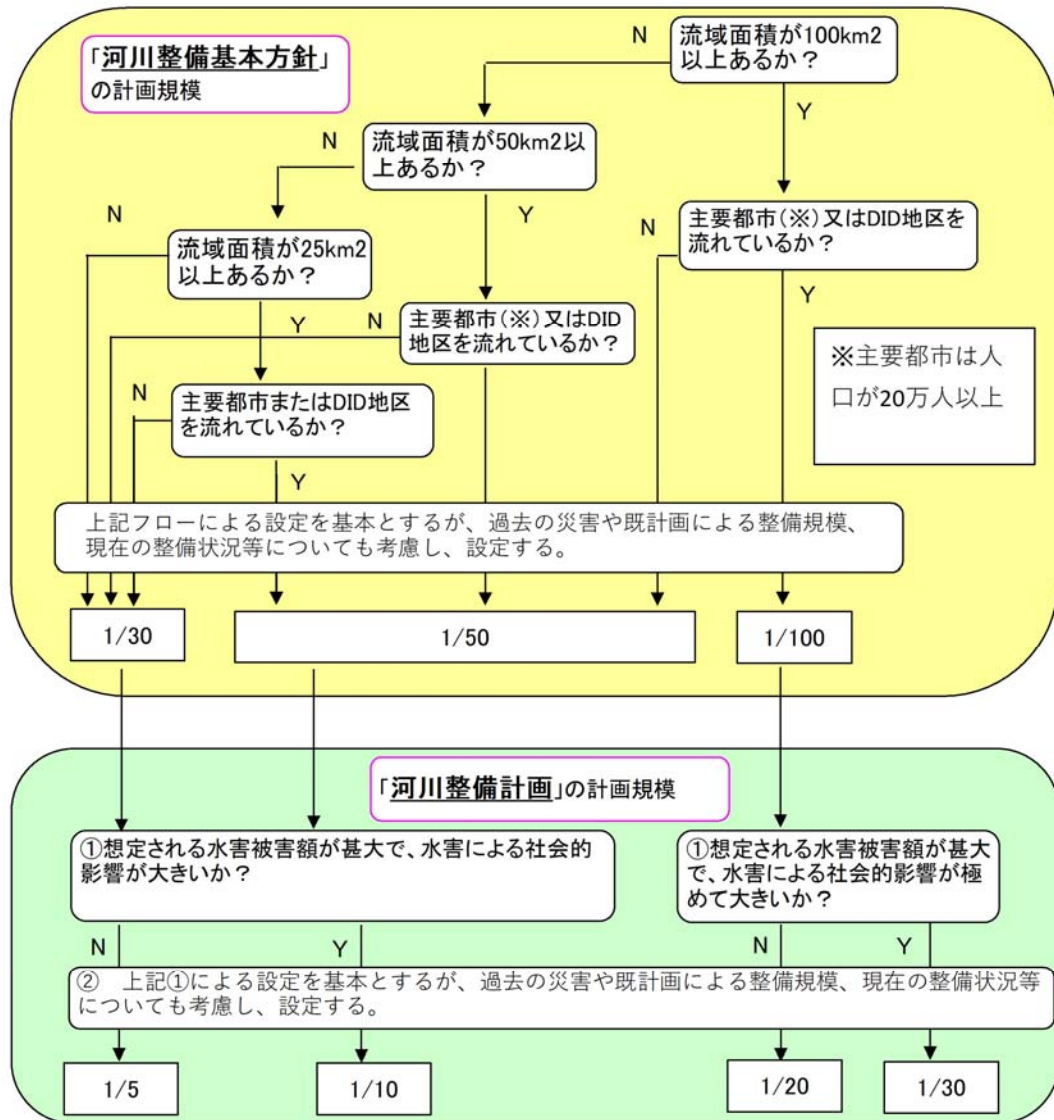


図 1-2-3 計画規模の設定フロー

2.5 既往洪水の検討

<考え方>

水理・水文解析を行う上で最も重要なデータは、既往洪水の降雨と水位流量に関するものである。

降雨については、雨量の時間分布及び地域分布を明らかにするために、時間雨量のデータを流域内の主要地点についてできるだけ大量に収集する必要がある。

流量については、主要地点における実測値があればよいが、ない場合には洪水痕跡からの

逆算等、適当な方法を用いて推定する必要がある。なお、流量の検討に当たっては、補完的に危機管理型水位計を含む縦断的に設置されている水位計のデータやカメラ映像等を活用するなど、氾濫や遊水の影響をできるだけ正確に評価することが重要である。

洪水の氾濫の状況及び被害の実態は、事業の効果や重要度の判定に際して重要なものであるから、十分詳細な調査を行う必要がある。

なお、洪水防御に関する計画の策定にあたっては、再現性の高い流出計算モデルの構築が重要であるため、その基礎となる観測データの妥当性について点検を行うことが重要である。

<標準>

既往洪水の検討は、その洪水の原因となった降雨の性質、雨量の時間分布及び地域分布、その洪水の水位、流量等の水理・水文資料、洪水の氾濫の状況及び被害の実態等について行うことを基本とする。

2. 6 洪水流出モデルの構築

2. 6. 1 流出計算法の選定

<考え方>

降雨から流量への変換に当たっては、様々な流出計算法があるが、当該流域の流出特性等を踏まえ、それを適切に反映できるものを用いる必要がある。

なお、流域内の各地域における流出抑制対策等による雨水の貯留・保水機能や、地形条件による洪水の遊水機能を適切に評価し、河川の整備の基本となる洪水の規模に対して流出特性の変化が想定される場合は、これらの機能を評価可能な流出計算モデルを用いることが望ましい。

<標準>

降雨から流量への変換は、その対象とする河川の特성에応じた流出計算法を用いることを基本とする。なお、小流域の場合で、洪水調節などの貯留効果を考慮する必要がない河川計画の立案にあたっては流出計算の手法として合理式法を用いることができる。

2. 6. 2 洪水流出モデルの定数の設定

<考え方>

洪水流出モデルの諸定数は、通常、規模の小さい実績洪水から求めることが多いので、決定に当たっては不合理な結果とならないように注意する必要がある。

また、諸定数の決定に当たっては、実績洪水が生起した時点から計画時点に至る開発等による流域条件の変化を十分加味する必要がある。特に流出率については流域の状況に応じ大きく変わるものであり、また、洪水流出量及び洪水のピーク流量に大きな影響を及ぼすものであるから、特に慎重な検討を必要とする。

<標準>

降雨を流量に変換するための洪水流出モデルの諸定数の決定に当たっては、次の事項について十分配慮することを基本とする。

- 1) 実績と計画の洪水規模の相違
- 2) 開発等による流域条件の変化

<例 示>

合理式法を用いる場合の流出係数、及び洪水到達時間の算出に当たり使用する流入時間（流域の最遠点から河道に到達するまでの時間）は以下の値を標準として定めてもよい。

〈流出係数〉		〈流入時間〉	
密集市街地	0.9	山地流域	2km ² 30min
一般市街地	0.8	特に急傾斜面流域	2km ² 20min
畑原野	0.6	下水道整備区域	2km ² 30min
水田	0.7		
山地	0.7		

2. 7 基本高水の設定

2. 7. 1 基本高水の設定の基本

<標準>

基本高水は、本章 2. 7. 2 で選定する対象降雨について、本章 2. 6 で構築した洪水流出モデルを用いて洪水のハイドログラフを求め、これを基に既往洪水、計画対象施設の性質等を総合的に考慮して設定することを基本とする。

<推奨>

対象降雨を選定し、適当な洪水流出モデルを用いて洪水のハイドログラフを計算することは容易であるが、どのハイドログラフを基に基本高水を決めるかについては慎重な検討が必要である。

対象降雨（群）の選定に当たっては、本章 2. 7. 2 で定めるように、対象降雨の降雨量を気候変動による将来の降雨量の増加を考慮して設定し、地域分布、時間分布等の検討を行い、引き伸ばし率 2 倍程度にする場合が多い。

ハイドログラフの計算には、ダム、遊水地等の洪水調節施設は存在しないものとし、発電ダム等の利水ダムについては、操作規程に従った洪水時の操作（ただし、事前放流は除くこととし、ここでは河川の従前の機能の維持のために、ダムの設置に伴う下流の洪水流量の増加を相殺する操作を対象とする）を考慮するものとする。

通常、地域分布、時間分布等の検討結果で不適切な降雨を棄却されているので、計算されたハイドログラフ群の中から、最大流量となるハイドログラフのピーク流量を基本高水のピーク流量とする。

選定された基本高水の妥当性の評価として、気候変動予測モデルによる予測降雨波形から計算されたハイドログラフ群を用いるものとする。さらに、観測値が存在する実績の洪水や過去に大規模な水害をもたらした洪水から高水流量（氾濫戻し流量）を再現し、基本高水のピーク流量と比較することで妥当性を検証する方法もある。

また、流域面積の小さい河川では合理式による値と比較を行う等により、基本高水のピーク流量を検証することや、比流量を用いて、本支川バランス、上下流バランスや流域の気候特性や計画規模が同規模の他河川とのバランスを考慮することが必要である。

このほか、基本高水の決定方法としては、降雨量のほか、降雨の地域分布及び時間分布を多くの資料から確率評価する等により計画規模に対するピーク流量を定める方法等がある。

基本高水の設定の過程は図 2-2-4 のようになる。

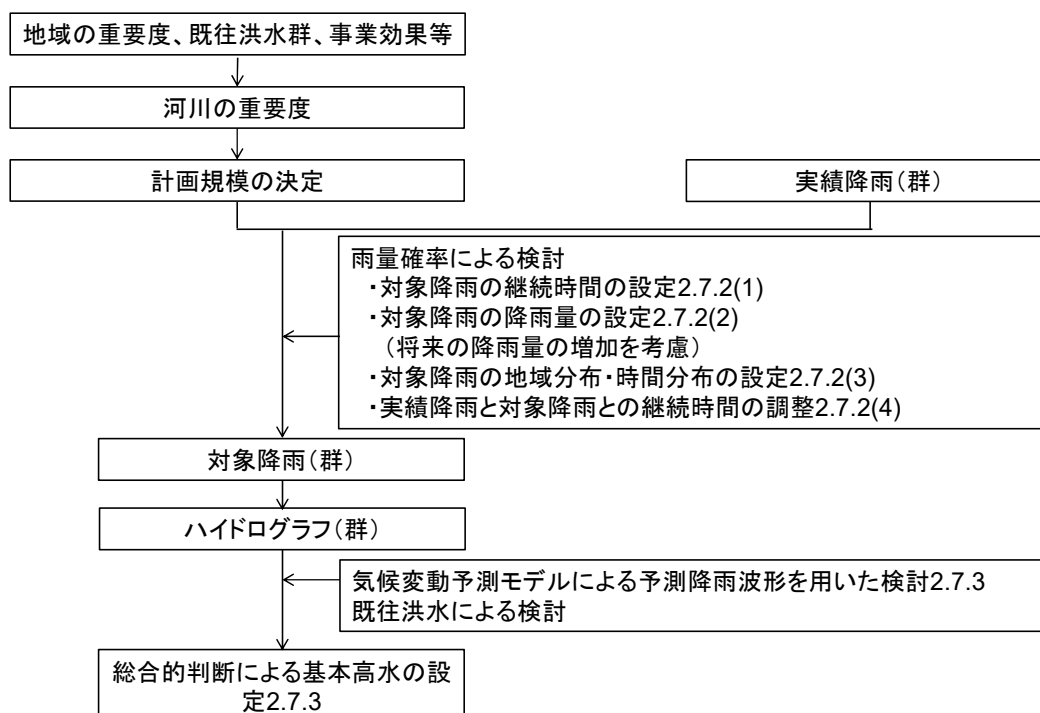


図 2-2-4 基本高水の設定

2. 7. 2 対象降雨の設定

(1) 対象降雨の継続時間の設定

<考え方>

対象降雨の継続時間は、流域の大きさ、洪水の継続時間、降雨の原因(台風性、前線性)等を検討すると同時に、対象施設の種類を考慮して定めるべきものである。

また、必ずしも継続時間の検討に必要な資料が十分得られるとは限らないので、統計解析等の理由からやむを得ず1日から3日を採用してきた場合が多い。

しかし、特に洪水の流域最遠点からの到達時間が数時間であるような河川においては、洪水のピーク流量に支配的な継続時間の降雨について別途検討する必要がある。

<標準>

対象降雨の継続時間は、流域の大きさ、降雨の特性、洪水流出の形態、計画対象施設の種類、過去の資料の得難さ等を考慮して決定することを基本とする。

<推奨>

洪水のピーク流量は、洪水到達時間内の降雨等の降雨特性に加え、流域の地形、河川の状況等の影響を受ける。このため、雨量データによる確率からの検討にあたって設定する対象降雨の継続時間は、洪水到達時間、過去の洪水の降雨状況、流出特性等を総合的に検討のうえ設定することが望ましい。

なお、流域の大きさや流域の形状等を踏まえ、洪水到達時間内の降雨が洪水のピーク流量に大きく影響すると考えられる場合には、洪水到達時間を重視し、対象降雨の継続時間を設定することが望ましい。

(2) 対象降雨の降雨量の設定

<標準>

対象降雨の降雨量は、計画の規模（本章 2.4.1）を定め、さらに、降雨継続時間を定めることによって決定することを基本とする。

また、温暖化による将来の降雨量の増加を反映するために、実績降雨データを用いた確率統計解析により得られた確率雨量に 2℃上昇時の降雨量変化倍率（現在気候と将来気候との降雨量の比）を乗じることで対象降雨の降雨量を定めることを基本とする。なお、降雨量変化倍率を用いる場合は、既に温暖化の影響を含んでいる可能性がある近年の実績降雨データを確率統計解析に用いる標本の対象としないことに留意する必要がある。

<例示>

実績降雨データを用いた確率統計解析により得られた確率雨量に 2℃上昇時の降雨量変化倍率を乗じることで、河川整備基本方針で定める対象降雨の降雨量を設定した事例がある。

ここで、用いた 2℃上昇時の降雨量変化倍率は、気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会において、気候変動予測モデル等を用いた影響分析結果を踏まえ定められた値であり、現在気候（20 世紀末の気候）と将来気候（21 世紀末の気候）における確率雨量の比である。その地域ごとの 2℃上昇時の降雨量変化倍率は以下のとおりである。

〈地域区分〉	〈2℃上昇時の降雨量変化倍率〉
全国（北海道除く）	1.1 倍
北海道	1.15 倍

また、確率雨量は、降雨量変化倍率の前提としている現在気候の期間が 2010 年までであることを踏まえ、2010 年までの雨量標本を用い定常の確率統計解析により算定している。

(3) 対象降雨の時間分布及び地域分布の設定

<標準>

対象降雨の降雨量の時間分布及び降雨量の地域分布は、既往洪水等を検討して選定した相当数の降雨パターンについて、その降雨量を本章 2.4.1 によって定められた計画の規模に等しくなるように定めることを基本とする。この場合において、単純に引き伸ばすことによって著しく不合理が生ずる場合には、修正を加えることを基本とする。

<推奨>

対象降雨の降雨量が与えられた場合には、残りの 2 要素、すなわち、その時間分布及び地域分布を定めて、対象降雨を選定する。この場合の考え方としては大別して次の 2 つの方法がある。

- 1) 対象降雨の 3 要素、すなわち、降雨量、降雨量の時間分布及び降雨量の地域分布相互間の統計的若しくは気象学的な関係を明らかにして、降雨量が与えられた場合の時間分布及び地域分布をその関係に基づいて定める方法。
- 2) 降雨量を定めた後に、過去に生じた幾つかの降雨パターンをそのまま伸縮して時間分布と地域分布を作成し、それらがこれら要素間の統計的な関係からみて特に生起し難いものであると判断されない限り採用する方法。

一般的に通常後者を用いる方が単純でわかりやすいが、既往の降雨の選定に当たっては、大洪水をもたらしたのもやその流域において特に生起頻度の高いパターンに属する降雨を落とさないよう注意しなければならない。選定すべき降雨の数はデータの存在期間の長短に応じて変化するが、その引き伸ばし率は2倍程度にする場合が多い。

<例 示>

降雨量を引き伸ばすことによって生ずる不合理なこととは、地域分布に大きな隔りがある降雨や、時間的に高強度の雨量の集中が見られる降雨において、その河川のピーク流量に支配的な継続時間における降雨強度が対象降雨のそれとの間で、超過確率の値において著しい差異を生ずる場合があることである。

具体的な対象降雨の選定手法としては次のような例が考えられる。

- 1) 地域分布に大きな偏りがある降雨を引き伸ばした結果、流域の一部地域での降雨量が著しく大きくなり、当該一部地域の降雨の超過確率が、計画規模の超過確率に対して著しく差異があるような場合には、対象降雨として採用することが不適當であると考えられるため、当該降雨パターンの引き伸ばし降雨を対象降雨から棄却すること。
- 2) 短時間に降雨が比較的集中しているパターンを引き伸ばした結果、洪水のピーク流量に支配的な影響を及ぼす降雨継続時間内の降雨強度の超過確率が、計画規模の超過確率に対して著しく差異があるような場合には、対象降雨として採用することが不適當であると考えられるため、当該降雨パターンの引き伸ばし降雨を対象降雨から棄却すること。
- 3) 上記1)及び2)の降雨パターンについて、地域分布や時間分布に修正を加え、超過確率の著しい差異を是正することにより、対象降雨として採用すること。

(4) 実績降雨と対象降雨との継続時間の調整

<標 準>

本章 2.7.2(3)において選定された実績降雨の継続時間が対象降雨のそれと異なる場合には、その長短に応じて次のように調整することを基本とする。

- 1) 実績降雨の継続時間が対象降雨のそれよりも短い場合、実績の継続時間はそのままにして、降雨量のみを対象降雨の降雨量にまで引き伸ばす。ただし、この場合において、本章 2.7.2 (3) 1) で述べたような不合理が生ずる場合には、その範囲において修正を加える。
- 2) 実績降雨の継続時間が対象降雨のそれよりも長い場合、1)と同様の取扱いとするが、引き伸ばし後の一連の降雨量を対象降雨の降雨量に比較して相当に大きくなる場合には、対象降雨の継続時間に相当する時間内降雨量のみを引き伸ばし、それ以前の降雨は実績の降雨をそのまま用いる。

<例 示>

本章 2.7.2(3)において選定された実績降雨の継続時間が対象降雨のそれに一致することは極めてまれである。しかしながら、本章 2.4.1において対象降雨の規模を決定する場合に用いる資料にしても、対象降雨の継続時間に一致する継続時間の降雨ではないのが普通であるから、通常の場合は何ら調整をする必要はない。ただし、実績の降雨継続時間が対象降雨のそれに比較して相当に長く、しかも引き伸ばした後の降雨量を対象降雨の降雨量に比較して相当に大きい場合には調整をしなければ不合理な結果となる。

この場合においては、図 1-2-5 に示すように、一連の降雨中の主体とみなされる部分を中

心において、対象降雨継続時間に相当する時間内の降雨量が対象降雨の降雨量に等しくなるように引き伸ばし、対象降雨の前に接続して存在する降雨については、実績降雨をそのまま用いることを原則とする。調整の方法としては、このほかに種々の方法が考えられるが、河川計画においては他の河川との比較が必要となる場合が多いので1つの方法に統一することとした。ただし、洪水調節施設の計画が予想される場合については前後の降雨を含めた一連の降雨に検討を加える必要がある。

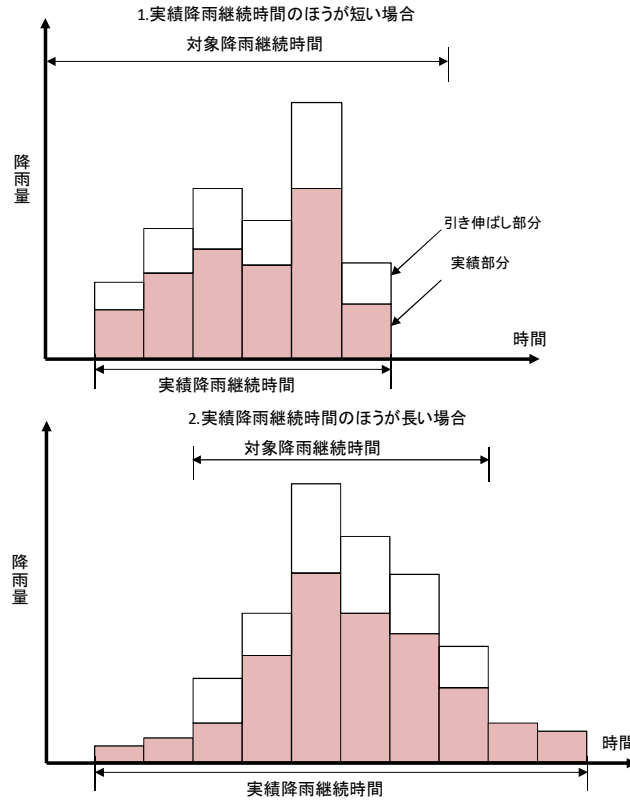


図 1-2-5 降雨継続時間の調整

2. 7. 3 総合判断による基本高水の設定

<考え方>

気候変動の影響を反映した基本高水は、2. 7. 2(1)～(4)によって継続時間、降雨量、時間分布および地域分布の設定を行った対象降雨（群）を用い、洪水流出モデルにより降雨から流量へ変換されたハイドログラフ（群）から選定する。

一方、このハイドログラフ（群）には、実績降雨波形を対象に、その継続時間内の降雨量を対象降雨の降雨量になるよう人為的に引き伸ばすことで、その後時間分布、地域分布の検証プロセスを経たとしても、生起し難いと考えられる尖鋭的な降雨波形によるハイドログラフが含まれる場合や、逆に、実績降雨波形の数が少ないこと等が原因となり治水計画を検討する上で考慮すべきハイドログラフが不足する場合がある。このため、基本高水の選定にあたり、様々な観点から、その妥当性を評価することが必要となる。

これまで、対象降雨の降雨量に対する基本高水は、観測流量データに定常性を仮定した複数の統計解析手法を適用して得られた確率流量や、過去に大規模な水害をもたらした洪水の高水流量（氾濫戻し流量）等を用いて、基本高水のピーク流量の妥当性についての検証を行った上で設定されてきた。しかし、この方法では、将来の気候変動による影響を考慮することができないため、別途の手法による評価が必要である。例えば、気候変動予測モデルから得られた降雨波形のうち、対象降雨の降雨量相当の予測降雨波形によるハイドログラフ群等を用い、総合的に判断して基本高水を設定する方法がある。

<例 示>

気候変動の影響を反映した基本高水は、実績降雨を対象降雨の降雨量（2.7.2(2)）へ引き伸ばすことで得られる対象降雨（群）を用い、洪水流出モデルにより降雨から流量へ変換されたハイドログラフ（群）から設定し、それらの中から、最大流量となるハイドログラフのピーク流量を基本高水のピーク流量と設定している例がある。

設定された基本高水のピーク流量の妥当性の評価にあたっては、将来起こり得る事象として気候変動予測モデルによる予測降雨波形の時空間分布を用いた検討結果を活用する。

例えば、気候変動予測モデルによる予測降雨波形を用いた検討として、図 1-2-6 に示すように、引き伸ばし等により降雨波形を大きく歪めることがないように、対象降雨の降雨量相当におけるアンサンブル計算による予測降雨波形から計算されたハイドログラフ群のピーク流量の最大値と最小値の範囲内に決定する基本高水のピーク流量が収まっているかどうか等の検証を行った例がある。

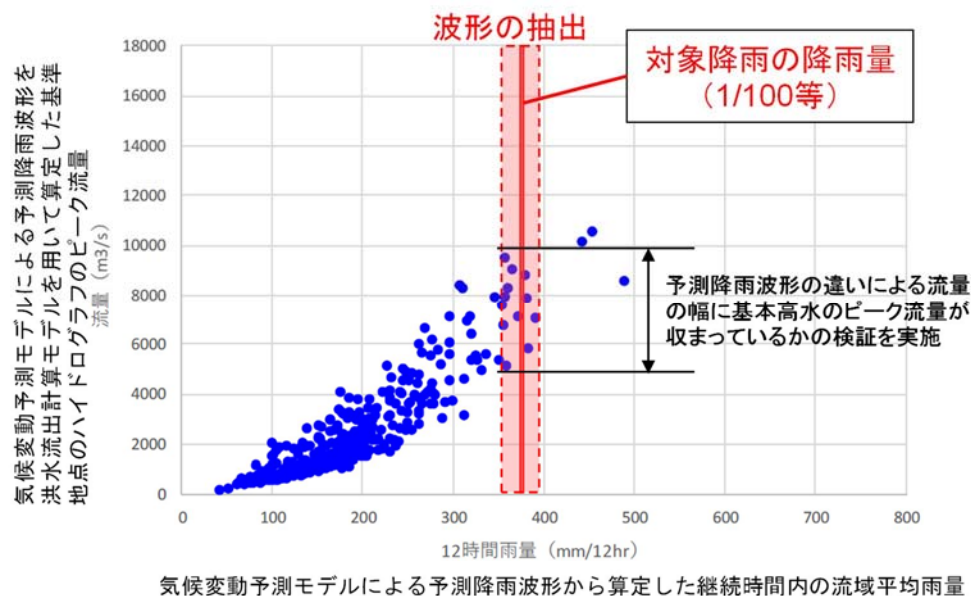


図 1-2-6 気候変動予測モデルによる予測降雨波形を用いた検討

2.7.4 内水の考慮

<考え方>

河川の下流部や盆地等において、基本高水のピーク流量の設定にあたって内水の排水量を無視できない場合がある。

この場合には既に存在する内水排除計画を考慮するほか、現在具体的な排水構想がない場合でも、将来の当該区域の開発状況の想定、他の類似区域の排水計画等を参考にして、必要に応じ適切な排水量を基本高水算定時に加算する必要がある。

<標準>

内水の影響が大きいと考えられる場合には、別途その影響を考慮することを基本とする。

<例 示>

基本高水算定時に加算する排水量の算定方法としては、内水解析モデルにより排水量を算定する方法や、比流量で都市区域 $5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 程度、一般区域 $2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 程度とする方法がある。

2. 8 計画高水流量に関する事項

2. 8. 1 計画高水流量の定義

<考え方>

1 つ又は複数の基本高水から算出される計画基準点やその他主要な地点での河道流量は、河道の特性やダム等の規模等の水理学的条件によりそれぞれ異なるものであり、基本高水を合理的に河道、洪水調節施設等による洪水調節に配分するとは、算出されたこれらの流量を上下流や本支川間のバランスに考慮しつつ、本章 2. 8. 2 に記載した事項についての検討を行った上で、河道や洪水調節施設等による洪水調節に配分することを意味する。

河道及び洪水調節施設等の計画には、その地点の高水流量が第一義的に重要である。ただし、ダムの洪水調節容量の決定においては、高水流量のみでなく、ハイドログラフの形状、貯水池容量確保の可能性、ダムの操作ルール等が関係するので、これらの要素を総合的に検討して計画を立てることが重要である。

なお、「洪水調節施設等による洪水調節」の「等」には、将来の降雨予測技術の向上や操作ルールの変更、施設改良等を想定し、計画高水流量の設定に用いる降雨に対し、利水ダム等の事前放流により確保可能な容量も含む。これは、河川管理者による河川の管理行為の一環として、治水上の必要性から治水協定の協議・締結等を通じて実施するものであり、操作規程への位置づけ等を行うことで、洪水調節施設による洪水調節と同等の扱いとされる。

気候変動を踏まえ設定された基本高水に対し、上下流・本支川の背後地の人口・資産の集積状況や土地利用状況等の現況及びその将来動向、並びに河川環境との調和や維持管理の観点を踏まえ、河道の洪水の貯留機能の向上と相まって流下能力の向上を図るよう、改めて、河道の平面形や縦断形、川幅等を設定（詳細は、計画編第 3-1 章第 1 節河道計画を参照）することが重要である。また、上流区間と下流区間で河川管理者が異なる場合は相互調整及び連携を図り、本川のみならず上流区間や支川も含め、地形特性による遊水機能を有する沿川背後地における遊水地の整備が流域全体及び当該地域の治水安全度向上に資する場合は、これらによる洪水調節機能等も考慮して計画高水流量を設定することが望ましい。

<標準>

洪水防御に関する計画においては、基本高水を合理的に河道、ダム等に配分して、主要地点の河道、ダム等の計画の基本となる高水流量を決定するものとする。これを計画高水流量という。

2. 8. 2 計画高水流量の決定に際し検討すべき事項

<標準>

河道、ダム、遊水地等の計画高水流量を決定するに際しては、次の各事項について十分検討することを基本とする。

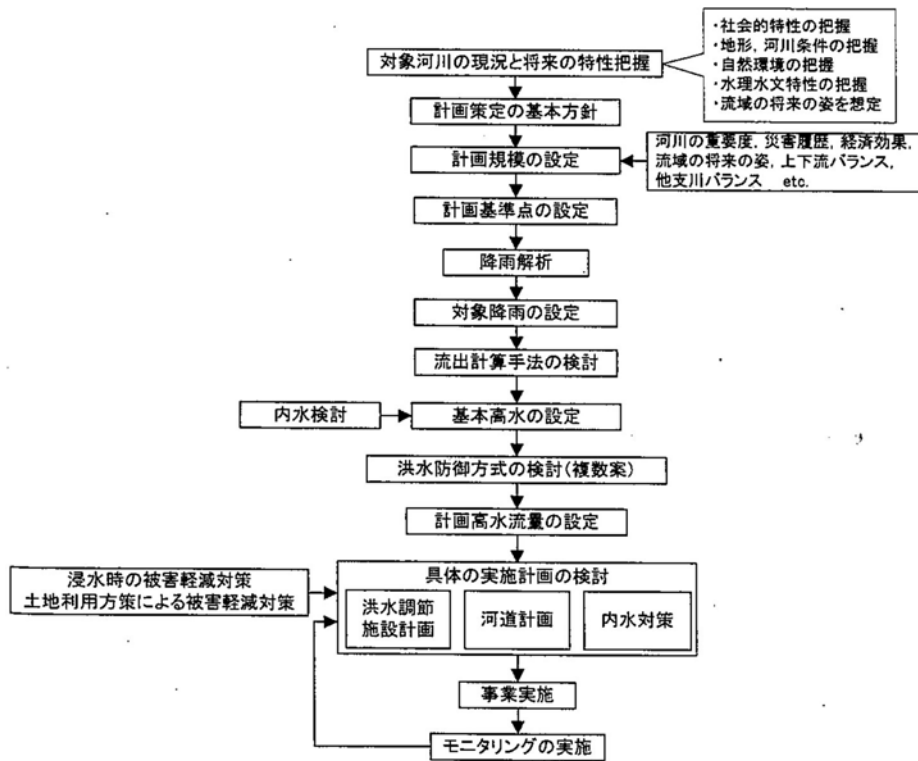
- 1) ダム、調節池、遊水地といった洪水調節施設の設置の技術的、経済的、社会的及び環境保全の見地からの検討
- 2) 河道については、現河道改修、捷水路、放水路、派川への分流等についての技術的、経済的、社会的及び環境保全の見地からの検討
- 3) 河川沿川における現在及び将来における土地利用の状況及び河川に関連する他事業との計画の調整についての諸問題の検討
- 4) 著しく市街化の予想される区域については、将来における計画高水流量の増大に対する見通しとその対処方針の検討
- 5) 超過洪水に対する対応の技術的、経済的、社会的検討

- 6) 事業実施の各段階における施設の効果の検討
- 7) 改修後における維持管理の難易についての検討

<愛知県基準>

2.9 参考 愛知県における計画作成フロー（事例）

愛知県では、河川整備基本方針、河川整備計画の計画作成フローについて、以下を参考としている。



出典：「洪水防御計画を中心とした中小河川計画の手引き 基本方針編」（財国土技術研究センター）より

図 1-2-7 中小河川の計画作成から事業実施までの流れ

※ 「第1章 河川計画」のうち、「第3節 河川の適正な利用及び流水の正常な機能の維持に関する基本的な事項」、「第4節 河川環境の整備と保全に関する基本的な事項」については、今後追記予定。

第2章 河川環境等の整備と保全及び総合的な土砂管理

第1節 河川環境等の整備と保全

1. 1 総説

<考え方>

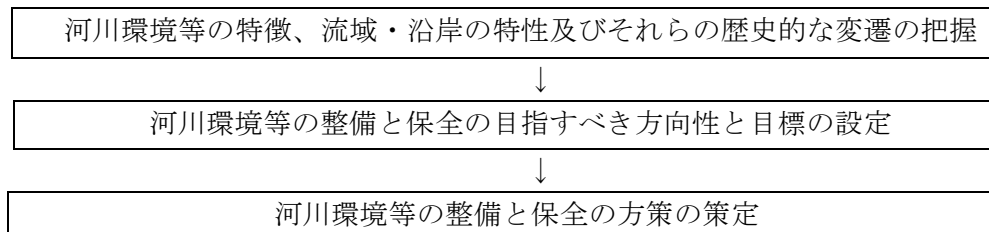
河川環境等に関する計画の策定に当たっては、文献調査、現地調査、関係者からのヒアリング等を行い、1. これらの分析から河川・流域等の特性及びそれらの歴史的変遷等の把握、2. 河川環境等の整備と保全の目指すべき方向性の設定、3. この方向性と治水・利水面等を総合的に勘案し、河川環境等の整備と保全の目標の設定、4. 目標を踏まえた河川環境等の整備と保全の方策の策定、と段階ごとに検討を行う必要がある。

<必須>

河川環境等の整備と保全に関する計画を策定するに当たっては、河川環境等の特徴、流域・沿岸の自然環境や社会環境及びそれらの歴史的な変遷等を把握し、治水・利水機能との整合を図りながら、河川環境等の整備と保全の目標を設定し、それを実現するための方策を策定するものとする。また、この際には、動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全・創出、良好な景観の保全・創出、人と河川等との豊かな触れ合い活動の場の保全・創出、良好な水質の保全等を総合的に勘案するものとする。

<例示>

策定の流れを以下に示す。



河川環境等の整備と保全に関する検討を行うに当たっては、以下の点に留意する必要がある。

1. 河川・流域等の特性及びそれらの歴史的な変遷を十分に踏まえ、その川らしさとは何かということについて十分に検討すること。
2. 既往文献調査、現地調査、有識者、地元関係者、市民団体等からのヒアリング等を十分に行うこと。
3. 調査結果を河川環境情報図（河川環境等に関する情報を適切に把握することを目的として、河床形態や植生の状況、動植物の生息・生育環境、河川環境の特徴等をわかりやすく図面上に整理したもの）等にとりまとめ、河川環境等の特徴を把握すること。
4. 「現況の環境を保全するとともにできる限り向上させる」という考え方のもとで、河川全体の俯瞰的な把握を踏まえ、「河川環境管理シート」をツールとして使いながら、河川環境が相対的に良好な場を参考として、河川環境の評価を行うこと。
5. 治水・利水上の検討を行った後に環境面に配慮するのではなく、順応的管理の考え方を踏まえ、検討の初期段階より治水面・利水面・環境面から総合的な検討を行うこと。

<愛知県基準>

愛知県では、「多自然川づくりアドバイスブック」（平成21年4月、愛知県建設部河川課）

を作成しているのをこれを参考とするものとする。

また、関連する通知等は以下のとおり。

- 1) 「今後の多自然川づくりの取組方針（案）について（通知）」（平成20年3月、愛知県建設部河川課）

1. 2 河川環境等の特徴の把握

<考え方>

1. 河川環境等の把握手法

河川環境等の特徴を把握するに当たっては、現況だけではなく、歴史的な変遷も含めて把握する。その際、航空写真・地形図や平面図・縦断図・横断図等を経年的に並べて、みお筋、瀬・淵、河床形態などの河川形状（土砂の移動に対する変化を含む）、河川植生、河川及び周辺の土地利用の状況、流域の状況などの変化について把握する。

収集した情報を分析し、河川を類似した特性（河道特性、自然環境特性、社会環境特性等）を持つ区域に区分し、各区域ごとに、河川環境情報図等にとりまとめ、その川の特徴、その川らしさ、課題などについて整理する。

整理された河川環境情報図等から、「河川環境区分シート」、「代表区間選定シート」、「河川環境経年変化シート」の3種類のシートから構成される「河川環境管理シート」を作成し、定量的な河川環境の変化を把握する。特に、河川環境経年変化シートは、生息場としての河川形状と河川環境の変化を把握することが出来るため、特に重要な作業シートとなる。

「河川環境区分シート」は、「河川全体の俯瞰的な把握」を踏まえ、河川全体の環境を概観し、河川環境が類似した一連区間（河川環境区分）を区分けするための作業シートである。

「代表区間選定シート」は、上記で区分けした河川環境区分毎に、典型性の観点から良好な場（1km 区間）を、評価や改善にあたって参考とする「代表区間」として選定するための作業シートである。また、あわせて特殊性の観点から重要な場を含む区間も、改変する際に留意すべき「保全区間」として選定する作業シートである。

「河川環境経年変化シート」は、河川水辺の国勢調査において概ね5年おきに取得される生息場データを用いて、河川環境の経年変化を把握するための作業シートである。

2. 水質の把握手法

河川環境等のうち、特に水質に関しては、河川の特성에応じ、現況並びにこれまでの変化の状況整理を行う。整理に当たっては、局所的な特性についても考慮する必要がある。

水質の現況解析を行って、その河川における水質変化のメカニズムの把握及びその原因究明に努める必要がある。

水質に関する現況等の情報をもとに、将来の変化を考慮し、将来における水質を予測するための解析を行う。解析は、対象とする水域の特性、必要とする予測の精度、利用できるデータ等に応じて適切な手法を選択して行う。また、水質には生物や水利用等にとって重要な時期があることから、渇水や低水時のみならず、年間を通じた予測が必要である。

<標準>

河川、海岸及び溪流特性、動植物の生息・生育・繁殖環境、河川・海岸及び溪流利用の状況、流域・沿岸の自然環境、社会環境及びそれらの歴史的な変遷等について、調査を行い、河川環境等の特徴を把握することを基本とする。

これらの調査結果については河川等の全体及び区域ごとに体系的にとりまとめるものとする。

1. 3 河川環境等の整備と保全の目標の設定

1. 3. 1 目指すべき方向性の設定

<考え方>

目指すべき方向性とは、河川環境等の特徴及び流域の特性等の把握の結果を踏まえた、河川環境等の整備と保全の目指すべき方向であり、区域ごとに設定することが重要である。

目指すべき方向性の設定に当たっては、以下の点に留意する必要がある。

- ・ ヒアリングなどによって得られた地域の意見を十分に踏まえる必要がある。
- ・ 河川環境等の歴史的な変遷を十分に踏まえる必要がある。
- ・ 自然環境の観点からは、その川の「もともとの姿」(原風景)が参考となるが、その場合、いつ頃の川の状況を参考とするかが問題となる。日本の川の多くは、古の時代より人々が営々と手を加えてきた結果、その姿が緩やかに変化し、その前提で土地利用がなされてきている。したがって、全く人為の影響がない頃の川の姿を参考にするのは非常に難しい。そこで、近年の大幅な改修が行われる以前で、人為的な影響が比較的少なかったころの「もともとの川の姿」(例えば、高度経済成長期以前の大幅な改修が行われる前の川の河川形状や河川環境等)を参考にすることが考えられる。なお、都市河川の場合は、現状や将来の社会環境に見合った河川環境の創出を方向性として設定する必要がある。

「もともとの川の姿」を把握する手段としては、昔の地形図や平面図、縦断図、横断図、航空写真、市町村史・郷土史、地元の古老からの聞き取り調査の結果等を参考とすることができる。そのほか、対象区域の近傍で、人為的な影響が少なく、良好な河川環境が保たれている場所の川の姿、あるいは、地形、地質、河川形態等の自然環境が類似し、人為的な影響が少なく、良好な河川環境が保たれているほかの川の姿を参考にすることも考えられる。

<標準>

河川環境等の整備と保全の目指すべき方向性設定に当たっては、河川環境等の特徴及び流域・沿岸の特性等を踏まえ、動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全・創出、良好な景観の保全・創出、人と河川との豊かな触れ合い活動の場の保全・創出、良好な水質の保全の観点から設定することを基本とする。

<例示>

1. 動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全の目指すべき方向性設定

動植物の良好な生息・生育環境の保全・創出については、以下の事項に留意して目指すべき方向性を設定するものとする。

1) その川らしい河川環境の保全・創出

その川がもともと有していた動植物の生息・生育・繁殖環境を保全・創出することに努める。このため、川の自然の復元力を最大限に活かし、その川がもともと有していた河川形状を保全・創出を図る。また、川の有しているダイナミズムを尊重することも重要である。

2) 連続した環境の確保

川に生息する動物の中には、川の上下流、本川と支川・水路や池沼、川と川の周辺部、あるいは、海水域と淡水域を行き来して生活しているものもいる。また、水域と陸域の両方を必要とする動物や、植生のある場所を移動経路としているものもいる。このような動物の移動を妨げないようにするため、上下流方向、横断方向の連続した環境を確保するとともに、周辺環境との連続性も確保する必要がある。また、感潮域においては、潮位の変動に伴い、海から上流へ遡上する流れが生じるため、このような場が形成する

特徴的な生態系についても考慮する必要がある。

3) その川らしい動植物の生息・生育・繁殖環境の保全・創出

学術上又は希少性の観点から重要な種、重要な群落及び注目すべき生息地などの保全・創出を図り、瀬・淵、河原、河畔林、ワンド、湿地など、その川の特徴的な環境に生息・生育・繁殖する動植物に着目することにより、その川らしい動植物の生息・生育・繁殖環境の保全・創出していくことが重要である。

必要に応じ、外来種に対する対応についても整理する。

4) 水の循環の確保

川の流れは、周辺の地下水と密接な関係があり、地下水位は河川植生の生育などにも影響を与えている。また、川の中の湧水は、清冽で水温もほぼ一定であることが多いため、そこでは本流とは異なった環境が形成され、河川環境の多様性を増す重要な要素ともなっている。したがって、自然な水の流れを遮断しないように、水際部の透水性を確保するなど、水の循環の確保が必要である。

2. 良好な景観の保全・創出の目指すべき方向性の設定

良好な景観の保全・創出については、以下の事項に留意して目指すべき方向性を設定する。

- 1) 河川特有の瀬、淵、河原といった河川形態、水量変動、連続性等のダイナミズムを感じさせる「川らしさ」の尊重
- 2) 適正な構造美を併せ持った「構造物」の妥当性
- 3) 水質の保全
- 4) 河川景観の阻害要因を制限するための施策
- 5) 川と地域のまちづくり、街並み等と一体となって地域らしさを感じさせる良好な景観の保全・創出

なお、ここにおける景観とは、名勝や優れた自然的構成要素による主要な眺望景観だけでなく、これ以外の眺めや風景といった近傍の景観も含む。

主要な眺望景観については、地域の景観特性、主要な眺望点、景観資源（自然的構成要素）の状況を踏まえるものとする。

3. 人と河川等との豊かな触れ合い活動の場の保全・創出の目指すべき方向性の設定

人と河川等との豊かな触れ合い活動の場の保全・創出については、以下の事項に留意して目指すべき方向性を設定する。

- 1) 動植物の生息・生育・繁殖環境等を確保するとともに、河川形態、水量・水質等を踏まえる。
- 2) 利用状況やニーズに配慮する。
- 3) 利用者の快適性・安全性に配慮する。
- 4) 河川の有する自然環境を活かした体験活動や環境学習の場であることに配慮する。
- 5) 地域の歴史・文化に配慮する。

4. 良好な水質の保全の目指すべき方向の設定

良好な水質の保全については、利水、動植物の生息・生育・繁殖環境の保全、人と河川等との豊かな触れ合い活動の場の確保、景観、生活環境の保全、観光、地下水質の維持等に留意して、目指すべき方向性を設定するとともに、それらを代表できる指標を設定する。

河川及び貯水池・湖沼等では、一般的に BOD や COD が指標として用いられてきたが、河川

の特性を踏まえ、必要に応じ以下のような適切な指標を設定する。

- 1) 利水（水道用水）が重要な要素である場合には、アンモニア、トリハロメタン生成能、2MIB、臭気、塩素イオン等が挙げられる。
- 2) 動植物の生息・生育環境の保全が重要な要素である場合には、SS、濁度、DO、塩素イオン、水温等が挙げられる。
- 3) 人と河川との豊かな触れ合い活動の場の確保が重要な要素である場合には、SS、濁度、色度、透視度（透明度）、大腸菌、臭気等が挙げられる。
- 4) 景観が重要な要素である場合には、SS、濁度、色度、透視度（透明度）等が挙げられる。
- 5) 内部生産の抑制が重要な要素である場合には、クロロフィル、栄養塩、DO等が挙げられる。
- 6) また、アオコを生じさせない、川底が見えるようにするなど定性的な目標を最初に設定し、その実現のためにクロロフィルや透視度といった定量的な指標を目標として設定することは有効な方法である。

1. 3. 2 目標の設定

<考え方>

水面・利水面・環境面のそれぞれについて、相互のトレードオフ等の関係を総合的に調整したうえで、順応的管理の考え方も踏まえ、具体的な目標を設定する。

なお、河川環境等の整備と保全の目標は上流・下流等河川環境等の特徴に対して区分した区域ごとに設定するものとするが、その際、地域において十分に情報交換や意見交換などを行いながら、目標を検討する必要がある。

動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の目標を検討するに際しては、河川環境管理シートを活用する。河川環境を俯瞰して河川環境が相対的に良好な場や重要な要素を含む場を原則保全しつつ、河川環境が相対的に劣っている場を改善することにより河川環境の底上げを図ることが重要である。

水質については、設定した方向性を代表する指標ごとに目標値を設定する。

河川の水質は、自然・人為的要因により縦断的に異なった特性を示すことから、水質保全目各々の区域において検討を行う。

貯水池・湖沼等においても、必要に応じて水域の区分を行って検討を行う。

目標値は、必要に応じて、渇水や水利用の時期及び動植物の生息・生育にとって重要な時期を勘案して設定する。なお、河川の放流先が内湾等の閉鎖性水域の場合には、必要に応じて、広域的な水質保全を考えた目標を検討するものとする。

水質保全目標の設定の際には、流域の関係機関等と調整を図るとともに、環境基準値にも配慮する必要がある。

<標準>

河川環境等の整備と保全の目標は、目指すべき方向性を踏まえ、治水面・利水面・環境面を総合的に調整し、河川環境等の特徴に対応して区分した区域ごとに設定することを基本とする。

<例 示>

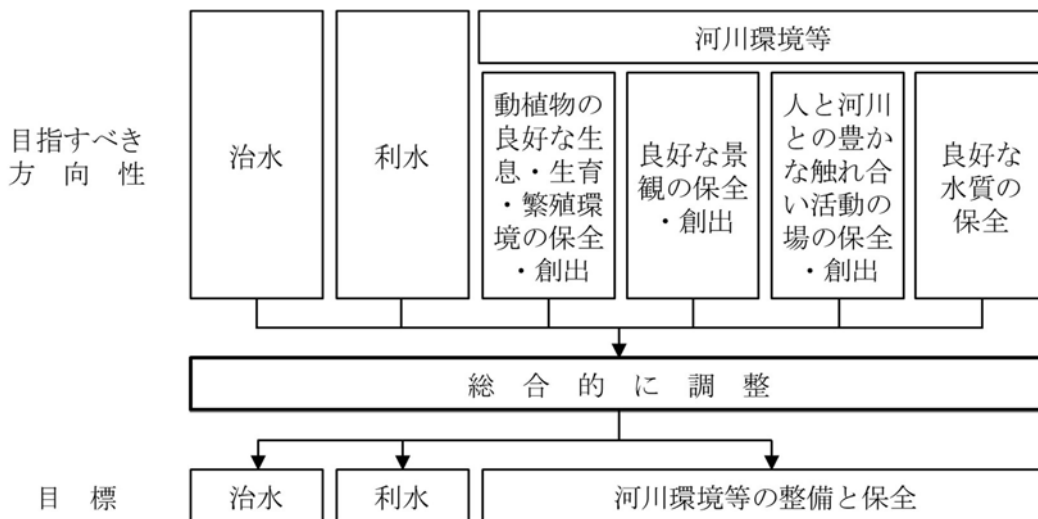


図 2-1-1 河川環境等の整備と保全の目標フロー

1. 4 河川環境等の整備と保全の方策

<考え方>

治水・利水・環境の観点及び河川等の平面形、縦断形、横断形、及び植生等を考慮し、複数の検討ケースを設定する。検討ケースごとに、将来の維持管理の水準や樹木等の状況を勘案し、河道形状や粗度係数を設定する。

各ケースについて、将来の河道の状況（河床変動等）や河川環境の状況等を予測し、治水上、利水上の効果と環境への影響等を総合的に評価することが重要である。このため、河川環境等情報図から作成される河川環境管理シートと当該区間の改修内容等を重ねることにより、改修が河川環境等にどのような影響を与えるかについて予測することが重要である。

その影響が重大なものと予測される場合には、計画全体が均衡のとれたものとなるよう、必要に応じ計画案を修正する。

計画策定において、地元住民やその河川等に関わりのある関係者、市民団体等との意見交換、情報交換を密に行うことが望ましい。

<標準>

河川環境等の整備と保全の目標を達成するため、必要となる方策について策定するものとする。

方策を検討するに当たっては、流域の住民、関係機関等との連携、適切な役割分担について考慮することを基本とする。

<例 示>

1. 動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全・創出の方策

動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全・創出の方策の策定に当たっての留意事項を以下に示す。

- ・動植物の良好な生息・生育・繁殖環境をできるだけ改変しない
- ・多様な河川形状を保全・創出する
- ・河川における連続した生育環境を確保する

- ・流域での自然の広がりを考慮する
- ・注目すべき生物種等の保全を図る
- ・水の循環を確保する
- ・川の有しているダイナミズムを確保する
- ・市民、学識者、関係団体等の理解と協力を得る

検討の視点について、具体的な例を以下に示す。

- ・低水路は平坦な河床を避け、自然な形状の河床となるようにする
- ・低水路やみお筋の幅は、もともとの川の幅を参考にする
- ・低水路の横断形は、もともとの川の低水路の横断形を参考にする
- ・低水路の法線形は、もともとの川の低水路の法線形を参考にして緩やかに蛇行させる
- ・河床の縦断形は、もともとの川の河床の縦断系を参考にする
- ・もともとの川に瀬や淵が形成されていた場合には、瀬や淵ができるようにする
- ・山付き部の淵は、極力保全する
- ・河岸の入り組み部や湾曲部を保全して、よどみができるようにする
- ・支川・水路との連続性を確保する
- ・水際域は、できるだけ固めないようにする
- ・高水敷（中水敷）の高さは、将来の植生や土砂の堆積状況などを踏まえる
- ・河岸ののり勾配はできるだけ緩くすることが望ましいが、用地等の制約条件が厳しい場合には、河岸ののり勾配をきつくした方が多様な環境を形成できる場合もある
- ・河畔林はできるだけ保全する

2. 良好な景観の保全・創出の方策

良好な景観の保全・創出の方策の策定に当たっての留意事項を以下に示す

- ・その川の河川景観の特徴との調和を図る
- ・地域の自然環境と調和を図る
- ・地域の歴史、伝統・文化との調和を図る
- ・河川構造物及び許可工作物の外観に配慮する
- ・良好な河川景観が保全されるよう誘導する
- ・市民、学識者、関係団体等の理解と協力を得る

検討の視点について、具体的な例を以下に示す。

- ・河岸・護岸に植物が繁茂し、歴史や自然を感じさせる
- ・河道が緩やかに蛇行している
- ・のり肩が曲面で植物が繁茂し、のり肩の線が柔らかい
- ・高水敷にアイストップとなる気がある
- ・水際に微妙な入り組みがあり、植物が繁茂している
- ・瀬・淵や州などにより、流れに平面的な変化がある
- ・水質が清冽である
- ・水面幅が広い
- ・河原をずっと歩くことができ、水辺にもおりやすい
- ・見通し距離が長い
- ・山の稜線が連続して見える
- ・人工物の彩度が低い
- ・看板、電柱、鉄塔などの景観障害物が目立たない
- ・河川周辺に、並木やアイストップとなる木、樹木群がある
- ・河川と一体となった公園がある

- ・河川沿いに高架道路が連続していない

3. 人と河川等との豊かな触れ合い活動の場の保全・創出の方策

人と河川等との豊かな触れ合い活動の場の保全・創出の方策の策定に当たっての留意事項を以下に示す

- ・利用と自然環境との調和を図る
- ・良好な活動の場を維持する
- ・水辺へのアクセス性の向上を図る
- ・利用状況、利用に対するニーズに応じた活動の場を整備する
- ・地域住民、市民団体等と連携を図る

検討の視点について、具体的な例を以下に示す

- ・動植物の良好な生息・生育環境に配慮する
- ・利用者（特に、老人、子供、身障者等）が無理のない動作で快適に利用できるよう、構造、材料、仕上げなどに配慮する
- ・環境学習の場としての活用に配慮する
- ・地域や河川の歴史・文化を踏まえ、自然素材の活用や大きさ・形などに配慮する
- ・経済性及び管理の容易性に配慮する
- ・不特定多数の活動を阻害する行為を制限する

4. 良好な水質の保全の方策

水質は流域の自然環境や社会環境の影響を大きく受けることから、その保全に当たっては、流域全体での取り組みが求められる。そのため、流域の関係機関の施策と緊密な連携・協議を図り、適切な役割分担を図っていくものとする

流域の関係機関としては、地方公共団体、地域関係団体等が挙げられ、例えば河川管理者とこれらの機関により、流域ごとに協議会を設置することも有効である。

また、河川管理者及び流域の関係機関が実施する方策には、それぞれ実施できる範囲があるため、必要に応じて調整を図り、方策（役割分担）にフィードバックすることも必要である。

なお、水質保全のための計測は、水質問題が顕在化していない水域においても、流域の将来変化を考慮して策定しておく必要がある。

河川における水質保全策は、流域の汚濁負荷量分布、河川の水質変化特性、流域対策の効果等を踏まえ、水質保全目標に対して適切に策定するものとする。

河川における水質保全方策を策定するに当たっては、水質保全目標を達成するのに最も効果的な対策を選定し、水質浄化効果の予測を行って、その結果を役割分担に反映させる必要がある。

対策の選定に当たっては、浄化対象水質項目の性状、他の水質項目や生態系への影響、維持管理、必要な稼働年数等を考慮する必要がある。

河川及び貯水池・湖沼等における水質保全対策を機能別にみると次のようになり、これらを適切に組み合わせた水質保全方策を策定する。

- ・負荷削減
- ・負荷の分離
- ・流量の確保
- ・河川の浄化機能の強化
- ・水温・流動制御
- ・その他

現況水質と目標水質との乖離、対策実施の技術的、経済的可能性等の点から、水質保全目標

を早期に達成することが困難な場合には、必要に応じて段階計画や代替案を検討するものとする。

水質事故等の異常水質への対応についても、必要に応じて関係機関との連携、情報収集、資器材の準備等、方策の検討を行う。

流域における水質保全対策は、主に流域の関係機関により計測・実施されることになるが、下流河川の環境への影響等も踏まえ、機能を組み合わせた上で、効果的なものとするのが重要である。

第3章 河川管理施設配置計画

第3-1章 河道並びに河川構造物

第1節 河道計画

1.1 総説

<考え方>

河川整備の実施に当たっては、河川整備基本方針及び河川整備計画を策定することが必要となる。

河川整備基本方針は、当該河川において将来的に達成すべき目標を定めるものであり、河川整備の基本となるべき事項として、基本高水並びにその河道及び洪水調節施設への配分、主要な地点における計画高水流量、主要な地点における計画高水位及び計画横断形に係る川幅に関する事項等を定めるものである。河川整備基本方針における河道計画としては、計画高水流量を流下させることができるよう、主要な地点における計画高水位及び計画横断形に係る川幅等を検討し、定めることとなる。

河川整備計画は、河川整備基本方針に定められた内容に沿って段階的に一連の河川整備の効果を発現させるため、河川整備の段階に応じて目標とする洪水流量に対する被害の防止又は軽減、河川環境の整備と保全、河川の適正な利用等が図られるよう具体的な整備内容を定めるものである。河川整備計画における河道計画としては、目標とする洪水流量のうち河道への配分流量に対する被害の防止又は軽減等が図られるよう、主要な地点以外における計画高水位のほか、河道の法線、川幅、河床高、河床勾配等の河道の平面形や縦横断形、河道の制御施設、堰、樋門、水門等の河川構造物の配置等を検討し、定めることとなる。

さらに、実際の河道整備の実施に際しては、河川整備計画に定められた内容に沿って、河道の平面形や縦横断形、河川構造物の配置や構造等について、より詳細に検討・設計を行うこととなる。

<標準>

1) 河道の定義

河道とは、河川の流水が流下する土地空間をいい、通常は堤防又は河岸と河床で囲まれた部分を指す。また、河道は様々に変化するものであり、流水に伴って土砂そのほかの流下物をも流下させるものである。

2) 河道計画の定義

河道計画は、河川整備基本方針や河川整備計画の策定・変更等に当たって、計画高水位、河道の平面形、縦横断形、床止め・護岸・水制等河道を制御する河川構造物の配置等に関する事項のうち、必要な事項を検討し、定めるものである。

1.2 河道計画策定の基本

1.2.1 河道計画策定の基本

<考え方>

河川整備基本方針の策定における河道計画の検討では、主要な地点における計画高水位及び計画高水流量を流下させることができる計画横断形に係る川幅等について検討する。

河川整備は段階的に実施するものであり、河道の平面形・縦横断形の概略設定及び河道制御施設の配置に関する河道計画については、河川整備計画の策定や変更等に際して策定する。

特に、河川整備計画における河道計画の策定に当たっては、流下能力の確保、堤防等の河川管理施設の安全性の確保、河川環境の整備と保全、河川の適正な利用、維持管理、経

済性等を総合的に検討することが重要となる。

その際、川づくりの基本である「多自然川づくり」の考え方を踏まえ、河川全体の自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、河川が本来有している生物の生息・生育・繁殖環境及び多様な河川景観の保全・創出が図られるように河道計画の検討・策定を行うことが重要である。

また、河道は、流水の作用、土砂移動、植物の繁茂等によって様々に変化するものであることから、土砂流送特性や河床の変動、長期的な機能の維持についても考慮することが重要であり、特に土砂移動の顕著な河川ではこの点に十分留意する必要がある。

なお、河道整備の実施段階で生じた課題、維持管理を通して明らかとなった課題、段階整備の目標を上回る洪水の発生、その他の河道計画策定時からの河川の状況の変化等を踏まえ、適宜、河道計画の見直しを行うことにも留意する必要がある。

<標準>

河道計画は、多自然川づくりを基本として、河川全体の自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和に配慮するとともに、土砂流送特性や長期的な機能の維持についても配慮し、河川整備の段階に応じて目標とする河道配分流量に対する被害の防止又は軽減、河川が本来有している自然環境や多様な景観の保全・創出、河川の適正な利用等が図られるよう策定することを基本とする。

また、計画策定に当たっては、総合的な土砂管理についても必要に応じて配慮するものとする。

<愛知県基準>

愛知県では、「多自然川づくりアドバイスブック」（平成21年4月、愛知県建設部河川課）を作成しているのでこれを参考とするものとする。

1.2.2 河道計画検討の基本的な流れ

<考え方>

まず、地形、地質等の自然条件、既往洪水の発生状況、現況河道の課題を含むその河川の特長、地域の自然環境、社会環境及びそれらの歴史的な変遷を把握（計画編第1章河川計画による）する。それらを踏まえ、治水面・利水面・環境面の各目標等（計画編第1章河川計画による）を総合的に勘案し、河道計画の具体的な検討を進める。

本節の1.4に示す考え方に基づいて計画高水位を設定した後、目標とする河道配分流量を流下させることができるかどうか検討する。その結果も含めて、流下能力の不足、洪水の流下の支障となる横断工作物の存在、河道の平面形の不良、過去の主要な災害の原因等を調査し、改修を必要とする理由及び区間を定める。その結果を踏まえて、河道の平面形、縦横断形について複数の検討ケースを設定する。

各検討ケースにおいて、設定した平面形、縦横断形等の下で、長期的に河道が安定するよう、河道の侵食・洗掘・堆積を防止・抑制するための構造物などの配置計画を検討する。改修河道の平面形、縦横断形の設定によっては、内水排除や利水等の機能に影響が生じる場合があるので、必要に応じて、堰、樋門、水門、そのほか（治水機能以外を主目的とした構造物を含む）の施設の新設や改築、統廃合等についても検討する。その際、平常時及び洪水時の流水の挙動と河床・河岸形状の変化特性、土質・地質特性、土砂流送特性を十分踏まえ、河道計画の中での位置付けと役割、優先順位や設置時期の判断基準を明確にし、所要の機能を必要最小限の施設の新設や既設施設の改築で発揮させる方策を検討するとともに、良好な

河川環境の整備・保全等を十分に考慮した措置を講ずるようとする。

各検討ケースの設定に当たっては、水位、流量、流況等の変化による下流区間への影響や上下流バランスに留意する。

検討ケースごとの治水・利水・環境への効果及び影響について、総合的に評価するものとする。

<標準>

河道計画は、河川の特長、周辺地域の状況、地域の自然環境、社会環境及びそれらの歴史的な変遷を踏まえ、治水面・利水面・環境面の各目標等を総合的に勘案し、主に以下の手順によって具体的な検討を進め、総合的な評価をもとに、計画全体が均整のとれた計画となるまで必要な修正を繰り返して検討を行うことを基本とする。

- 1) 計画高水位の設定
- 2) 改修を必要とする理由に応じた計画区間の設定
- 3) 河道の平面形、縦横断形等について複数の検討ケースの設定
- 4) 河川構造物などの設定
- 5) 治水・利水・環境への効果及び影響について総合的な評価

<推奨>

河川の特長の把握に当たっては、実際の洪水等によって生じた状況変化を適切に捉えることが重要であることから、調査編 第2章水文・水理観測を参考に、降水量、水位、流量などの水文・水理量の把握・蓄積を図るとともに、調査編 第4章河道特性調査を参考に、河道状況の時間的変化、洪水の作用、土砂流送特性、河道を取り巻く諸状況等の調査・分析を行うことが望ましい。

特に、河口部や分合流地点、河川構造物等による堰上げの影響が及ぶ区間や、洪水流量の変化に対する河床形状変化の追随性が高く、洪水流量が比較的小さい場合にも一定の土砂流送とそれに伴う河床地形形成が起こる区間などにおいては、同じ流量の下でも水理量が変わり得ることから、水位多点連続観測等により多点かつ複数種類の水文・水理量の把握・蓄積を図るとともに、これらを連携させて水理解析や河床変動等の解析を行うことにより、河川の流れの総合的把握に努めることが望ましい。

<推奨>

現況施設能力を上回る洪水の生起についても配慮して、避難等のソフト対策を活かすための施設による対応についても検討することが望ましい。

<愛知県基準>

中小河川に関する河道計画の考え方等は「中小河川に関する河道計画の技術基準について」（平成22年8月、国土交通省）を通知しているのでこれを参考とするものとする。

1. 2. 3 河道計画の検討に用いる水理解析

<考え方>

洪水流の水理解析は、所定の流下能力や侵食・洗掘に対する安全性の確保、流下能力を維持するための樹木群管理や河積の確保等の目的に応じた河道計画の内容を具体的に検討するために実施するものである。

解析手法の選定に当たっては、各種解析手法の原理と特徴、その適用限界などを理解した

上で、検討の目的を達成するための適切な解析手法を選択することが重要である。

<標準>

河道計画の検討に当たって水理解析を行う際には、本手引き調査編を参照し、河川の特
性や検討の目的に応じた適切な解析手法を用いることを基本とする。

<例示>

洪水流の解析法としては、対象とする河道において、縦断方向に断面変化が大き
くなく、水理量の横断面内の変化よりも縦断的な変化が大きい場合には、断面
内で平均された平均水深や平均流速の流下方向変化を求める一次元解析法が
用いられる。一次元不等流計算、準二次元不等流計算、一次元不定流計算、
準二次元不定流計算がこれにあたる。これに対し、河道の横断面内の水理
量変化と縦断方向の変化の両方を検討する必要がある場合には、水深方
向の水理量に水深平均値を用い（川幅が水深に比して十分大きい場合）、
水深平均流速、水位の平面分布を求める平面二次元流解析が用いられる。
さらに水理量の横断方向、縦断方向の他に、鉛直方向の変化も同様に重
要な場合には、準三次元流解析及び三次元流解析が用いられる。

河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析法としては、解析の目的に対
して、河床高、粒径、流砂、流れ場の解析レベル（流れ、流砂（掃流・浮遊）
、河床の形状・粒径変化といった各事象を記述する解像度又は範囲）につ
いて適切に組合せた解析法が用いられる。

単断面の河道であれば、一次元解析、複断面の河道であれば、準二次元
解析を用いることが一般的であるが、以下に示すように各河川の抱える課
題に応じて、より適切な解析手法を用いて検討した事例がある。

- 1) 本川の低水路河床低下、分派地点周辺の樹木繁茂状況や中州形状など
による分派量減少の課題に対して、準三次元流解析と平面二次元河床変動
解析を用いて、今後の河道改修計画を検討した例がある。また、洪水観
測を実施し、本川流量に応じた分派量の変化など、分派現象の全体像を
把握した例がある。
- 2) 洪水時に多量の土砂移動が生じ、河床形状が大きく変化する河道区
間を対象として、洪水時の観測水面形と平面二次元流・河床変動解析
を用いて、洪水時の現象解明に関する検討を行った例がある。

1.3 現況河道の評価

<考え方>

現況河道の評価は、河道計画の検討の前提となるものであり、主な評
価の観点として以下の事項が挙げられる。

- 1) 流下能力
- 2) 堤防等の河川管理施設の安全性
- 3-1) 動植物の生息・生育・繁殖環境、河川景観
- 3-2) 河川等の利用
- 4) 維持管理

流下能力の評価手法としては、調査編 第4章河道特性調査、第5章河
川における洪水流の水理解析を参考にして、現況の河道特性を調査・分
析し、河道特性に応じた適切な解析手法を用いて、現況河道の流下能
力を評価することが挙げられる。

堤防の安全性の評価手法としては、過去の被災履歴、「河川堤防設計指
針」に基づく安全性の評価結果等を参考に評価することが挙げられる。
床止め、堰などの河川管理施設については、過去の被災状況、維持管
理の状況等を参考に評価することが挙げられる。

動植物の生息・生育・繁殖環境、河川景観の評価手法としては、適切に河川環境調査を行った上で、評価することが挙げられる。

河川等の利用の評価手法としては、適切に利用実態を把握した上で、河川空間を利用面から評価することが挙げられる。

維持管理の評価手法としては、定期的または出水後に行う縦横断測量あるいは点検等の結果を用いて、流下能力の変化、施設の安全性に影響を及ぼすような河床・河岸の変化、樹木の繁茂状況を把握し、維持管理上の課題を把握・抽出し評価することが挙げられる。

<標準>

河道計画を検討する際には、流下能力、堤防等の河川管理施設の安全性、河川環境の整備と保全、維持管理等に関する事項のうち必要な事項について現況河道を適切に評価することにより、現況河道の状況や課題を踏まえた上で、改修が必要な区間の検討、河道の平面形・縦横断形や河川構造物の配置等の検討を行うことを基本とする。

<推奨>

河口部や分合流地点、河川構造物等による堰上げの影響が及ぶ区間や、洪水流量の変化に対する河床形状変化の追随性が高く、洪水流量が比較的小さい場合にも一定の土砂流送とそれに伴う河床地形形成が起こる区間などにおいては、同じ流量の下でも水理量が変わり得ることから、河川の流れの総合的把握を行った上で、流下能力を評価することが望ましい。

1.4 計画高水位

1.4.1 計画高水位設定の基本

<考え方>

計画高水位は、その水位以下で計画高水流量を流下させることができるよう設定された水位であり、堤防高や橋梁の桁下高を設定する基準となるとともに、支川の河道計画や内水処理計画を策定する際の基本条件ともなる。さらに、堤防が決壊した場合ははん濫流量は河道内水位が高いほど大きくなるため、計画高水位の設定は河川管理にとっても重要である。

このように、河道計画を検討する際には、計画高水位をどのように設定するかが最も重要な検討事項となるが、ほとんどの河川では既に計画高水位が定められており、それに基づいた河川改修や河川管理がなされてきていることを踏まえる必要がある。

<標準>

計画高水位は、その水位以下で計画高水流量を流下させることができるよう設定された水位であって、堤防高や橋梁の桁下高、支川の河道計画や内水処理計画など、様々な計画の基本となる事項であるとともに、堤防が決壊した場合の被害の大きさをも左右する河川管理上最も重要な計画事項である。

計画高水位の設定においては、既に計画高水位が定められている場合と、計画高水位が定められていない若しくは定められてはいても新川の整備に近いような全面的な改修を行う場合とは分けて検討することを基本とする。

(1) 計画高水位が設定されている河川で河道計画を見直す場合

<考え方>

過去に計画高水位が定められている河川区間で河道計画の見直しを行う場合、計画高水位を以前よりも高くすることは河川を大幅に再改修するに等しいことになり、部分的な場合を除き現実的ではないばかりでなく、洪水をできるだけ低い水位で流すという治水の大原則に

反するものであることから、既往の計画高水位を踏襲するのが一般的である。

また、やむを得ず計画高水位を上げることが必要となる場合においても、その範囲はできるだけ小さくするものとし、できる限り既往洪水の最高水位以下にとどめることが望ましい。

<標準>

過去に計画高水位が定められている河川区間で河道計画の見直しを行う場合、既往の計画高水位を上回らないよう定めることを基本とする。

(2) 新たに計画高水位を設定する場合

<考え方>

捷水路及び放水路などの新川の整備のように過去に計画高水位の定められていない河川や全面的な河川改修を行うため必ずしも過去の計画高水位にとられる必要性がない河川で新たに計画高水位を定める場合には、計画高水流量、河道の縦横断形、接続する河川の計画高水位、地形や土地利用の状況などの地域の特性等を考慮しつつ、沿川の地盤高を上回る高さが極力小さくなるように計画高水位を検討することが重要である。

特に、計画の規模の小さい河川では、計画を超える洪水が発生する可能性が高いことから、計画高水位を地盤高以下として掘込河道とすることも検討されるが、水系全般の安全度から見て上流部の河道を過度の掘込河道とした場合には、下流部の安全上大きな問題となることから、下流河道の条件を十分考慮するとともに、低水時における地下水位の確保、各種用水の取水位の確保、そのほかの流水の正常な機能の維持を図るための対策及び河川環境の整備と保全に対しても十分考慮する必要がある。また、既に計画高水位が周辺地盤高よりも低く定められている掘込河川において、大幅な拡幅や掘削を必要とする河川改修に新たに着手する場合には、必要に応じて計画高水位の見直しを検討することが望ましい。

<標準>

新たに計画高水位を定める場合には、計画高水流量、河道の縦横断形、接続する河川の計画高水位、地形や土地利用の状況などの地域の特性等を考慮しつつ、沿川の地盤高を上回る高さが極力小さくなるよう計画高水位を定めることを基本とする。

1. 4. 2 本川の背水区間内における支川の計画高水位

<考え方>

本川の背水区間内の支川の計画高水位は、本川の各水位に対応する支川の洪水流量に基づく支川の高水位を包絡して定めるのが正しいが、本川が計画高水位の場合と、支川が計画高水流量の場合の2つを基準として差し支えない。

<標準>

本川の背水区間内の支川の計画高水位は、次の水位のいずれか高いほうを基準にして定めることを基本とする。

- 1) 本川が計画高水位であって支川は本川のピーク流量に対応する合流量が流下する場合に、背水計算によって求められる水位
- 2) 支川から計画高水流量が合流するときの本川流量に対応する本川水位を出発水位として背水計算によって求められる水位

<例 示>

本川と支川の流域の状況が極端に違っている場合で、ピークの出現状況がほとんど関係ないと思われる場合には本川の背水はほとんど水平と考えられる。このような場合には標準1)の水位は合流点の本川水位に対して水平の水位とすることができる。

また、本川の計画高水流量に対して支川のその比が比較的小さいような場合には、標準2)の水位に代えて支川の計画高水流量に対応して等流計算によって求められる水位とすることができる。

1. 4. 3 河口部の計画高水位

<考え方>

河口部における水理現象は、波と流れと潮汐・高潮等の潮位変動、淡水と海水の存在、河口砂州が存在する場合には洪水時の河口砂州のフラッシュ等による河床変動など、物理現象として非常に複雑である。それら複雑な水理現象のうち、どの現象が計画の対象とする洪水時の水位に影響するかは、検討対象とする河口部の河道特性、周辺海岸を含む河口の地形、海象等によって異なる。

河口部の計画高水位を検討する際は、洪水の発生と潮位の変動を十分に調査した上で河口部の出発水位を設定することが重要である。河口砂州がない場合には、出発地点は導流堤等を含めた河口部の形状から定まる海域との境界として、出発水位は基本的に朔望平均満潮位を与える。河口砂州がある場合には、洪水中の水位・流量と砂州のフラッシュの状況との関係を適切に調査・把握・分析した上で、出発地点や出発水位を検討することが必要となる。将来的に河口部の埋め立てや浚渫を行う可能性がある場合には、河口部の水理現象が変化する可能性があるため、それらによる影響を十分考慮することが必要となる。

なお、河川を遡上又は流下する津波は、洪水、高潮と並んで計画的に防御対策を検討することが必要となるが、河口部の計画高水位の設定に当たっては、河川管理施設の諸元等を定める際に対象とする計画津波と洪水との同時生起は考えない。

<標準>

河口部の計画高水位は、河口付近の河川・海域の水理・気象特性を把握し、河口及び河口付近の河道特性並びに河口部における課題への対応方法を踏まえ、洪水時の河床変動、海水塩分濃度の影響、潮位偏差等の河口部付近における水理現象のなかで、計画に取り入れることが妥当と判断される事象について考慮して定めることを基本とする。

<推奨>

河口部の計画高水位の設定に当たっては、河川の状況に応じ、河口付近の河川・海域の水理・気象特性として、以下のような事項を考慮することが望ましい。

1) 洪水時の河床変動

河口部では、河口砂州の存在、洪水時の河口砂州や河床高等の地形の変動等による水位への影響が無視できない場合がある。このような河川においては、洪水時の河口地形の変動を考慮することが必要となる。河口部の地形変動を考慮するための河床変動計算においては、出発水位は沖合部で与える必要がある。

2) 海水塩分濃度の影響

河口部では、河川水と海水の密度差により塩水くさびが発生し、洪水時の水面から河床までを有効河積として見込めない場合がある。このような河川においては、海水塩分濃度の影響による水位上昇量を考慮することが必要となる。

3) 洪水と高潮の同時生起

台風によってもたらされる洪水の発生と高潮が同時に生起する可能性が高い河川では、既往洪水における洪水ピークと潮位偏差の関係について整理を行い、必要に応じて洪水時の既往最高潮位や既往最大痕跡水位、洪水防御計画の規模と同一の確率の偏差を考慮した水位等により河口部の計画高水位を設定する。また、河口部付近の背後地が特に重要な地域である場合には、洪水防御計画の規模相当の確率の偏差を考慮した水位についても検討することが必要となる。

1. 5 河道の平面形、縦横断形の基本

1. 5. 1 河道の平面形

<考え方>

河道の平面形は、既設堤防の状態、沿川における家屋の密集状況、自然環境や河川利用の状況、用地取得の状況等を勘案し、現河道の平面形を中心に設定する方が有利な場合が多いが、目標とする河道配分流量や流況、土砂流送特性、河道の縦横断形等も適切に勘案しながら河道計画全体の検討の中で設定することが重要である。

また、河道の平面形の設定に当たっては、以下の事項に留意することが重要である。

- 1) 流下能力からみて現況の河道に十分な余裕のある平面形であっても、一般には河道の貯留効果を考慮してその平面形を確保することが望ましい。なお、計画上の効果としては、洪水によってその効果に差異があることなどの理由から河道貯留による流量低減の効果は考慮しないのが通例であるが、この河道貯留の効果を低く評価するという趣旨ではない。
- 2) 洪水時における流況を踏まえて、堤防の安全性の確保、侵食・堆積に対する河道の維持等の点を総合的に検討する。一般に急流河川では直線に近い形状とする場合が多い。また、緩流部の河川では、必ずしも直線的である必要はないが急な曲がりには避け、場合によっては適切な蛇行形状にすることにより、堤防や河岸の侵食対策の必要範囲を限定することも可能である。
- 3) 蛇行形状の設定に当たっては、現状の河道、背後の地形・地質の状況、土地利用状況等を考慮するものとし、家屋の連たん地域や旧川の締切り箇所などができるだけ水衝部とならないよう配慮するものとする。
- 4) 現河道の屈曲の著しい河川、あるいは、現河道沿いに大規模な家屋連たん地域が形成されている河川などについては、放水路、捷水路等の新川の整備を組み込んだ河道の平面形を検討すべき場合もある。このような場合については、現河道利用部分と新川の整備部分を組合せた幾つかの河道の平面形を設定し、それぞれについて、地形、地質、現在並びに将来の土地利用(地域の分断について考慮することが重要)、行政区画、用排水路系統、地下水位への影響、内水対策、計画区間の上下流への影響、自然環境、景観、経済性、改修後の維持管理等を勘案して河道の平面形を選定する。
- 5) 当該河川固有の自然環境や河川の利用状況等との関係に十分に配慮して、河川環境の整備と保全が容易となるようにする。特に、川幅が比較的狭い単断面の河川では、平常時のみお筋の現況が良好な河川環境を形成している場合には、河道の法線は、その位置を極力変更しないように設定する。

<標準>

河道の平面形は、堤防や低水路の法線、川幅等を定めるものであり、堤内地にとっては土地利用を制約する最も重要な条件となる。

河道の平面形は河道計画全体の検討の中で定めるものとし、目標とする河道配分流量、沿

川の土地利用状況、自然環境、現況の河道、洪水時の流況、土砂流送特性、長期的な河道の維持、河川整備及び維持管理に要する費用の経済性等を総合的に勘案し、必要な川幅を確保し、適切な位置や形状となるように設定することを基本とする。

1. 5. 2 河道の縦断形

<考え方>

河床の横断形は流水等の作用により横断方向に一様な高さとはならないが、一般にはそのような河道の横断形のうち低水路（単断面では河岸を除く河床）の平均河床高により縦断形を整理し、その勾配を河床勾配とする。護岸等構造物の安全性においては、河床の横断形状や局所的な洗掘が重要なため、平均河床高に加えて最深河床高を参考に設計・管理の目安となる河床高を設定することが重要である。

上流からの土砂供給量の変化に伴って、下流側河道の河床変動が生じる場合等には、河道計画の検討対象としている区間において改修後の洪水や河床変動等により、計画時に想定した低水路平均河床高より平均河床高が低下・上昇する場合がある。この変化は1洪水で生じるとは限らず、中長期的に進行するものであり、河道の縦断形の検討に当たっては、調査編第4章 河道特性調査を参考に、このような平均河床高の低下・上昇が起こらないか留意する必要がある。あわせて、重要な河川構造物の敷高、用水の取水位、支川であれば合流点の本川の河床高、岩盤露出地点の河床高、周辺地下水位等を十分考慮してこれらに支障が生じないように河道の縦断形を設定することが重要である。

また、河道の縦断形は特に水生生物の自由な移動、瀬や淵の形成などの動植物の生息・生育・繁殖環境や河川の利用面などに強く関連するので、縦断方向の連続性の確保など河川環境も十分に考慮し、その河川が本来有している多様性に富んだ自然環境を保全・創出することができるよう検討することが必要となる。

なお、現況の河道において大幅な変化が進行中でない限り、一般には現状の河床勾配によることが将来の河道の維持上有利となることが多いことから、通常の河川では、現況の低水路平均河床高の縦断形にならって河道の縦断形を定め、河床勾配は上流から下流に向かい急から緩へと変化させるのが一般である。

<標準>

河道の縦断形は、本節の1.4で設定した計画高水位の縦断形の下、平均河床高、護岸等構造物の設計・管理の目安となる河床高、高水敷高、堤防高の縦断形により構成されるが、河道計画においては、これらのすべてを計画事項として定めるというのではなく、目標とする河道配分流量の流下能力確保、構造物の安全性確保等から必要となる事項を定めるものである。

河道の縦断形は、一般には現況河道の縦断形を重視しつつ、河道の平面形及び横断形と関連させて堤内地盤高、河川環境、土砂流送特性、河床の安定、経済性等を考慮するとともに、地下水位、用水の取水位、既設の重要な河川構造物の敷高なども考慮して定めることを基本とする。

<推奨>

河道の縦断形の設定に当たっては、河川の状態に応じ、以下の事項に留意することが望ましい。

- 1) 調査編第4章 河道特性調査を参考に、上流からの供給土砂量の変化等により、河道計画の検討対象としている区間の平均河床高の低下・上昇が想定される場合には、

長期的な河床変動を十分に考慮すること。

- 2) 上下流間の生物移動の連続性を確保するという観点から、床止め等は極力避けることが望ましいが、河床の安定上やむを得ず必要になった場合には、上下流間の生物移動の連続性や景観、設置後の河床変動に十分配慮すること。
- 3) 捷水路のように部分的に河床勾配を変化させる必要がある場合には、前後の河床勾配の状況を勘案して縦断形を決定すること。また、部分的だけでなく大幅に河床勾配を変更する場合には、横断形なども組合せ、将来の河道の安定も考慮して縦断形を定めること。
- 4) 土砂生産の盛んな山地部の河道や扇状地の上流河道では、洪水時の土砂流出により急激に河床が上昇する場合がある。そのような現象の予測は技術的に難しいものの、過去の経験等を踏まえ、砂防施設等による土砂流出制御とあわせて、総合的に対策を検討すること。

1. 5. 3 河道の横断形

(1) 横断形の基本

<考え方>

最小流量と最大流量の比が大きい我が国の河川では、規模の大きな洪水時には堤防付近の流速を抑え、規模の小さな洪水時及び平水時には流路の安定化等を図るために複断面とすることが多いが、急流河川で広い川幅の中に幾本もの流路があつて、しかもこれが変動する場合には、低水路と高水敷を明確に設定することは河道の維持の点から困難な場合もある。また、目標とする河道配分流量の小さい河川では単断面とするのが一般的である。

河道の横断形は、自然の営力により常に変化するものであり、平面形や縦断形との関係によっては局所的な深掘れを生ずる場合もあることから、これらの点を十分考慮して検討するとともに、河道の制御施設の検討を行うことが必要となる。

また、河道の横断形は、河川環境、河川の利用等にとっても重要であり、河川が有している自然の特性やメカニズムを活用するため、標準横断形による上下流一律の画一的形状での整備は避けるよう努めるとともに、平常時及び洪水時の流況を把握して、流水等の自然の作用に対して適したものであることが必要となる。

特に、川幅が比較的狭い単断面の河川において、横断形を検討する際には、まず拡幅を先行して検討し、できる限り洪水流量と河床勾配、河床材料に対応した川幅の確保を目指した上で、社会的・自然的な制約を踏まえて川幅や法線を設定することが重要となる。また、河道の拡幅を行う場合に、河岸の河畔林など河岸の自然環境が良好なときには、片岸を拡幅することなどにより、出来る限りそのような河岸を保全することが重要となる。

設定した河道の平面形内の断面において流下断面を大きくする必要のある場合には、低水路河床の掘削、低水路幅の拡幅あるいは高水敷の掘削等を検討することになるが、いずれの場合においても河道の安定、河川管理施設等への影響、河川空間の利用、河川環境への影響等を総合的に判断して適切な方法を採用することが必要となる。

低水路河床の掘削、低水路幅の拡幅あるいは高水敷の掘削等を行う必要がある場合には、新しく形成される低水路の横断形は、もともとの川の姿を参考に、河床変動による河積の変化に配慮するとともに、あわせて瀬や淵あるいは動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全・復元を図ることのできるよう、適切な河床あるいは河岸形状に設定することが必要となる。

特に、川幅が比較的狭い単断面の河川においては、河床掘削を実施した場合、河川環境への影響や流速の変化に伴う河床変動への影響が相対的に大きいことから、河床掘削をなるべく避けるとともに、やむを得ず河床掘削を実施する場合には掘削後の河床の安定につ

いて十分検討を行うことが必要となる。

多数の河川において河道特性が調査され、河床材料の大きさと平均年最大流量の水量との関係が整理されている。この関係は、河床材料の大きさに対して中長期的に安定する低水路幅を設定する上で有効である。

<標準>

河道計画においては、河道の横断形のすべてを計画事項として定めるというものではなく、堤防の高さ、高水敷の高さ・幅、管理に必要とされる低水路河岸の位置など、必要な事項を定めるものである。

河道の横断形は、河道の平面形及び縦断形、地形・地質、動植物の生息・生育・繁殖環境等を含む河川環境、沿川の土地利用状況等を勘案し、河道の流下能力を確保した上で土砂流送特性や長期的または局所的な河床変動を十分に考慮して定めることを基本とする。

(2) 堤防の高さ

<考え方>

堤防は、目標とする河道配分流量以下の流水を越流させないように設けるべきであり、洪水時の波浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇に対し、堤防の高さにしかるべき余裕をとることが必要となる。また、洪水時の巡視や水防活動を実施する場合の安全の確保、流木等流下物への対応等種々の要素をカバーするためにも、堤防にはしかるべき余裕をとることが必要となる。

また、上流区間の堤防の高さを過度に高くした場合には、下流区間の安全上大きな問題となることなどから、河川の整備状況、目標とする河道配分流量流下時の水位縦断形、堤内地の地盤高や土地利用状況等を勘案し、必要に応じて段階的な堤防の整備を検討することなどにより、水系全体の安全度や上下流バランスの確保に配慮しながら堤防の高さを設定することが重要となる。

<標準>

堤防の高さは、河川管理施設等構造令の規定に基づき設定することを基本とする。

(3) 低水路河岸の位置及び高水敷の高さ・幅

<考え方>

低水路河岸の位置及び高水敷の高さ・幅は一般に現状の河道形状を重視して定め、高水敷の高さは冠水頻度が数年に1回程度となるように流下能力を試算して定める場合が多いが、河道の縦横断形の変遷や維持、周辺の動植物の生息・生育・繁殖環境の保全・復元の重要性、植生等の将来的な遷移予測、工作物の設置状況、高水敷の利用形態やその地域性等を総合的に勘案し定めることが重要である。

河道の平面形や砂州発生の有無等により、洪水時に河岸侵食を受けやすい区間と受けにくい区間があることから、特に堤防及び高水敷を有する河川においては堤防防護の観点から設定するライン(堤防防護ライン)と低水路河岸を安定化させる観点から設定するライン(低水路河岸管理ライン)を設定し、これらのラインと現況横断を勘案して河岸侵食への対応を検討することが重要となる。

また、洪水時の高水敷の安定を確保する観点から、高水敷上の流速が過度に大きくならないように留意することが重要となる。

1) 堤防防護ライン

洪水時の河岸侵食によって生ずる堤防の破壊を防止することを目的として設定するラインである。したがってこのラインは、堤防区間の全川にわたり設定する必要がある。一般に堤防防護ラインの位置は1洪水で堤防が危険な状況とならないような位置に設定することが必要となる。必要な高水敷の幅を確保できない場合には護岸等による河岸の防護で対処することになる。

2) 低水路河岸管理ライン

河道内において治水、利水、環境等の面から期待される機能を確保するために、河岸侵食を防止する必要がある区間を示すものであり、低水路河岸を安定化させることを目的に必要なに応じ設定するものである。

<標準>

低水路河岸の位置及び高水敷の高さ・幅は、河道の維持、高水敷の冠水頻度、利用、動植物の生息・生育・繁殖環境等を考慮して定めることを基本とする。

また、特に堤防及び高水敷を有する河川においては、堤防防護ラインや必要に応じて低水路河岸管理ラインを設定し、低水路河岸の位置及び高水敷の幅を定めることを基本とする。

1. 5. 4 支川の合流点形状

<考え方>

合流点においては、異なる流向・流速を持つ2つ以上の流れが合流するため、流況が通常の河道区間より複雑になり、堤防沿いの高流速あるいは死水域、支川からの土砂の流入、規模の大きな洗掘・堆積、流れの抵抗による上流側での水位上昇等が生じる可能性があるため、これらが生じにくい形状とする必要がある。

また、合流部の縦断形状の設定にあたっては、水面の連続性や河床の安定性を確保するよう努めるとともに、水生生物の自由な移動の確保にも配慮することが必要となる。落差工を設置せざるを得ない場合は、水生生物の自由な移動を確保するための工夫を行うことが必要となる。

<標準>

支川の合流点の形状は、合流点の流況、土砂流送特性、洗掘・堆積状況を踏まえ、合流点前後における洪水流下を安定させ、河床の洗掘、堆積を防ぐため、本川になめらかに合流する形状とすることを基本とする。ただし、支川の目標とする河道配分流量が本川に比して極めて小さく、本川に対する合流の影響が小さい場合にはこの限りではない。また、合流部の縦断形状の設定にあたっては、水生生物の自由な移動の確保にも配慮することを基本とする。

1. 5. 5 堤防に沿って設置する樹林帯

<考え方>

堤防に沿って設置する樹林帯は、堤防の決壊・はん濫により著しい被害が生じるおそれのある場合に、越水時における洗掘の防止による堤防の決壊の防止、堤防の決壊時におけるはん濫流による決壊部の拡大の防止を図るために設置するものである。

樹林帯の整備にあたっては、周辺の植生等の自然環境や堤内地の土地利用と調和するように配慮することが重要である。

<標準>

堤防に沿って設置する樹林帯は、堤防の決壊・はん濫により著しい被害を生ずるおそれのある区間に対し、必要に応じて設置することを基本とする。

1. 6 河道の制御施設の計画

1. 6. 1 河道の制御施設計画の基本

<考え方>

河道計画の検討においては、流下能力を確保し、その河道が長期的に安定することが重要である。本節の1.5で設定した平面形、縦横断形等の下で、流下能力を確保できるよう堤防を配置するとともに、長期的に河道が安定するよう、河道の侵食・洗掘・堆積を防止・抑制するための構造物などの配置計画を検討する必要がある。

河道の制御施設の配置に当たっては、平常時及び洪水時の流水の挙動と河床・河岸形状の変化特性、土質・地質特性、土砂流送特性を十分踏まえ、河道計画の中で位置付けと役割、優先順位や設置時期の判断基準を明確にし、所要の機能を必要最小限の施設の新設や既設施設の改築で発揮させる方策を検討し、良好な河川環境の整備・保全等を十分に考慮した措置を講ずる必要がある。

なお、施設の設置がその周辺の河床あるいは河岸の侵食を助長する場合がありますので、洪水時の堤防の安全性の確保や河川環境の保全等の観点から十分に留意する必要がある。

<標準>

河道の制御施設としては、流水が河川外に流出することを防止するために設ける堤防のほか、堤防や河岸の侵食、河床の洗掘や堆積を制御するために設ける護岸、水制工、床止め（帯工、落差工）などがある。

河道の制御施設の計画に当たっては、対象とする河川区間の河道の平面形及び縦横断形、河道特性、洪水流の流況、地質、河川環境などを踏まえ、長期的または局所的な河川の変動特性を十分に考慮するとともに、各制御施設の特性を十分に理解した上で、経済的で河道制御の目的に最も適した制御施設を一つ若しくは各制御施設の組合せを選定し、設置する法線、設置箇所及び延長等を定めることを基本とする。

その際、河川環境に与える効果、影響についても十分検討し、河川環境にとって望ましい河道が維持されるようにすることを基本とする。

<推奨>

特に、比較的規模の小さい河川では、河道計画や河川環境における河道の制御施設の役割・影響が大きいため、過去の経験や類似河川の状況、既往の資料等を参考に適切な施設を計画することが望ましい。

1. 6. 2 堤防の計画

<考え方>

本節の1.1で記したように、河道とは、堤防又は河岸と河床で囲まれた部分を指すものであることから、堤防は、河道の平面形や横断形を制御し、河道を形成する根幹的な施設となる。

堤防は、流水が河川外に流出することを防止するため、護岸、水制等の施設と一体となって、計画高水位以下の流水による侵食作用や浸透作用に対して安全となるよう設けるとともに、目標とする河道配分流量以下の流水を越流させないように設けるべきものであり、本節の1.5の河道の平面形及び縦横断形の検討の中で、堤防の配置等を検討することが必要となる。

<標準>

堤防は、流水が河川外に流出することを防止するために設けるものであり、その配置を計画するに当たっては、本節の 1.5 で設定した河道の平面形及び縦横断形に基づき、設置箇所、法線、高さ等を定めることを基本とする。

1.6.3 護岸の計画

<考え方>

護岸には、堤防表のり面を保護し、堤防と一体となって河道の平面形や横断形を制御する高水護岸と、高水敷の河岸や掘込河道の堤内地盤を保護し、低水路や掘込河道の平面形や横断形を制御する低水護岸がある。高水護岸と低水護岸が一体化したものを堤防護岸という。

護岸は河道の自然環境上重要な水際に設けられるなど河川環境との関連が強いことから、その計画策定に当たっては、必要性について十分に検討するとともに、護岸が必要な場合であっても、高水敷や水制の設置等の対策を併用するなどにより、動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全・復元、周辺の景観と調和した良好な景観の維持・形成、人と河川との豊かな触れ合い活動の場の維持・形成等に適した計画とすることが重要である。また、河川の特質に応じて創意工夫を行うことにより、河川環境を十分考慮した経済的な護岸工法を見出すことが重要である。

<標準>

護岸は、高水敷やほかの構造物とともに流水による侵食作用から堤防（掘込河道にあっては堤内地）、河岸を保護するために設けるものであり、その配置を計画するに当たっては、高水敷幅等の河道の横断形、洪水時の流水状況、みお筋の変化、背後地の地形・地質、土地利用等を十分に踏まえた上で、生物の生息・生育・繁殖環境と多様な河川景観の保全・創出に配慮して、その必要性（設置箇所）、法線、延長を定めることを基本とする。

なお、橋梁、樋門、水門及び堰、床止め等の構造物の上下流には、河川管理施設等構造令及び同令施行規則に定めるところにより、必要な護岸を設置するものとする。

<推奨>

川幅の比較的狭い単断面の河川では、護岸は、直接人の目に触れる部分を極力小さくすることが望ましい。なお、その護岸自体が川らしい景観を創出する場合は、その限りではない。

また、水際及び後背地を重要な生息空間とする生物が分布している場合は、護岸は、生息・生育・繁殖空間や移動経路としての機能を持つことが望ましい。

1.6.4 水制の計画

<考え方>

護岸と同様に、水制も河道の平面形や横断形を制御する施設であるが、次に挙げるとおり、護岸と異なる河岸保護の機能あるいは河岸付近の地形・流水制御の機能を有するので、必要とされる治水上の効果と、河川環境の整備と保全上の効果及び影響等を十分に検討して、配置等を計画する必要がある。

- 1) 護岸は直接的に河岸を被覆して侵食を防ぐのであるから、目的を確実に達成しやすい。一方、水制は水はね効果、流速低減効果によって、間接的に河岸の防御を図るものであるため、適切に配置や構造形式を決めないと効果が十分でないことがある。
- 2) 水制を適切に配置することによって平水時の川幅を狭め、平水時の水深を増大させる

- ことができるので、航路維持や河川環境の整備・保全のために設けることもある。
- 3) 水制の河岸への取付け部及びその下流は、洪水時の複雑な流れによって侵食されやすいので配慮が必要である。
 - 4) 水制と水制の間は、土砂が堆積し、植物の生育環境となるとともに、魚類等の水生生物が生息・生育・繁殖・避難する場となる。

<標準>

水制は、高水敷やほかの構造物とともに流水による侵食作用から堤防（掘込河道にあっては堤内地）、河岸を保護するために設けるものであり、その配置を計画するに当たっては、河道の平面形及び縦横断形、河道特性、河川環境等を踏まえ、動植物の生息・生育・繁殖環境、景観、流下能力への影響、上下流や対岸への影響等を十分に考慮して定めることを基本とする。

<推奨>

川幅が比較的狭い単断面の河川においては、特に河岸や水際部が河川環境に与える影響が相対的に大きいことから、同じのり勾配で平坦な河川にするのではなく、河道特性や自然環境上の特性を十分に踏まえ、水制工などを活用することによりできる限り縦断的・横断的に自然な変化をもつ河岸・水際部になるように努める。

1. 6. 5 床止めの計画

<考え方>

流水の作用によって河床が侵食・低下すると、護岸等の基礎が浮き上がり、治水上危険な状態になるとともに、河床の低下に伴って各種用水の取入れが困難になる等の障害を生じる。

床止めは、このような場合に河床を河川管理上必要な高さに維持し、安定させるために設けるものである。

床止めは、河川環境に及ぼす影響も大きく、また周辺の河床の安定にも十分な検討を要することから、できる限り設置しないことが望ましく、河床の安定のためにやむを得ない場合にのみ設置するものである。

特に、床止めは上下流の流水の連続性を断ち、魚類等の遡上・降下等を阻害する形態となるため、床止めを設置する場合には、構造の工夫や魚道の設置等により、魚類等の遡上・降下等に十分に配慮するとともに、長期にわたって機能を維持し、河床が安定するよう、将来の維持管理についても十分に配慮することが必要となる。

なお、魚道を設置する場合、対象地点の流況、床止め上下流の水位変動の範囲、対象魚類等ごとの遡上時期、経路、降下時期等を十分検討の上、対象魚類等が遡上・降下できるよう対象流量、水位、配置等を設定する。

<標準>

床止めは、河床の安定を図るためにやむを得ない場合に設置するものであり、その配置を計画するに当たっては、周辺の河岸や河川管理施設への影響、維持管理、魚類等の遡上・降下等に十分配慮して定めることを基本とする。

また、床止めの設置により遡上・降下する魚類等への影響が懸念される場合には、魚道を設置することを基本とする。

1. 7 河口部の計画

1. 7. 1 河口部の計画の基本

<考え方>

河口部の計画の主たる内容は、河口部の河道計画と高潮対策・津波対策の計画とに大別される。

河道計画としては、河口部の計画高水位、平面形、縦横断形及び河口閉塞等の河口部における課題への対応等の検討が必要である。

高潮対策・津波対策を考慮する必要がある場合には、海岸部の高潮対策・津波対策と整合のとれたものとする必要がある。高潮対策・津波対策としては、河口部に水門を設ける場合と高潮区間・津波遡上区間を設定して堤防で対応する場合とに分けられる。

河口部は、河川と海との両方からの作用が働く場所であり、河川の流れ、潮汐流、波浪、流砂、漂砂等の影響を受け、水理現象や土砂移動が非常に複雑となる。また、汽水域としての特徴、干潟としての特徴など、自然環境としても特徴を持った河川環境を有している。

このため、河口部の計画に当たっては、適切な調査を行い、河川側と海側の両方の条件を総合的に勘案し、河口砂州や河床の変動等に伴う利水や舟航等への影響や維持管理等に留意しながら、現地の自然環境とも調和した計画となるよう検討を行うことが重要である。

<標準>

河口部の計画に当たっては、河川及び海の両方の条件を十分考慮し、以下の事項に留意した上で、平面形、縦横断形、河口部における課題への対応方法等を慎重に決定することを基本とする。

- 1) 目標とする河道配分流量を安全に流下できるものであること
- 2) 高潮対策・津波対策を考慮する必要がある場合には、施設設計の対象とする高潮・津波に十分対応できるものであること
- 3) 全体の河道計画の中で、機能的、経済的にバランスのとれたものであること
- 4) 河口あるいは海岸の自然のバランス（河川から海岸への土砂の供給等）を崩して2次的被害を発生させないこと
- 5) 長期間にわたって維持が容易であること
- 6) 河口付近の利水や舟航等に支障を与えないこと
- 7) 河川及び河口周辺海域の動植物の良好な生息・生育・繁殖環境、良好な景観、人と河川との豊かな触れ合い活動の場を損なわないこと

<推奨>

河口部における水理現象や土砂移動、改修工事等の効果・影響を把握することは技術的に難しい課題を有していることから、十分な現地調査や類似河川の状況、洪水時の河口部の実績水位ハイドロや周辺の観測潮位等のデータ収集による流況や河床変動の分析等を踏まえ、考慮すべき条件や現象を適切に設定し、必要に応じて水理模型実験や数値シミュレーションを用いて河口部の計画を検討することが望ましい。

また、河口部の環境特性に関する物理化学的あるいは生態学的な知見は必ずしも十分とは言い難いので、類似河川の状況や過去の経験なども踏まえて慎重に調査・検討を行うことが望ましい。

1. 7. 2 河口部における課題への対応方法の選定

<考え方>

河川によっては、河口に砂州が発達し、流水の自由な流下が阻害されることがある。河口

閉塞が生じることにより、以下のような障害が発生することがある。

- 1) 河口付近の水深とみお筋が一定せず舟航が困難となる。
- 2) 河口港の場合は、港内水深が浅くなり着船不良などの障害が起こる。
- 3) 洪水の疎通が阻害される。
- 4) 河口付近の背後地に排水不良が起こる。

また、河口閉塞が生じていない河川においても、塩水の遡上や潮汐の影響による水位低下等により、河口付近の利水や舟航等に支障が生じることがある。

このような河口部における課題に対しては、導流堤、水門等の施設の設置や砂州の開削等により対応する機会が多いが、河口部は、海岸及び河川で生起する種々の現象が同時に、あるいは別々に作用し合って非常に複雑である。

河口部における課題への対応方法の選定に当たっては、施設の設置や砂州の開削等が河口に及ぼす影響について十分な検討を行い、河川と海の両方の影響を受けて河口部に成り立っている自然のバランスを大きく損なうことのないよう塩性湿地、干潟、汽水域等の重要性、沿岸漂砂や塩水遡上への影響等に十分な配慮が必要である。

<標準>

河口部における課題への主な対応方法としては、導流堤、水門、暗渠、砂州の開削等があり、その選定に当たっては、流量の変化等河川の特性、漂砂や潮流等河口部付近の海の特性、河口部の自然環境、経済性、長期間にわたる維持等を考慮して決定することを基本とする。

1. 7. 3 河口部における課題への主な対応方法

(1) 導流堤

<考え方>

導流堤は、河口砂州部の漂砂と河道内の流れを制御することにより河口閉塞を防止・抑制する施設である。配置に当たっては、当該河口部における河川の流れ・流砂と沿岸の波浪・漂砂のメカニズムを踏まえて、設置目的が達成できるよう検討することが重要である。長さや配置等により、設置後の地形変化が異なるので、導流堤の計画に当たっては、その機能と河口部及びその周辺に与える影響を考慮する必要がある。

<標準>

導流堤は、河口位置の固定、みお筋の安定化、河口水深の維持、洪水時及び平水時の水位の低下などを目的に設置する施設であり、その配置を計画するに当たっては、その目的に応じた機能が十分発揮できるよう、また周辺海岸への影響を極力小さくするよう、長さ、間隔、方向、高さ、幅、構造等の検討を行うことを基本とする。

<例示>

導流堤の長さ、間隔、方向、高さ、幅、構造は、設置の目的、河口規模によって異なるが、一般に次のようなことがいえる。

1) 導流堤の長さ

河口位置を偏流させず、河道幅のなかに開口位置を固定させたいときは、汀線位置の季節的変動を見極めた上で、干潮時汀線より多少海側まで導流堤を河道幅の間隔で両側に2本出す必要がある。片側1本の場合は、ある程度海中にまで出せば沿岸漂砂の卓越方向の上手側、下手側のどちら側に設置しても導流堤沿いに川筋が固定する。

河口部の水深をある程度の深さ以上にかつ開口幅を維持したい場合は、2本の導流堤をあ

る程度の深さの所まで突出させる必要がある。なお、全国の一級河川の導流堤の先端部の水深とそこの河床変動を調べた結果では、外海に面している河川の場合、導流堤の先端水深が4~5mあればその水深をほぼ維持することができ、2~3mでは浅くなることがあり、1m以下では砂州が発生している。

導流堤の基部は、原則として堤防、護岸などの構造物がある場合にはこれに接着させ、天然海岸、中導流堤の場合は、荒天時に波が基部の背後に回り込まない位置まで河道側に延ばす必要がある。

2) 導流堤の間隔

河口閉塞を防止する上で、導流堤の間隔は狭い方が河川の掃流力の増大を図ることになり、これによるフラッシュ効果は大きくなる。しかし、洪水疎通の面からは、導流堤間隔が狭いと河口部の水位上昇の原因となり、河道計画上問題が生じる場合もあるので、河口水位の変化、導流堤間隔と導流堤間の河床高の関係の検討結果に基づいて河口幅を決める必要がある。

3) 導流堤の方向

汀線に対して導流堤の方向を大きく傾けると、導流堤で反射した波によって汀線の後退等を生じることがある。さらに、流砂量の多い河川では流出土砂を一方向だけに補給することになり、河口付近の海浜の土砂収支を変えてしまうので、このような場合には十分な対策が必要となる。また、導流堤を急激に曲げると、洪水時に主流が突き当たり、深掘れの問題が生じる。このようなことから、導流堤の方向は、汀線に対して直角とすることが一般的であり、沖合において緩やかに曲げたり、多少の角度を付ける場合もある。

4) 導流堤の高さ

導流堤の高さは、砂州部では波が導流堤の天端を乗り越えて河道内に砂が持ち込まれないように、最高砂州高より1m以上の高さにする必要がある。飛砂の多いところではその対策も考えておく必要がある。海側の導流堤先端部の高さは、高波浪時の越波は許容されるが、一般には朔望平均満潮位より約2m以上の高さとしている例が多い。

5) 導流堤の幅と構造

導流堤の幅は、導流堤の構造によって決まるものであり、波と河川流(洪水流)に対して破壊されないだけの十分な構造とし、必要に応じて根固め、消波工を設ける。なお、導流堤の構造は、不透過にした方が河口位置を固定しやすく、また漂砂を阻止することができ効果的である。ただし、透過性のある導流堤でも幅を広くし、空隙を小さくすれば不透過と同様の効果を得ることができる。

(2) 水門

<考え方>

水門は、導流堤の設置、砂州の開削、河道掘削と組み合わせて、塩水遡上や波浪・高潮・津波の侵入あるいは潮汐の影響による水位低下への対策として設置する場合が多く、暗渠放流口に閉塞する土砂を上流に水をためてフラッシュ放流するために設置する場合もある。土砂埋塞による操作への支障、過大な波力の作用、砂礫衝突による劣化等の影響を受けにくくなるよう、汀線変化の激しい海浜に設置する場合は、設置位置を十分に検討する必要がある。

計画規模の小さい河川では、河口のやや上流部に水門とポンプを設け、ポンプ排水と併用している例が多い。

<標準>

水門は、塩水・波浪・高潮及び津波の侵入防止、上流の水位維持、暗渠閉塞土砂のフラッ

シュ放流等を目的に設置するものであり、目標とする河道配分流量の疎通に支障を与えないように、設置目的に応じて設置位置等の検討を行うことを基本とする。

(3) 暗渠

<考え方>

暗渠は、流量規模の小さい河川において河口部が標高の高い砂丘・海浜にあり、掘削してすぐに河口や河道が閉塞することなどにより、開水路で河道を維持することが困難な場所に用いられることが多い。また、暗渠とすることにより海浜を分断しないので、利用への影響を軽減できる。

上流端に水門を設け、暗渠内に土砂が堆積した場合のフラッシュ効果を高めたり、砂州高を低く抑えるために河口周辺に到達する波浪を低減させる離岸堤を設け、その背後に暗渠を設置するなど、他の河川構造物との併用による対策が効果的である。

暗渠先端部は、作用する波力が大きく、波により著しく洗掘されるので十分な対策が必要となる。特に急勾配の砂礫海岸に暗渠を伸ばすと、漂砂下手側へ侵食が及ぶことから、計画時においてはこの点についても十分検討することが必要となる。

<標準>

暗渠は、河口砂州の部分を貫通させ、河川水を海に流出させることを目的に設置する施設であり、その機能が十分得られるよう、設置方向、長さ等の検討を行うことを基本とする。

<例示>

暗渠の設置方向、長さについては、一般に次のようなことがいえる。

1) 暗渠の設置方向

暗渠本体の設置方向は、海岸の汀線に直角とした方が長さが短く経済的であり、特殊な条件の場合以外は汀線に直角とすることが一般的である。暗渠先端の開口部は、波が直接暗渠内に侵入しないように曲がりをつけ、開口部の方向は、沿岸漂砂が卓越している海岸では漂砂の下手側方向へ向けることが一般的である。波の入射方向の変動に伴って沿岸漂砂が変動する場合は、暗渠を2連あるいは4連とし、開口部を両方向としておくとよい。

2) 暗渠の長さ

暗渠の上流端は、海浜部の上流側とし、波のうちあげによる影響を受けない位置とすることが一般的である。暗渠敷高は、高い方が暗渠内の堆砂防止に有利である。

暗渠の先端は、汀線変動を把握し、開口部が埋没しない位置とする必要がある。なお、砂州部上流河道の河床高が低く、暗渠敷高を高くできない場合は、先端部が海床高より高い位置となる海中まで延ばす必要がある。このとき洪水時の河川水位と潮位との差が大きくないと、暗渠内に堆砂した場合フラッシュされないおそれがあるので注意を要する。

(4) 砂州の開削

<考え方>

一般的に、河口砂州は、洪水によりフラッシュした後、波浪の作用による左右岸の海岸からの沿岸漂砂、沖側の河口テラスからの岸沖漂砂、あるいはその両方により再形成される。砂州の開削により、河口閉塞の対策を行う方法としては、河口を大規模に掘削して水深と川幅を維持する方法と河口砂州の一部を開削し、洪水時の砂州のフラッシュを容易に進行させ、河口水位の上昇を防止する方法がある。どちらの方法が良いかは、対象とする河口の河口砂州の形成要因を分析して決める必要がある。

河口を大規模に掘削して河積を維持する方法は、内湾などで波の作用が比較的小さく、掘削後の漂砂による再堆積が少ない場合に適している。外洋に面して波の作用が強く、漂砂による河床上昇が生じる河口では、導流堤との併用が必要である。また、大規模な掘削は、周辺の海岸侵食の原因となる場合があるので、その場合掘削土砂を侵食海岸に供給するなどの対策が必要となる。

河口砂州のフラッシュを容易にするための開削は、河口砂州の一部または全部の砂州頂高を自然状態より低くし、洪水初期に砂州をフラッシュさせようとするものである。ただし、太平洋岸で台風が接近してくる場合のように、洪水前に周期の長い高波が来襲すると、河口砂州を遡上・降下する波によって沿岸・岸沖方向の漂砂が発生し、砂州開削部が均されてしまう場合があることに留意が必要である。

なお、河口の大規模掘削や河口砂州の一部開削を計画する場合は、砂州開削部や掘削河道をどの程度維持できるかを確認することが重要である。

<標準>

砂州の開削は、河口の水深と川幅を維持することや、洪水時の砂州のフラッシュを容易に進行させ河口水位の上昇を防止することを目的に実施するものである。
砂州の開削に当たっては、開削部の長期的な維持や周辺の自然環境への影響を十分検討することを基本とする。

1. 8 河道計画と維持管理

1. 8. 1 維持管理を見据えた河道計画の検討

<考え方>

河川管理においては、調査、計画、設計、施工、維持管理の各プロセスにおける検討結果や留意点等を次のプロセスに適切に引き継ぎ、反映させることが重要である。

河道は、出水や日常的な流水の作用による河床変動、樹木の成長や樹木群落の範囲拡大等により様々に変化するものであり、河道の整備後の様々な変状に対しては、維持管理により対応することとなる。そのため、河道計画の検討に当たっては、その後の設計や施工だけではなく、維持管理も見据えながら検討を行い、現況河道の課題を踏まえて、顕著な河床変動や樹林化の進行等が生じにくく、維持管理しやすい河道となるように計画することが重要である。また、河道の平面形や縦横断形の設定と河道の制御施設の配置には相互作用があること、上流から供給される土砂の量や質が河床変動に影響を与えることに留意する必要がある。

<標準>

河道の平面形、縦横断形、河道の制御施設の構造や配置等の検討に当たっては、長期的視点で維持管理に要するコストにも配慮し、以下に留意することを基本とする。

- 1) 土砂の堆積や樹林化による流下能力の低下が生じにくい河道とすること
- 2) 河床低下による河川管理施設の基礎の洗掘等、河川管理施設の安定性の低下が生じにくい河道とすること
- 3) 河岸侵食による堤防の安全性の低下が生じにくい河道とすること

<推奨>

維持管理しやすい河道計画とするため、改修後の河道について、河道形状や植生分布の変化を予測することが望ましい。その際、目標とする治水・利水・環境機能を維持するために必要となる維持管理対策の内容を設定し、その労力（頻度・コスト等）を試算することで維

持管理の容易さを確認するとよい。なお、試算に当たっては、上流から供給される土砂の量や質を数通り変化させ、河床変動に与える影響を確認することが望ましい。予測の結果、顕著な河床変動、樹林化の進行、維持管理コストの増大等が懸念される場合には、河道の平面形、縦横断面形、河道の制御施設の構造や配置等を見直すものとする。

<例 示>

河道形状や植生分布の変化を予測するためには、以下の方法がある。

- 1) 水位、摩擦速度、掃流力等の各種水理量の縦断分布による河床高の変化傾向の予測、横断面内のかく乱頻度の変化による植生の変化傾向の予測
- 2) 植生の拡大や流失を表現することが可能な河床変動計算による河床高や植生分布の変化予測
- 3) 過去に実施された河川整備、維持管理対策に対する河道の応答特性に基づく河床形状及び植生分布の変化傾向の予測

1. 8. 2 河道の変動特性の維持管理への反映

<考え方>

本節の1.8.1の検討によって、顕著な河床変動や樹林化の進行等が生じにくい河道を計画し、それに基づいて設計・施工された場合においても、出水や日常的な作用を受け、維持管理が必要となる。そこで、河川の巡視、点検による状態把握、維持管理対策を効果的かつ効率的に実施し、河道の治水・利水・環境機能を長期にわたって維持するため、河道の変動特性等を踏まえた維持管理上の留意点を河川維持管理計画に反映することが重要である。

<標準>

河道計画の検討により明らかとなった維持管理上の留意点を河川維持管理計画に反映することを基本とする。

<推奨>

維持管理上の留意点としては、以下の事項が考えられる。留意する事項と区間を明らかにして、河川維持管理計画に具体的に記載することが望ましい。

- 1) 土砂の堆積による流下能力の低下
- 2) 河床低下や局所洗掘による護岸等の河川管理施設の不安定化
- 3) 再樹林化による流下能力の低下
- 4) 砂州の発達に伴う偏流の発達による側方侵食の発生 等

1. 8. 3 維持管理を踏まえた河道計画の見直し

<考え方>

河川維持管理計画に基づく維持管理によっては、目標とする治水機能等を維持できない場合や、維持管理に多大なコストを要する場合には、河道の状態把握結果や分析結果等に基づいて河道計画を再検討することが重要である。

<標準>

河道の状況や維持管理の状況を適切に把握・評価し、その結果も踏まえて、適宜、河道計画の点検を行い、必要に応じて見直すことを基本とする。

<推 奨>

河道の変化を把握し、出水の発生状況を時系列に整理した上で、河道の変化が生じた時の出水の特徴を整理するなどして、河道の変化要因を分析する。こうした分析結果を踏まえ、必要に応じて河道計画の見直しを行う。

なお、河道の状態把握の結果を分析・評価するに当たっては、個々の施設や被災箇所周辺の河道に限定せず、施設周辺の河道の変化、上下流区間の河道の変化についても合わせて確認することが望ましい。具体的には、施設周辺の河床が洗掘されることで施設に被害が生じたり、堰等の河川横断構造物の撤去に伴い上流区間の河床が低下し護岸等に被害が生じたりすることがある。一連区間で生じた個々の変化要因を分析することに加え、各種の変状が相互に関連する可能性があることを念頭に置くことで、河道の変化要因をより適切に評価することが可能となる。

第2節 捷水路及び放水路

2.1 捷水路及び放水路の計画

<考え方>

捷水路(あるいはショート・カット)とは、著しく屈曲した河道を、新川の整備により短絡する水路をいう。

放水路(あるいは分水路)とは、洪水の一部又は全部を河川の途中から分岐して、直接海、ほかの河川あるいは元の本川等に放流する水路をいう。

大河川において、激しい蛇行・屈曲区間が数多く存在していた頃、大規模な捷水路工事が数多く実施された。しかし、現在では、大河川の主要な区間については、改修工事の進捗の結果、河川の平面形状がほぼ固定されてきたので、大規模な捷水路工事はほとんど見受けられない。一方、中小河川の改修工事においては、著しく屈曲した河道に対して、比較的最近まで数多くの捷水路工事が実施されている。また、放水路計画において地形上あるいは土地利用上の制約等から、やむを得ずトンネル構造による河川が計画されることが特に大都市部ではまれではない。

このほか、支川の合流処理方法として、本川の背水の影響を軽減させるために合流点を付け替える場合や、支川の山地流域からの洪水流量をできるだけ短絡させ処理するために合流点を付け替える場合があり、この場合も新川の整備が行われる。

<標 準>

捷水路及び放水路などの新川の設定に当たっては、洪水の安全な流下を図るとともに、新川及び周辺の環境、現在及び将来の社会環境、周辺の地下水位、地下水の水質、用排水路系統、堤内地の内水対策、新川の整備後の河道の維持管理等を考慮するとともに、放流先水域の環境への影響や分流元河川の環境への影響についても検討し、適切な計画を策定するものとする。

<推 奨>

- 1) 捷水路では、河道延長が短縮するので従来より河床勾配が急になる。したがって、湾曲している現状で河床が安定している河川においては、その安定を崩すことになる。例えば、上流部で流速が増加することにより、洗掘が生じて構造物を危険にし、下流部では堆積を起こして水位上昇を招くことなどが考えられる。

したがって、捷水路を計画する場合、捷水路区間のみではなく、その上流側及び下流側の相当の区間について、河床勾配、河道の法線、横断形の改良を同時に計画するものとする。このため、上下流を含む区間における河道の形状、河床勾配、構造物、河床材料、流

況等、河床変動に関する基礎調査を行い、計画された新しい河道による河床変動の予測を行い新河道の修正と予測計算を繰り返して最適な計画を見出す必要がある。

- 2) 放水路の計画に当たっては、洪水の安全な流下を図るとともに、周辺環境、社会環境、地下水位、地下水の水質、用排水路系統、内水対策、土砂堆積、河道維持等を考慮し、放流先水域の環境への影響や分流元河川への影響、経済性についても十分検討するものとする。また、放水路区間のみではなく、分流点上下流の相当の区間について、河床勾配、河道の法線、横断形、構造物の改良等を同時に計画するものとする。
 - a) 分流方式は、自然分流によるのか、固定堰あるいは水門などの構造物によるのかを決定し、構造物を設置する場合は、本川側に設置するのか、放水路側に設置するのか、あるいは両側に必要なのかを決める。
 - b) 縦断形については、捷水路の場合と同じく、一般に放水路区間はその上下流より急勾配となり、また、河床材料が著しく異なることから通水による河床変動が大きくなる場合が多く、洪水エネルギーの減殺方法を十分検討するとともに、橋梁、護岸等の根入れを深くするなど、構造物の安全対策を慎重に検討すべきである。
 - c) 放水路への分流の影響により、分流点上流で水面勾配が大きく変化することで河床洗掘が生じ、分流点前面や放水路区間では、放水路への分流により土砂の流送能力が低下することで土砂堆積が生じることなどが考えられる。このため、分流点近傍及び本川の分流点上下流区間の水位・流速や河床の変化等について、水理解析や河床変動解析により事前に検討することが望ましい。
 - d) 放水路による分流により、本川河口及び周辺海岸への供給土砂が減少すると想定される場合、本川河口及び周辺海岸の侵食を招くおそれがあるので留意する。
 - e) 高水分流を目的とした放水路では、本川の水利用に支障を与えないように低水分流は行わないのが通例ではあるが、豊水時の浄化用水導入など非洪水時の河川機能についても検討すべきである。
- 3) 捷水路、放水路等の新川を開削する場合には堤内地の内水対策について十分に配慮して新たな内水問題が起こらないように努める必要がある。このため、特に沿川流域の排水路系統を十分に把握しておかなければならない。

築堤区間については内水対策について検討して現状の排水機能を損なわないように努めるものとする。また、上下流の河道の条件が可能ならばできるだけ掘込河道となるように河道を設定すべきである。この場合新川の沿川流域からの流出も計画高水流量に算入するものとする。

なお、地下水位や地下水質への影響についてもあらかじめ十分調査し、著しい障害が生じないよう配慮する必要がある。

2. 2 トンネル構造による河川

2. 2. 1 計画の基本

<考え方>

トンネル構造による河川とは、河川流量の一部または全量を流下、もしくは河川流量を低減させる目的で設置されるトンネル構造の河川である。

トンネル構造による河川は、洪水時における流下物などによる断面の閉塞など、河道維持の上では通常の河川に比べて課題が多い。さらには、人為操作が加わる場合もあるなど管理面での課題も挙げられる。このため、河道計画において捷水路や放水路を計画する場合には、できるだけトンネル構造による河川としないことが望まれる。しかしながら、現状の河川の下流部が都市化していて十分な河道拡幅が不可能であり、分水路も家屋密集地帯を通さなければならぬか、地形上開水路の選定が不可能である場合には、河道拡幅等に伴う都市機能

等への影響の大きさ、治水事業の緊急性、河川環境の向上、施工性、経済性等に十分配慮した上で代替案との比較のなかで検討しなければならない。

トンネル構造による河川を導入したことによって、何らかの事態でトンネル構造による河川が使用不能になった場合においても、現状より不利になることがないよう、特にやむを得ない場合を除き現状河道は確保するものとする。現状の河道を確保することの意義は、都市域における貴重な水辺空間を保持する観点からも重要である。都市域における河川は、他の都市的土地利用と比較すると、その規模と連続性において極めて優れ、かつ多様な環境機能に富んだ空間を形成している。したがって、トンネル構造による河川の導入により、土地の高度利用の名目から現状河道を安易に廃止、縮小することは決して好ましいものではない。

<標準>

トンネル構造による河川は、地形の状況、そのほか特別の理由によりやむを得ない場合に限り設けるものとし、ルートは、地形・地質条件、地上の利用条件、地下埋設物等の調査を行って決定するものとする。なお、線形は著しい屈曲を避けるよう定めるものとする。

また、特にやむを得ない場合を除き現状河道は確保するものとする。

<推奨>

代替案との比較検討の結果、トンネル構造による河川を整備することとなった場合、その完成には通常長期間を要するので、施工分割ごとに暫定的な運用を行い、事業の効果を早期に発揮させるため、施工の分割と施工性、工程、他の治水対策の整備状況との関連等を十分に検討し、貯留施設として部分的に運用を開始するなど、最も効果的な段階整備計画を立案することが望ましい。

2.2.2 断面及び縦断勾配

<標準>

トンネルの断面は、設計流量の流下に必要な断面積のほかに、原則として十分な空面積を確保するものとする。

さらに、トンネルの縦断勾配は、洪水処理機能の確保、水理的な安定性、維持管理上の観点から適切な勾配を決めるものとする。

<推奨>

1) 断面

開水路方式のトンネルの場合は、流木、浮遊ゴミ等の流下による疎通障害や高速水流が流れると空気圧が低下する。このため、十分空気が補給でき、空気流の流下ができるように設計流量の流下に必要な断面積の15%程度を下回らない値を標準として空面積を確保する必要がある。

圧力管方式のトンネルについては、流下能力、空気混入量、負圧の発生状況、止水性、サージ現象及び覆工計画等を考慮して断面形を設定するものとし、維持管理の状況に応じてインバートを設ける。圧力管方式の場合については、混入空気の状態を模型実験などにより十分把握するとともに、必要に応じて、土砂、流木、浮遊ゴミなどの地先の特性を考慮した適切な断面割増を行うものとする。さらに、空気混入を極力減ずるための呑口部や流入部の形状、管内からの空気抜き等の対策工を施す必要がある。

2) 縦断勾配

トンネル本体の縦断勾配が適当でない場合には、緩勾配の区間で堆積の生じるおそれがある。

る。したがって、全区間にわたり掃流力のバランスを考慮して縦断勾配を設定する必要がある。

圧力管方式のトンネル内の流速は、水路勾配に無関係で、動水勾配に関係するため、縦断勾配は維持管理面から決定される要素が強い。

圧力管方式の運用において、洪水後のトンネル内残留水の排水を下流端ポンプ場より行う場合は、下流側を低くした勾配とすることが望ましい。

第3節 貯水池（ダム）

3. 1 洪水調節計画

3. 1. 1 ダムの計画高水流量

<考え方>

ダムの計画高水流量は、ダムの洪水調節計画の基本量であり、ダムごとに決めるものとする。この場合、下流の計画基準点の基本高水に対するダムの効果、ダム地点直下の河道に対するダムの効果、水系全体の洪水調節施設計画との均衡等を総合的に検討する必要がある。

<必須>

ダムの計画高水流量は、下流の計画基準点の基本高水に対するダムの効果、ダム地点直下の河道に対するダムの効果、水系全体の洪水調節施設計画との均衡等を総合的に検討するため、計画編 第1章 第2節 2.7 基本高水の決定 で決定された基本高水に対応するダム地点のハイドログラフ、及びダム地点を計画基準点としている場合はダム地点におけるハイドログラフのピーク流量、洪水調節容量について検討し、合理的に決定するものとする。

<標準>

具体的にダムの計画高水流量を決定するには、

- 1) 基本高水決定に用いたハイドログラフ群に対応するダム地点のハイドログラフのピーク流量が最大となるハイドログラフ及び洪水調節容量が最大となるハイドログラフ
- 2) ダム流域の対象降雨より求められるダム地点のハイドログラフ群のピーク流量が最大となるハイドログラフ及び洪水調節容量が最大となるハイドログラフを検討し、ピーク流量の最も大きいもので決定することを標準とする。

3. 1. 2 洪水調節方式

<考え方>

ダムによる洪水調節方式は、河川の状況、洪水流出の水文学的特性、貯水容量、放流設備、調節の目的、調節効率、操作の確実性、維持管理の容易性、ダム地点直下を含めた下流部の河道の流下能力などに応じて最も確実かつ効果的な方式を採用することが重要である。

また、既にダムが運用されている水系にダムを新設する場合や、既に複数のダムが運用されている水系では、既設ダムの運用変更も含め、ダム群全体の運用が最適なものとなるよう検討することが重要である。

<標準>

ダムによる洪水調節方式は、下流計画基準点に対し目標とする洪水調節効果を確実に挙げる方式の中から、洪水流出の特性、調節効率、操作の確実性、維持管理の容易性、既設ダムを含むダム群全体の運用の最適化等を考慮して決定することを標準とする。

<例 示>

ダムによる洪水調節の方式には、以下のものがある。

1) 一定率一定量放流方式

洪水調節開始流量以上の流入量に対し、ピーク流量に達する流量までは流入量の一定割合を、ピーク流量に達した流量以降は一定量を放流する調節方式で、一般に、ダム下流の洪水量が下流計画基準点の洪水量の大部分を占めるような河川等に適する。なお、中小洪水にも大きな調節効果が期待できるため、河道の整備が余り進んでいない河川等で採用されることもある。

2) 一定量放流方式

洪水波形等にかかわらず一定量の放流を行う、いわゆるピークカット方式であって、一般に大規模洪水に対して高い調節効果を発揮できるが、中小洪水には相対的に調節効果は小さい。

3) 自然調節方式

洪水調節ゲートを有さないか、若しくはゲートはあっても一定開度保持等により調節操作を行わない方式であり、必要な洪水調節容量は大きいですが、人為的な操作がなく管理が容易なため、一般に、流出の速い小流域のダムを中心に用いられている。小流域のダム（おおむね20 km²以下）や洪水調節容量の小さいダム（おおむね相当雨量^{*}50mm以下）では、ゲート操作の繁雑さを避けるため、自然調節方式とすることが望ましい。また、相当雨量100mm以下のダムでは自然調節方式を検討することが望ましい。

4) 不定率調節方式

下流域からの流出との間に時間差があり、洪水の前半部あるいは後半部において特に調節を要する場合や最大流量付近を特に貯留する必要のある場合に採用される方式であり、洪水波形によっては効率の良い方式であるが、洪水波形を精度良く予測する必要がある。

また、既設ダムの治水、利水の容量の再配分や運用の見直しにより、それ以前の運用よりも大きな効果が見込める場合もある。このため、既にダムが整備され運用されている水系にダムを新設する場合や、既に複数のダムが運用されている水系では、既設ダムの運用を変更（そのための施設改良を含む）することも含め、洪水調節などダム群全体の効果が最適なものとなるよう検討することが重要である。

^{*}洪水調節容量/流域面積をmm単位で表したもの

3. 1. 3 洪水調節容量

<考え方>

洪水調節容量は、洪水時にダムによって一時的に貯留することとした容量であり、計画で対象とする規模の洪水に対して洪水調節に必要な容量として、平常時最高貯水位または洪水貯留準備水位から洪水時最高水位までの間で確保するものである。

この場合、洪水調節容量には、流入洪水の予測に関する不確実性、現実の洪水調節操作における制約、貯水池内への堆砂による影響等の様々な要因も考慮して余裕を見込むものとする。

<必須>

洪水調節容量は、洪水調節計画で対象とするハイドログラフ及び調節方式から設定し、余裕を見込むものとする。

<標準>

具体的に貯水池の洪水調節容量を決定するには、基本高水の決定に用いたハイドログラフ群に対応するダム地点のハイドログラフ及びダム流域の対象降雨より求められるダム地点のハイドログラフ群について洪水調節計算を行い、必要とされる調節容量の最も大きいものに原則として2割程度の余裕を見込んで決定することを標準とする。

<推奨>

限られた貯水容量をより効率的に活用する観点から、必要に応じて、洪水の発生が予想された時点であらかじめ放流を行うことで、貯水位を下げ洪水調節容量を確保することを検討する。その方式の採用や運用にあたっては、操作の確実性、下流河道への影響等に対する十分な検討が必要である。

3.2 そのほかの計画

3.2.1 流入土砂対策に関する計画

<考え方>

ダムの所期の目的を損なうことなく、貯水池から土砂を排出し、適正に下流へ土砂を流すための対策を検討することは、総合的な土砂管理を進める上で重要である。

<標準>

貯水池の機能保持、総合的な土砂管理及び河川環境等の整備と保全を図るため、必要に応じて流入土砂対策に関する計画を策定することを標準とする。

<推奨>

流入土砂対策に関する計画は、ダム地点上流域の砂防計画と調整を図りつつ、土砂の発生抑制（貯水池周辺等の斜面对策等）、貯水池への流入の抑制・通過（貯砂ダム、排砂バイパス、排砂ゲート等）、貯水池からの土砂の排出（浚渫・掘削、排砂管・排砂ゲート等）といった各種対策の組み合わせにより、ライフサイクルコストや河川環境への影響等を考慮して策定することが望ましい。

3.2.2 貯水池周辺の地すべり防止計画

<考え方>

貯水池の機能を保持するとともに貯水池周辺の安全性を確保するため、ダムの運用に起因する地すべりの防止を図る必要がある。

<標準>

貯水池内又は貯水池に近接する土地において、ダムの運用に起因する地すべりを防止するため、貯水池周辺の地すべり調査を実施した上で、必要がある場合には、地すべり防止工を計画することを標準とする。ただし、ダム再生として、堤体のかさ上げを伴わず、貯水池の運用変更のみを実施する場合は、既設ダムにおける貯水位の変動実績等に基づき、運用変更後における貯水池周辺斜面の安定性を確認することを標準とする。

3. 2. 3 貯水池周辺の漏水防止計画

<考え方>

貯水池の機能を保持するため、流水の貯留に起因するダム貯水池周辺への漏水の防止を図る必要がある。

<標準>

貯水池に近接する土地において、流水の貯留に起因する貯水池からの漏水に対し、貯水池の機能を保持することを目的として、貯水池周辺の地質調査を実施した上で、必要に応じて貯水池周辺の漏水防止工を計画することを標準とする。ただし、ダム再生として、堤体のかさ上げを伴わず、貯水池の運用変更のみを実施する場合は、既設ダムにおける貯水位の変動実績等に基づき、運用変更後における貯水池周辺の遮水性を確認することを標準とする。

3. 2. 4 管理用水力発電計画

<考え方>

ダム管理の合理化やダムの包蔵する水力エネルギーの適正利用に向けた取り組みが重要である。

<標準>

ダム管理の合理化及びダムの包蔵する水力エネルギーの適正利用を図ることを目的として、管理用水力発電施設の設置を検討することを標準とする。

3. 2. 5 環境に関する検討事項

<考え方>

ダムを計画するに当たっては、環境への影響を十分に考慮する必要がある。

<必須>

ダムを計画するに当たっては、水・土壌等の環境、動植物の良好な生息・生育・繁殖環境、人と河川との豊かな触れ合い、環境への負荷の視点から環境への影響を十分に考慮するものとする。

特に、ダム建設後の流況の変化等による下流河川の環境への影響等を十分勘案するものとする。

また、流域の自然環境及び社会環境を踏まえ、環境への影響を極力、回避・低減するとともに、新たな環境の創出についても考慮するものとする。

<標準>

1) ダムを計画するに当たり、以下に示す事項について留意することを標準とする。

a) 水・土壌等の環境の保全

ダムを計画するに当たっては、水・土壌等への影響が考えられるため、以下の事項を勘案することを標準とする。

・ 水環境(土砂による水の濁り、水温、富栄養化、溶存酸素量、水素イオン濃度)の指標で示される水質の変化

・ 地形・地質、地盤及び土壌等の改変並びに地下水の変化

b) 動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全

ダムを計画するに当たっては、動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全の視点から、以

下の事項を勘案することを標準とする。

動物	重要な種の繁殖地等の主要な生息地の改変 重要な種の移動経路の分断 注目すべき生息地の改変 重要な種及び注目すべき生息地の生息環境の変化(改変部付近の環境の変化、ダム下流河川の河床構成材料、流況、水質の変化)
植物	重要な種及び群落の生育地の改変 重要な種及び群落の生育環境の変化(改変部付近の環境の変化、ダム下流河川の河床構成材料、流況、水質の変化)
生態系	上位性の注目種に対する改変及び変化 繁殖地等の生息地の改変 移動経路の分断 生息・生育・繁殖環境の変化(ダム下流河川の河床構成材料、流況、水質の変化) 典型性の注目種に対する改変及び変化 生息・生育・繁殖環境の改変 生息・生育・繁殖環境の変化(貯水池の出現、貯水池内の堆砂による生息・生育・繁殖環境の変化、ダム下流河川の河床構成材料、流況、水質の変化) 特殊性の注目種に対する改変及び変化 生息・生育・繁殖環境の改変 生息・生育・繁殖環境の変化(地下水位の変化、改変部付近の環境の変化、ダム下流河川の河床構成材料、流況、水質の変化) 移動性の注目種に対する改変及び変化 移動経路の分断

c) 人と河川との豊かな触れ合いの場の維持

① 良好な景観の維持

ダムを計画するに当たっては、良好な景観の維持の視点から、以下の事項を勘案することを標準とする。

- ・ 主要な眺望点及び景観資源の改変の程度
- ・ 主要な眺望景観の変化
- ・ 地形及び地質、文化財への配慮

② 触れ合い活動の場の維持

ダムを計画するに当たっては、触れ合い活動の場の確保の視点から、以下の事項を勘案することを標準とする。

- ・ 触れ合い活動の場及び自然資源の改変の程度(消滅・縮小)
- ・ 触れ合い活動の場の利用性の変化
- ・ 触れ合い活動の場の快適性の変化

d) 環境への負荷の量

ダムを計画するに当たっては、環境への負荷の量の程度を踏まえ、以下の事項を勘案することを標準とする。

- ・ 建設副産物(廃棄物、再生資源)の量

2) ダム下流の河川に対する必要な流量の確保や流況の変化等は、ダム計画の基本となる部分であるため、計画段階から十分勘案しておくことを標準とする。

- ・ 流況の変化による河床構成材料の変化(アーマー化)

- ・冠水頻度の変化
- ・親水区域
- ・回遊魚等の遡上・降下
- ・河川水位の変化による地下水の変化

3) 環境の保全という視点だけでなく、新たな環境の創出という視点が必要であり、計画段階で十分配慮することを標準とする。

- ・周辺環境と調和のとれた水源地整備
- ・ダム堤体の景観デザイン
- ・ダム堤体、原石山及び土捨場の出現による触れ合いの場の形成

第4節 遊水地等

4.1 計画の基本

<考え方>

遊水地等とは、平地部において、洪水の一部を貯留して下流のピーク流量を低減させるために設けられるもののほか、内水処理や支川処理の一環として設けられるものもある。

遊水地等の型式としては、自然の地形を利用し、周囲堤、圍繞堤(いぎょうてい)、越流堤などで囲む型式や土地を掘り込んで貯留機能を確保する型式、又は地下空間に貯留機能を確保する型式等がある。

遊水地等の土地の有効な利用を図るため、洪水処理以外の目的にも活用することも併せて検討しておくことが必要である。

<標準>

遊水地等の計画に当たっては、地形、土地利用の状況、地下水位、河川の状況、自然環境、流量調節条件、越流頻度、経済性、維持管理などを考慮するものとする。

<推奨>

一般に遊水地等は、遊水地として機能する頻度はごく限られていることに鑑み、土地の有効利用を図るため、遊水地等の多目的な利用について積極的に検討することが望ましい。

<愛知県補足>

愛知県では、洪水を一時的にためて、洪水の最大流量(ピーク流量)を減少させるために設けた区域を調節池と呼ぶ。

4.2 遊水地等の位置の選定

<考え方>

遊水地等は地形上、土地利用上の制約から位置を任意に選定することが困難な場合が多いが、洪水調節効果から考えると、治水計画上考えられている洪水防御の対象地域にできるだけ近いことが望ましい。しかし、下流域になればなるほど対象洪水のハイドログラフが扁平になるため、カット量に比較して大きな容量を必要とし、山間部の貯水池のように大きな水深がとれないので広大な面積を必要とする。また、下流の都市周辺地域では都市化の進行が著しく、用地の確保が難しくなっているため、目的とする洪水調節効果が発揮されるよう、これらを総合的に勘案して決定しなければならない。

<標準>

遊水地等は、洪水防御の対象地域に対する洪水調節効果が確実に貯水容量の確保が有利である地点に設けるものとする。

4.3 洪水調節計画

4.3.1 調節施設の計画

<標準>

遊水地等の調節施設は、調節の目的に応じた効果を確実に挙げるような十分な調節機能を有するように計画するものとする。

<推奨>

一般に、遊水地等はダム等の調節施設と異なり、河道からの横越流方式をとることが多い。この場合、調節施設の計画に考慮すべき事項は次のとおりである。

- ・ 越流堤の高さは、調節開始流量（4.3.2参照）に直接関係するもので、越流堤の長さ合わせて、調節後のハイドログラフの形を支配し、洪水調節の効果を左右することから、慎重に検討する必要がある。
- ・ 越流堤付近の河道計画に当たっては、河床変動や洪水時の流況を慎重に検討する必要がある。また、適正な洪水調節が行えるように、整備後の維持管理に留意する必要がある。
- ・ 河川の整備が進むと、水位と流量の関係が変化し、越流堤等からの越流量も影響を受けるため、河川整備計画の目標に応じた段階的な整備を考慮することが必要である。
- ・ 越流堤上下流における河道特性を踏まえた最適な洪水調節効果を得るための越流堤の配置、高さ及び長さの設定を行うには、河道と遊水地内の水の流れを一体として捉えた非定常平面二次元流解析等により、洪水流量の時間変化や遊水地への洪水流入量を算定し、調節効果の検討を行うことが望ましい。なお、解析手法に関しては、本手引き調査編を参考に適切な手法を用いるのがよい。

<例示>

計画規模の洪水を対象として完成した遊水地について、河川整備計画の目標に応じ、頻度の高い中規模洪水に対しても効果を発揮できるよう、起伏ゲート構造に改良した事例がある。

4.3.2 調節開始流量

<考え方>

調節開始流量とは、越流堤等から遊水地等への流入が始まる流量である。これを大きくとれば、すなわち越流堤を高くすれば計画規模の出水に対する調節効果は大きい。中小洪水に対しては調節効果を発揮しにくい。逆に小さくとれば、すなわち越流高を低くすると中小洪水に対しては十分な調節効果を有するが、計画規模の出水に対する調節効果が減少するが多い。このように調節の目的、洪水流出の特性、遊水地等の容量、河川改修に伴う越流堤前面の水位と流量の関係の変化等を考慮して、所期の効果を確実に挙げるよう調節開始流量を決定しなければならない。

<標準>

調節開始流量は、調節の目的、洪水流出の特性などを考慮して、所期の効果を確実に挙げるよう決定するものとする。

第5節 堰、水門、樋門

5.1 設置の基本

<考え方>

堰は、設置目的により分流堰、潮止堰、取水堰等に区分され、その構造により固定堰、可動堰に分類される。

水門・樋門は、河川又は水路を横断して設けられる施設であり、堤防の機能を有しているものをいう。

堰・水門・樋門(以下、「堰等」という。樋管を含む)の設置位置の選定に当たっては、それぞれの設置目的を十分に果たすように選定する必要があるが、特に堰については、設置によって河状に乱れを生じ、洪水時の流水の疎通に障害となるおそれがある。

堰の設置は、河道の縦断形を将来にわたって制御するものであるため、設置位置の検討にあたっては、流心が直線状で流速変化が少なく、流心が安定して流水による河床変動の少ない地点を選び、河道計画に整合するよう計画することが重要である。

堰は建設費を節減するため川幅の狭い箇所への設置が有利と考えられる向きもあるが、一般に、狭窄部は洪水時における流速が大きく、河積に影響を与える施設を配置すると洪水の流下を阻害するとともに、局所的に流速を助長し、河床洗掘を誘発するおそれがあるため、狭窄部での設置を避けるものとする。ただし、堰の設置によって洪水の流下が妨げられても、その上流部に治水上の支障を及ぼさない箇所は除くものとする。

堰等を計画するに当たっては、地域の自然環境、社会環境及びそれらの歴史的な経緯を踏まえ、治水・利水・環境について目指すべき方向性を総合的に勘案し、水・土壌等の環境、動植物の生息・生育・繁殖環境、景観、人と河川と触れ合い活動の場等への効果及び影響を検討し、最適な計画とする。

堰等構造物は、河川景観の中でシンボリックな役割を果たす場合があり、これら大規模な構造物等を中心とした拠点のデザインにあたっては、周辺景観との調和に配慮しつつ施設の特徴を活かした魅力的な河川景観の形成をはかることが大切である。

堰等の構造物が設置されたことにより、堤防の弱点となるおそれがあり、また、操作、維持管理の面を考慮しても、その数は極力少なくするのが望ましいので、可能な限り統合に努める必要がある。

堰等が長期にわたりその機能を発揮するためには、適切な点検・整備・補修ができるスペースの確保等が必要であり、施設配置計画段階から維持管理面に配慮することが重要である。

<標準>

堰等の設置位置は、河道計画やその設置目的に応じて選定し、治水・利水・環境面を総合的に勘案し、河道の湾曲部や河道断面の狭小な箇所、河状の不安定な箇所等はできるだけ避けるものとする。また、これらは極力統合に努め、設置箇所数を少なくするものとし、個々の施設配置計画にあたっては、点検・整備・補修スペースの確保等、維持管理面に配慮するものとする。

5.2 堰の湛水位

<考え方>

堰の位置及び堰の計画湛水位の設定に当たっては、地下水位の変化、堤内地の排水不良等の問題に十分に配慮する必要がある。地形の状況等によりやむを得ない場合には、堤内地盤又は高水敷等に盛土等による適切な措置を講じる必要がある。

<標準>

堰の計画湛水位は、原則として高水敷高より 50cm 以上低くするとともに、堤内地盤高以下とする。

ただし、盛土等適切な措置を講じた場合にはこの限りではない。

5.3 堰の魚道

<考え方>

魚道計画に当たっては、対象地点の流況、堰上下流の水位変動の範囲、対象魚類等ごとの遡上時期、経路、降下時期、堰からの取水・放流操作等を十分検討の上、対象魚類等が遡上・降下できるとともに、取水施設への迷入を低減できるよう対象流量、水位、配置等を設定する。

<標準>

堰の建設により遡上・降下する魚類等への影響が懸念される場合には、魚道を設置するものとする。

<推奨>

堰の設置による魚類等の生息環境への影響をできるだけ低減するため、遡上・降下する魚類等を対象に魚道を設置することが望ましい。対象魚類等は、水産資源からみて重要な魚種のみでなく、それ以外の魚類や甲殻類等についても併せて検討する。

第6節 流況調整河川計画

<考え方>

流況調整河川は、2 以上の河川を連絡することによって、洪水処理、河川相互の余剰流量を利用した維持流量の導水、新規利水の開発及び別途施設による開発水の導水等を行うものである。

流況調整河川とダム等の貯留施設とが関連を有する場合には、計画の策定に当たっては相互の補給関係を明確にし、開発水量が重複しないように注意する必要がある。

また、導水量を決める場合には、導水する元の河川の正常流量や水利用等に支障を与えないよう十分調査する必要がある。

<標準>

流況調整河川の計画策定に当たっては、新川及び周辺的环境、現在及び将来の社会環境、周辺の地下水位、地下水の水質、用排水路系統、堤内地の内水対策を考慮するとともに、導水先水域の環境への影響や導水元河川の環境への影響についても検討し、適切な計画を策定することを標準とする。

設計編

第1章 河川構造物の設計

第1節 総説

1.1 基本的考え方

<考え方>

本章は、河川管理施設等構造令（以下「構造令」という。）で定められる事項に加え、河川構造物を設計する場合の一般的かつ基本的な規定を示すものである。なお、その適用に当たっては、各項の規定するところに従い実状に即した適切な判断をするべきである。

<標準>

河川構造物は、河道並びに河川構造物の計画に基づき、目的と機能に適合し、構造物としての安全性を有すると共に、環境・景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計することを基本とする。

<推奨>

河川構造物の設計に当たっては、まずは施工対象となる河川の河道について、既往洪水での被災、砂利採取、土砂供給、河道や横断工作物の改修等に対する長期的な応答に関するデータを収集・分析することが望ましい。長期的な視点から改修とその後の洪水に対する河道の応答等を分析し、その効果や影響が河道の変化にどの様に顕れるかを検討した上で各構造物の設計に反映することで、治水と河川環境の調和、適切な河道管理に繋げることができる。

また、各構造物の設計の過程等において、現場条件等により、構造物としての安全性、環境・景観との調和、維持管理、施工性、経済性等の面から、当該河川構造物の設置位置またはその構造を見直すことが必要となる場合がある。当該河川構造物のみの設計では洪水時の堤防の安全性の確保や河川環境の保全、総合的な土砂管理等の観点から十分に期待する効果が得られないことが想定される場合等においては、河道の平面形（位置・法線）の設定や高水敷幅、関連する複数施設の組合せ等の河道計画や配置計画について、再検討することが望ましい。

第2節 堤防

2.1 総説

2.1.1 目的と適用範囲

<考え方>

本節は、既設の堤防の拡築や新堤の整備に適用するものであるが、既設の堤防の安全性能の照査にも準用できるものである。

適用の対象とする堤防は、流水が河川外に流出することを防止するために設ける堤防であり、このような堤防には、湖岸堤、高潮堤、霞堤（堤防のある区間に開口部を設け、上流側の堤防と下流側の堤防が、二重になるようにした不連続な堤防。なお、下流側の堤防を山付きとする場合もある。）及び特殊堤等が含まれる。

また、洪水時等に遊水地等における洪水調節のため、洪水の一部を越流させて河道の外部に導くために設けられる越流堤、遊水地等と河道を仕切るために設けられる囲繞堤、河川の合流に際して流れを分離して、一方の河川がもう一方の河川に与える背水等の影響を低減するために設けられる背割堤、河川、湖沼、海において流れを導き、土砂の堆積やそれに伴う閉塞又は河川の深掘れを防ぐために設けられる導流堤については、必要に応じて模型実験や水理計算等の検討を行い、それぞれの設置目的に応じて十分な機能を発揮する安全な構造を個別に定めるものであるため、本節の適用外とする。

<標準>

本節は、流水が河川外に流出することを防止するために設ける堤防について適用する。

2.1.2 用語の定義

<標準>

次の各号に掲げる用語の定義は、それぞれ以下に示す。

- 一. 土堤 盛土により築造された堤防
- 二. 特殊堤 全部若しくは主要な部分がコンクリート、鋼矢板若しくはこれに準ずるものによる構造で盛土の部分がなくとも自立する構造の堤防又はコンクリート構造若しくはこれに準ずる構造の胸壁を有する構造の堤防
- 三. 湖岸堤 湖沼において、風の吹き寄せに伴う波浪や越波等による堤内地の被害を防ぐ目的で設置される堤防
- 四. 高潮堤 高潮区間において、高潮に伴う波浪や越波等による堤内地の被害を防ぐ目的で設置される堤防
- 五. 計画堤防断面形状 河川整備基本方針で定められた計画高水流量及び計画高水位に従って、河川管理施設等構造令（以下「構造令」という。）に基づき最低限確保すべき高さ、天端幅、のり勾配等を満たし、当該河川の過去の洪水実績等の経験を踏まえて定める堤防の断面形状

2. 2 機能と設計に反映すべき事項

2. 2. 1 機能

<考え方>

愛知県では沖積河川の氾濫原に人口・資産が集中しており、堤防は、人命と財産を洪水及び高潮から防御する極めて重要な河川構造物である。したがって、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対し、流水が河川外に流出することを防止する必要がある。すなわち、堤防に求められる機能は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、河道計画で定められた計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用による侵食や浸透に対して安全な機能を有することである。また、流水による堤防への浸透を規定する条件として、降雨の浸透によって形成される堤体内の土壌水分あるいは堤体内の浸潤面の状況が重要であり、これらを考慮する必要がある。

堤防は、通常起こり得る現象である「計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用及び降雨による浸透」に対して安全に造られるべきである。但し、洪水は自然現象であるため、既往洪水による被害の実態や河川の特性を踏まえた計画規模の洪水と比較して、継続時間が著しく長いもの等が発生しないとは限らない。そのため、このような考え方に基づき造られた堤防が計画高水位以下の洪水に対して絶対的な安全性を有するものではないことに留意すべきである。

常時においては、堤防の築造や嵩上げ及び腹付けに伴う堤防の自重増加による基礎地盤の沈下、変形及びすべり破壊等に対して安全であることが求められる。

地震時においては、堤防に変形又は沈下が生じた場合においても、河川の流水の河川外への越流を防止する機能を有することが求められる。加えて、地震時には津波が発生する可能性があり、津波来襲時に計画津波の遡上により流水の河川外への越流を防止する機能を有することが求められる。

また、洪水等による被害を軽減するものとして水防活動等の緊急措置が実施されることも多いことから、堤防には、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用及び降雨による浸透に対して安全であることに加えて、洪水時及び高潮時等に巡視、応急復旧活動及び水防活動が実施されることにも留意が必要である。

<必須>

堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用による侵食及び浸透並びに降雨による浸透に対して安全である機能を有するよう設計するものとする。また常時に自重による沈下及びすべり破壊等に対して安全であるとともに、地震時に流水が河川外に流出することを防止する機能を有するよう設計するものとする。

2. 2. 2 設計に反映すべき事項

<考え方>

堤防に求められる機能を有するよう設計する際、堤防の歴史的な経緯を踏まえることが重要である。すなわち、堤防は長い歴史の中で大洪水に遭遇して危険な状態になることを経験すると、その後順次嵩上げ及び拡幅等を実施することにより強化を図ってきた構造物である。また、時代によって築堤材料や施工法が異なるため、堤体の強度が不均一であること及びその分布が不明であること並びに基礎地盤自体が古い時代の河川的作用によって形成された地盤であり、極めて複雑であること等の特性を有していることを踏まえておく必要がある。

堤防は、複雑な基礎地盤の上に築造された連続した長大構造物であり不同沈下が起きやすいことから、不同沈下に対する修復が容易であること、基礎地盤と堤体、拡幅等行った場合の旧

堤と新堤並びに堤体内に設置する横断工作物と基礎地盤及び堤体との一体性及びなじみが必要であること、必要に応じて堤防を強化する場合があるため、嵩上げ及び拡幅等の機能増強が容易であること並びに洪水や地震に遭遇して堤防が損傷した場合に復旧が容易であり所要工期が短いこと等を踏まえて、設計することが求められる。なお、堤体内に堤体材料とは異なる材料や工作物が含まれると、その境界に水ミチが発生しやすくなり堤防の弱部となる可能性があるため、堤体材料とは異なる材料や工作物を設置する場合は堤防の安全性や河川管理上、最低限必要と認められるものに限られるべきである。

また、堤防は局所的な安全性が一連の堤防全体の安全性を規定する長大構造物である。新設の堤防では堤体材料を適切に選定することができるが、既設の堤防はその歴史的な経緯から堤体材料の強度が不均一である。さらに、新設・既設に関わらず、基礎地盤自体は極めて複雑であり、これらの性状を地質構成の連続性を含めて詳細に把握することは困難であるため、基礎地盤や堤体の構造及び性状の調査精度が必ずしも高くない。そのため、基礎地盤及び堤体の不均質性の影響が大きいこと等の実情を踏まえて、設計することが求められる。

加えて、河川は多様性に富んだ自然環境を有しており、堤防自体が自然環境の一部を形成するとともに、地域の中においても良好な生活環境の形成に重要な役割を担うことから、環境及び景観との調和が求められる。また、材料や構造物そのものの劣化がしにくく耐久性が必要であること、限られた人員と費用で長大な延長を持つ堤防の安全性を確保することから維持管理が容易であること及び材料の確保の容易さや施工がし易いことが求められるとともに、築堤等により沿川地域の社会基盤を大きく改変すること等、事業実施による地域への影響を考える必要があること、維持管理も含めた経済性が良いこと並びに「川の 365 日」を意識した健康づくりやふれあい及び交流の場として公衆の利用が求められること等についても設計に当たって考慮することが求められる。

<標準>

堤防は複雑な基礎地盤の上に築造され、過去の被災に応じて嵩上げ及び拡幅等の強化を重ねてきた歴史的な構造物であることを踏まえ、以下の項目を検討し、設計に反映するものとする。

- ・ 不同沈下に対する修復の容易性
- ・ 基礎地盤及び堤体との一体性及びなじみ
- ・ 嵩上げ及び拡幅等の機能増強の容易性
- ・ 損傷した場合の復旧の容易性
- ・ 基礎地盤及び堤体の構造及び性状に係る調査精度に起因する不確実性
- ・ 基礎地盤及び堤体の不均質性に起因する不確実性

その他、設計に当たっては、環境及び景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮するものとする。

2.3 堤防の材質と構造

<考え方>

堤防の材質と構造は、構造令に基づき土堤が原則である。これは、土堤が歴史的な経緯の中で、工事の費用が比較的低廉であること、材料の取得が容易であり構造物としての劣化現象が起きにくいこと並びに堤防に求められる機能及び設計に反映すべき事項等を満足してきたとみなすことができるためである。

土地利用の状況その他の特別の事情によりやむを得ないと認められる場合には、特例的に特殊堤とすることができる。中でもいわゆる自立式構造の特殊堤は特例中の特例と考えるべきであり、都市河川の高潮区間等において限定的に設けられている。特殊堤においても、土堤と同様に「2.2 機能と設計に反映すべき事項」を満足することを確認する必要がある、土堤とは異なる構造であることを踏まえた維持管理を適切に行うことが重要となる。

<必須>

堤防の材質と構造は、構造令に基づき土堤とする。

ただし、土地利用の状況その他の特別の事情によりやむを得ないと認められる場合には、特殊堤とすることができる。

2.4 設計の基本

<考え方>

本節でいう設計とは、計画堤防断面形状を確保した上で安全性能の照査を行い、必要に応じて強化工法の検討を行うまでの一連の作業の流れをいう。また、本節でいう強化とは、計画堤防断面形状を有する堤防において、安全性能の照査の結果が安全性能を満足しない場合に、安全性能を満足させるための対応をいう。

構造令では、土堤の断面形状（堤防の高さ、天端幅及びのり勾配等）の最低基準を河川の規模（流量）等に応じて規定する、いわば形状規定方式を基本としている。これは、堤防が洪水による被害を経験するたびに嵩上げ及び拡幅等を繰り返して築造されてきたこと並びに基礎地盤の構造が複雑で完全に把握することはできないといった不確実性を内在する中で、断面形状を既往の被災経験と実績をもとに設定することが合理的であると考えられてきたことによること大きい。さらに、場所によって堤防の断面が異なると住民に不安を与えることになることも形状規定方式がとられてきた背景のひとつと考えられる。このように、土堤による形状規定方式に基づく堤防の設計は、簡便で極めて効率的で、長年の経験を踏まえたものであり、堤防整備の基本として十分な役割を果たしてきた。

一方、形状規定方式に基づく堤防の設計手法が、堤防の安全性について所要の性能を満足するかどうかを確認する手法として限界を有していることも事実であり、既往の被災事例をみても、計画高水位以下の流水において、のりすべり等安全上問題となる現象が数多く発生している。そのため、形状規定方式で整備されてきた土堤の強化が必要とされ、その必要性や優先度、さらには対策工法を検討するために、堤防の設計においても一般の構造物の設計法と同様、外力と耐力の比較を基本とする設計法（安全性照査法）を導入することが、その前提となる工学的手法が進展する中で求められてきた。

以上の考えから、堤防の断面形状については従来の考えを踏襲しつつ、堤防の耐侵食性能及び耐浸透性能に関しては、その性能毎に水理学的あるいは土質力学的な知見に基づく安全性能の照査法を用いた堤防設計法を導入してきたところである。これは、経験に基づき設計する形状規定方式と理論に基づき安全性能を照査する手法を組み合わせ、前者で設計することを基本とし、堤防の信頼性を高めるために必要に応じて後者により安全性能を照査するものであり、安全性能の照査だけで設計を行うことにはならないことに留意する必要がある。すなわち、安

全性能の照査は、安全性能を満足しているかどうかの判断と、安全性能を満足させるための強化という局面において用いるものである。

このような堤防設計法の考えに基づき、これまで安全性能の照査を実施してきたところであるが、今なお基礎地盤及び堤体の構造及び性状を正確に把握する適切な手法がないこと並びに基礎地盤及び堤体内の複雑な浸透水の流れを正確に把握することが困難であること等、力学的に未解明な部分が残されており、技術的な判断を経験に依存せざるを得ない部分も多いなど、安全性能の照査においても様々な不確実性が内在せざるを得ない状況であり、現状の技術では堤防の弱部の合理的な評価及び洪水に対する堤防の縦断的な安全性の評価を的確に実施することは困難な状況にある。今後、堤防の弱部をより一層的確に把握し、必要な強化を図るために、安全性能の照査法等の評価技術の精度及び信頼性の向上を図り、指標化に向けた更なる検証及び強化対策への活用手法の確立等、既存技術と連携して堤防の安全性をさらに高めていくための研究及び技術開発に取り組んでいく必要がある。

また、堤防の安全性及び耐久性は、設計のみならず使用材料や施工の良し悪し及び維持管理の程度に大きく依存する。このため、設計に当たっては設計で前提とする使用材料の品質、施工及び施工管理の条件並びに維持管理の方法を定め、これらを考慮する必要がある。例えば、土堤の設計においては、安全性等を確保する観点から、使用する材料、締固め方法及び締固め度等の施工における具体的な方法並びに管理基準値を定める必要がある。また、維持管理については、点検の頻度及び方法並びに出水時及び地震時にどのような手段で調査を行うか等を定め、設計で考慮する必要がある。

< 必 須 >

堤防の設計に当たっては、土地利用の状況その他の特別の事情によりやむを得ないと認められる場合を除き、土堤による形状規定方式に基づく計画堤防断面形状の設定を行うものとする。

さらに計画堤防断面形状を満たした上で、堤防に求められる機能を踏まえ、設計の対象とする状況と作用に応じた安全性能を設定し、照査によりこれを満足することを確認しなければならない。必要な場合は強化工法の検討を行うものとする。

また、設計に当たっては、設計で前提とする締固め度等の施工条件及び維持管理の条件を設定するものとする。

< 推 奨 >

堤防の維持と強化は、様々な規模の洪水等を経験しながら極めて長期的に続くものであることを踏まえ、点検、維持、管理及び被災後の堤防強化等の対応に活用することができるよう、堤防の設計、施工、強化及び復旧の検討における安全性の確認結果や対策工の設計及び施工結果の随時更新及び保存に努める。

< 推 奨 >

基礎地盤及び堤体の不均質な構造及び性状に由来する不確実性を低減するための調査及び検討並びに実現象を踏まえた堤防の破壊及び変形メカニズムを反映した解析手法等、更なる研究や技術開発に取り組み、それらによる知見の蓄積を踏まえ、設計及び強化に当たって活用可能な技術を積極的に取り込んでいくことが望ましい。

2. 5 堤防の高さの設定

< 考 え 方 >

堤防は計画高水流量以下の流水を越流させないよう設けるべきものであり、堤防の高さの設定に当たっては、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）を本手引き計画編により設定

する。これに加えて、洪水時及び高潮時等における風浪、うねり及び跳水等による一時的な水位上昇への対応、巡視、水防活動を実施する場合の安全の確保並びに流木等流下物への対応等その他の種々の要素をカバーするために、構造令で定める値を構造上の余裕として加えるものである。また、堤防の高さは、上下流及び左右岸の堤防の高さとの整合性が強く求められる。ここで、構造上の余裕は、堤防の構造上必要とされる高さの余裕であり、計画上の余裕は含まないものである。

また、堤防を設ける場所は一般に地盤条件が悪い箇所が多く、また堤体自体の圧縮もあるため、堤防の沈下は通常避けられない。そのため、堤防を築造するときには、沈下相当分の高さを余盛として構造上の余裕に増高して施工することが一般的である。余盛は、施工上の配慮として行うものであり、計画上の堤防の高さには含まないものである。

湖沼及び高潮区間の堤防においては、構造令に基づき、計画高水流量に応じて定める構造上の余裕の他、波浪の影響を考慮して高さを決定することとなる。波浪の影響には、台風等の強風により生じる風浪や沖合から来るうねりがある。水面積の大きい湖沼等計画高水流量が定められていない湖沼の湖岸堤の高さについては、計画高水位（このような湖沼のうち、例えば浜名湖等、高潮の影響を受ける湖沼の区間にあつては計画高潮位）に波浪の影響を考慮して必要と認められる値を増高するものである。また、計画高水流量の定めのない湖岸堤の計画高水位は、湖への流入量と流出量で定まる平均水位をもとに定めている場合が多いため、風浪に加えて、岸に吹き寄せられて水位が上昇する吹き寄せ及び副振動（セイシュ）を必要に応じて考慮する必要がある。なお、高潮堤の場合、吹き寄せ及び副振動（セイシュ）による影響は、計画高潮位の設定の際に潮位偏差として含まれている。

また、津波区間の堤防においては、構造令に基づき、上述の湖沼及び高潮区間の堤防における増高に加えて、計画津波水位に河口付近の海岸堤防の高さを考慮して必要と認められる値を加えた値を下回らないよう設定するものである。

その他、支川と本川の合流点に逆流防止施設（通常は水門）を設けない場合における支川の背水区間の堤防（以下「バック堤」という。）については、本川に面する堤防と一連のものとして同一区域の氾濫を防止する機能を有し、しかも当該区間における洪水の継続時間は本川の背水ないし逆流によって本川と同程度若しくはそれ以上であるため、背水区間の堤防の構造設計においてはこれに留意する必要がある。そのため、バック堤の堤防の高さは、構造令に基づき少なくとも本川の堤防の高さを下回ってはならないものである。なお、合流点に逆流防止施設を設けて本川背水位が支川へ及ぶのをしゃ断できる場合の支川堤防（以下「セミバック堤」という。）の高さについては本川の計画高水位に支川の計画高水流量に応じた構造上の余裕を加算し、自己流堤の高さについては支川の計画高水位に支川の計画高水流量に応じた構造上の余裕を加算するものである。

< 必 須 >

堤防の高さは、河道計画において設定される計画高水位に、構造令で定める値を加えたもの以上とする。

湖沼、高潮区間又は津波区間の堤防の高さは、構造令に基づき定めるものとする。

< 例 示 >

堤内地盤高が計画高水位より高い、いわゆる掘込河道の区間にあつては、所定の余裕高を持たない低い堤防を計画することがあるが、一般に計画の規模が小さく、計画を超える洪水の頻度が高い河川の掘込河道の区間においては、越水被害を極力小さくする配慮が特に必要となる場合がある。以下、構造令第20条第1項におけるただし書きの運用について例示する。

①掘込河道の場合であっても、溢流部を特定させるのを避けるため、又は管理用通路の設置

や官地の明確化等のため、河岸にはある程度の盛土部分があることが望ましい。このような場合には、一般に0.6m程度の構造上の余裕を確保するものとされている。

②背後地が人家連担地域である場合は、計画高水流量に応じ所定の構造上の余裕を確保することが多い。

③掘込河道部分に構造上の余裕を設けることは築堤河道部分に計画以上の負担を課することとなるので、このような場合には、構造上の余裕を状況に応じ0～0.6mとする。

④内水による氾濫の予想される河川において、構造上の余裕のための盛土がかえって内水被害を助長すると考えられる場合は、構造上の余裕を0～0.6mとする場合が少なくない。

この他、小河川については、構造令第76条及び構造令施行規則第36条第2号に定める小河川の特例がある。

2.6 断面形状の設定

＜考え方＞

計画堤防断面形状の設定に当たっては、まず堤防整備区間を対象として河道特性又は洪水氾濫区域が同一若しくは類似する区間（以下「一連区間」という。）を設定し、堤防の高さ、天端幅及びのり勾配を定める必要がある。一連区間の境界は、支派川の分合流箇所又は山付き箇所に設定することを基本とするが、河川の特性、地形地質、堤内地の状況（地盤高等）及び想定される氾濫形態等も考慮して分割するものである。また、堤防の断面形状は、上下流及び左右岸の堤防の断面形状との整合性が強く求められる。

堤防の高さについては「2.5 堤防の高さの設定」に基づき設定する。

天端幅については、土堤の場合は浸透水に対して必要な堤防断面幅を確保するためのしかるべき幅を確保する必要がある他、堤防の天端は管理用通路として使用されるだけでなく、散策路や高水敷へのアクセス路として広く利用されており、それらの機能増進及びバリアフリー化の推進、あるいは洪水時等の巡視、応急復旧活動及び水防活動における円滑な車両通行の確保並びに地震災害時等の河川水利用等を考慮し、構造令に基づき可能な限り広く設けるべきである。

また、湖沼、津波区間又は高潮区間の堤防及び特殊堤においても、日常の河川巡視、洪水・高潮時の河川巡視、水防活動並びに地震発生後の河川工作物点検等のために、堤防には管理用通路を設ける必要があり、一般には管理用通路は堤防天端に設けられることから、天端幅の設定に当たっては、管理用通路としての必要最小幅を構造令に基づき設けるものである。

その他、バック堤については、構造令に基づき本川の天端幅を下回ってはならないものである。なお、セミバック堤及び自己流堤の天端幅については、構造令に基づき支川の計画高水流量に応じて定まる天端幅が最低基準となり、セミバック堤の天端幅は、当該区間の状況に応じて支川の堤防の天端幅と本川の堤防の天端幅との間の適切な幅とする必要がある。

のり勾配については、土堤の場合は流水及び降雨の浸透に対して安定させるための視点から決まるものである他、過去の経験又は実験等から、構造令では2割より緩い勾配とし、一定の高さ以上の堤防については必要に応じ小段を設けることとなるが、小段は降雨の浸透をむしろ助長する場合があります。浸透面からみると緩やかな勾配の一枚のりとした方が有利なこと、除草等の維持管理面及び公衆の利用を促進する面からも、のり面は緩やかな勾配が望まれていること等を考慮する。のり勾配は構造令から定まる最低限確保すべき断面形状を包絡するような緩い勾配とした一枚のりの台形断面として設定するが、堤防のすべり安全性を現状より下回らないという観点から、堤防敷幅は最低でも小段を有する断面とした場合の敷幅より狭くならないようにする。ただし、従来より小段を設ける計画がないような高さの低い堤防に関してはこの限りではない。また、既存堤防において小段が兼用道路として利用されている等の理由から一枚のりにすることが困難な場合には、必ずしも一枚のりとする必要はないが、雨水排水が適確

に行われるよう対処することが必要である。

また、堤防の安定を図るため必要がある場合には、堤防の裏側に側帯を設けることとなる。

なお、既設の堤防の拡築又は新堤の整備において段階的に築造する場合は、計画堤防断面形状の高さと段階的な整備における堤防の高さとの差に相当する値を計画高水位から差し引いた高さの水位を計画高水位とみなして、この節の規定を適用することとなる。その際、必要な高さのみを有し計画堤防断面形状の天端幅やのり勾配が不足した堤防（いわゆるカミソリ堤）は設けるべきではない。

< 必 須 >

土堤の断面形状は、計画堤防断面形状を設定し、これを有するものとする。

< 標 準 >

計画堤防断面形状ののり面は、一枚のりを基本とする。

< 推 奨 >

堤防のり面は表裏のりとものにり勾配が3割より緩い勾配とし、一枚のりの台形断面として設定することが望ましい。

2. 7 安全性能の照査等

2. 7. 1 設計の対象とする状況と作用

< 考え方 >

安全性能の照査は、常時、洪水時、地震時、高潮時及び風浪時について実施する。常時、洪水時及び地震時については全ての堤防において照査する必要があるが、これに加えて、高潮堤の場合には高潮時、湖岸堤の場合には風浪時について照査するものとする。

設計の対象とする作用については、自重として堤体の自重、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用として流水による侵食及び浸透、降雨による浸透、地震動として河川構造物の供用期間中に発生する確率が高い地震動（以下「レベル1地震動」という。）及び対象地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動（以下「レベル2地震動」という。）並びにその他の作用として土圧、水圧の他、常時には降雨の影響、地震時には必要に応じて津波による侵食及び越波、高潮時には波浪による侵食及び越波並びに風浪時には風浪による侵食及び越波並びに吹き寄せによる水位上昇等が考えられ、設計の対象とする堤防の状況に応じて適切に組み合わせて設定する。

常時に対象とする作用の組合せは、自重及びその他の作用（土圧、水圧、降雨等）とする。

洪水時に対象とする作用の組合せは、自重、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用、降雨による浸透及びその他の作用（土圧、水圧等）とする。

地震時に対象とする作用の組合せは、自重、地震動及びその他の作用（土圧、水圧並びに必要に応じて津波による侵食及び越波等）とする。

高潮時に対象とする作用の組合せは、その他の作用（波浪による侵食及び越波等）とする。

風浪時に対象とする作用の組合せは、その他の作用（風浪による侵食及び越波並びに吹き寄せ及び副振動（セイシュ）による水位上昇等）とする。

<標準>

安全性能の照査に当たっては、設計の対象とする状況と作用を次の表のように設定し、これを踏まえて安全性能の照査事項を設定することを基本とする。常時、洪水時及び地震時については全ての堤防において設定し、これに加えて、高潮堤の場合には高潮時、湖岸堤の場合には風浪時について設定することを基本とする。

堤防の状況	作用
常時	自重 その他の作用（土圧、水圧、降雨等）
洪水時	自重 計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用 降雨による浸透 その他の作用（土圧、水圧等）
地震時	自重 地震動 その他の作用（土圧、水圧、必要に応じて津波による侵食及び越波等）
高潮時	その他の作用（波浪による侵食及び越波等）
風浪時	その他の作用（風浪による侵食及び越波、必要に応じて吹き寄せ及び副振動（セイシュ）による水位上昇等）

2.7.2 土堤の安全性能の照査

(1) 安全性能の照査事項

<考え方>

土堤における安全性能の照査に当たっては、以下の安全性能毎に、照査条件として適切な河川の水位（波形）を設定の上、作用に対して安全性能を満足するように設計する必要がある。（表 1-2-1 参照）

① 常時の健全性の照査

新堤の築造又は既設堤防の嵩上げ若しくは腹付けを軟弱地盤上に行う場合は、基礎地盤の強度不足によるすべり破壊又は基礎地盤の圧縮性が大きいことによる過大な沈下が生じ、洪水等の外力による作用を受けずとも、堤防の自重により堤防の健全性が損なわれる可能性があるため、常時の健全性の照査を行う必要がある。さらには堤防の自重により盛土側方地盤の沈下、隆起及び側方変位等を生じ周辺地盤に影響を与える可能性もあるため、必要に応じて周辺地盤への影響について照査を行う。

常時の健全性の照査としては、常時のすべり破壊に対する安定の照査、沈下の照査を行うものである。

照査を行う際の河川水位は、通常想定される水位とする。なお、沈下等に伴う降雨排水の集中により、雨裂（以下「ガリ」という。）が生じる可能性があるため、雨水排水の集中状況の確認を行う必要がある。

② 耐侵食性能の照査

計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用による土堤の侵食については、流水のせん断力による堤体表面の直接侵食及び洗掘、洪水時の主流路の移動による側方侵食並びに護岸及び水制等の洗掘被災が生じる可能性がある。これら

の現象によって計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対し安全な機能が失われる可能性があるため、耐侵食性能の照査を行うものである。

照査を行う際の河川水位は、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）とし、中小洪水時の河岸の耐侵食性能の検討等に当たっては、必要に応じてそれ以下の規模の洪水時の水位設定を加える必要がある。

③ 耐浸透性能の照査

計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用による土堤の浸透については、基礎地盤及び堤体への流水及び降雨の浸透により土のせん断強度が低下し、堤防のすべり破壊に対する安全性が低下する。また、浸透水の動水勾配が大きくなると、浸透力により土粒子が移動して、パイピング破壊が発生する可能性がある。これらの破壊現象によって、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用及び降雨による浸透に対し安全な機能が失われる可能性があるため、耐浸透性能の照査を行うものである。

照査を行う際の河川水位は、計画降雨に基づき設定した水位波形とする。

④ 耐震性能の照査

地震動の作用による基礎地盤及び堤体の液状化により堤防が沈下することによって流水が堤内地に侵入し、被害が発生する可能性があるため、地震動の作用により堤防に沈下が生じた場合においても、河川の流水の河川外への越流を防止する機能を保持することを照査するものである。なお、津波区間においては沈下後の堤防に対し計画津波の遡上により流水が河川外へ越流することを防止する機能を保持することを照査する。

照査を行う際の河川水位は、通常想定される水位とする。

⑤ 波浪等に対する安全性の照査

高潮時及び風浪時の波浪並びに計画津波水位以下の津波に伴い、堤防表のり面における波の打ち寄せによる侵食に加え場合によっては堤内地への越波を生じ、堤内地の浸水及び堤防裏のり面が洗堀することにより堤防の安全性が損なわれる可能性があるため、侵食及び越波に対する確認及び照査を行うものである。確認及び照査を行う際の河川水位は、高潮時は計画高潮位、風浪時は計画高水位又は風浪が最も発達する時の河川水位が計画高水位より低いことが明らかな場合には、必要に応じて風浪が最も発達する時の河川水位又は津波発生時は計画津波水位とする。

なお、風浪時において湖沼の流入量と流出量の収支で河川水位を評価する場合には、吹き寄せ及び副振動（セイシュ）による水位上昇の影響を必要に応じて考慮する。

表 1-2-1 土堤の安全性能の照査項目と設計の対象とする作用及び河川水位

堤防の状況	照査項目	作用	河川水位
常時	常時の健全性（常時のすべり破壊に対する安定、沈下） 雨水排水による侵食	自重 その他の作用（土圧、水圧、降雨等）	通常想定される水位
洪水時	耐侵食性能（直接侵食、側方侵食） 耐浸透性能（すべり、パイピング）	自重 計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用（侵食作用、浸透作用） 降雨による浸透 その他の作用（土圧、水圧等）	（侵食作用）計画高水位及び必要に応じそれ以下の規模の洪水時水位 （浸透作用）計画降雨波形に基づき設定した水位波形
地震時	耐震性能（液状化による沈下）	自重 地震動 その他の作用（土圧、水圧、必要に応じて津波による侵食及び越波等）	通常想定される水位 （津波による侵食及び越波）計画津波水位
高潮時	波浪等に対する安全性（侵食及び越波）	その他の作用（波浪による侵食及び越波等）	計画高潮位
風浪時		その他の作用（風浪による侵食及び越波等）	計画高水位 又は風浪が最も発達する時の河川水位

<標準>

土堤における安全性能については、計画堤防断面形状を有することを前提に、安全性能として「2.7.1 設計の対象とする状況と作用」に対し、以下の性能を設定し、照査することを基本とする。

- ① 常時の健全性
- ② 耐侵食性能
- ③ 耐浸透性能
- ④ 耐震性能
- ⑤ 波浪等に対する安全性

照査の結果、安全性能を満足しない場合には、強化工法の検討を行うことを基本とする。

照査手法は、これまでの経験及び実績から妥当と見なせる方法又は当該河川若しくは類似河川で被災等の実態を再現できる論理的に妥当性を有する方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。

(2) 常時の健全性に対する照査

① 常時のすべり破壊に対する安定の照査

<考え方>

軟弱地盤においては、図 1-2-1 に示すように盛土高が高くなるにつれ沈下量及び隆起量は増大し、盛土荷重によるせん断力が基礎地盤のせん断抵抗を超えた場合、すべり面に沿って盛土は破壊する。

新堤の築造又は既設堤防の嵩上げ若しくは腹付けを行う場合で、それが軟弱地盤上に位置する場合には、常時のすべり破壊に対する安定を確認する必要がある。

軟弱地盤でない場合には、適切な施工が行われることを前提に、常時のすべり破壊に対する安定の照査を省略できることとしている。

なお、軟弱地盤の判定を行う際には河川土工マニュアルが参考となる。

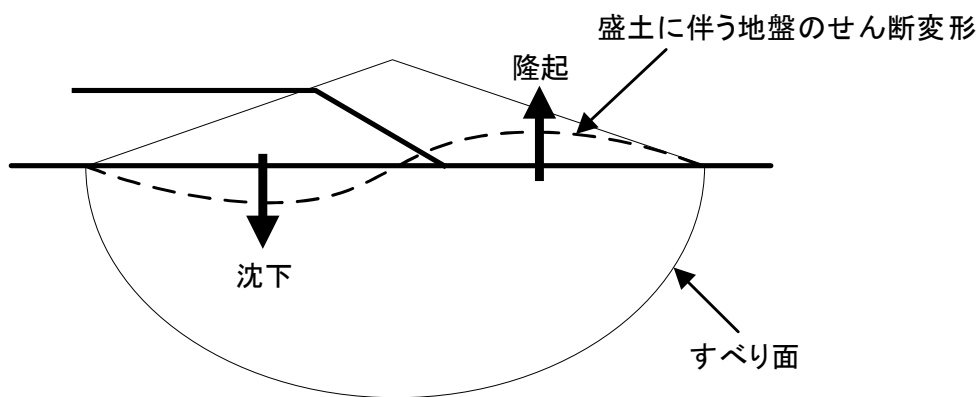


図 1-2-1 基準地点模式図

<標準>

常時のすべり破壊に対する安定の照査は、すべり安全率等の許容値を設定した上で、基礎地盤及び堤体の土質等を考慮し、自重によるすべり破壊に対する安全率等を評価し、許容値を満足することを照査することを基本とする。

なお、実績等から軟弱地盤でない場合には、照査は省略できる。

② 沈下の照査

<考え方>

軟弱地盤においては、図 1-2-2 に示すように盛土の荷重に伴い、圧密により盛土の直下及び側方の基礎地盤に沈下が生じる。沈下を生じると堤防の健全性が損なわれる可能性があるため、沈下に対する照査を行う。さらには、基礎地盤の圧密沈下が大きくなると、周辺の地盤も一緒に沈下する現象（引き込み沈下と呼ばれる）が生じるため、周辺の土地利用と軟弱地盤の程度に応じて、周辺地盤への影響についても検討する必要がある。

堤防の沈下に対しては、余盛り高等を考慮して、沈下に対する許容値を設定し、これを超えないことを照査するものである。また、引き込み沈下に対しては、周辺への影響を考慮して堤内地盤変形の許容値を設定し、これを超えないことを照査するものである。

軟弱地盤でない場合には、盛土自体の圧縮が沈下の多くを占めることとなり、実績等によると沈下量が標準的な余盛り高の範囲内に収まることから、適切な施工が行われることを前提に、照査を省略できることとしている。

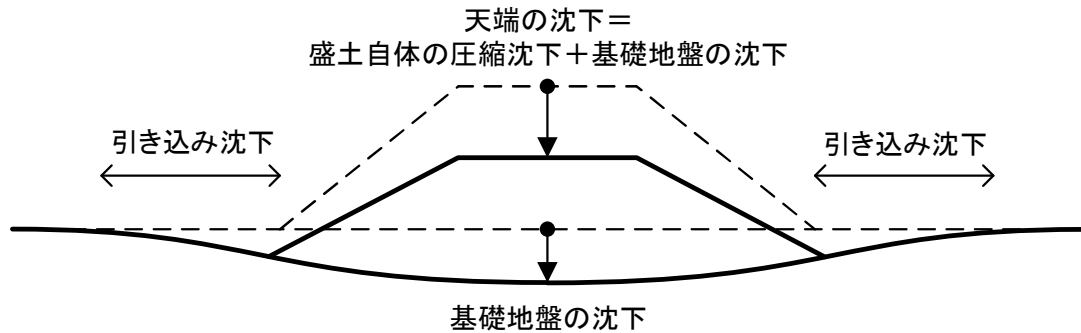


図 1-2-2 堤防の自重による沈下

<標準>

沈下の照査は、余盛り高を考慮した沈下量等の許容値を設定した上で、基礎地盤の圧密及び盛土の圧縮を考慮した沈下等の変形を評価し、許容値を満足することを照査することを基本とする。

なお、実績等から軟弱地盤でない場合には、照査は省略できる。

③ その他留意事項

<考え方>

堤防天端は、降雨の堤体への浸透抑制、河川巡視の効率化及び河川利用の促進等の観点から、河川環境上の支障を生じる場合等を除いて、舗装されていることが望ましいが、不同沈下等によって堤防の高さに不陸を生じた箇所又は橋梁の取り付け部等で縦断勾配が変化している箇所等においては、雨水排水の集中を生じやすく、堤防のり面のガリ及びのり崩れ又はのり肩の破損等が発生することがある。したがって、このような現象が発生する恐れのある箇所に対して雨水排水の集中状況を確認するものである。

なお、舗装後の堤防の沈下又は路盤の補修による天端形状の変化等に伴い、雨水に関する同様の問題が生じることもあるため、適切な維持管理が行われることが重要である。

<標準>

その他雨水排水の集中によりガリ及びのり崩れ等の発生を助長しない天端及びのり面の形状であることを確認する。

(3) 耐侵食性能の照査

<考え方>

耐侵食性能の照査は、堤防表のり面及びのり尻表面の直接侵食と、主流路（低水路）からの側方侵食及び洗掘に対して行うものである。

直接侵食については、被災実績から直接侵食が生じる堤防前面の流速を把握することが重要である。堤防前面の流速の算定に当たっては、河道の平面形及び縦横断形、床止め及び水制の配置並びに堤防近傍の樋門、樋管及び橋脚の影響を考慮する。

側方侵食については、河川定期縦横断測量成果及び航空写真等を用いて、濬筋の位置の経年変化及び水衝部の位置の変化を把握することが重要である。

洗掘については、河川定期縦横断測量成果等を用いて、最深河床高の縦断図及びその変化並びにこれら縦断図を重ね合わせ包絡することで確認できる最も洗掘された河床高の縦断図を把握することが重要である。

<標準>

耐侵食性能の照査は、過去の被災実績、護岸の設置状況及び堤防前面の高水敷幅等を踏まえた堤防のり面の侵食限界流速又は高水敷の侵食量等の許容値を設定した上で、河道の平面形及び縦横断形等を考慮し、洪水時の作用による流速又は侵食量等を評価し、許容値を満足することを照査することを基本とする。

<例示>

耐侵食性能の照査に当たって、照査外力として堤防前面の流速を設定する手法がある。洪水時の堤防前面の流速の算定に当たっては、マンシングの平均流速公式若しくは一次元不等流解析で求めた平均流速に湾曲等による補正係数を乗じて算出する手法及び準二次元不等流計算若しくは平面二次元流解析等によって堤防前面の流速を直接算出する手法等がある。

洪水時に侵食される高水敷幅の設定に当たっては、河川定期縦横断測量成果及び航空写真等を用いて、一洪水で侵食される高水敷幅を横断測線毎に調べ、それらの縦断分布図を作成した上で、例えばセグメント毎に侵食幅の最大値を設定する方法がある。

最大洗掘深の設定に当たっては、河川定期縦横断測量成果等を用いて、最深河床高の縦断図を作成し、過去に記録された縦断図を重ね合わせることで、最も洗掘された河床高の縦断図から設定する方法がある。

また、洪水時に侵食される高水敷幅及び最大洗掘深については、平面二次元河床変動計算又は準三次元河床変動計算によって算定することもできる。

耐侵食性能の照査における許容値の設定には以下が考えられる。

- ① 堤防表のり面及びのり尻の直接侵食について
堤防表面の侵食耐力 > 堤防前面の流速
- ② 主流路（低水路等）からの側方侵食について
現況の高水敷幅 > 一洪水で侵食される高水敷幅
- ③ 洗掘について
堤防前面の基礎工の根入れ高 > 一洪水で洗掘される河床高

（４）耐浸透性能の照査

<考え方>

堤防の浸透破壊には、大きく分けてすべり破壊とパイピング破壊がある。すべり破壊は降雨や流水が堤体内の浸潤面を上昇させて、土のせん断強度が低下することにより生じ、パイピング破壊は、主に堤内側のり尻の基礎地盤付近の動水勾配が増加して発生する漏水や噴砂に起因し、それが拡大進行することにより生じる。

浸透破壊に至る初期の変形として、すべり破壊ではのり面若しくは小段の亀裂、陥没若しくははらみだし又は裏のりからの漏水若しくは裏のり尻付近の泥濁化等が生じ、パイピング破壊では裏のり尻又は裏のり尻付近の基礎地盤において漏水、噴砂若しくは盤ぶくれ並びに堤体の亀裂若しくは陥没等が生じる。

計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水による浸透及び降雨による浸透に対する安全性能の照査としては、すべり破壊及びパイピング破壊に対する安全率等の許容値を設定し、これを超えないことを照査するものである。

<標準>

耐浸透性能の照査は、すべり破壊及びパイピング破壊に対する安全率等の許容値を設定した上で、水位波形、降雨波形並びに基礎地盤及び堤体の土質等を考慮し、すべり破壊及びパイピ

ング破壊に対する安全率等を評価し、許容値を満足することを照査することを基本とする。

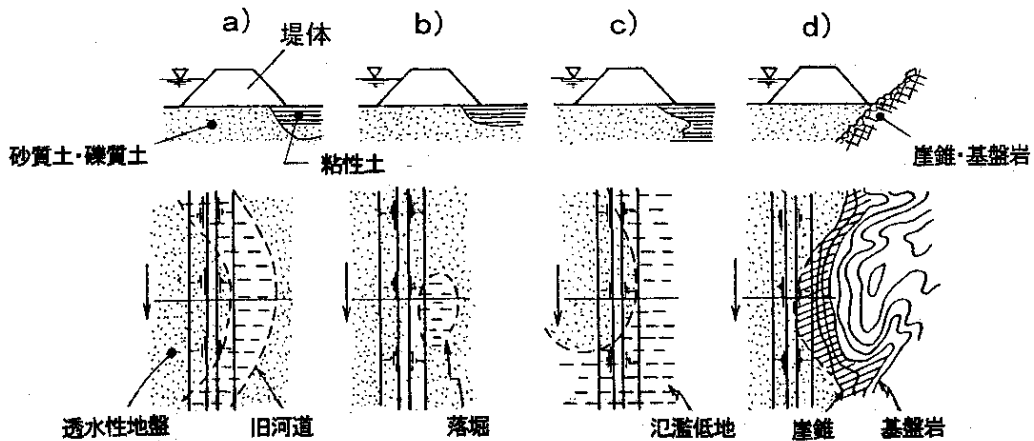
<例 示>

耐浸透性能の照査に当たって、一連区間を細分区間に分割し、区間内において代表断面を設定し、のり面のすべり破壊とパイピング破壊について照査を行う手法がある。この場合、当該区間の降雨特性及び地下水位を初期条件として設定するとともに、堤体の土質構造及び土質定数を調査に基づいて適切に設定し、外力として降雨波形及び水位波形を与えて、浸透流計算と円弧すべり法による安定解析を用いて安全性を評価する等の手法がある。

<例 示>

基礎地盤等の土質を考慮する際、浸透に対する安全性能に影響を与えやすい基礎地盤を以下に例示する。

浸透が特に問題となる基礎地盤では、土質構成として透水性の異なる土質が複雑に分布する 경우가多くみられる。透水性地盤において裏のり尻下に粘性土等の難透水層が分布していると、いわゆる行き止り地盤を形成し、基礎地盤の浸透水が難透水層で行き止まり、堤体内へ上昇することで堤体内の浸潤面を押し上げ、漏水又はすべり破壊が発生しやすくなる場合がある。(図1-2-3参照) また、裏のり尻近傍の難透水層が薄い場合には、基礎地盤からの漏水やパイピング破壊が発生しやすくなる場合がある。



	堤外側の地形	堤内側の地形
a)	旧河道・自然堤防・旧川微高地	埋積された旧河道
b)	旧河道・自然堤防・旧川微高地	落堀
c)	旧河道・自然堤防・旧川微高地	氾濫低地
d)	河床・自然堤防	崖錐・基盤岩

図 1-2-3 行き止まり型地盤の例

このような基礎地盤条件を有する箇所の有無は、堤防縦断方向の調査結果のみで類推することは一般的には難しいが、「治水地形分類図」や「土地分類図」等から類推し、詳細な調査を実施することにより判断できる場合もある。いずれにせよ堤防縦断方向の調査において透水性地盤であることが確認され、かつ相対的に透水性の低い比較的薄い土層が表層付近に存在するような地盤又は行き止まり地盤は、浸透に対しては条件の厳しい箇所と判断して差し支えがない場合が多い。

(5) 耐震性能の照査

<考え方>

耐震性能の照査は、「河川構造物の耐震性能照査指針」(以下「耐震性能照査指針」という。)に基づき、実施するものである。地震による堤防の被災は、液状化に起因するものがほとんどであるため、地震動により土堤が沈下し、流水又は計画津波等が堤内地に侵入することによって浸水が発生するか否かを照査するものである。

照査に当たっては、地震後の堤防の高さ等の許容値を設定し、地震変形後の堤防の高さ等がこれを下回らないことを確認する。照査において考慮する河川水位としては、地震と洪水が同時に生起することは極めてまれであるため、原則として平常時の最高水位とするが、河口部付近の場合は朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮し、津波の遡上が予想される場合は計画津波水位を考慮する。

なお、レベル1地震動とレベル2地震動を受けた場合の土堤の変形、沈下等の損傷状況は異なるが、土堤の耐震性能の照査においては、レベル1地震動とレベル2地震動のうち厳しい結果を与えるレベル2地震動のみを考慮することとしている。

<標準>

耐震性能の照査は、平常時の流水又は計画津波等が越流しないような地震後の堤防の高さ等の許容値を設定した上で、地震動による堤体変形後の高さ等を評価し、許容値を満足することを照査することを基本とする。

<愛知県基準>

(5)-1 愛知県の耐震性能の照査の考え方

愛知県では、耐震性能の照査の考え方について、「河川構造物の耐震性能照査指針・解説」(令和2年2月、国土交通省)、「河川堤防の耐震点検マニュアル」(平成28年3月、国土交通省)のほか、「河川堤防の液状化対策の手引き」(平成28年3月、土木研究所)も参照し実施することとする。

(6) 波浪等に対する安全性の照査

<考え方>

波浪の影響については、高潮時の波によるうねり及び風浪又は湖沼における風浪等による侵食及び越波について検討を行うものであり、地形による波浪の増幅及び減衰、波浪の方向、屈折、回折、反射、消波及び越波の他、堤防の構造(のり勾配又は波返工の有無等)、堤内地の利用状況(将来を含む)及び海岸等関連する他事業との調整等についても十分な配慮が必要となる。

設計の対象とする湖沼における風による吹き寄せ及び風浪については、過去の風速、風向及び水位の実績をもとにして検討を行うものである。

津波は、水位上昇の継続時間が短く浸透を考慮する必要はないが、大きな流速と流速の変動を伴うため堤体への侵食作用に対する配慮が必要となる等、洪水や高潮とは異なる外力である。また、堤防の高さと計画津波水位との差、計画津波の特性等を勘案し、津波による越波の可能性にも配慮する必要がある。

<標準>

波浪又は津波の影響を著しく受ける堤防についての波浪又は津波による侵食に対する安全性の確認は、高潮時は計画高潮位、風浪時は計画高水位又は風浪が最も発達する時の河川水位以

下の流水による堤体への侵食、津波発生時は計画津波水位以下の津波による堤体への侵食に対して、過去の被災実績等を考慮し安全が確保されることを確認することを基本とする。

波浪の影響を著しく受ける堤防についての波浪による越波に対する安全性の照査は、堤内地の利用及び堤防の被災等を考慮した越波量等の許容値を設定した上で、堤防の断面形状を考慮した計画高潮位等と設計の対象とする波浪によるうちあげ高及び越波量等を評価し、許容値を満足することを照査することを基本とする。

津波の影響を著しく受ける堤防についての津波による越波に対する安全性の確認は、堤防の高さと計画津波水位との差、計画津波の特性等を確認することを基本とする。

<例 示>

波浪等に対する安全性の照査は、高潮時又は風浪時に、堤防が越波による損傷を生じないこと（計画高潮位等＋波浪による有義波のうちあげ高 \leq 堤防の高さ、越波量 \leq 許容越波量）等により許容値を設定し、設計の対象とする波浪によるうちあげ高又は越波量等がこれを超えないことを照査する等の手法がある。

2. 7. 3 特殊堤の安全性能の照査

<考え方>

市街地又は重要な施設に近接する堤防で用地取得が極めて困難な場合等においては、土堤以外の構造を採用する場合があります、都市河川の高潮区間等においていわゆる特殊堤が限定的に築造されている。

特殊堤を採用する場合は、設計の基本で示した計画堤防断面形状を定める必要はないが、当該河川における計画堤防断面形状を有する土堤と同等以上の安全性能を満足する必要がある。特殊堤の安全性能の照査として、耐震性能の照査と、耐震性能以外の安全性能の照査について以下に述べる。

①耐震性能の照査

自立式構造の特殊堤における耐震性能の照査は、耐震性能照査指針に基づき、実施するものである。レベル1地震動に対しては、地震によって特殊堤としての健全性を損なわないか否かを照査するものである。レベル2地震動に対しては、堤内地盤高が平常時の最高水位よりも低い地域の自立式構造の特殊堤については、地震によりある程度の損傷が生じた場合においても河川水が堤内地に侵入することによって浸水等の二次災害を発生するか否かを照査し、それ以外の地域の自立式構造の特殊堤については、地震後に特殊堤としての機能が応急復旧等により速やかに回復できるか否かを照査するものである。

胸壁を有する構造の特殊堤については、土堤の耐震性能の照査が参考となる。

②耐震性能以外の安全性能の照査

照査事項及び照査方法等については、個別に適切な方法を用いて設計を行う必要がある。

自立式構造の特殊堤については、滑動及び転倒に対する安全性についても照査する必要があり、胸壁を有する構造の特殊堤については、土堤の安全性能の照査が参考となる。

<標 準>

特殊堤を採用する場合には、計画堤防断面形状を有する土堤と同等以上の安全性能を満足することを照査することを基本とする。

1) 耐震性能の照査

耐震性能の照査に当たっては、レベル1地震動に対して地震によって特殊堤としての健全性を損なわないことを照査し、レベル2地震動に対して特殊堤としての機能を保持

する、あるいは特殊堤としての機能の回復が速やかに行い得ることを照査することを基本とする。

2) 耐震性能以外の安全性能の照査

個別に適切な照査事項と照査方法を用いることを基本とする。

2. 8 土堤の強化対策

2. 8. 1 強化工法選定の基本

<考え方>

堤防強化工法の選定に当たっては、安全性能の照査の結果、所要の安全性が確保されていないと判断される区間を堤防強化区間として設定し、過去の被災履歴、被災の原因及び堤防の現況等を踏まえ、洪水の流下に支障を及ぼさないよう河積の確保等について配慮した上で、所要の安全性を確保できる強化工法を一次選定する。

次に、「2. 2. 2 設計に反映すべき事項」における検討項目の観点により適切な強化工法を二次選定する。

さらに一連区間における構造の連続性及び樋門等の構造物の設置状況等を勘案し、総合的に検討を行い強化工法を決定する。その際、特定の機能に対する強化工法が他の機能を低下させないこと、構造物と堤体の境界部が弱部とならないよう留意すること並びに上下流及び左右岸の構造の連続性及び整合性について配慮することが重要である。

現在の土堤は、長い年月をかけて経験的に安全を確認してきた構造であると考えられることから、土堤の強化工法の検討に当たっては少なくとも現状での堤防の安全性を低下させない工法であることが必要であるとともに、「2. 2 機能と設計に反映すべき事項」で求められる堤防の機能等が担保されることを確認できる技術的検討を経た工法であることが必要である。

<標準>

土堤の強化対策に当たっては、「2. 2. 2 設計に反映すべき事項」における検討項目の観点から堤防強化工法の適用性を比較及び検討し、安全性能を満足するよう適切な工法を選定することを基本とする。

愛知県では、堤防強化工法の選定にあたっては、以下を参考としている。

河川堤防質的整備技術ガイドライン（案）

1. 概要

堤防強化工法選定にあたっては、堤防強化区間を設定し、洪水の流下に支障を及ぼさないよう、河積の確保等について十分な検討を行ったうえで、所要の安全性を確保できる堤防強化工法を一次選定する。

次に、堤防強化工法の適用性を比較・検討し、適切な工法を二次選定する。さらに、一次選定及び二次選定結果を踏まえるとともに、一連区間における構造連続性、樋門等の構造物の設置状況等を勘案し、総合的に検討を行い決定する。



図1 堤防強化工法の選定の手順

2. 堤防強化区間の設定

- ・安全性照査結果及び背後地の状況等を勘案し、所要の安全性が確保されていないと判断される区間を堤防強化区間として設定する。
- ・対象とする堤防が基本断面形状を満たしていない場合には、原則としてまず基本断面形状の確保を行う。

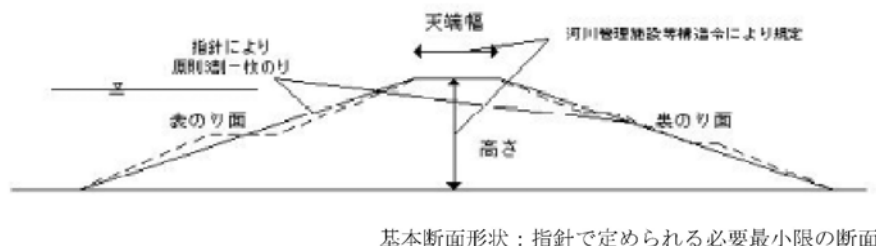


図2 基本断面形状の考え方

3. 一次選定（安全性の評価）

堤防強化にあたっては、耐浸透機能及び耐侵食機能に関する堤防強化の基本的考え方^{※1}を十分に踏まえ、所要の安全性を確保できる構造となるような堤防強化工法^{※2}を選定する。

※1堤防強化の基本的考え方

①耐浸透機能

- ・堤体にはせん断強さの大きい材料を使用する
- ・堤体内に浸透した水及び表面水を速やかに排除する
- ・表のり面や天端等での浸透を防止する

②耐侵食機能

- ・堤体表のり面の侵食耐力を強化する
- ・侵食外力を軽減する
- ・上記両者の複合

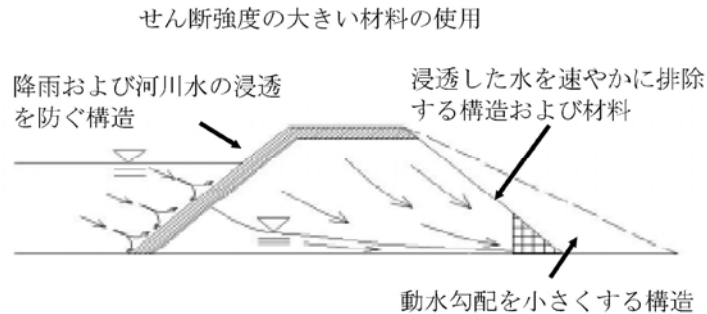
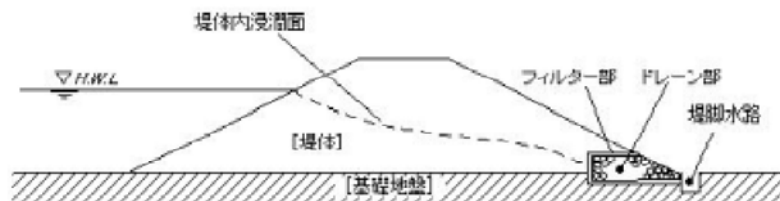


図3 耐浸透機能に関する堤防強化の基本的考え方

※2堤防強化

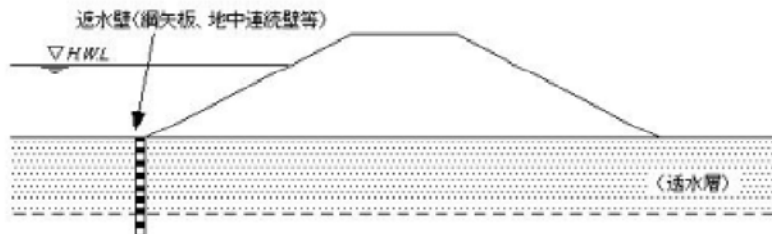
① 浸透対策



出典：ドレーン工設計マニュアル

平成 10 年 3 月 財団法人国土技術研究センター

【ドレーン工法】



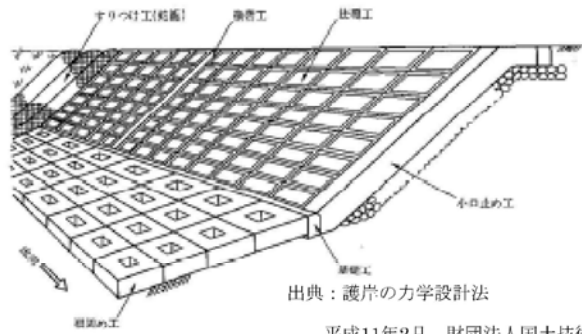
出典：河川堤防の構造検討の手引き

平成 14 年 7 月 財団法人国土技術研究センター

【川表遮水工法】

図4 浸透に対する主な堤防強化工法

②侵食対策



出典：護岸の力学設計法

平成11年2月 財団法人国土技術研究センター

【護岸】

図5 侵食に対する主な堤防強化工法

4. 二次選定（適用性の評価）

一次選定した堤防強化工法について、「維持管理」、「経済性」、「施工性」、「事業執行」、「堤体材料・地盤とのなじみ、構造物との関係」及び「環境・利用」の観点から適用性を評価し、適切な工法を二次選定する。

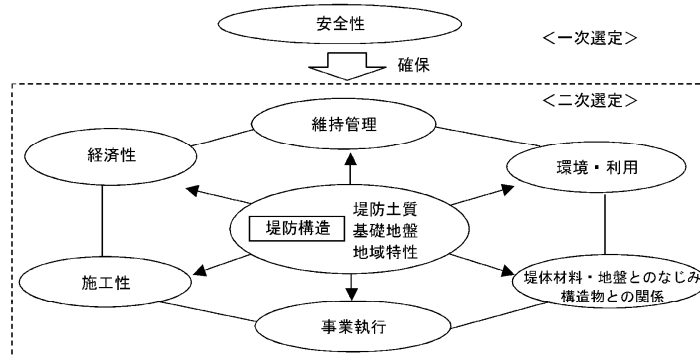


図6 適用性の評価の観点

5. 堤防強化工法の決定

堤防強化工法は、一次選定及び二次選定結果を踏まえるとともに、一連区間における構造的連続性、樋門等の構造物の設置状況等を勘案し、総合的に検討を行い決定する。

6. モニタリング

堤防強化を実施した場合は、「河川堤防モニタリング技術ガイドライン（案）」等に基づき、堤防強化工法の効果を検証するためのモニタリングを実施する。

出典：「河川堤防質的整備技術ガイドライン（案）」（平成16年6月、国土交通省）

2. 8. 2 常時のすべり破壊に対する安定及び沈下に対する強化

<考え方>

常時のすべり破壊に対する安定及び沈下に対する強化に当たっては、急激な盛土载荷による地盤沈下及び堤体の変形を緩和すること並びに地盤沈下の発生を抑制することが基本であり、これらを踏まえた工法を選定するものである。

<標準>

常時のすべり破壊に対する安定及び沈下に対する強化に当たっては、沈下による堤体への影響を緩和する工法及び沈下の発生を抑制する工法があることを踏まえ、基礎地盤の土層構造や背後地の土地利用状況等を勘案し、堤防強化工法を選定することを基本とする。

<例示>

常時のすべり破壊に対する安定に対しては、堤体への盛土载荷による影響を緩和する工法として、盛土による堤体の強度増加を図りながら段階的に堤防を盛り立てる緩速施工による対応等が考えられる。これが難しい場合には、すべりに対する工法として地盤改良等の補助工法を実施することが考えられる。

沈下に対しては、軟弱地盤における沈下の発生を抑制する工法として堤防自体の沈下抑制及び周辺への影響を緩和するために地盤改良等を実施する場合がある。

補助工法を行う場合、基礎地盤の川表側に透水性の高い軟弱地盤対策（バーチカルドレーン等）を行うと洪水及び高潮時の基盤浸透で堤体内浸潤面を高める場合がある。また、基礎地盤の川裏側に透水性の低い固結工法を行うと、浸透水の行き止まりで浸潤面を高める場合があるため留意する必要がある。

雨水排水の集中に対する対策としては、天端舗装をした場合にのり面への雨水排水の集中を防止するためのアスカーブの設置、集まった雨水を排水するための排水処理施設又はのり肩の保護等適切な構造による措置を講ずることが考えられる。

2. 8. 3 侵食に対する強化

<考え方>

侵食に対する強化に当たっては、直接侵食、洗掘及び側方侵食に対して、低水路平面形の修正、高水敷の造成及び水制等により侵食外力の軽減を図ること並びに護岸等により侵食耐力の強化を図ることが基本であり、これらを踏まえた工法を選定するものである。

<標準>

侵食に対する強化に当たっては、侵食外力を軽減する方法、侵食耐力を強化する方法又は両者を適切に組み合わせる方法があることを踏まえ、河道の特性を勘案し、強化対象箇所における被災履歴及び現地の状況等に応じて、侵食の機構に応じた所要の安全性を確保できる構造となるような堤防強化工法を選定することを基本とする。

<推奨>

水制により河岸前面の流速を低減し、河岸沿いのせん断力を弱め河岸の侵食耐力以下とすることで、護岸で覆わない盛土部分を残すことができる。水制まわりの流速低減域若しくは洗掘域を残すことで、生物の多様な生息環境確保に資する効果が期待できる場合もあるので、多自然川づくりの観点からも選択肢に加えることが望ましい。

<例 示>

- ① 侵食外力を軽減する工法としては、例えば以下の工法が考えられる。
 - 高水敷の造成
高水敷を造成することにより、堤防前面流速を低減し、侵食代（高水敷幅）を確保する。
 - 水制の設置
水制の設置により、粗度効果による流速低減及び主流路を遠ざける水はね効果が見込まれ、洪水及び高潮時の侵食に対して堤防を保護する。
 - 低水路平面形の修正
主流路を遠ざける効果及び堤防前面流速の低減効果が見込まれ、洪水及び高潮時の侵食に対して堤防を保護する。
- ② 侵食耐力を強化する工法としては、例えば以下の工法が考えられる。
 - 護岸の設置（のり覆工）
表面侵食耐力を増強することで洪水及び高潮時の侵食に対して堤防を保護する。なお、環境面に配慮する場合は、護岸等を覆土する手法を採用されることが多い。

2. 8. 4 浸透に対する強化

<考え方>

浸透に対する強化に当たっては、1. 降雨あるいは流水を堤防に浸透させないこと（浸透の抑制又は防止）、2. 浸透水は速やかに排水すること、3. 堤防、特に裏のり尻部の強度を増加させること（堤体のせん断強さの増加及び堤防内の動水勾配の低下）、4. 堤防断面を拡幅し、浸透路長を長くすることが基本であり、これらを踏まえた工法を選定するものである。

<標準>

浸透に対する強化に当たっては、のりすべりに対して強化する方法、パイピングに対して強化する方法又は両者を適切に組み合わせる方法があることを踏まえ、堤体と基礎地盤の土層構造を勘案し、強化対象箇所における被災履歴及び現地の状況等に応じて、浸透の機構に応じた所要の安全性を確保できる構造となるような堤防強化工法を選定することを基本とする。

<例 示>

- ① のりすべりに対して強化する工法としては、例えば以下の工法が考えられる。
 - 断面拡大工法
堤防断面を拡大することにより浸透路長の延伸を図り、平均動水勾配を減じて堤体の安全性を増加させる他、のり勾配を緩くすること（緩傾斜化）によりすべり破壊に対する安全性を増加させる。また、抑え盛土効果も見込めるのでパイピングに対する安全性も増加させる。
なお、旧堤拡築の場合、可能な限り裏腹付けとするものとするが、堤防の計画法線上の制約や河道断面が広く河積に余裕がある場合等は表腹付けをすることもある。
 - ドレーン工
堤体の川裏のり尻を透水性の大きい材料で置き換え、堤体に浸透した水を速やかに排水する。また、のり尻をせん断強度の大きい材料で置き換えるため安定性が増加する。
 - 表のり遮水工法
表のり面を難透水性材料で被覆することにより高水位時の河川水の表のりからの浸透を抑制する。
- ② パイピングに対して強化する工法としては、例えば以下の工法が考えられる。
 - 川表遮水工法
川表のり尻に止水矢板等による遮水壁を設置することにより基礎地盤への浸透水量を低減

する。

➤ ブランケット工法

高水敷を難透水性材料で被覆することにより、浸透路長を延伸させ、裏のり尻近傍の浸透圧を低減する。高水敷の造成又は低水路内の河岸侵食の軽減により、基礎地盤透水層の露出を回避することでブランケット工法と同様の効果を発現する可能性がある場合には、必要に応じて低水路法線形や河道横断形等の河道設計の修正を行うことも考えられる。

➤ 堤内基盤排水工法

基礎地盤からの浸透水を裏のり尻に鉛直方向に設置したドレーンで排水することにより、裏のり尻近傍の浸透圧を低減する。

2. 8. 5 地震に対する強化

<考え方>

地震に対する強化に当たっては、過去の地震による河川堤防の大きな被害が液状化に起因する事例が多いことから、液状化の発生を抑制又は液状化による堤体や地盤の変形を抑制することが基本であり、これらを踏まえた工法を選定するものである。

<標準>

地震に対する強化に当たっては、液状化の発生を抑制する方法、液状化による基礎地盤及び堤体の変形を抑制する方法又は両者を適切に組み合わせる方法があることを踏まえ、基礎地盤及び堤体の土層構造並びに背後地の状況等を勘案し、強化対象箇所における被災履歴及び現地状況等に応じて、所要の安全性を確保できる構造となるような堤防強化工法を選定することを基本とする。

<推奨>

強化に当たっては、侵食及び浸透等に対する安全性の確保との整合を考えると、断面拡大工法が望ましい。これが難しい場合には、耐震対策として効果のあるものを抽出し組み合わせて安全性が確保できる構造とすることが望ましい。

<例示>

① 液状化の発生を抑制する工法としては、例えば以下の工法が考えられる。

➤ 抑え盛土工法

抑え盛土荷重により地盤に働く上載荷重を増し、液状化を抑制する。また、すべりに対しても盛土荷重が抵抗側に働き安定化する。

➤ 締め固め工法

充填剤の挿入や振動締め固めを行うことにより、液状化層を締め固めて液状化の発生を抑制する。

➤ 排水工法

裏のり尻ドレーン等により、地震時に地下水が排水され、過剰間隙水圧の上昇を抑制することで液状化の発生を抑制する。

② 液状化による堤体や地盤の変形を抑制する工法としては、例えば以下の工法が考えられる。

➤ 固化工法

深層混合処理や薬液注入によって地盤を固化することにより、堤体のり尻の側方変位の抑制をする。

➤ 矢板工法

鋼管矢板又は鋼矢板の剛性により液状化層の側方変位を抑制する。

2. 8. 6 波浪に対する強化

<考え方>

波浪又は津波に対する強化に当たっては、堤防への侵食作用若しくは波力の低減又は越波の抑制若しくは越波に対する堤防の耐力強化が基本であり、これらを踏まえた工法を選定するのである。その際、接続する海岸堤防の構造を勘案し、接続部分の構造に配慮する必要がある。

<必須>

波浪又は津波の影響を著しく受ける堤防については、構造令に基づき必要に応じて措置を講ずるものとする。

<例示>

高潮区間に設置される堤防において堤内地への越波を防ぐためには、必要に応じて波返工を設けるが、波の入射角が概ね 30 度以上で、波高が 1m 程度以上の場合、若しくは概ね 30 度未満で 1.5m 程度以上の場合に波返しに対する措置が必要となる場合がある。また、越波量が延長 1m 当たり 0.02m³/s 程度以上の場合には堤体を被覆することが考えられ、その場合、越波量は 1m 当たり 0.05m³/s 程度以下としている。

2. 9 堤防構造に関するその他の事項

<考え方>

前項までは、堤防の護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用による侵食や浸透等に対して安全である機能を発揮するために、安全性能の照査を行い、その結果が安全性能を満たさない場合に安全性能を満足させるための対応を示したものである。

しかしながら、現況施設能力を上回る洪水の生起により計画高水位を超えるような事象が頻発しており、今後の気候変動の影響によっては、このような事象は更に増えることも考えられる。

これらの事象が発生した場合に対し、堤防が決壊するまでの時間を少しでも引き延ばすことにより避難までの時間の確保や氾濫被害の軽減に寄与するなどの効果を期待して、「構造上の工夫」を堤防に施す場合がある。「構造上の工夫」は、越流水的作用に対する堤防の力学的な破壊メカニズムの解析及び明確な安全基準の設定が可能な状況にないことから、現時点で堤防の設計に含むものではないが、いわゆる減災を目的に施策上実施しているものである。堤防越流に対しては、不同沈下等により堤防に不陸が生じるような場合等において、越流水が集中する可能性があることにも留意する必要がある。

現況施設能力を上回る洪水に対する「構造上の工夫」については、今後効果の定量化に向けた検討等に取り組むとともに、その実施により現状での堤防の安全性を低下させないことを前提に、構造物の耐久性、維持管理の容易性及び経済性等の観点から技術開発を進めていく必要がある。

<例示>

現況施設能力を上回る洪水への対応として、以下のような堤防の構造上の工夫を実施している事例がある。

- ・天端の舗装及び裏のり尻をブロック張等により補強する構造上の工夫を実施している場合がある。
- ・表のり尻から天端にかけて遮水シート及び護岸を施工している場合がある。

第3節 護岸・水制

3.1 総説

3.1.1 適用範囲

<考え方>

本節は、護岸及び水制を単独あるいは組み合わせ、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の護岸及び水制の安全性能の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ準用することができる。

護岸及び水制は、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して堤防を保護する、あるいは掘込河道にあつては堤内地を安全に防護するために設けるもののほか、平均年最大流量等のある程度頻繁に発生するような洪水に対して低水路河岸の侵食や洗掘を抑制するために設けるものもある。さらに水制については良好な河川環境の保全・創出、良好な景観への改善・創出、航路維持（流路の安定）のために設けるものもある。

これらの求められる機能を満足するために、護岸や水制、さらには河床形状を制御することも機能に組み込んだ工法を組み合わせ設計を実施することも考えられ、本節はこのような構造の設計についても適用することができる。なお、越流堤覆工については本節の適用外とする。

<標準>

本節は、護岸及び水制を単独あるいは組み合わせ、新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

3.1.2 用語の定義

<考え方>

護岸には、高水護岸、低水護岸、及びそれらが一体となった堤防護岸があり、主にのり覆工、基礎工（のり留工含む。以下において同じ）、根固工等から構成される。

水制には、透過水制と不透過水制があり、主に杭、コンクリートブロック、玉石、割石等で構成される。

<標準>

次の各号に掲げる用語の定義は、それぞれ以下に示す。

- 1) 高水護岸：複断面河道で高水敷幅が十分あるような箇所を、流水その他から保護することを目的として設置される護岸
- 2) 低水護岸：堤防を保護するために低水路河岸の流水による侵食を防止することや、低水路河岸の侵食や洗掘を抑制することを目的に設置される護岸
- 3) 堤防護岸：単断面河道である場合、あるいは複断面河道であるが高水敷幅が狭く、堤防と低水路河岸を一体として保護しなければならない場合の護岸
- 4) 透過水制：杭群等、流水が透過する構造のもので、水制が粗度要素となって流速を減じて洗掘を防いだり土砂を堆積させる効果を持つ構造物
- 5) 不透過水制：石積みやコンクリートブロック積みのように流水の透過度がほとんど無い水制で、水はね効果が大きい構造物

3.2 機能

<考え方>

河川においては、洪水時の流水的作用によって堤防や河岸が侵食されると、河川管理施設

等構造令に基づき最低限確保すべき計画堤防断面形状を満足しない等、治水上危険な状態になる等の問題が生じる場合がある。

洪水時のこのような状態を回避するため、堤防の保護等を目的とする護岸及び水制には、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して堤防を保護する、あるいは掘込河道にあつては堤内地を安全に防護する機能が求められる。

護岸及び水制が堤防の保護等の機能を発揮するに当たっては、護岸単独によるもののほか、護岸に作用する流体力を軽減する必要がある場合には水制との組合せ、湾曲部において外岸側の河床洗掘が課題となっている場合は護岸や水制、さらには河床形状を制御することも機能に組み込んだ工法との組合せを検討し、実施することが考えられる。

また、護岸及び水制には、平均年最大流量等のある程度頻繁に発生するような洪水に対して、低水路河岸の侵食や洗掘を抑制する機能が求められる場合もある。

護岸及び水制で、低水路河岸の侵食や洗掘を抑制する機能を発揮するに当たっては、堤防の保護等に必要の高水敷が十分にある場合は、低水護岸を設置して低水路河岸位置の変化を過度に抑制するのではなく、低水路河岸位置の変化をある程度許容する河道の管理を実施することが考えられる。

水制には、良好な河川環境の保全・創出、良好な景観への改善・創出、航路維持（流路の安定）の機能が求められるものもある。

良好な河川環境の保全・創出の面からの水制の機能としては、流速の速い所や遅い所を生じさせ水生生物に対して多様な環境場をつくること、水制頭部の洗掘や背後の土砂堆積により生物や植物への多様な環境場を提供すること、ワンドの形成により洪水時に魚類の避難空間を提供すること等が考えられる。

良好な景観への改善・創出の面からの水制の機能としては、土砂の堆積を誘導し水制から水際まで自然河岸化すること等が考えられる。

航路維持の面からの水制の機能としては、流水の流下幅を狭めるように水制を設置することで、航路部の河床を低下させ、通航可能水深と航路幅を確保、維持することが考えられる。

<必須>

堤防の保護等を目的とする護岸及び水制は、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して、堤防の侵食や崩壊に対する安全性を向上させること、洗掘の影響を回避・軽減させることにより堤防を保護する、あるいは掘込河道にあつては堤内地を安全に防護する機能を有するよう設計するものとする。

水制には、良好な河川環境を保全・創出する機能、良好な景観へ改善・創出する機能または船の航路を維持（流路の安定）する機能が求められるものもあり、このうち必要なものを有するよう設計するものとする。

3.3 設計の基本

<考え方>

我が国は沖積河川の氾濫原に人口・資産が集中しており、堤防により洪水及び高潮から人命と財産を防御している。護岸及び水制、さらには河床形状を制御することも機能に組み込んだ工法は、単独あるいは組み合わせて設置されることで堤防を保護する、掘込河道にあつては堤内地を安全に防護することを主たる目的として設置される重要な河川構造物である。

護岸及び水制は、対象とする河川区間の河道の平面形及び縦横断形、河道特性、平常時及び洪水時の流況等を踏まえて堤防防護ライン等を定め、その配置計画を検討するとともに、

長期的な河道の安定や局所的な河川の変動特性を十分に考慮して設計する必要がある。

また、想定される外力に対して安全な構造とすることに加えて、動植物の生息・生育・繁殖環境と多様な河川景観の保全・創出に十分に留意して設計する必要がある。

護岸及び水制の設計に当たっては、これらを踏まえ、以下の事項について検討し、設計に反映することが求められる。

1) 基本方針

護岸及び水制の設計に当たっては、「3.2 機能」に示す事項を満足するとともに、類似河川や近隣区間での実績、過去の経験等を参考にしながら、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。

堤防の保護等を目的とする護岸及び水制の設計に当たっては、対象とする河川区間の河道の平面形及び縦横断面形、河道特性、平常時及び洪水時の流況、地質、土砂流送特性、河川環境等を踏まえ、長期的、局所的または広範囲の河川の変動特性を十分に考慮するとともに、護岸及び水制の特性を十分に理解した上で、所要の機能を必要最小限の施設の新設や既設施設の改築で発揮させる方策を検討し、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して、単独あるいは組み合わせて設置されることで堤防を保護する、あるいは掘込河道にあっては堤内地を安全に防護するよう設計する。

護岸及び水制の配置の検討に当たっては、自然河岸の侵食耐力等について種々の調査結果等により適切に評価し、構造物の設置の必要性について十分検討する必要がある。河岸は粘性土や砂礫質土等の種々の土質材料とそこに生育する植生により構成され、河岸そのものもある程度の耐侵食性を有し、外力の条件によっては自然河岸のまま、あるいは多少の補強により洪水時の安全を確保できる場合もある。特に、植生は地上部の葉や茎による流体力の低減、河岸表面の被覆による河岸の流水作用からの保護、根による河岸表面の直接保護（強化）等により、相当程度の河岸防護効果が期待される。また、河岸近傍の樹木についても流速の低減等により河岸防護機能が期待できる場合がある。

護岸及び水制等の工法の選定に当たっては、目的とする機能の発揮に必要な工法の最適な組合せを総合的に検討する必要がある。例えば、堤防や低水路河岸表面の侵食耐力を洪水流の作用が上回る場合には護岸を設置するが、その際、現況の高水敷幅が一洪水で侵食される恐れのある高水敷幅よりも広い等、十分な高水敷幅がある場合は高水護岸を設置する。また、高水敷幅が十分でない場合は低水護岸や高水護岸を必要に応じて設置し、単断面河道あるいは複断面河道であるが高水敷幅が狭く堤防と低水路河岸を一体として保護しなければならない場合は堤防護岸を設置する。さらに、河床の洗掘により基礎工の根入れ長が極端に大きくなると考えられる場合等は、根固工を組み合わせることにより経済的な設計とすることが重要である。

維持管理の容易性、経済性の観点等からは、護岸と水制を組み合わせることによって、護岸に作用する流体力の軽減や護岸前面の河床洗掘を抑制することで、護岸の重量等を軽減して経済的な設計とすることが考えられる。また、主として湾曲部において外岸側の河床洗掘の程度が大きく、更なる対策が必要な場合等は護岸や水制、さらには河床形状を制御することも機能に組み込んだ工法を組み合わせることにより、河床洗掘を抑制する設計としている事例がある。

これらによっても、当該河川構造物のみの設計では、洪水時の堤防の安全性の確保や良好な河川環境の保全、総合的な土砂管理等の観点から、十分に期待する効果が得られないことが想定される場合等には、河道計画や施設等の配置計画に立ち戻って、床止めの設置による

河道の安定化の検討や、河道の平面形及び縦横断面等の再設定により、再検討することが望ましい。

堤防の保護等を目的とする護岸及び水制の設計に当たり工法選定を検討する際の基本的な考え方の流れを以下に示す。

なお、この基本的な考え方の適用が困難な場合は必ずしもこの考え方に基づく必要はないが、現地条件や河道特性等も踏まえて検討することが望ましい。

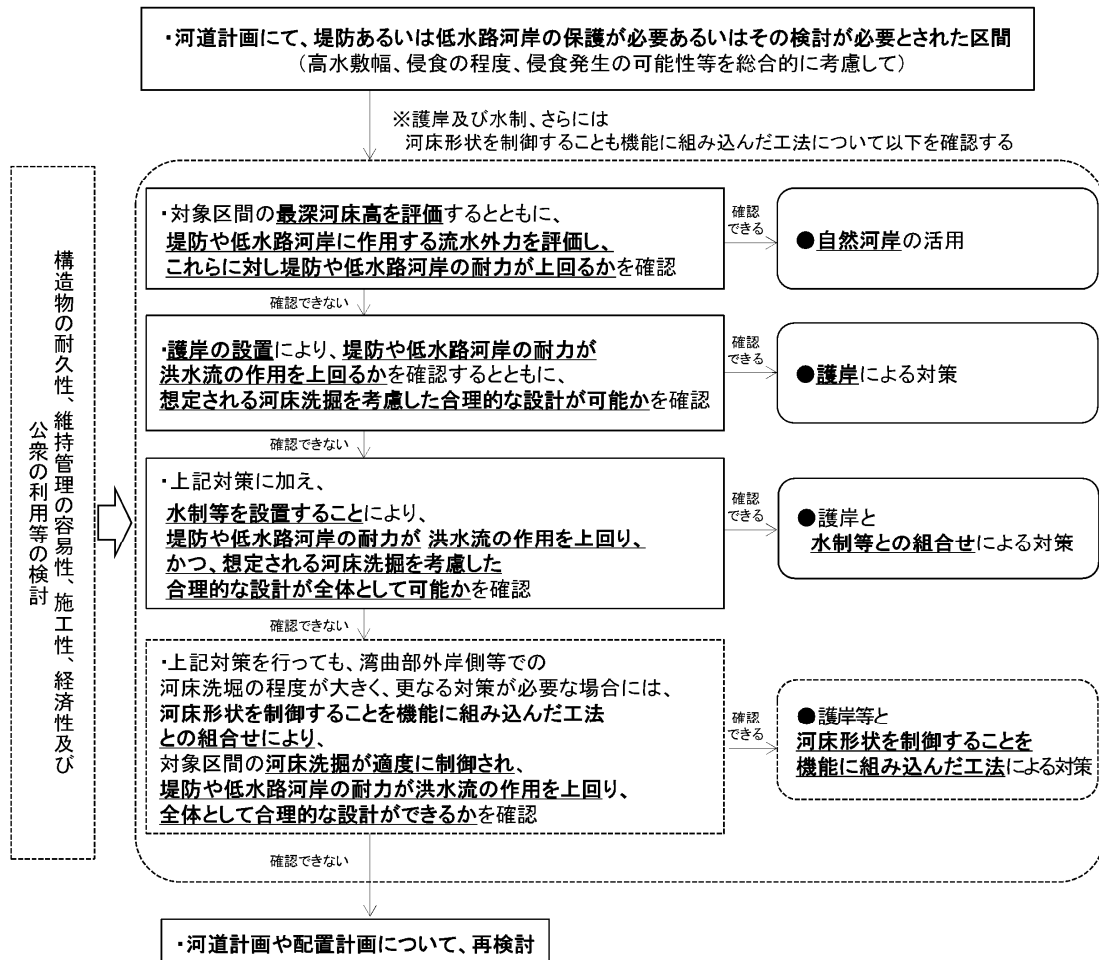


図 1-3-1 堤防の保護等を目的とする護岸及び水制の設計に当たり
工程選定を検討する際の基本的な考え方の流れ

また、平均年最大流量等のある程度頻繁に発生するような洪水に対して、低水路河岸の侵食や洗掘を抑制することが考えられる。

例えば、一洪水で侵食される恐れのある高水敷幅に対して現況の高水敷が十分な幅を有する場合には、コンクリートブロックによる低水護岸を設置して低水路河岸の変化を過度に制限するのではなく、高水敷利用の状況も考慮しつつ捨石護岸等を施工することで、平均年最大流量等のある程度頻繁に発生する洪水に対して低水路河岸を保護しつつ、計画規模相当の流量等の大きな洪水に対しては低水路河岸の位置の変化をある程度許容する河道の管理も考えられる。

水際部は生物の多様な生息環境であることから、動植物の生息・生育・繁殖環境と多様な河川景観の保全・創出のためには護岸は極力設置しない方がよいと考えられるが、護岸の設

置が必要となった場合は、必要最小限となるよう設置箇所、法線、延長を検討するとともに、環境への影響を検討し必要に応じ影響緩和策（護岸構造の変更や、淵、河畔樹木の保全等）を検討する必要がある。一方、水制はその周辺に多様な水環境を形成し、良好な河川環境の保全・創出、良好な景観への改善・創出に効果を有するので、この効果を十分活かすよう構造や配置、材質を検討する必要がある。

護岸設計の際には、自然環境への配慮として、流下能力や発生流速、潮の干満等の河道条件に応じて護岸前面への盛土や捨石、控え護岸等を検討すること、侵食や堆積で水際が変化する自然な河岸・水際部の形成等を図ること、覆土や土砂の堆積を促す護岸構造等により場の湿潤状態を維持すること、乱積みの根固工や捨石の設置等により水際部の多孔質な空間の確保や流れの多様性を形成すること等の工夫が考えられる。なお、施工時においても、注目すべき生物の生息・生育地を避けて仮設構造物を設置したり、水中施工では水生生物に対する影響について十分注意する等、環境に配慮することが望ましい。

また、景観への配慮として、覆土や前面への盛土等により護岸を極力露出させないこと、露出する場合には護岸天端等の境界を不明瞭にすること、分節して面積を小分けにすること、明度を下げることで、周辺の景観と調和した適度なテクスチャーを持った素材を用いる等が考えられる。

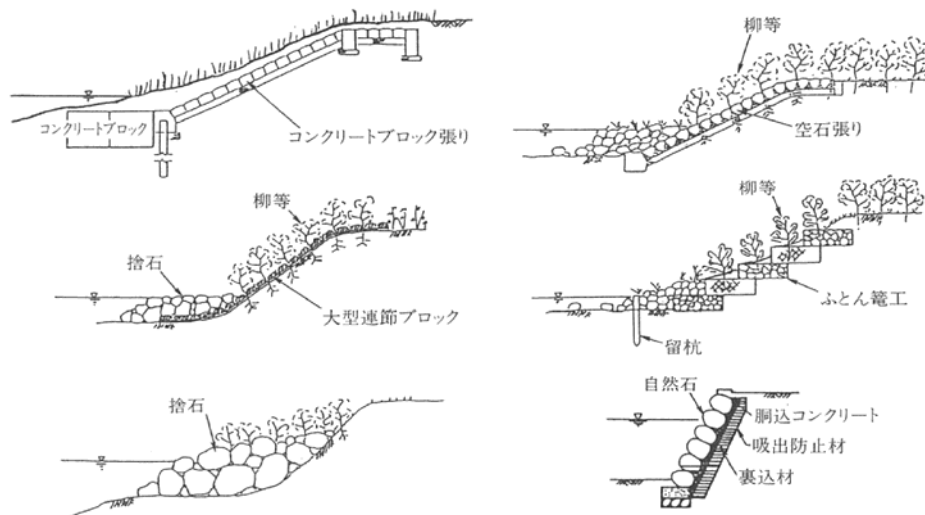


図 1-3-2 環境等に配慮した護岸の例

水制設計の際には、自然環境への配慮として、河床地形や流れの多様性を創出するために、土砂の堆積により河岸が自然の土砂と植物で覆われるよう設計すること、ワンド空間を意図的に形成する場合は、水制間に土砂が堆積して陸化しないように水制高、間隔を設定すること等が考えられる。また、景観への配慮として、水制の長さ、高さ、材料の大きさ、色彩等は周辺の景観と調和的であるようにすること、単体の工法や形状、素材にのみ、その価値を見いだすのではなく、群体としての存在、流況による水制群回りの堆積や洗掘、流れの変化を概括的に捉えて設計すること、流速の変化、渦、波紋、反射等の変化をもたらすようにすること、河川景観になじんだ貴重な風景資源として既存の水制を生かす工夫を行うこと等が考えられる。

航路維持のための水制は、中砂以下の河床材料をもつ河川を対象に設置する。砂利河川が対象にならないのは、長大水制で川幅を制御しようとする建設費が巨大となり、また、勾

配が急であるので、確保水深を砂河川並みに維持することが困難であることから吃水深の浅い船しか通行できないからである。砂利河川の場合、河床は洪水時しか大きく変化しないので、プレジャーボート等のためには掘削を行うほうが一般に得策である。

2) 中小河川の場合の留意点

中小河川は大河川と比較して川幅が狭く単断面形状であることが多い。加えて、周辺の土地利用の制約を受けることが多いため、堤内地を安全に防護するために、護岸や水制が設置されることが多い。また、このように川幅に制約がある場合等においても、川が有する自然の復元力を活用するため、河岸ののり勾配を五分程度に立てて河床幅を十分に確保することが一般的である。

このため、水際部が河川環境や景観に与える影響が相対的に大きいので、良好な川づくりを達成する上では、その設計がとりわけ重要となる。

また、河道の長期的な安定性を確保する前提で、できる限り縦断的、横断的に自然な変化をもつ河岸・水際部になるよう、護岸及び水制等の配置を単独あるいは組み合わせて検討する必要がある。

護岸の設計の際に環境上配慮すべき事項についての考え方は、「4.3 設計の基本1)基本方針」で示したもののほか、のり肩・水際部に植生を持つことを基本とし、直接人の目に触れる部分を極力小さくすること、周囲の景観と調和させること、水際及び背後地を重要な生息空間とする生物が分布している場合は生息・生育空間・移動経路として生物が利用できるよう配慮することが望ましい。具体的には、河岸樹木等の保全、護岸の前面への寄せ土、寄せ石、盛土等により自然な河岸・水際部の形成を検討するとともに、淵や河畔林が存在する場合には、根固工の設置高さの工夫、護岸構造等の工夫等により保全を図ること等がある。

また、護岸が露出する場合には、周囲と調和するように護岸のり肩、護岸の水際線等の境界の処理を行うこと、生物の生息・生育場所や植生基盤となりうる空隙や透水性・保水性を持つこと等があげられる。なお、現況で人の利用がある場合には、階段護岸の設置や緩傾斜の河岸構造とすることにより人の水辺へのアプローチを確保すること等があげられる。

<必須>

堤防の保護等を目的とする護岸及び水制は、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して、堤防を保護する、あるいは掘込河道にあつては堤内地を安全に防護できる構造となるよう設計するものとする。

また、水際部に設置する護岸及び水制は、水際部が生物の多様な生息環境であることから、十分に自然環境を考慮した構造とすることを基本として、施工性や経済性等を考慮して設計するものとする。

<標準>

護岸及び水制の設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 対象とする河川区間の河道の平面形及び縦横断形、河道特性、洪水流の流況、地質、河川環境等を踏まえ、長期的または局所的な河川の変動特性を十分に考慮するとともに、護岸及び水制等の特性を十分に理解した上で、設置目的に応じた機能を有するように、類似河川や近隣区間での実績、過去の経験等を参考にしながら設計し、対象とする状況と作用に応じた安全性能照査を行うことを標準とする。
- 2) 構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮して設計するとともに、堤防の保護等に当たって有効と考えられる護岸及び水制等の施

設を単独あるいは組み合わせ、また構造物を設置することによる周辺の河道への影響に十分配慮して、設置場の条件に合わせて設計することを標準とする。

- 3) 堤防の保護等を目的とする護岸や水制においても、河川環境や景観へ配慮して設計する。特に水制は、その周辺に多様な水環境を形成し、良好な河川環境の保全・創出、良好な景観への改善・創出に効果を有するので、この効果を十分活かすよう構造や配置、材質を検討して設計することを標準とする。

<推奨>

「図 1-3-1 堤防の保護等を目的とする護岸及び水制の設計に当たり工法選定を検討する際の基本的な考え方の流れ」に示すとおり、護岸及び水制、さらには河床形状を制御することも機能に組み込んだ工法のみでの設計では洪水時の堤防の安全性の確保や良好な河川環境の保全、総合的な土砂管理等の観点から十分に期待する効果が得られないことが想定される場合等においては、河道の平面形及び縦横断形の設定や高水敷幅、護岸、水制、床止め等の関連する河道の制御施設の組合せ等の河道計画や配置計画について、再検討することが望ましい。

<例示>

「図 1-3-1 堤防の保護等を目的とする護岸及び水制の設計に当たり工法選定を検討する際の基本的な考え方の流れ」に示すとおり、河道湾曲部の外岸側等において、護岸及び水制のみでは河床洗掘等の課題が解消されない場合には、河床形状を制御することも機能に組み込んだ工法（ベーン工や置換工等）と組み合わせる対策を実施している事例がある。

- ・ベーン工は、翼板状の構造物を湾曲河道外岸の河床に設置し、流れと流砂を同時に制御し、湾曲部外岸の河床洗掘の抑制等を図る工法である。
- ・置換工は、河床材料を洪水時にも動きにくい材料で置換することにより水衝部深掘れの軽減等を図る工法である。

3. 4 護岸の基本的な構造

<考え方>

護岸及び水制は、「3.3 設計の基本」までに示したとおり、堤防の保護等、低水路河岸の侵食や洗掘の抑制、河川環境や景観の保全・創出、航路維持等、求める機能を有するように設計するとともに、対象河川の河道特性等を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性及び公衆の利用の容易性等を総合的に考慮し、施設を単独あるいは組み合わせ、周辺の河道への影響に十分配慮して設計することが重要である。

「3.4 護岸の基本的な構造」では、このうち護岸の設計及び照査の基本的な考え方を示す。

3. 4. 1 構造形式・工種の設定

<考え方>

護岸の構造形式としては、「張り護岸」や「積み護岸」、「矢板護岸」等の構造がある。

また、護岸には、多くの工種があり、使用される素材、構造の外観等はさまざまである。一般には、同じ構造的な特徴を持つ形式ごとに、「練張り護岸」「空張り護岸」「練積み護岸」「空積み護岸」等に分類されており、設置後の変状や被災事例などによって、各工種の安定性上の特性が経験的に把握されている。複雑な外力条件にさらされる護岸の設計については、それらの経験の積み重ねが特に重要であり、過去あるいは類似河川での経験を十分に踏まえるとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性、及び環境・景観との調和等を考慮して設計に当たる必要がある。

工種が異なると、設計時に考慮すべき外力や、設計すべき項目も異なるものとなる。設計

に際しては、各工種の構造的な特徴を理解したうえで、設置箇所の河道特性に応じた工種を選択する必要がある。

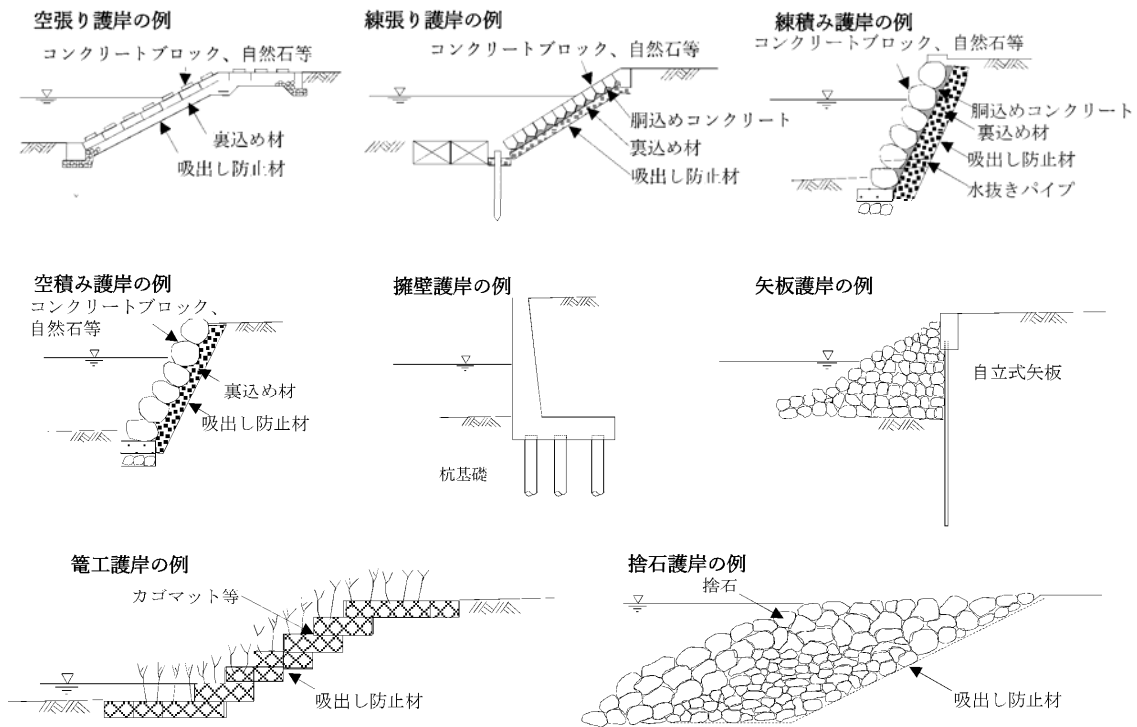


図 1-3-3 護岸の工種

<標準>

護岸の工種は、「練張り護岸」、「空張り護岸」、「練積み護岸」、「空積み護岸」、「擁壁護岸」、「矢板護岸」等がある。工種の選定に当たっては、過去あるいは類似河川での経験及び設置箇所の河道特性を十分に踏まえるとともに、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性、及び環境・景観との調和等に考慮して設定することを基本とする。

3. 4. 2 材質と構造

(1) 使用材料

<考え方>

護岸で使用される素材はコンクリートブロック、石、木材、植生等さまざまである。護岸を設計する場合には、その耐久性について十分吟味し、堤防の保護等の機能を有する安全な構造となるよう十分な検討が必要である。

護岸の表面形状が滑らかになると、護岸周辺の流速が大きくなり、護岸前面や周辺の侵食・洗掘力が増す等により、設計対象護岸自身や周辺の河川管理施設の構造に支障を及ぼす可能性があるため、護岸は適切な表面粗度とする必要がある。

<標準>

護岸の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や耐久性を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

<例示>

- 1) 護岸の表面形状については粗面仕上げとする等、表面粗度に配慮する必要があり、護岸の適切な表面粗度の目安としては、例えば低水護岸や堤防護岸の護岸設置区間の河床が有する代表的な粗度と同程度にするという考え方がある。ただし、河床の状況によって護岸構造が現実的なものとはならない場合がある。したがって周辺も含めた河川管理施設等に与える影響や流下能力の確保、河川環境等の観点から総合的に判断する必要がある。護岸表面の粗度評価方法の一例として、コンクリートブロックの突起形状、配置形状に着目した研究成果がある。
- 2) 急流河川において、現地発生の玉石を用いた練張り護岸で、流砂や礫の衝突による磨耗・破損に対する対策を実施している事例がある。

(2) 主な構造

<考え方>

護岸は、主にのり覆工、基礎工、根固工等から構成される。

- 1) のり覆工は堤防等を保護する構造物で、護岸の構造の主たる部分を占めるものであり、流水・流木の作用、土圧等に対して安全な構造となるように設計するとともに、その形状・構造は多くの場合に良好な河川環境の保全・創出と密接に関連することから、設計に際しては生態系や景観について十分に考慮する必要がある。
- 2) 基礎工はのり覆工を支持する構造物であり、その天端高は、洪水時に洗掘が生じても護岸基礎の浮き上がりが生じないように、過去の実績や調査研究成果等を利用して最深河床高を評価することにより設定する必要がある。
- 3) 根固工は基礎工が安全となるよう設置する構造物であり、大きな流速の作用する場所に設置されるため、流体力に耐える重量であること、護岸基礎前面に洗掘を生じさせない敷設量であること、耐久性が大きいこと、河床変化に追従できる屈とう性構造であることが必要となる

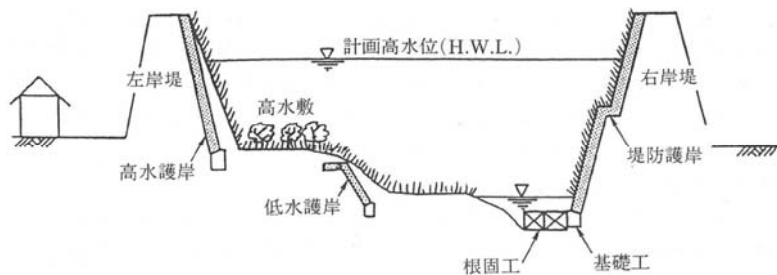


図 1-3-4 高水護岸、低水護岸、堤防護岸

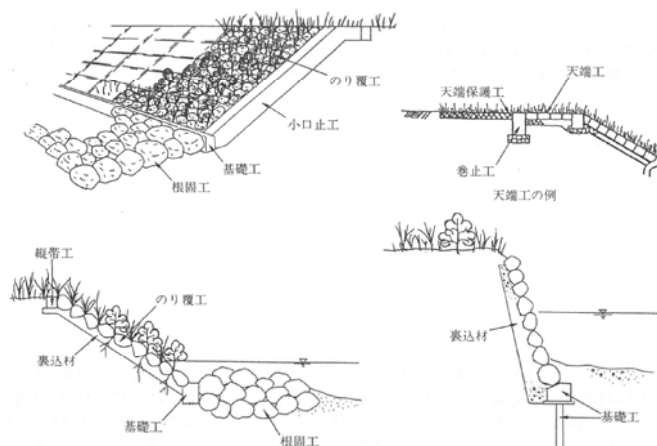


図 1-3-5 護岸の構成

護岸の設計条件として、流体力、土圧等の外力、洪水時の河床変動による周辺地形変化、流砂や礫の衝突による磨耗・破損、流水や降雨の浸透による吸出し、侵食防止や軽減、河川環境、景観、河川利用、施工性、経済性等を考慮する必要がある。

これらすべての要因について理論上の解釈を与えて設計することは現状では難しく、伝統工法等に於ける過去の経験、過去の被災形態や類似河川の実績、あるいは新しい工種に於ける試験施工・模型実験、調査研究の成果等を利用して設計するものとする。特に、良好な河川環境の保全やコスト削減等の観点から、より合理的な護岸の構造とすることが望まれる場合があるので、試験施工・模型実験、調査研究の成果等を積極的に活用して設計検討を実施する必要がある。

護岸は河川環境にとって特に重要である水際部に設置されることが多く、設置箇所の生態系や良好な景観を保全するような構造の工夫が求められる。したがって、各河川における多自然川づくりの目標が十分に達せられるよう、護岸の構造は良好な河川環境や景観に適したものである必要がある。護岸が露出する場合については、護岸を大きく見せないように工夫するとともに、明度を抑え適度なテクスチャーを持った素材を用いる等、景観面・自然環境面に配慮することが重要である。

その際、むやみに耐久性や安全性に過大な余裕をもたせるのではなく、河道の長期的な変化になじんだ構造であること、高水敷や水制等と一体として堤防を保護することが護岸の目的であることを勘案して設計する。

護岸の設計に当たっては、被災形態の把握が重要であるため、既往の被災事例を調査し、被災部位別のおもな被災原因や護岸構造ごとの被災形態の特徴について十分に把握する必要がある。被災形態の把握に当たっては、適切かつ具体的な目的設定に基づく災害調査等から得られた知見を蓄積し、河川等の計画、設計及び維持管理等のための技術情報として共有化できるようにすることが重要である。以下に、主な護岸の被災形態を示す。

1) 河床洗掘による被災

護岸の被災事例で最も顕著なものは、基礎工前面の河床洗掘を契機として、基礎工及びのり覆工が被災を受ける事例である。護岸基礎工前面の河床洗掘が基礎工天端高以下の深さまで達すると、基礎工が河床より浮き上がり、その結果、支えを失ったのり覆工は破壊してしまう。このとき、流水によって裏込材が吸い出されると、のり覆工は著しく破壊され、さらに上下流側にも破壊現象が伝播して広範囲にわたる被災となる。基礎工前面に根固工が設置されている場合でも根固工の重量や敷設幅が不足している場合は、根固工の流失を契機として基礎工の流失が発生し、洗掘による被災が発生することがある。

2) すり付け部からの被災

護岸と、その上下流の護岸未施工区間とのすり付け部に設置されるすり付け護岸の被災事例も多い。すり付け護岸は、本護岸の小口部を保護するために設置される。すり付け護岸は、一般に、未施工区間との法線形や粗度のなじみを良くするため、屈とう性があり、かつ表面形状に凹凸のある、連節ブロックや籠工が用いられることが多い。それらのすり付け護岸は安定性上の十分な重量を有していないことや、上流端の小口が保護されないことが多いことから、上流端からめくれてしまうことがある。また、連節ブロックは、鉄線等で連結されているため、めくれは下流側にも伝播することになる。籠工の場合は、籠の強度が不十分であったり、中詰め石の径が小さかったりすると、籠が変形したり、あるい

は籠全体が流失してしまうことがある。

3) のり覆工の被災

のり覆工のみが被災を受ける事例もある。のり覆工には、おもに表面の凹凸部に流水からの抗力や揚力が作用し、自重によってこれらの流体力に抵抗する。しかし、流体力が卓越すると被災にいたることがある。例えば、小口部分が保護され、めくれは発生しないのり覆工であっても、ブロックの自重による摩擦抵抗よりも、抗力・揚力等の作用が卓越すると、ブロックは、作用外力の方向に滑動をはじめ、のり覆工は被災にいたる。また、捨石のように、球に近い素材を用いた構造ののり覆工では、素材の径や比重が不足すると、流水からの掃流力によって、のり覆工が掃流されてしまうことがある。のり覆工には、ブロックや石等の使用素材による形状の違いのほか、胴込コンクリートによって一体化を図った「練り」タイプのもものと、一体化を図らない「空」タイプのもものとがある。この違いは、流水の作用に耐える強さの差となって現れる。

4) 天端工及び天端保護工の流失

低水護岸の天端部分の被災事例も多い。洪水時の流量、河道の断面形状あるいは平面形状によっては、洪水が高水敷から低水路部分に落ち込んだり、逆に低水路部分から高水敷に乗り上げたりする現象が発生する。このような現象が発生すると、天端部分では大きな流速を生じるので、天端工及び天端保護工にブロックを用いる場合には、重量や敷設幅が不足すると、めくれや滑動を生じる。天端工及び天端保護工の流失は、護岸のり覆工の背面の裏込材の流失を招き、最悪の場合はのり覆工の破壊にいたる。

5) 背面土砂の吸出し

護岸の裏面の堤体土が吸出しを受けて、護岸全体が破壊にいたる場合もある。この原因は、吸出防止材の機能不足にあることが多い。吸出防止材の開孔径、透水係数等の材質が堤体土に対して適切でなかったり、吸出防止材を敷設する際の重ね合わせ部等に隙間が生じた場合等には、吸出現象が発生することがある。吸出現象はいったん発生すると周辺部にも伝播する危険がある。これによって、のり覆工の裏面に凹凸が生じるため、のり覆工の安定条件そのものも崩れてしまう。このため、護岸の被災が広範囲に及ぶ危険がある。

<標準>

護岸は、のり覆工、基礎工、根固工をはじめいくつかの部位から構成される。各部位には水圧、土圧、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用による外力等が作用するほか、河床変動等の影響を受けるが、護岸を構成する各部位の設計に当たっては、護岸全体として機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるように設計することを基本とする。

また、設計に当たっては、河川環境及び景観を考慮した構造とすることを基本とする。

<愛知県基準>

コンクリートブロック積の裏込コンクリートは原則として入れないものとする。

ただし、次のような場合については、この限りではない。

イ 護岸の直高 2.00m 以上、法勾配 1:0.5 より急勾配 (0.5 含む) のもので、護岸肩部が兼用道路で、輪荷重が護岸の安定に著しく影響する場合。

(注) (直高 2.00m~3.49m、下端より等厚 10cm、直高 3.50m~5.00m、下端より等厚 15cm)

輪荷重が護岸の安定に著しく影響する場合とは、堤防天端幅 3.00m 以上で余裕高護岸の場合とする。

- ロ 護岸の直高 3.00m 以上、法勾配 1:0.5 より急勾配 (0.5 含む) のもので、護岸の背面土質材料が砂質等、吸い出され易いもの及び、軟弱地盤で護岸の安全上特に必要とする場合。
 (注) (直高 2.00m~3.49m、下端より等厚 10cm、直高 3.50m~5.00m、下端より等厚 15cm)
- ハ この方針によりがたい場合は、別途協議すること。
 出典：「河川工事のコンクリートブロック積の裏込コンクリートについて (通知)」
 (昭和 56 年 6 月、愛知県土木部河川課)

3. 4. 3 安全性能の照査等

(1) 設計の対象とする状況と作用

<考え方>

護岸の設計に当たっては、護岸の工種ごとに、必要に応じて常時、洪水時、地震時等の安全性能を確保することが求められる。

護岸の安全性能の照査は、のり覆工、基礎工、根固工等の各部位ごとに行うこととし、照査に当たっては、基礎地盤の特性、河道の特性、維持管理に必要となる前提条件等を土質地質調査や河道特性調査等に基づき設定する必要がある。

設計の対象とする作用は、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用による流体力と自重に加え、積み護岸の場合は土圧と水圧、擁壁護岸や矢板護岸の場合はさらに地震時慣性力等が対象になると考えられる。その他必要に応じて、河床変動、載荷重、揚圧力、波浪や風浪、津波、航走波、副振動 (セイシュ)、アイスジャム、流砂・礫の衝突による摩耗・破損、土石流等の影響を考慮するものとする。

なお、施工条件の影響により、施工時荷重についても考慮が必要となる場合がある。

<標準>

護岸の安全性能の照査は、のり覆工、基礎工、根固工等について行うこととし、照査に当たっては、次の表から、護岸の設置箇所、工種ごと、各部位の構造形式ごとに、設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

表 1-3-1 護岸の設計の対象とする状況と作用

護岸の状況	作用 ^{*1}
常時	自重、土圧、水圧
洪水時	計画高水位 (高潮区間にあつては計画高潮位) 以下の水位の流水の通常的作用による流体力、自重、土圧、水圧
地震時	自重、土圧、水圧、地震の影響 ^{*2}

^{*1}河床変動、載荷重、揚圧力、波浪や風浪、津波、航走波、副振動 (セイシュ)、アイスジャム、流砂・礫・流木の衝突による摩耗・破損、土石流、施工時荷重等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

^{*2}地震時土圧、地震時動水圧、地震時慣性力等

(2) 安全性能の照査

<考え方>

護岸は、「3. 4. 3 (1) 設計の対象とする状況と作用」に示す状況と作用ごとに、照査の条件として適切な水位を設定し、安全性能について照査する必要がある。

護岸の洪水時の安全性能の照査は、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常の作用による抗力や揚力、掃流力等の流体力や、土圧及び水圧に対して、のり覆工、基礎工、根固工等の各部位が安全であるよう照査を行う。このほかにも、土石流、高潮、波浪、アイスジャム、載荷重等を考慮すべき場合もあるので、必要に応じて検討する。

堤防、河岸に作用する侵食力の大きさや、護岸ののり覆工に作用する抗力、揚力などの流体力は、流速の大小と密接に関連している。このため、流速の評価は照査において重要となる。また、護岸の設計では、洪水時の最深河床高が重要な設計条件となる。護岸の被災事例の多くが、流水による急激な河床洗掘を契機とした基礎工の流出を原因としているためである。なお、基礎工の沈下やのり尻からの土砂の流出などを防止するために設置される根固工を設計する場合でも最深河床高の評価は重要である。

1) 流速

洪水時に発生する流速は、護岸を設置する箇所の最深河床高、低水路及び高水敷の粗度、のり勾配等の影響を受ける。したがって、設計に用いる流速や、最深河床高等の設計条件は、水理模型実験、数値計算、最近の研究成果による理論的な算定方法等の中から護岸設置箇所の河道特性を反映できる方法で評価する必要がある。ここでは、堤防、河岸に作用する流速を代表流速 V_0 と定義して、その求め方の一手法を示す。

堤防及び低水河岸の護岸設計に用いる流速を代表流速 V_0 と定義する。本節に示す代表流速 V_0 の算定方法は、マンニングの平均流速公式で求めた平均流速 V_m について、考慮されていない要因を水理的に評価補正することにより補正係数 α を求め、

$$V_0 = \alpha V_m \quad (1-3-1)$$

として求めるものである。ただし、低水路平面形状が変化に富む場合や高水敷上の樹木群と堤防の間に速い流れが生じる場合等には、この手法では V_0 の評価が困難である。このような流れが複雑な場合は、平面二次元流解析、あるいは水理模型実験によって V_0 を算定することが望ましい。

平均流速 V_m は、護岸の設置位置に応じてマンニングの平均流速公式より算定する。

$$V_m = \frac{1}{n} H_d^{\frac{2}{3}} I_e^{\frac{1}{2}} \quad (1-3-2)$$

ここで、設計水深 H_d は低水護岸及び堤防護岸の場合は低水路内断面平均流速を算定するための水深を、高水護岸の場合は堤防近傍流速を算定するための水深をさす。

洗掘や湾曲等の影響により、式(1-3-2)で求まる V_m を補正する必要がある場合には、式(1-3-1)の補正係数 α を用いて代表流速 V_0 を求める。補正を行う要因には、砂州の発生、川幅の変化、低水路の流れと高水敷の流れの干渉、湾曲等の河道特性による要因、及び根固工、橋脚、堰、床止め上流部等での構造物周辺の局所的な流れの変化等があげられる。具体的な補正係数の値については種々の研究成果等から定めるものとする。

設計に用いる流速は、計画高水位以下の水位のさまざまな流況条件の中で、実際に河岸等に作用する流速のうち最大の値を用いる必要がある。流速は、一般に計画高水位相当の水深が生じた場合が最も大きくなるが、堰・床止め等の横断構造物等や狭窄部の上下流部、高水敷から低水路へ流れが落ち込む場合や低水路の主流が高水敷に乗り上がる場合、水深変動に伴う河床形態の変化によって粗度係数の値に変動が生じる場合等、河道条件によっては、計画高水位以下の水位での流速が大きくなることに留意する必要がある。

2) 土圧、水圧等

積み護岸、擁壁護岸、矢板護岸等の設計では、流体力に加え土圧及び水圧を考慮する必要

がある。擁壁、矢板の設計では、地震時の土圧及び水圧についても必要に応じて検討する。

3) 最深河床高

安全性能の照査では、洪水時の最深河床高が重要な設計条件となる。最深河床高は、洪水時の洗掘現象や埋め戻しによって変化するが、この変化の状態は河道特性によって異なり、定量的な評価に必要なデータ収集が観測の難しさもあって現段階では不十分なことから、最深河床高の定量的評価は難しい。そのため、これまでの研究成果等を基にした「3.4.4 各部位の設計(2)基礎工」＜推奨＞の方法により最深河床高を推定するのが一般的である。

＜標準＞

護岸は、「3.4.3 (1) 設計の対象とする状況と作用」に対し、洪水時等の安全性能について照査することを基本とする。

照査に当たっては、これまでの経験及び実績から妥当とみなせる方法又は論理的に妥当性を有する方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。

3.4.4 各部位の設計

(1) のり覆工

＜考え方＞

のり覆工の破壊要因は流体力、および土圧・水圧であり、のり勾配によりどちらが主要因となるか分類できる。のり勾配が比較的緩い場合は‘張り’の状態のため、流体力が破壊の主要因となり、のり勾配が比較的急な場合は‘積み’の状態のため、土圧・水圧の作用が破壊の主要因となる。

のり勾配が比較的緩いのり覆工では、以下に示すような破壊形態をとる。

- 1) コンクリートブロックのように底面が平坦で、上下流端がすり付け護岸で保護されているのり覆工では、流体力によりコンクリートブロックが滑動する破壊形態となる。
- 2) 自然石のように、丸みを帯びた材料を用いたのり覆工では、流れにより掃流されてのり覆工が破壊される形態をとる。
- 3) 小口が保護されていないのり覆工では、流体力によるのり覆工がめくれて破壊にいたることが多い。

胴込コンクリート等によるのり覆工が一体化されているかどうかは流水への抵抗力に差異を生じる。このことは同じ材料を用いたのり覆工でも設置状態が異なれば安定性が異なることを示している。

また、のり勾配が比較的急なのり覆工では、常時・洪水時（洪水後含む）・地震時に作用する背面の土圧により倒壊する場合がある。

これらの観点から、流体力あるいは土圧・水圧の破壊要因、滑動・めくれ等の破壊形態、小口や一体性等の設置状態を反映させ、安定性照査のモデルを設定する。

堤防護岸（高水護岸）ののり覆工の高さは、原則として堤防天端までとする。これは、計画高水位付近を水面とする洪水が流下した場合に、洪水時に発生する風浪、うねり、跳水等によって、計画高水位より上の堤防法面が侵食されるおそれがあるためである。また、河川管理施設等の周りで、流水が著しく変化することとなる区間である場合等も、原則として堤防天端まで設置することとされている。ただし、植生被覆等の効果等も勘案して過大な範囲とならないように留意する必要がある。

低水護岸については、流水の作用状況や植生等による自然河岸の侵食耐力等を勘案して、必要とされる範囲に設置するものとする。低水護岸では、のり覆工の高さは、一般には設置する河岸付近の高水敷高とする。

なお、河川管理施設等の周りに護岸を設置する場合の設置範囲及び湖沼、高潮区間に護岸を設置する場合の措置については、河川管理施設等構造令の記述を参照するものとする。

計画堤防断面形状ののり面は、一枚のりを基本としているが、堤防に小段があり、小段の上に護岸を設ける場合には、小段位置において、コンクリートブロック張り等の場合は基礎工を、蛇籠張り等の場合には止杭を設けるものとする。石積みまたはコンクリートブロック積みの練積みのり覆工においては、組石材を胴込コンクリートで一体構造とする。

護岸には残留水圧が作用しないよう、必要に応じて裏込材を設置する必要がある。ただし、裏込土砂が砂礫質で透水性が高い場合には必ずしも裏込材を設置する必要はない。護岸には一般に水抜きは設けないが、掘込河道等で残留水圧が大きくなる場合には、必要に応じて水抜きを設けるものとする。水抜きは、堤体材料等の微粒子が吸い込まれないよう考慮するものとする。

吸出防止材は、護岸背後の残留水が抜ける際、あるいは高流速の流水がのり覆工に作用する際に、のり覆工の空隙等から背面土砂が吸い出されるのを防ぐために設置する。また、吸出防止材は練積み護岸において裏込材への細粒分の流入を防止したり、施工性を考慮して設置される場合もある。

のり覆工には必要に応じて次の付属工を設けるものとする。

- 1) 小口止工：のり覆工の上下流端に施工して、護岸を保護する。
- 2) 横帯工：のり覆工の延長方向の一定区間ごとに設け、護岸の変位・破損が他に波及しないように絶縁する。
- 3) 縦帯工：護岸ののり肩部の施工を容易にし、また護岸ののり肩部の破損を防ぐ。

なお、天端工、天端保護工及びすり付け工については、「3.4.4 各部位の設計(4)その他の設計(天端工、天端保護工、すり付け工)」にて記載する。

<愛知県基準>

愛知県では、のり覆工の高さは計画高水位までを標準とする。

<標準>

のり覆工は、河道特性、河川環境等を考慮して、流水・流木の作用、土圧等に対して安全な構造となるように設計することを基本とする。

<愛知県基準>

裏込め材は、再生クラッシャーラン（40mm以下）を標準とする。

<推奨>

のり勾配が 1:1.5 以下の緩い勾配の場合は‘張り’の状態とし、のり勾配が 1:1.5 以上の急な勾配の場合は‘積み’の状態と考えることが多い。

のり覆工のうち、張り構造の主な破壊形態を以下に示す。

- 1) 滑動：流体力が部材に作用し底面摩擦力を上回った場合にすべりだす現象である。空ブロック張りなどの単独部材を整然と配置したのり覆工や、練張りなど部材が群体とみなせるのり覆工の破壊形態である。

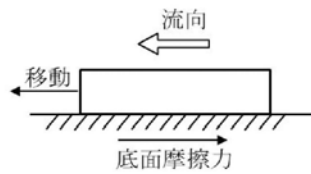


図 1-3-6 滑動による破壊形態

2) めくれ：流体力の作用によって部材がめくれる現象である。小口のないのり覆工端部に生ずる。例えば、すり付け護岸の連節ブロック端部の破壊現象にみられる。

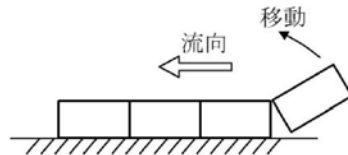


図 1-3-7 めくれによる破壊形態

3) 掃流：自然石等の部材が流れの作用により、転がり（転動あるいは小跳躍して）移動する現象である。捨石のように部材間の一体性が弱いものと、空石張りのように部材間の一体性（かみ合わせ）が強いものとで流体力を分けて検討する必要がある。また、籠工では中詰め材の掃流による籠の変形が破壊の主因となる。

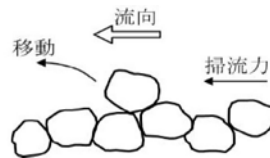


図 1-3-8 掃流による破壊形態

以上によるのり覆工の流体力による破壊形態をまとめて表 1-3-2 に示す。

表 1-3-2 のり覆工の流体力による破壊形態

破壊形態	設置状態	安定性照査のモデル
滑動	単体	「滑動-単体」モデル
滑動	群体	「滑動-群体」モデル
めくれ	単体	「めくれ」モデル
掃流	一体性弱い	「掃流-一体性が弱い」モデル
掃流	一体性強い	「掃流-一体性が強い」モデル
掃流	籠詰め	「掃流-籠詰め」モデル

のり覆工の安定性照査のモデルは、過去の被災事例等を踏まえ、主な破壊形態及び設置状態に基づき分類できる。のり覆工の主な安定性照査のモデルを以下に示す。

1) 「滑動-単体」モデル

のり覆工の一体性が無く、個々の部材が流れの中に単独で置かれた状態を想定する。空

ブロック張り護岸等が該当する。単体として扱うことのできるのり覆工の流体力に対する安定検討は、滑動、流れ方向の転動、のり面最大傾斜角方向の転動が考えられるが、一般に用いられるのり覆工では、滑動に比べて転動に対する安定性がかなり高いことがわかっているため、一般には式(1-3-3)に示すように抗力D、揚力Lに対する部材単体の滑動を想定した照査をおこなえばよい。

$$\mu(W_w \cos \theta - L) \geq ((W_w \sin \theta)^2 + D^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$L = \frac{1}{2} \rho_w C_L A_b V_d^2$$

$$D = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_D V_d^2 \quad (1-3-3)$$

ここで、 μ ：摩擦係数（一般に $\mu=0.65$ ）、 W_w ：のり覆工の部材の水中重量、 θ ：のり面勾配、 ρ_w ：水の密度、 g ：重力加速度、 C_L ：部材の揚力係数、 C_D ：部材の抗力係数、 A_b ：部材の上方投影面積、 A_D ：部材の流下方向投影面積である。式(1-3-3)の適用に当たっては、周囲の部材拘束効果等を考慮していないので、 W_w は安全側の値であると考えられる。

既往の設置事例からすると算定される重量の1/3程度で安定性に問題の生じていない事例が多く、1/3程度の値を照査の目標値としてもよい。同じ部材を、次に示す「滑動-群体」モデルにより照査して求まる W_w は拘束効果を考慮した値であり、 W_w の下限の参考値になるので、それとも比較のうえ検討することが望ましい。

式(1-3-3)に用いる抗力・揚力は、のり覆工表面の相当粗度 k_s 高さでの流速である近傍流速 V_d を用いて評価する。

「滑動-単体」モデルに用いる抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L は、単独に設置した状態での係数を用いる必要がある。一般に、抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L は個々の形状について実験により定めることが基本であるが、水理公式集や既往の実験成果により形状が類似の部材の値を流用することもできる。また揚力係数 C_L の簡便な設定方法として、とりうる範囲の上限値に近い1.0程度の値を与えて安全側の照査を行う方法もある。

2) 「滑動-群体」モデル

このモデルには、胴込コンクリートや連結が確実な鉄筋等によつてのり覆工の一体性が保たれており、隣接部材と接した面への流体力の作用を無視できる工種である、練張り護岸、連節ブロック護岸等が該当する。群体の流体力に対する安定性検討は、単体と同様に滑動について行えばよく、式(1-3-3)を基本式とした検討を行う。ただし、揚力L、抗力Dを評価する際の投影面積のとり方は異なり、

$$L = \frac{1}{2} \rho_w C_L A_g V_d^2$$

$$D = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_D V_d^2 \quad (1-3-4)$$

である。ここで、 A_g ：部材の突出部の上方投影面積、 A_D ：部材の突出部の流下方向投影面積である。したがって、 C_L 、 C_D は各々の面積に対して評価された係数を用いる。これにより求まる W_w は、整然と平面的に施工された一体性を持つのり覆工に適用されるものであり、現実には部分的に段差等を生ずることが想定されることから照査に当たっては計算されるのり覆工の控え厚に対して30～50%程度、割り増した値を採用することが望ましい。

群体として扱うのり覆工でも、のり覆工表面の相当粗度 k_s 高さでの近傍流速 V_d を用い

るが、このときは単体の場合とは異なり乱れの影響は考慮しない。また、抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L は、単体と同様に実験等を基本に定めるものとする。

3) 「めくれ」モデル

このモデルには、のり覆工の上流側端部の小口が保護されていない状態で設置されている空張り、あるいは連節ブロック護岸等が該当する。「めくれ」モデルでは、のり覆工の部材の重量（あるいは控え厚）は次式に示すように、上流端に置かれた部材が流体力によって回転しないように照査を行う。

$$W_w \cos \theta \ l_b/2 \geq L \ l_L + D l_D \quad (1-3-5)$$

ここで、 l_b : 上流端の部材の流下方向長さ、 l_L : 上流端の部材の揚力に対する回転半径、 l_D : 上流端の部材の抗力に対する回転半径であり、揚力、抗力のとり方は「滑動-単体」モデルと同じである。この場合に求められる重量は安定条件の限界に近いものであり、十分に安全とするために割り増すと、上流端部の部材が重くなりすぎる場合がある。このため、端部をもぐらせる、あるいは、小口止めを設ける等の方法により端部における流体力の作用する面積を小さくする工夫をすることが望まれる。

流体力は、「滑動-単体」モデルと同じく乱れを考慮した近傍流速を用いる。また、抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L についても、他モデルと同様にして実験等を基本に定めるものとする。

4) 「掃流-一体性が弱い」モデル

隣接部材との一体性が弱く、個々の部材が敷き並べられている構造ののり覆工であり、捨石護岸が該当する。単独の部材の安定に関する照査を行う。具体的手法としては、アメリカ工兵隊の基準にある、捨石径の算定方法に基づいて照査するとよい。すなわち、のり覆工の部材に作用する掃流力が部材（自然石）の移動限界を超えないものとして代表流速 V_0 と部材の大きさの関係を次式により定める。

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \ 2g \left[\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right]} V_0^2 \quad (m) \quad (1-3-6)$$

ここに、 D_m : 石の平均粒径、 ρ_s : 石の密度、 E_1 : 流れの乱れの強さを表す実験係数である。通常は $E_1=1.2$ が用いられる場合が多い。この値は、比較的乱れが小さい流れの場合の係数である。乱れが大きい流れの場合の係数としては、 $E_1=0.86$ という値が示されている。

式(1-3-6)は水平面上の捨石について与えられるものであり、捨石を斜面角度 θ ののり面に設置する場合には、粒径 D_m に対して斜面の補正係数 K を乗じた値 $K \cdot D_m$ を捨石径とする。ここで、 ϕ は石材料の水中安息角 (ϕ : 自然石で 38° 程度、碎石では 41° 程度) である。

$$K = \frac{1}{\cos \theta \ \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \phi}}} \quad (1-3-7)$$

5) 「掃流-一体性が強い」モデル

一体性が強い のり覆工とは、ほぼ等しい大きさの部材（切出し石等）が、かみ合わせ効果を期待できるよう、隙間に碎石等の胴込材を施工して、整然と設置されている状態である。空石張り護岸が該当する。

河床材料の掃流と同じ現象であり、一般に掃流力が限界掃流力を上回った場合に移動が生じる。限界掃流力はシールズ等の水平床上での実験式によって求められた、

$$\tau_{*d} = 0.05 \quad \tau_{*d}: \text{部材に作用する無次元せん断力}$$

とし、角度 θ の斜面に設置する場合には次式の補正を行う。

$$\tau_{*sd} = \tau_{*d} \times \cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \phi}} \quad (1-3-8)$$

必要径 D_m は次式にて検討する。相当粗度 k_s は D_m と等しくとればよい。

$$D_m \geq V_0^2 / \{ [6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/k_s)]^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot S \cdot g \} \quad (1-3-9)$$

求められた値は、何らかの原因でかみ合わせ効果が不十分になると、急激に流出しやすくなるので、照査の目標値としては 30~50% 程度割り増した値とすることが望ましい。

6) 「掃流-籠詰め」モデル

籠詰め状態ののり覆工とは、ほぼ同一粒径の球状の材料（石等）が籠状の枠の中に詰められている状態であり、フトン籠護岸、蛇籠護岸が該当する。籠詰め状態ののり覆工は、代表流速 V_0 に対して、籠に変形を与えるような籠詰め材料の移動を原則として許さないものとして安定性を照査する。したがって、籠詰め材料が無次元掃流力に耐えうるよう照査を行う。ここでは、無次元限界掃流力をコロラド大学の実験結果より、

$\tau_{*d}=0.10$ (籠の変形を許さない場合)

$\tau_{*d}=0.12$ (籠の変形を多少許す場合)

として、部材の必要径を照査する。ただし、これらの値は水平床上での値であり、角度 θ の斜面に設置する場合は「掃流-一体性の強い」モデルに示した式(1-3-9)を用いて補正する。ただし、フトン籠を階段状に設置する場合は平坦に設置した条件で計算してよい。中詰め石の平均粒径 D_m は、 τ_{*d} を求める際の相当粗度としては $k_s=2.5D_m$ 程度として算出する。

また、新しい材料等を用いて強度の高い籠を用いる場合等では、個々の場合について実験により τ_{*d} を定める必要がある。

(2) 基礎工

<考え方>

護岸の被災事例で最も顕著なものは、洪水時の河床洗掘を契機として基礎工が浮き上がってしまい、基礎工及びのり覆工が被災を受ける事例である。

基礎工が被災を受けると、裏込材の吸出し等が生じ、広範囲にわたる被災を引き起こすことがある。このため、基礎工の設計では、基礎工天端高の決定が最も重要である。

基礎工天端高は、洪水時に洗掘が生じても護岸基礎の浮上がりが生じないように、過去の実績や調査研究成果等を利用して最深河床高を評価することにより設定するものとする。なお、根入れが深くなる場合には、根固工を設置することで基礎工天端高を高くする方法もある。

また、基礎工の天端高の基本的な考え方としては、以下の四つがあげられ、これらの考え方から、当該箇所にもっとも適切な考え方で基礎工の天端高を決定する。

- 1) 最深河床高の評価高を基礎工天端高とし、必要に応じて前面に最小限の根固工を設置する方法。

- 2) 最深河床高の評価高よりも上を基礎工天端高とし、洗掘に対しては前面の根固工で対処する方法。
- 3) 最深河床高の評価高よりも上を基礎工天端高とし、洗掘に対しては基礎矢板等の根入れと前面の根固工で対処する方法。
- 4) 感潮区間等、水深が大きく基礎の根入れが困難な場合に、基礎を自立可能な矢板で支える方法。

基礎工天端高の設計に当たっては、一連の護岸（一湾曲部程度）は、その区間の最深河床高に対して求めた基礎工天端高とすることが基本的な考え方であるが、一連の護岸の設置延長が長く、かつ深掘れ位置が移動しないような場合には、河道の特性に応じて断面ごとの最深河床高の評価高を検討することが望ましい。

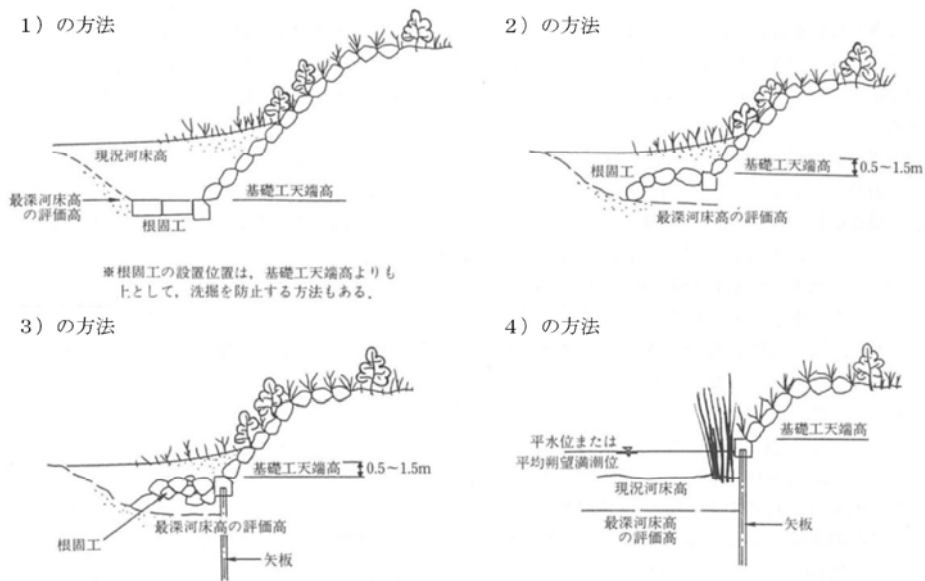


図 1-3-9 最深河床高の評価方法

基礎工は、土質、施工条件、河道特性に応じて選択する。地盤が良好な場合には直接基礎とし、軟弱地盤の場合には杭または矢板を用いることが多い。また、平水位の高い箇所や洗掘を考慮する必要のある箇所では矢板を用いるケースがある。なお、護岸を設置する地盤が堅固な岩盤である場合は、基礎工を設置せず、のり覆工を直接岩着するケースもある。

基礎工の工種は、その強度、耐久性等を考慮して選定するものとする。鋼矢板を用いる場合は腐食を考慮することとし、特に酸性河川や感潮河川等については、腐食に対して十分に考慮しなければならない。

図 1-3-10 に、基礎工の例を示す。

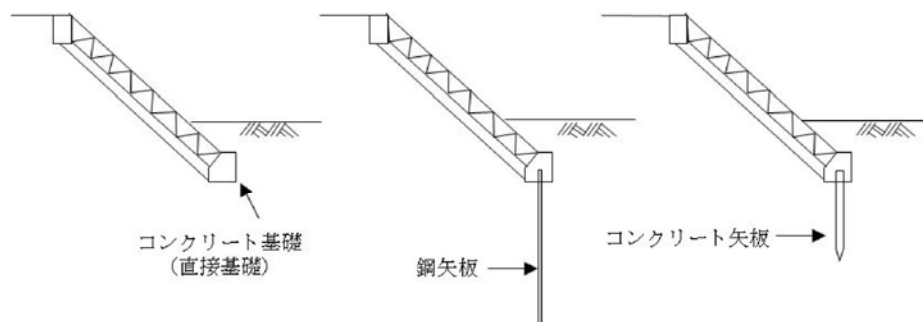


図 1-3-10 基礎工の例

<標準>

護岸の基礎工は、洪水による洗掘等を考慮して、のり覆工を支持できるよう、安全な構造となるように設計することを基本とする。

<愛知県基準>

ブロック積の基礎工は均しコンクリート基礎を標準とする。

<推奨>

最深河床高は、洪水時の洗掘現象や埋め戻しによって変化する。この変化の状態は河道特性によって異なり、定量的な評価に必要なデータ収集が観測の難しさもあって現段階では不十分なことから、最深河床高の定量的評価は難しい。そのため、これまでの研究成果等を基にした次の方法により最深河床高を推定するのが一般的である。

- 1) 経年的な河床変動データからの評価
- 2) 既往研究成果からの評価
- 3) 数値計算による評価
- 4) 移動床水理模型実験による評価

これらの方法のなかから、河床変動データの所在状況、河道特性、設計対象区間の重要性等を勘案して適切な方法を用いる。これらの方法のうち、「1)経年的な河床変動データからの評価」は、過去の被災状況や河床材料及び岩の露出状況といった河床変動要因を把握するのに有効である。ただし、計画高水位相当の洪水を経験していない場合や洪水後の埋め戻し現象によって必ずしも洪水時の最深河床高を把握できていないこともあるため、「2)既往研究成果からの評価」による評価と合わせて最深河床高を評価することが望ましい。

基礎工天端高を、「3.4.4 各部位の設計(2)基礎工」<考え方>の2)及び3)の方法で設定する場合には、基礎工天端高を計画断面の平均河床高と現況河床高のうち低いほうより 0.5～1.5m程度深くしているものが多い。

<愛知県基準>

<護岸の根入れに関する考え方>

護岸は、整備計画に基づく改修を前提とした根入れを原則とする。なお、整備計画河床高から一律の根入れとはせず、現況河床が計画河床高よりも低い場合や現況河床をスライドダウンした掘削を行う場合は、最深河床高を考慮した根入れとする。

矢板護岸及び上記によりがたい場合は、個別案件ごとに河川課と協議の上決定するものとする。

また、護岸の根固め工を設置する必要がある場合は、その上面を計画河床高に合わせて設置せず、護岸基礎の前面に設置する。(ただし、現況で淵が生じている場合は、その深さを保全する高さとする。)

- ※1 緩勾配護岸の端部は必ず根入れし、河床に垂らさない
- ※2 根固め工を設置する必要がある場合の例
 - ・根入れが深いために護岸高さが高くなり大型ブロックの使用が必要となるなど経済的に著しく不利となることから、根固め工を設置することで根入れを浅くする場合
 - ・既設護岸をそのまま使用するが根入れが不足するため、根固め工を設置する場合
 - ・湾曲部外岸部などで深掘れが想定以上に進行している場合
- ※3 河川整備計画未策定河川は、整備計画、基本方針をそれぞれ暫定計画、将来計画と読

み替えるものとする。

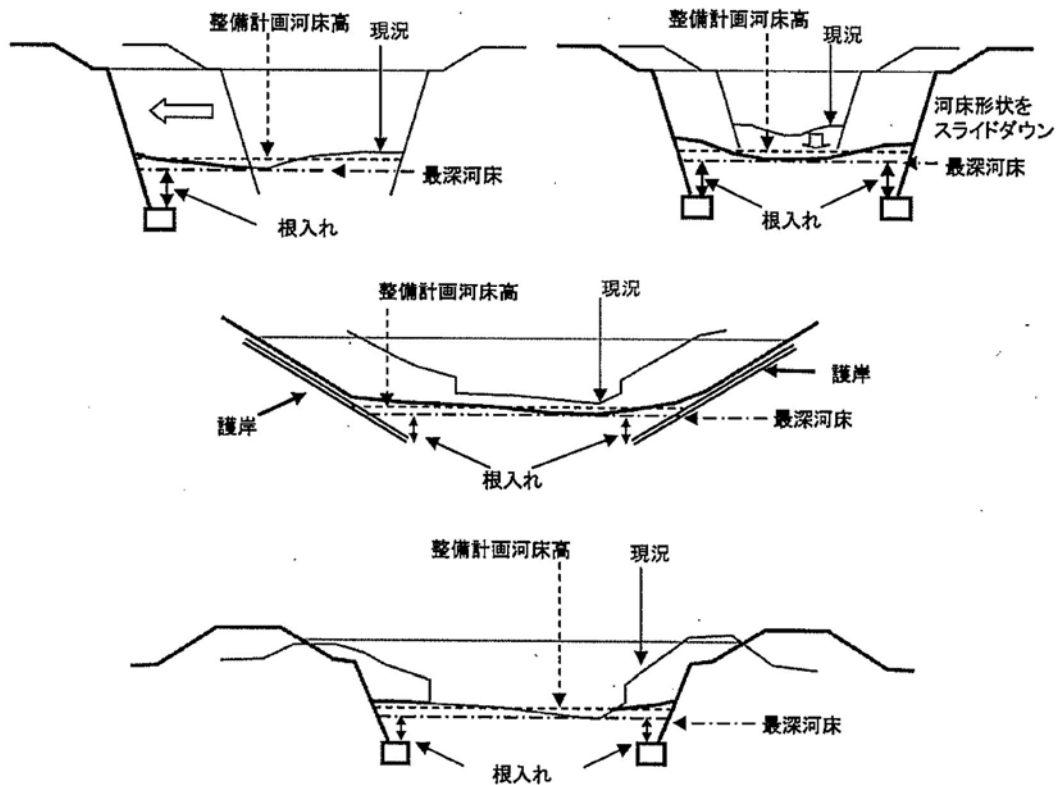
(解説)

護岸の根入れについては、個々の河川の状況により、整備計画に基づく改修を前提にした深さまで根入れし基本方針に基づく改修については根継ぎ等に対応する場合と、基本方針に基づく改修を前提とした深さであらかじめ根入れする場合がある。

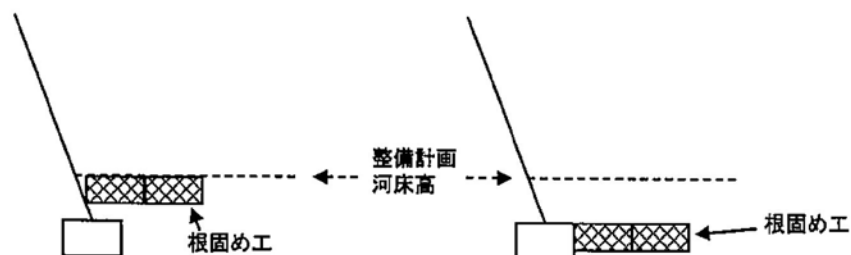
本県の河川改修進捗状況と護岸の耐用年数を考慮すると、当面は整備計画に基づく改修を前提にした根入れを行い、基本方針への対応は根継ぎ等を行うことが妥当と判断するのが通常であることから、これに統一するものである。

また、連節ブロック工など緩勾配護岸の端部を河床に垂らすと、法尻付近の流速が速くなり、水際へ土砂がつかず、自然な水際域の形成を妨げるため、必ず根入れを行うものとする。

なお、護岸の根固め工を設置する必要がある場合においては、淵の形成を阻害しないようにする必要があり、特に湾曲部外岸等に現況生じている淵は保全する必要がある。このため、根固め工は護岸基礎の前面に設置することとした。



(参考図) 根入れの例



×：上面を計画河床高に合わせて設置した例

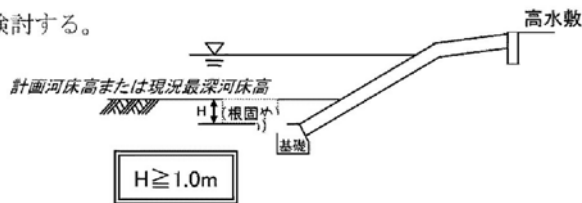
○：護岸基礎の前面に設置した例

(参考図) 護岸の根固め工の設置高さ

<参考となる資料>

愛知県では、護岸の根入れについて、以下を参考としている。
「河川構造物設計要領」（国土交通省中部地方整備局河川部）

計画河床高および最深河床高のいずれか深い方より -1.0 m とする。
ただし、現況河床が著しく低い場合は
矢板護岸による施工を検討する。



(3) 根固工

<考え方>

護岸の破壊は、基礎部の洗掘を契機として生じることが多い。根固工は、その地点の流勢を減じ、さらに河床を直接覆うことで急激な洗掘を緩和する目的で設置される。

根固工は大きな流速の作用する場所に設置されるため、流体力に耐える重量であること、護岸基礎前面に洗掘を生じさせない敷設量であること、耐久性が大きいこと、河床変化に追従できる屈とう性構造であることが必要となる。このため、根固工は、流体力に対して安定を保つことのできる重量以上とするとともに、予測される洗掘に対して基礎工前面を保護することのできるような敷設幅、敷設高を照査する。

根固工の敷設天端高は基礎工天端高と同高とすることを基本とするが、根固工を基礎工よりも上として洗掘を防止する方法もある。また、根固工とのり覆工との間に間隙を生じる場合には、適当な間詰工を施すものとする。

根固工の代表的な工種としては次のようなものがある（図 1-3-11）

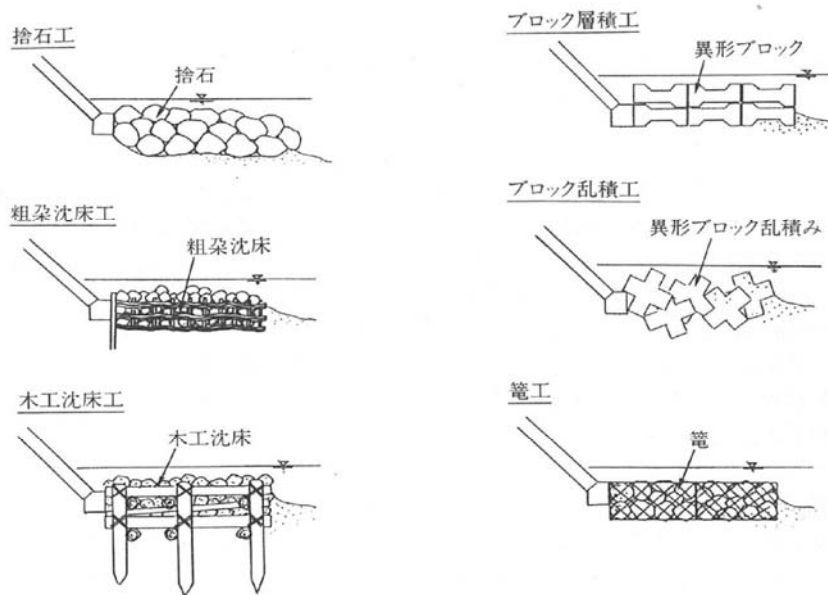


図 1-3-11 代表的な根固工

- 1) 捨石工：十分な重量を有する捨石を用いる。
- 2) 沈床工：粗染沈床、木工沈床、改良沈床等があり、粗染沈床は緩流河川で、木工沈床は急流河川で用いられることが多い。改良沈床は枠組み材や中詰め材にコンクリート材を

用いたもので強度が大きく、水中から露出する場合でも耐久性に優れる。

3) 籠工：蛇籠、フトン籠等を用いる。

4) 異形コンクリートブロック積工：各種の異形コンクリートブロックを用いたもので、層積みと乱積みがある。

根固工は、設置箇所の河道特性等に応じて最も適する構造とすべきであり、のり覆工同様に過去の経験・類似河川の実績、あるいは試験施工・模型実験、調査研究の成果等に基づき、必要に応じて力学的安定や敷設量等について照査しながら、適切に設計する必要がある。

<標準>

根固工は、河床の変動等を考慮して、基礎工が安全となるよう、流体力の作用に対して安全な構造となるように設計することを基本とする。

<推奨>

根固工の敷設方法には、洗掘前の河床に重ね合わせずに設定して自然になじませる場合と、既存の深掘れ部に重ねて設置する場合とがある。

沈床を深掘れ部に重ねて設置する場合には 3～6m 幅を基本とし、これを階段状に積み重ねることが多い。沈床の場合には、重ね合わせ幅を、下段沈床幅の 1/3 以上とする事例が多い。木工沈床を重ね合わせて設置する工法は、急流河川に多い事例である。

周辺の河床低下や洗掘が予想される区間では、護岸基礎前面の河床が低下しない敷設幅を確保する必要がある。すなわち、護岸前面に河床低下が生じても最低 1 列もしくは 2m 程度以上の平坦幅が確保されることが必要とされる。

幾何学的には、敷設幅 B は、根固工敷設高と最深河床高の評価高の高低差 ΔZ を用いれば

$$B = L_n + \Delta Z / \sin \theta \quad (1-3-10)$$

となる。ここで、

L_n : 護岸前面の平坦幅 (ブロック 1 列もしくは 2m 程度以上)

θ : 河床洗掘時の斜面勾配

ΔZ : 根固工敷設高から最深河床高の評価高までの高低差

斜面勾配 θ は、河床材料の水中安息角程度になるが、安全を考えると一般に 30° とすればよい。以上より、基礎工天端高が設定されれば、最深河床高を評価することにより、照査の目標とする敷設幅を算定できる。

根固工の破壊は流体力が主要因である。なお、洗掘による変形に対しては、最深河床高の評価高を想定して十分な敷設幅をもたせることにより対応する。根固工のおもな破壊形態を以下に示す。

- 1) 滑動：部材に作用する流体力が底面摩擦力を上回った場合にすべりだす現象である。根固工の上流端や河床変動に伴い変形して突出した部材、凹凸の大きなコンクリートブロック等、流れの作用を全体的に受ける部材に生ずる。たとえば、根固工上流端部の異形ブロック層積み工、異形ブロック乱積み工等の破壊現象にみられる。
- 2) 転動：流体力の作用によって一点を支点として部材がめくれ、回転する現象をさす。たとえば、根固工上流端部の異形ブロック層積み工、異形ブロック乱積み工等の破壊現象にみられる。

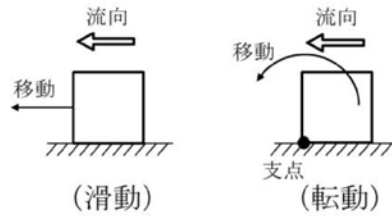


図 1-3-12 滑動、転動による破壊形態

3) 掃流：部材が流れ方向の抗力や揚力の作用を受け、河床上を転動あるいは河床付近で小跳躍を繰り返しながら移動する現象である。部材が平坦に敷き並べられる工種にみられ、自然石や凹凸の少ないコンクリートブロックの部材が整然と設置された場合に生ずる、例えば捨石根固工、籠根固工等の破壊現象にみられる。

また、ブロック等の設置状態により層積み、乱積み、籠詰めに分けることができ、設置状態によっても安定性の考え方が異なってくる。以上の破壊形態をまとめて表 1-3-3 に示す。

表 1-3-3 根固工の流体力による破壊形態

破壊形態	設置状態	安定性照査のモデル
滑動・転動	層積み	「滑動・転動-層積み」モデル
滑動・転動	乱積み	「滑動・転動-乱積み」モデル
掃流	乱積み	「掃流-乱積み」モデル
掃流	籠詰め	「掃流-籠詰め」モデル
掃流	中詰め	「掃流-中詰め」モデル

根固工の安定性照査のモデルは、過去の被災事例等を踏まえ、主な破壊形態及び設置状態に基づき分類できる。根固工の主な安定性照査のモデルを以下に示す。

1) 「滑動・転動-層積み」モデル

上流端に位置する根固工であって、流体力による滑動、あるいは転動により部材の一連部分に移動を生じる。設置面はほぼ平らであり、規則的に敷き並べられた状態を想定する。異形ブロック層積みの根固工が該当する。

流体力が部材のほぼ全体に作用し、上流端部の根固工や、凹凸の大きな根固工では、滑動・転動の両方を想定した照査を行う。根固工の所要重量は流速の 6 乗に比例するので、流速の変化に対し重量の変化が非常に大きい点に留意する。

滑動及び転動に対する安定条件より、根固工の所要重量は次式により与えられる。

$$W > a \left(\frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \frac{\rho_b}{g^2} \left(\frac{V_d}{\beta} \right)^6 \quad (1-3-11)$$

ここで、 V_d には一般に代表流速 V_0 を用いてよい。また、 ρ_b は標準的な無筋コンクリートの密度の値 (2.3 t/m^3 程度) を参考としてよい。ただし、設計時に実重量に基づく密度が明らかなものはその値を用いてよい。係数 a 、 β は部材の配置形状によって異なる。これらの値は、根固工の形状、部材の方向、配置形態に応じて、水理模型実験や現地の施工実績により求めることが望ましい。水理模型実験により数種類の異形コンクリートブロックについて求めた a 、 β を表 1-3-4 に参考として示す。

部材の連結が確実であれば、 β を大きくとることができる。連結を確実にするためには、

異形コンクリートブロック等を吊り下げることのできる径の鉄筋を用いるとともに、鉄筋を固着しているコンクリート部分が破壊にいたる引張り応力が作用しない構造とする必要がある。

表 1-3-4 異形コンクリートブロックの係数 a 及び β の参考値

ブロック種別	a	β
対称突起型	1.2	1.5
平面型	0.54	2.0
三角錐型	0.83	1.4
三点支持型	0.45	2.3
長方形	0.79	2.8

2) 「滑動・転動-乱積み」モデル

上流端部の部材、あるいは凹凸が大きく不規則に積み上げられた状態にあり単独に扱うべき部材で、流体力による滑動・転動による移動が生じる。異形ブロック乱積みの根固工が該当する。

このモデルの安定性の照査式は、「滑動・転動-層積み」モデルと同様である。式中に用いられる a は抗力係数、揚力係数等による係数であり、「滑動・転動-層積み」モデルと変わらない。 β は一体性が認められる場合に $\beta > 1$ となるが、一体性の弱い乱積みでは $\beta = 1.0 \sim 1.3$ の範囲で設定するとよい。敷設箇所が現況より深掘れする恐れが強い場合等、安全性を高める場合には $\beta = 1.0$ とする。

3) 「掃流-乱積み」モデル

面的に設置された部材に作用する流体力が限界掃流力を上回って、掃流状態（転動や跳動）により移動する現象である。面的に密に敷き並べられていても、隣接部材との一体性が弱いため、単独で設置された状態を想定して安定検討を行う。捨石根固工が該当する。

安定性照査の基本式の考え方は、アメリカ工兵隊の基準にある捨石径の算定方法に基づいている。具体的内容は、のり覆工の「掃流-一体性が弱い」モデルと同様である。このとき、流速には設置箇所の代表流速 V_0 を用いる。

4) 「掃流-籠詰め」モデル

面的に設置されたほぼ同一粒径の球状の材料（石等）が籠状のものの中に詰められ、中詰めの部材が掃流によって移動して破壊する。フトン籠の根固工が該当する。

安定性照査の基本式は、籠状の枠の中で籠の変形を生じるような中詰め材料の移動を原則として許さないものとする。具体的な内容はのり覆工の「掃流-籠詰め」モデルと同様である。

5) 「掃流-中詰め」モデル

中詰め状態の根固工とは、ほぼ等しい径の部材（切り出し石等）がかみ合わせ効果を持ちながら、格子枠状のものに詰められているもので、部材が流体力で掃流され破壊される。粗朶沈床、木工沈床が該当する。

安定性の照査は、代表流速 V_0 に対して、部材の移動を許さないよう照査を行う。具体的内容については、のり覆工の「掃流-一体性が強い」モデルと同様である。

<愛知県補足>

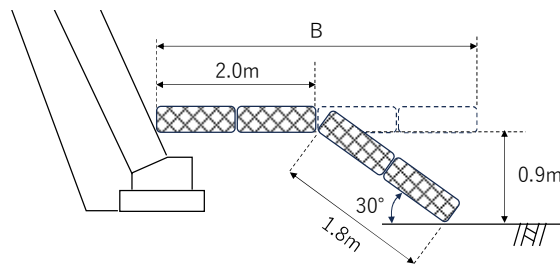
根固工の敷設を行う場合においては、以下に留意するものとする。

1) 根固工の敷設幅の確認

周辺の河床低下や洗掘が予想される区間では、護岸基礎前面の河床が低下しない敷設幅を確保するため、以下の式を用いて敷設幅の算出を行う。このとき、想定される最深河床高までの高さに対して計算を行うことに留意する。

<例> 平坦部を2m、敷設高と最深河床高の高低差を0.9mの場合、
根固工の敷設幅 B は下式により、3.8mとなる。

$$B = 2 + 0.9 / \sin 30^\circ = 3.8\text{m}$$



2) 間詰工の確認

根固工は、根固工と護岸の間に隙間が生ずる場合には適当な間詰工を施すことに留意する。

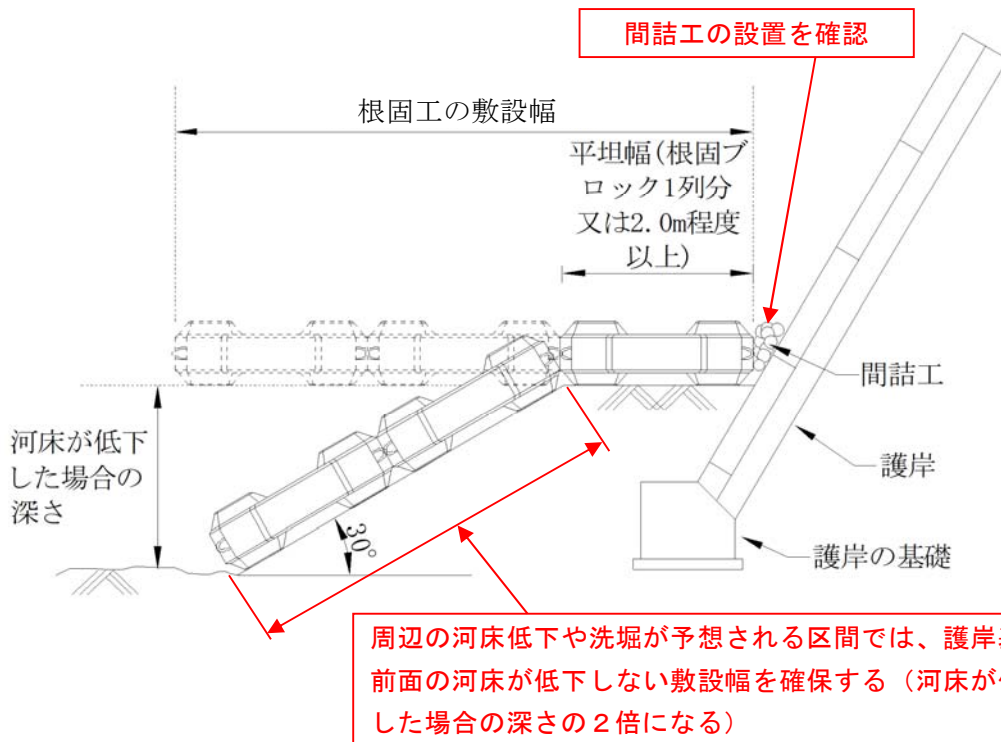


図 1-3-6 根固工の概念図

出典：「会計検査 検査報告」資料より加工して記載

(4) その他(天端工、天端保護工、すり付け工)

① 天端工、天端保護工

<考え方>

天端工、天端保護工は、低水護岸の天端部分を洪水による侵食から保護する必要がある場合に設置するものであり、また天端工の端に巻止工を設置する場合もある。

天端工は、のり覆工と同様、洪水時に流体力が作用するので、これに対して安全な構造とする必要がある。なお、のり覆工と同じ工種を用いるのが望ましい。また、控え厚はのり覆工の設計と同じ方法で流体力の作用に対して安全な厚さとする必要がある。

天端保護工は、天端工と背後地の間から侵食が生じることが予測される場合に設置するものである。構造は屈とう性のある構造とし、流体力の作用に対して安全な厚さとする必要がある。

護岸の法肩部の線形が直線的で明瞭だと、自然な要素で構成されている河川景観の中で目立ち、固く人工的な印象となってしまうので、天端工や天端保護工は法肩に丸みを持たせたり、植生により法肩部と高水敷の境界線を曖昧にする等、景観面の工夫が必要である。

<標準>

低水護岸が流水により裏側から侵食されることを防止するため、必要に応じて天端工・天端保護工を設けるものとする。天端工及び天端保護工は、流体力の作用に対して安全な構造となるように設計することを基本とする。

<愛知県基準>

天端工の路盤材は、原則新材(C-40)を使用すること。

ただし、アスファルト舗装などで被覆する場合は、再生クラッシャーラン(RC-40)を使用する。

<推奨>

天端工の幅は1~2m程度、天端保護工の幅は1.5~2m程度で設置されている事例が多いが、明らかに低水路部からの流れの乗上げ位置となっている場所等、河道の特性に応じて適切な幅を確保することが望ましい。

護岸天端部分に作用する流速が1~2m/s程度を超える場合には、洗掘が生じる可能性が高いため、天端保護工を設置することが望ましい。

② すり付け工

<考え方>

すり付け工には、護岸上下流で侵食が生じた際に、侵食の影響を吸収して護岸が上下流から破壊されることを防ぐ機能がある。また、粗度が小さい本護岸で生じる速い流れが直接下流側河岸に当たらないように、粗度の大きなすり付け工部で流速を緩和し、下流河岸の侵食を発生しにくくする機能もある。このような機能を満足するため、すり付け工は屈とう性があり、ある程度粗度の大きな工種を用いることが望ましい。

すり付け工の施工幅は、その機能から最低限のり覆工及び天端工の範囲をカバーする必要がある。また、のり尻の侵食を防止できるよう河床面に適切な幅の垂らし幅を確保する必要がある。施工延長は既往事例からはおおむね5m以上となっているものが多いが、河道の特性等に応じた適切な施工延長を検討することが望ましい。

すり付け工は上流の侵食に伴い、流体力によってめくれ上がり、破壊する事例が多く、特

に、急流河川のすり付け工に被災事例が多く見られるため、この点についても考慮する必要がある。

すり付け工の控え厚は、すり付け端部において流水の作用により生ずるめくれを考慮して安全な厚さとなるように設計する必要があるが、控え厚が大きくなり経済的でない場合は、めくれのないような工夫（上流先端部の地中への埋込み等）をすることが望ましい。

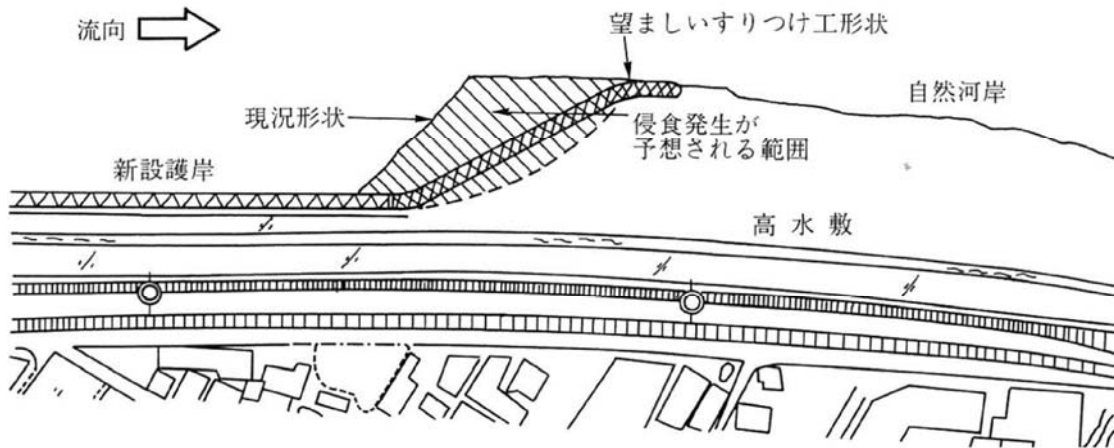


図 1-3-13 すり付け工の形状形態

<標準>

護岸上下流端部に設けるすり付け工は、上下流端で河岸侵食が発生しても本体に影響が及ばないような構造とするものとする。

3. 5 水制の基本的な構造

<考え方>

護岸及び水制は、「3.3 設計の基本」までに示したとおり、堤防の保護等、低水路河岸の侵食や洗掘の抑制、河川環境や景観の保全・創出、航路維持等、求める機能を有するように設計するとともに、対象河川の河道特性等を踏まえ、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性及び公衆の利用の容易性等を総合的に考慮し、施設を単独あるいは組み合わせ、周辺の河道への影響に十分配慮して設計することが重要である。

「3.5 水制の基本的な構造」では、このうち水制の設計及び照査の基本的な考え方を示す。

3. 5. 1 構造形式の設定

<考え方>

水制の構造形式は透過水制と不透過水制がある。構造形式の選定に当たっては、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性、及び環境・景観との調和等に考慮して設定する必要がある。透過水制は流水が透過する構造のもので、水制が粗度要素となって流速を減じて洗掘を防いだり、適切に配置すれば土砂を堆積させる効果をもつ。不透過水制は流水を透過させないもので、水制上を越流するかしないかで越流水制と非越流水制に分けられる。不透過水制は水はね効果が大きいが、水制先端部や水制の下流部が特に洗掘されやすいので、水制周辺に根固工を設置する必要があることが多い。

水制の設計に当たっては、設置目的、設置箇所の河道特性、外力条件、洪水特性などさまざまな要因が関係する。水制はそれらの要因を考慮して、類似河川や近隣区間での実績を参考にしながら、設置目的に適し、かつ計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して堤防を保護する、あるいは掘込河道にあつては堤内地を安

全に防護する構造とするよう設計する。水制はその周辺に多様な水環境を形成し、良好な河川環境の保全・創出、良好な景観への改善・創出に効果を有するので、この効果を十分活かすよう構造や配置、材質を検討して設計する必要がある。

水制の働きに対応して、次のような構造の水制が選ばれる。

- 1) 流速減少を目的とするもの
 - a) 水制の高さは低い。
 - b) 透過性あるいは水深に比し低い不透過性水制である。
 - c) 杭工等が主で軽い工作物になっている。
 - d) 数本ないし数十本が並置され、それが全体として作用する。
- 2) 水はねを目的とするもの
 - a) 水制の高さは高い。
 - b) 半透過性または不透過性である。
 - c) 土石、コンクリート等が主で容量が大きく、重い構造物になっている。
 - d) 単独あるいは少数並置される。

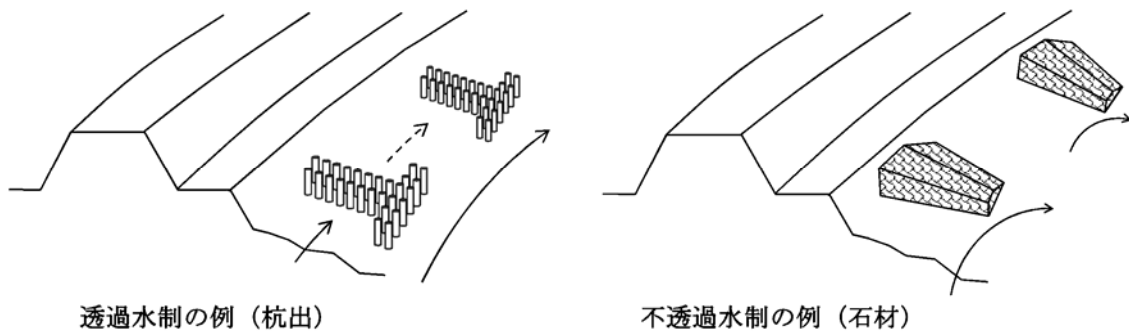


図 1-3-14 水制の構造形式の例

<標準>

水制の構造型式は、透過水制と不透過水制がある。構造型式の選定に当たっては、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性、及び環境・景観との調和等を考慮して設定することを基本とする。

水制の工種は、河川の平面及び縦横断形状、流量、水位、河床材料、河床変動等をよく検討し、目的に応じて選定することを基本とする。

3. 5. 2 材質と工種

(1) 使用材料

<考え方>

水制の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や耐久性を満足する必要がある。

水制材料として使用される玉石、割石、コンクリート異形ブロック等は、水制の機能を保持しうるように、流水的作用によりその位置、形状が大きく変わってはならない。すなわち、水制を構成する材料は、流水に対して移動しないだけの重さ、大きさ、形状である必要がある。

良好な河川環境の保全・創出のための水制に、材料として木材を用いる場合には、水面付近の木材が腐りやすい点に十分に留意して設計する必要がある。また、多孔質な材料（石材、籠工）を用いる等の工夫をすることが考えられる。

<標準>

水制の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や、耐久性等の性能を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

(2) 主な工種

<考え方>

水制の主な工種としては、以下があげられる。

- 1) コンクリートブロック、石材、四基構、三基構、大聖牛
- 2) 三角枠、ポスト、枠出し、籠出し、棚牛、笈牛、菱牛、川倉
- 3) 木工沈床、改良沈床、合掌枠、ケレップ、杭打ち上置工、杖（杭）出

一般的にはこの順序で急流河川から緩流河川に使用されている。水制は、杭としての抵抗によるものと水制自体の自重により流水に抵抗するものとに大別されるが、緩流河川では杭出水制が多く用いられ、急流河川では水制の強度の面から、また、河床材料の粒度が大きくなって杭打が不可能になることから、河床上に設置して自重で流水に抵抗するようなブロック水制あるいは聖牛が多く用いられる。

水制の設計に当たっては、被災形態の把握が重要であるため、既往の被災事例を調査し、被災部位別のおもな被災原因や水制構造ごとの被災形態の特徴について十分に把握する必要がある。被災形態の把握に当たっては、適切かつ具体的な目的設定に基づく災害調査等から得られた知見を蓄積し、河川等の計画、設計及び維持管理等のための技術情報として共有化できるようにすることが重要である。

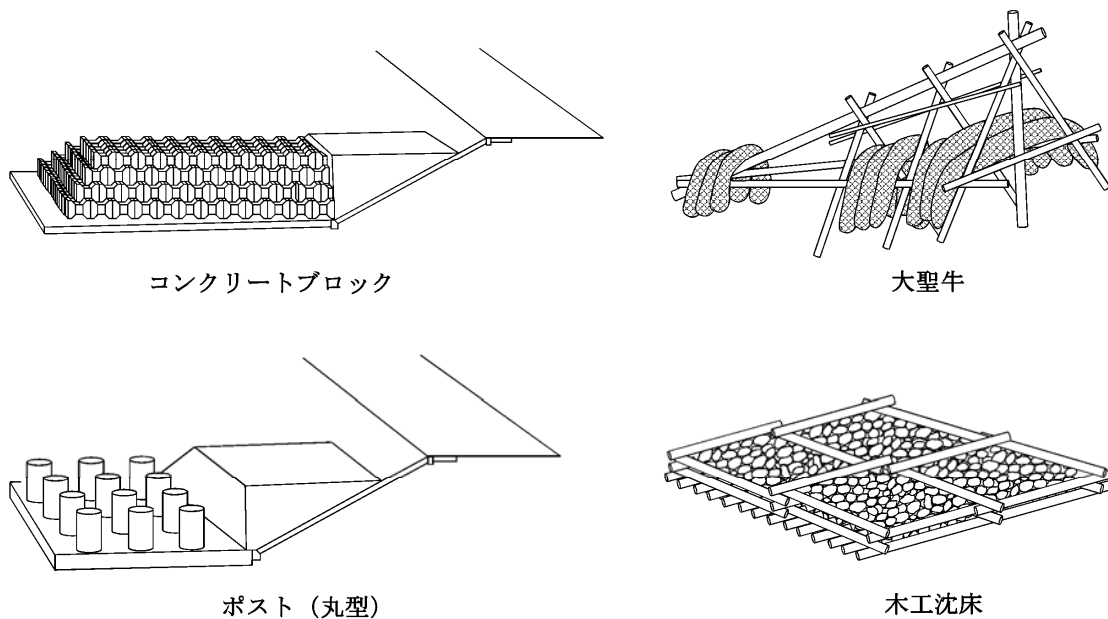


図 1-3-15 水制の工種の例

<標準>

水制は、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して、目的とする機能を確認し、所要の安全性を確認できる構造となるように設計することを基本とする。

3. 5. 3 安全性能の照査等

<考え方>

水制の設計に当たっては、水制の工種ごとに、洪水時等の安全性能を確保することが求められる。照査に当たっては、基礎地盤の特性、河道の特性、維持管理に必要となる前提条件等を土質地質調査や河道特性調査等に基づき設定する必要がある。また、これまでの経験及び実績から妥当とみなせる方法又は論理的に妥当性を有する方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。

水制の被災は、水制に作用する流体力によって、水制を構成する材料が滑動・転動、あるいは流出することによって生じる。設計の対象とする作用は、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用による流体力と自重が対象になると考えられ、水制を構成する材料が安全であるよう照査を行う。

その他必要に応じて、河床変動、載荷重、波浪や風浪、津波、航走波、副振動（セイシュ）、アイスジャム、流砂・礫の衝突による摩耗・破損、土石流等の影響を考慮するものとする。

なお、施工条件の影響により、施工時荷重についても考慮が必要となる場合がある。

<標準>

水制の安全性能の照査に当たっては、次の表から設計の対象として必要とされる状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

表 1-3-5 水制の設計の対象とする状況と作用

水制の状況	作用
洪水時	計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用による流体力、自重

※河床変動、土圧、水圧、揚圧力、載荷重、波浪や風浪、津波、航走波、副振動（セイシュ）、アイスジャム、流砂・礫・流木の衝突による摩耗・破損、土石流、施工時荷重、地震時土圧、地震時動水圧、地震時慣性力等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

3. 5. 4 各部位の設計

(1) 水制

<考え方>

水制は、堤防及び河岸を洪水時の侵食作用に対して保護することを主たる目的として設置されるものであるが、良好な河川環境の保全・創出、良好な景観への改善・創出、航路維持のために設けられることもある。

水制の設計に当たっては、設置目的、設置箇所の河道特性、外力条件、洪水特性等さまざまな要因が関係する。水制はそれらの要因を考慮して、類似河川や近隣区間での実績を参考にしながら、設置目的に適し、かつ計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して、堤防を保護する、あるいは掘込河道にあつては堤内地を安全に防護する構造とするよう設計する。

水制の安全性に関する検討事項は護岸とほぼ同様であるが、水制は護岸以上に理論上の解釈を与えて設計することが難しく、過去の経験、類似河川の実績、あるいは新しい工種に關しての試験施工、模型実験、調査研究の成果等を利用して、施工性、経済性、維持管理や河川利用者の安全面にも配慮して設計する。水制の力学的な安定を理論的に設計することの難しい大きな理由は、河道は変化が大きく水制設置場の種々の特性（例えば洪水時の河床高、

流速)を的確に予測することが難しく、さらに水制設置によってそれらに変化するので予測がより困難であることにある。したがってより合理的な水制の設計を行うためには、以下の事項に留意して水制設置場の種々の特性と水制の水理について十分に検討し、必要に応じて施工後の経緯を踏まえつつ改良を図るものとする。

1) 水制回りの局所洗掘

水制は河道内に設置され、流れに対して障害物となって河岸寄りの流速を低下させ、また、水をはねるものである。このことは、水制頭部に流水を集中させることになり、水制回りに洗掘が生じる。この洗掘は水制頭部の水深を確保する機能となる一方で、水制の破損原因となるので、水制回りの洗掘深がどの程度になるのか、洗掘範囲がどの程度であるのかを前もって評価しておくことが必要である。

2) 水制による流速低減効果

水制による流速低減効果は、水制群を、①相当粗度として評価する方法、②水制に働く抗力を算定して評価する方法がある。水制群による河川沿いの流速低減効果は、基本的にはこの考え方に従って評価しうるが、次のような課題がある。

- a) 種々の形状の水制に対して、実験的な検討が行われておらず、水制形状が複雑なものは、理論中に含まれる種々の係数を実験により求める必要がある。
- b) 水制域内と主流部との境界付近の流速の評価方法が不明確である。
- c) 水制の効果は、水制域の平均流速で評価しうるものでなく、水制群内での土砂の働きとの関連性で評価されるべきであるが、この関係が明確となっていない。

3) 水制域内への土砂の堆積条件

水制の設置に伴い、水制域間の土砂堆積現象が発生する場合があるため、その効果と影響について把握する必要がある。この場合、水制域内に堆積する材料によって土砂の輸送形式が異なるので、土砂の粒径集団ごと(調査編第4章河道特性調査参照)にその土砂の堆積・侵食量を評価する必要がある。

4) 水制材料の移動限界流速

水制材料として使用される玉石、割石、コンクリート異形ブロック等は、水制の機能を保持しうるように、流水の作用によりその位置、形状が大きく変わってはならない。すなわち、水制を構成する材料は、流水に対して移動しないだけの重さ、大きさ、形状である必要がある。

5) 水制と河岸線

水制の高さが高く、土砂が水制間に堆積し高水敷化した場合、あるいは水制間の河床を人為的に埋め立てて高水敷化した場合には、水制間の河岸線の変化を検討しておく必要がある。

<標準>

水制は、計画高水位(高潮区間にあつては計画高潮位)以下の水位の流水の通常的作用に対して堤防を保護する、あるいは掘込河道にあつては堤内地を安全に防護できる構造とするよう良好な河川環境の保全・整備に十分留意しつつ、過去の経験・類似河川の実績、あるいは試験施工・模型実験の成果等を基にし、施工性、経済性等を考慮して設計し、必要に応じて施工後の経緯を踏まえて改良することを基本とする。

(2) 方向

<考え方>

水制の方向としては流向に対して上向き、直角、下向きの方向があるが、過去の実績等において砂河川で用いられた航路用の水制及び根固水制は10~15度程度上向きに向けられたも

のが多かった。これは水制元付け下流の洗掘軽減、水制間における土砂堆積のためには上向きの方が好ましいとされたためである。

水制高の低い根固水制あるいは不透過水制については経済性の観点から、また土砂を積極的に堆積させなければならないというものでもないので、水制の方向は直角でよいと判断される。

セグメント1（扇状地河川）で特に急流の河川では、不透過水制あるいは半透過水制の水はね水制を設置し、水衝部を河岸から離す計画がなされることがある。この場合は水制先端部の局所洗掘を軽減するために下向きに水制を設置するのが普通である。

セグメント2-2に設置される水はね水制では、河岸に直で良いと考えられるが、多少上向きにすると、水制を越流する流水による水制元付け下流側の洗掘軽減、水制間の土砂堆積を促進する作用がある。

<標準>

水制の方向は、流向に対して上向き、直角、下向きの方向があるが、その設置目的、河川の状況等により個々に定めるものとする。

（3）長さ、高さ及び間隔等

<考え方>

水制の長さ、高さ及び間隔は、河道の状況、水制の設置目的、上下流及び対岸への影響、構造物自身の安全を考慮して、文献や過去の事例等も参考にして定めるものとする。

1) 河岸侵食防止のための根固水制

一般に強固な単独水制で流れに抵抗させるのは、水流の乱れを大きくし、水制付近に大きな洗掘を招くことが多く、また水制自身の維持も容易でない。したがって、一定区間にわたる水制群としての総合的な効果により流速を低減させ、かつ各水制が平等に抵抗力を発揮するように、構造、配列を定める必要がある。これらの観点から水制の長さも上流側を短くし、上流の水制の水勢に対する負担を軽くする例もある。

このため、一般に水制はあまり長く出さないで水制と護岸を併設するのが維持管理上からも工費的にも経済的となる場合が多い。

また、水制は河岸付近の流速を減ずることから流下能力に影響を及ぼすことがあるので、特に長い水制を設置する場合には水制の長さ、高さを考慮して河道計画を検討する必要がある。なお、水制を用いず護岸根固工でも河岸侵食に対処するので、経済面、環境面、景観面など総合的に検討して水制設置の判断を行う必要がある。

2) 河岸侵食防止のための水はね水制

高さが高く不透過である水制を設置する場合は、これを根固水制と位置づけるのではなく、水制先端線を結んだ線を河岸防御の防護線に位置づけて、侵食防止のための水制として位置づけるべきである。また、あまり長大な不透過水制を出すことは工事費の面で得策でない。

3) 航路維持のための水制

航路維持のための水制を設置する場合は、船の吃水深で規定される確保水深や、確保水深を得るために必要な川幅、船の運航に必要な航路幅を定める必要がある。水制の天端高は、水制設置後の確保水深を維持するために必要な流量時等の水位を基準にして設定し、水制の長さは、水制によって制御する水路幅に合わせた長さとするのが考えられる。水制の間隔については、水制の長さの1.5～2倍程度がよいとしている文献が多い。

4) 河川環境の保全・創出のための水制

生態系の保全・創出に役立つ水制の機能としては、①水の流れに変化を与えることにより、水中生物に多様な環境を作る、②洪水時の魚の避難空間を形成する、③河岸を自然河岸と同様な環境としうる、の3点が考えられる。この場合の設計の留意点は次のようである。

- a) 水制の材料として木材を用いる場合には、水面付近の木材が腐りやすい点に十分に留意して設計する。
- b) 多孔質な材料（石材、籠工）を用いた水制を工夫する。
- c) 意図的に水制によってワンドを形成する場合は、ワンドが土砂により埋没しないようにする。
- d) 既存の護岸、根固め周辺の生態環境の改善を図るために水制を設置する場合には、護岸との取付部周辺で流体力が大きくなるので、護岸及びその周辺河岸の安全性に留意する。
- e) 工事終了後に水制周辺に生ずる土砂の堆積、侵食、植生状態の変化等を想定して設計する。この想定のためには、ほぼ同じような河道特性をもつセグメントでの事例調査が役立つ。

5) 景観の保全・創出のための水制

景観の保全・創出のための水制を設置する場合は、①水制が治水上の悪影響を与えないこと、②水制工種が設置場所の河道景観、護岸と調和していること、③水制だけでなく護岸、河岸植生等と一体として景観デザインすること、④既存の水制を生かす工夫を行うこと、⑤植生変化や土砂の堆積に関して検討し、適切な維持管理を行うことができるようにすること等に留意する必要がある。

<標準>

水制の長さ、高さ及び間隔は、河道の状況、水制の目的、上下流及び対岸への影響、構造物自身の安全を考慮して定めるものとする。

<例示>

1) 河岸侵食防止のための根固水制

流速を減少させるために設置する水制の長さは川幅の10%以下、高さは計画高水流量が流れるときの水深の0.2~0.3倍程度、間隔は長さの2~4倍、高さの10~30倍にすることが多い。湾曲部の凹岸では水制の間隔は長さの2倍以下にすることが多い。

また、砂河川での水制の高さは元付け付近で平水位上0.5~1.0m程度とし、河心に向かって1/20~1/100の下り勾配をつけるのが一般的である。急流部では高い水制を用いる傾向がある。

2) 河岸侵食防止のための水はね水制

扇状地河川で単断面河道に高さが高く不透過である水制を設置する場合は、水制の元付け部分の高さは計画高水位程度とし、水制を越流した流水が堤防護岸をたたかないようにする。なお、水制の前面の水位は、水制先端部の流水の流速水頭だけ水位が上昇するので、水制前後の堤防護岸は十分な高さまで練積み等の強固な護岸で保護しておく。

この種の水制では、水制の間隔は当該区間に形成される砂州長さの1/2~1/3程度以下とする。この場合の水制の方向は、河岸に直か、多少下向きとする。

第4節 床止め

4.1 総説

4.1.1 適用範囲

<考え方>

本節は、床止めを新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の床止めの安全性能の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ準用することができる。流水の作用により河床が侵食・低下すると、護岸等の基礎が浮き上がり、治水上危険な状態になるとともに、各種用水の取り入れが困難になる等の障害が生ずる。床止めは、このような場合に河床を適切な高さに維持するとともに、二極化を防ぐなど、河床を安定させる目的のために河道を横断して設置する。床止めには落差のあるものとなないものがあり、落差のあるものを落差工、落差のないものを帯工というが、本節でいう床止めは主に落差工を指している。

<標準>

本節は、床止めを新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

4.1.2 用語の定義

<考え方>

床止めは、本体、水叩き、護床工、基礎、遮水工、取付擁壁・護岸、高水敷保護工・のり肩工及び魚道等の各部位から構成される。床止めの本体には、一般にコンクリート構造のもの、根固ブロック等を用いて屈とう性をもたせた構造のものがあるが、本節では、設置事例が多く一般的な構造であるコンクリート構造について示している。

床止めの各部位の名称は図 1-4-1 による。

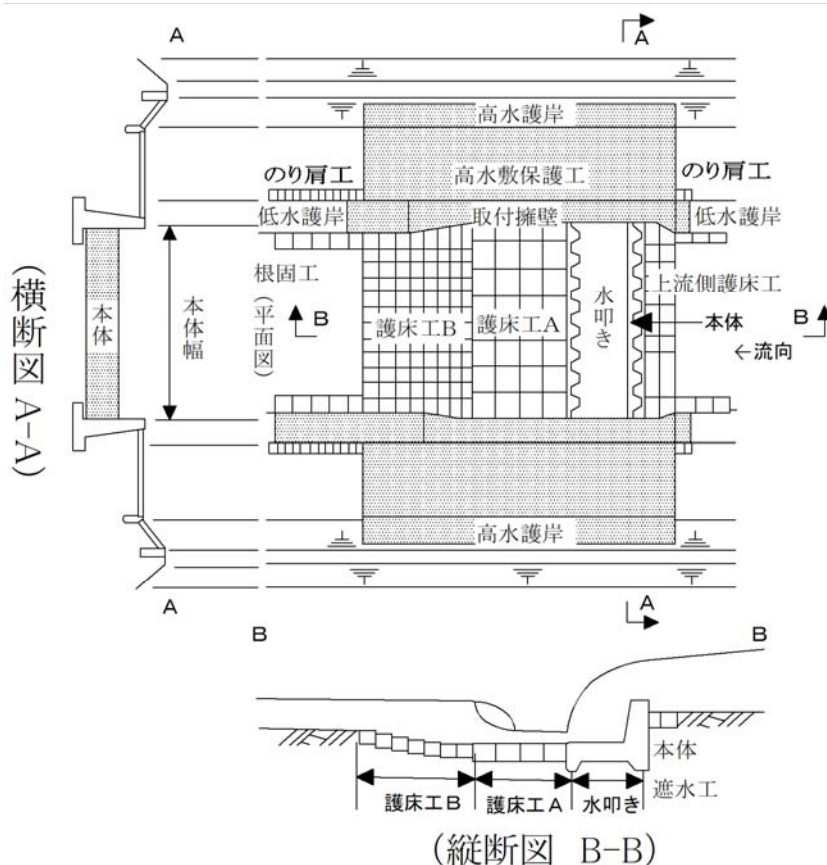


図 1-4-1 床止めの各部位の名称 (コンクリート構造の場合)

<標準>

次の各号に掲げる用語の定義は、それぞれ以下に示す。

- 一．屈とう性構造：本体にコンクリートブロックなどの屈とう性のある材料を用いた構造
- 二．直壁型：本体下流ののり勾配が 1:0.5 より急な型式
- 三．緩傾斜型：本体下流ののり勾配を 1:10 程度より緩くし、落差をある程度の延長をもって処理する型式

4. 2 機能

<考え方>

河川においては、流水の作用によって河床が洗掘され低下すると、護岸等の施設の基礎が浮き上がり、治水上危険な状態になる等の問題が生じる場合がある。このような場合に備え、床止めには河床低下を防止して河川管理上必要な高さを維持し、河床を安定させる機能が求められる。

<必須>

床止めは、河川管理上必要な高さに河床を維持し、安定させる機能を有するように設計するものとする。

4. 3 設計の基本

<考え方>

床止めの設計に当たっては、以下の事項について検討し、設計に反映することが求められる。

1) 基本方針

床止めの設計に当たっては、「4.2 機能」に示す事項を満足するとともに、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。

床止めは、河川を横断して設ける施設であることから、床止めに接続する高水敷や堤防の洗掘の防止について適切に配慮された構造とし、床止め周辺の堤防が一連区間の中で相対的な弱点とならないよう、設計する必要がある。また、床止めは河床高を固定することから、予め、これまでの河川整備と洪水等による長期的な河道の応答を分析し、床止めの新設又は改築による効果や影響が河道の変化にどのように顕れるかを考慮のうえ、位置や平面形状、方向、縦断形状及び横断形状等の施設の設置条件を検討する必要がある。

なお、河川改修などにより、床止めなどの河道内の構造物を改築し、旧施設を撤去する場合には、周辺の堤防、河床や河岸及びその他の河川管理施設等への影響が生じることも想定される。このため、長期的な河道の応答を分析したうえで、一部施設の残置や撤去方法など必要な対策工等を検討する必要がある。

床止めの位置や天端高については河道計画で概略設定しているが、床止め設置後の将来的な河床変動を考慮して、位置や天端高を必要に応じて見直す。特に、床止め設置後の河床変動が激しく、安定しないことが想定される場合には河道計画を見直すことも考えられる。河道計画を見直した場合には、床止め設置後の河床変動特性を再度確認し、河道の維持管理に支障が生じないことを確認する必要がある。

河川整備においては、河川法の目的である河川環境の整備と保全の観点から、河川が本来有している自然環境や多様な景観の保全・創出が図られることが基本であることから、床止めの設計に当たっては、生物の生息・生育の環境や水辺環境、周辺の景観等との調和を図る必要がある。

床止めは、一般に、床止め上下流で落差を生じたり、床止め本体上で浅い水深の流れを生じるため、魚類の遡上等を妨げることがないように、構造令第 35 条の 2 の規定に従って魚道を

設置したり、床止め本体を緩斜型の構造とするなどの対策を講じる必要がある。

2) 天端高と落差

床止めの天端高は、河道計画における河道の縦断形の検討により決定される設計・管理の目安となる河床高等（計画横断形の河床に係る部分をいう）と一致させる必要がある。また、床止めの落差については、小さい落差より大きな落差の方が床止め下流で跳水による確実な減勢が期待できるが、一方で魚類の遡上等の妨げとなることや、洗掘の危険性が增大するなどの課題も生じる。したがって、床止めの落差は1～2m程度以内とする必要がある。

床止めの天端高と落差の設定に当たっては、設置後の将来的な河床変動量を把握し、設計・管理の目安となる河床高を維持できるか確認する必要がある。河床変動量予測の結果、設計・管理の目安となる河床高等を維持できないと判断される場合には、以下の対策が必要となり、河道計画の見直しも含めて検討する必要がある。

- ・床止めの位置、落差高を変更する
- ・護岸や橋脚基礎等の構造物において必要な対策を実施する。

河床変動量予測を行う際には、比較的変動量の小さい平水時と中小洪水を中心とした経年的な予測に加え、短期的に変動量が大きい洪水時の状況も把握しておく必要がある。

3) 床止めの位置

床止めの位置は、「計画編 第3-1章 河道並びに河川構造物 第1節 河道計画 1.6.5 床止めの計画」を踏まえ、河道の平面形状や床止めを設置したことによる流況の変化等を検討して決定する必要がある。設置後の流況変化という観点から望ましいと考えられる設置箇所の留意点を整理すると以下のとおりである。

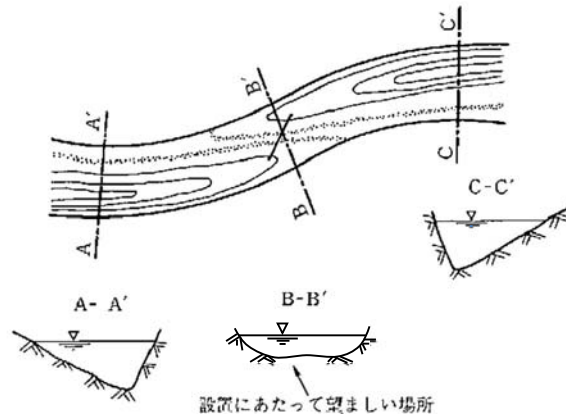


図 1-4-2 砂州の移動がある場合に設置が望ましい場所

- ①床止めの安定性は、設置後の河床形状に大きく影響を受けるため、床止めの上下流で大きな河床洗掘が生じにくい直線河道に設置する。
- ②蛇行度がある程度あり砂州の移動が生じる場合は、図 1-4-2 に示すような横断形状がほぼ矩形断面となる地点に設置する。矩形断面の位置は低水路の法線形状や砂州の形成条件によって変わるので、横断測量結果よりその位置を判断する。
- ③堤防法線と低水路法線が平行な箇所は、偏流等が生じることが少ないため、そのような地点を選んで設置する。
- ④床止めは、洪水時に床止め付近の堤防や河岸での激しい流れを生じさせることがあるため、近傍に山つき箇所、堤内地盤高の高い箇所、掘り込み河道部等がある場合には、その地点を選んで設置する。
- ⑤合流点付近に床止めを設置する必要がある場合は、合流点の直近に設置するのではなく、やや上流へ設置し、洪水時に発生した床止め下流の激しい流れが収まった後に合流する

ようにする。

4) 平面形状及び方向

床止めを流下する流水は、通常、床止めと直角の方向に流れるものであり、その平面形状によっては、下流側の水衝作用を助長したり、局所洗掘の原因となることが多い。このような理由から、床止めの河川横断方向の線形は洪水流に対して直角とする。なお、主に中小河川において、下流部での局所洗掘、床止め付近での洪水流の著しい乱れ等による治水上の支障が生じるおそれがない場合は、図 1-4-3 に示すような折線型、曲線型の床止めとすることができる。

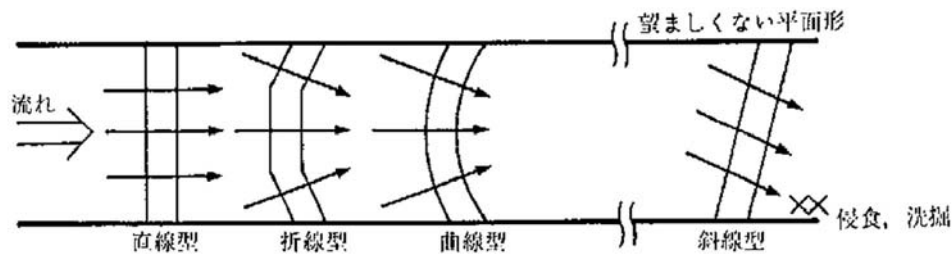


図 1-4-3 落差工の平面形状模式図

5) 縦断形状

床止め本体の縦断形状としては、一般に直壁型が用いられていることが多いが、流水の落下によって生じると予測される騒音を防止する目的、また魚道の機能を持たせる目的で、本体の下流側ののり勾配を 1 : 10 程度より緩い緩傾斜型にする場合もある。ただし、落差が大きい緩傾斜型の場合には、緩い勾配にすると、流速の速い範囲が下流に広がるおそれがあり、構造物が相対的に大きくなることから、経済的に見て不利になる場合が多く、さらに、河床の広い範囲をコンクリート構造で覆うことになるので、環境・景観面からも配慮が必要である。

6) 横断形状

床止めの天端は、流水が 1 箇所に集中しないように水平とすることが一般的である。ただし、魚道設置のために天端部に切欠きを設ける場合や水生生物の遡上・降下のために天端形状を V 字型にすることがある。この場合は、流水の集中による河床変動や構造物の安全性について留意する必要がある。

7) 端部の構造（嵌入、取付擁壁）

床止め本体の端部処理については、堤体に嵌入した場合、床止め本体と堤体との間で水みちが発生する危険性や、床止め本体が被災を受けた場合に、堤防にまで被災が及ぶ危険性がある。このため、床止め本体が被災しても堤防は安全であるように、床止め本体と堤防とは絶縁する必要がある。また、複断面河道では、樹木等の影響で高水敷上での流水が乱れることにより、高水敷と床止めの境界付近の洗掘を助長し、それが拡大することで堤防の決壊を引き起こす危険性があるため、これを防止することを目的として図 1-4-4 に示すように床止め取付部の上下流を擁壁構造の護岸とし、高水敷に保護工を設ける必要がある。特に、急流河川では、洪水時に高水敷上での流速が速いほか、床止め下流で高水敷から低水路への落込流により高水敷に侵食が生じやすい。これを防止するため、図 1-4-5 のように床止め本体の両端を堤防表のり尻まで嵌入させ、堤防とは矢板で絶縁し、仮に床止めが被災しても堤防に影響が及ばないようにすることが必要である。

なお、単断面で河床勾配が 1/100 程度の急流の掘込河道の場合には、床止め本体を河岸等に嵌入させてもよい。

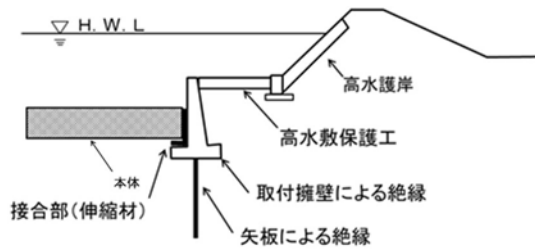


図 1-4-4 取付擁壁＋高水敷保護工

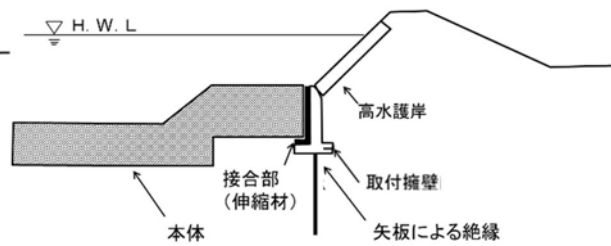


図 1-4-5 本体の堤防のり尻までの嵌入

8) 安全、確実・円滑な施工

床止めの施工では、掘削中のボーリングや重機の転倒など、安全を脅かす状況が発生する可能性がある。このため、設計においても、安全で確実・円滑な施工が可能となるような配慮が求められ、施工上の制約から構造が決まることもある。

9) 機能を長期的に容易に維持できる構造

長期的に機能を低下させる要因としては、部材等の経年劣化、流砂等による部材の摩耗、圧密による地盤変位の進行に伴う床止め本体の沈下、床止め上下流の河床変動や土砂堆積、床止め本体と護床工の下面、護岸背面等における土砂の吸出し等があり、これらに配慮する必要がある。

10) 維持管理に配慮した構造

床止めの点検、修繕、更新等の作業を容易に行うため、堤防や高水敷に管理用通路や階段を設けるなど維持管理に配慮した構造にする必要がある。

< 必 須 >

床止めの設計に当たっては、以下の事項を反映するものとする。

- 1) 計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造となるよう設計するものとする。
- 2) 床止め周辺の堤防、河岸及びその他河川管理施設等の構造に著しい支障を及ぼさない構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

床止めの設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 床止めに求められる機能を満足するように床止めの位置、平面形状、方向、縦断又は横断形状及び端部の構造等を設定するとともに、設計の対象とする状況と作用に応じた安全性能を設定し、照査によりこれを満足することを確認する。
- 2) 床止めの天端の高さは、河道計画に基づき決定されるものであるが、設計・管理の目安となる河床高等（計画横断形の河床に係わる部分をいう）と一致するよう設計する。なお、河床変動の著しい河川では現況河床及び将来の変動を想定して定める必要がある。
- 3) 床止め上下流の落差は、1～2m程度とする。
- 4) 環境及び景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性及び経済性等を総合的に考慮する。
- 5) 土質・地質調査、河道特性や自然環境等を把握するため現地条件や設置目的に応じて必要な調査を計画して実施する。

<推奨>

事前の地盤調査は、土層構成、土質、地下水の状況などを把握し、設計に必要な地盤性状及び土層の特性等の条件を設定するため、ボーリング調査・原位置試験及び室内土質試験の組合せで実施することが望ましい。なお、事前の地盤調査結果より軟弱地盤や透水性地盤が想定される場合には、各々の課題に対応した原位置試験等の調査・試験を実施したうえで設計に反映することが望ましい。

また、環境面では、護岸のブロックに適度な空隙や粗度を発生させ水生生物の生息や移動（生態系ネットワーク）等に支障が生じないように工夫した設計を、景観面では、コンクリートブロックの明度（護岸の明度は6以下を目安）やテクスチャー（輝度の標準偏差は11以上を目安）、表面の景観パターン等に留意した設計を行うことが望ましい。

4.4 基本的な構造

4.4.1 構造型式の設定

<考え方>

床止めの構造は、コンクリート構造と屈とう性構造に大きく分けられる。コンクリート構造が一般的に多く用いられている。屈とう性構造は、コンクリート構造に比べて経済的に有利であり、施工が容易である等の利点を持つことが多いが、地震時に液状化するような危険性のある箇所や、複断面河道となっている急流河川では、被災を受けやすいため避けた方がよい。構造型式は、環境及び景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性及び経済性等を総合的に考慮して選定する必要がある。

1) コンクリート構造

コンクリート構造には、分離式構造と一体式構造がある。分離式構造は、本体と水叩きを分離し、本体にかかる重力により、土圧、水圧等の外力に対する安定を保つ型式である。一体式構造は、本体・水叩きを鉄筋コンクリートなどで一体化した型式である。

従来の設計では、分離式構造を基本としていたが、この構造には以下の問題点が指摘されていた。

- ・本体のみで自立させる構造であるため、安定する自重を確保するための本体幅が大きくなりすぎる
- ・本体と水叩きの接合部で流水や地震により目地等の開きが発生した場合、パイピング現象により床止め本体が被災を受ける可能性がある

本体と水叩きを一体とした一体式構造の床止めでは、これらの問題点を解消できる場合が多いことから、最近ではこの構造が用いられることが多い。ただし、揚圧力が大きくなる場合等では、分離式構造が有利となることもある。

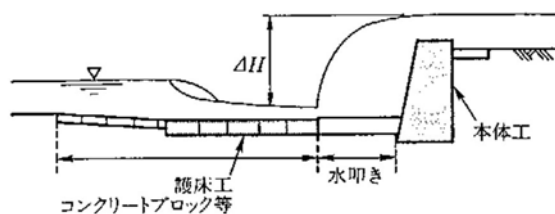


図1-4-6 分離式構造

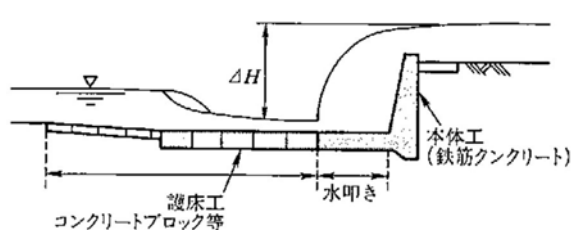


図1-4-7 一体式構造

2) 屈とう性構造

床止めでは天端の沈下、欠落は許されないので、ブロック同士の一体性が強い層積みとした方がよい。また、特に高流速となり流れが乱れる区間では、鉄筋によるブロック間の連結等によって全体が一体となって流水に抵抗できるようにする必要がある。この型式は、コン

クリート構造に比べて経済的に有利であり、施工が容易である等の利点を持つことが多い。屈とう性構造は以下のような場合に選定することが考えられる。

- ・河床変動が大きいと予想されるが、その変動量予測が難しいため、将来の床止めの変形を補修によって対処することが有利と判断される場合
- ・長期的な河床低下への部分的な対応や橋脚の保護のためなど、未改修分との接続のために暫定的に床止めが必要な場合

ただし、地震時に液状化するような危険性のある箇所（セグメント2-2及び3）や、複断面河道となっている急流河川（セグメント1）で、高水敷の侵食防止が必要な箇所での設置は、被災を受けやすいため避けた方がよい。

また、屈とう性構造では、ブロック間を水が伏流する可能性があることから水深が確保できず魚類等の移動の障害となることが予想されるので、水密性を保つ工夫や魚道の設置などを検討する必要がある。

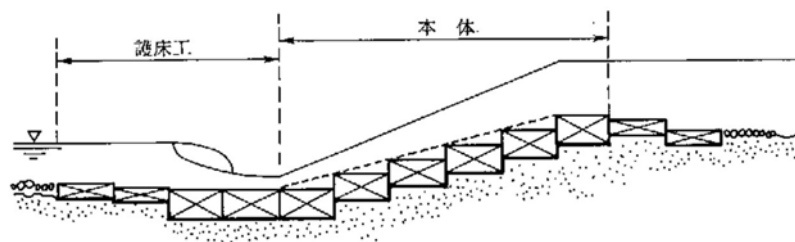


図 1-4-8 屈とう性構造（コンクリートブロックの場合）

<標準>

床止めの構造型式は、コンクリート構造と屈とう性構造がある。構造型式の選定に当たっては、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、経済性、及び環境・景観との調和等に考慮して設定することを基本とする。

4. 4. 2 材質と構造

(1) 使用材料

<考え方>

床止めの使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や耐久性を満足する必要がある。

<標準>

床止めの使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や耐久性を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされているものを使用することを基本とする。

<推奨>

鉄筋コンクリート構造物（プレキャスト製品を除く）に用いるコンクリートの設計基準強度は、 24N/mm^2 、無筋コンクリート構造物に用いるコンクリートの設計基準強度 18N/mm^2 、鉄筋の材質は、SD345 を推奨する。

JIS 等の公的な品質規格に適合し、適用範囲が明らかな用途に対して使用することが望ましい。公的な品質規格がない材料の場合には、材料特性が床止めに及ぼす影響を試験等によって確認するとともに、品質についても JIS 等の規格と同等以上であることを確認することが望ましい。

(2) 主な構造

<考え方>

床止めを構成する主な構造としては、本体、水叩き、護床工、基礎、遮水工、取付擁壁・護岸、高水敷保護工・のり肩工、魚道等があげられる。本体は、一般にコンクリート構造、コンクリートブロックやかご工などで構成される。いずれの構造においても、所要の安全性を確保する必要がある。

<標準>

床止めは、本体、水叩き、護床工をはじめいくつかの部位から構成される。各部位には、水圧、土圧、揚圧力などの外力が作用するが、床止めを構成する各部位の設計に当たっては、床止め全体として機能を確保し、所要の安全性を確保できる構造となるように設計することを基本とする。

設計に当たっては、環境及び景観との調和を図ることを基本とする。

(3) 設計用定数

<標準>

床止めの設計に用いる材料の各種定数は、所要の安全性が確保できるよう、力学特性を考慮し、必要に応じて調査・試験を実施したうえで、設定することを基本とする。

① ヤング係数

<標準>

設計に用いるヤング係数は、材料の特性や品質を考慮したうえで適切に設定することを基本とする。

<推奨>

ヤング率として、以下の値を用いることが望ましい。

1) ヤング係数

- ・コンクリートのヤング係数は、 2.5×10^4 N/mm² (設計基準強度：24N/mm²)
- ・鋼材のヤング係数は、 2.0×10^5 N/mm²

2) ヤング係数比

- ・許容応力度による設計を行う場合の鉄筋コンクリート部材の応力度の計算に用いるヤング係数比は 15

② 地盤に係る定数

<標準>

地盤に係る定数は、ボーリング調査、サウンディング調査、原位置試験、室内土質試験を組合せた地盤調査(既往調査含む)や周辺の工事履歴、試験施工等に基づき総合的に判断し、施工条件等も考慮したうえで、設定することを基本とする。

<推 奨>

1) 基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力

基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力として、表 1-4-1 に示す値を用いることができる。

表 1-4-1 摩擦角と付着力

条 件	摩擦角 ϕ_B (摩擦係数 $\tan \phi_B$)	付着力 c_B
土とコンクリート	$\phi_B = \frac{2}{3}\phi$	$c_B = 0$
土とコンクリートの間に 栗石を敷く場合	$\tan \phi_B = 0.6$ $\phi_B = \phi$ } の小さい方	$c_B = 0$
岩とコンクリート	$\tan \phi_B = 0.6$	$c_B = 0$
土と土又は岩と岩	$\phi_B = \phi$	$c_B = c$

ただし、 ϕ : 支持地盤のせん断抵抗角 (度)、 c : 支持地盤の粘着力 (kN/m^2)

ϕ_B : 基礎底面と地盤との間の摩擦角 (rad)

c_B : 基礎底面と地盤との間の付着力 (kN/m^2)

2) 基礎地盤支持力及び摩擦係数

基礎地盤支持力及び摩擦係数は、表 1-4-2 に示す値を用いることができる。

表 1-4-2 基礎地盤支持力及び摩擦係数

基礎地盤の種類	許容支持力度 { kN/m^2 }		摩擦係数 場所打ちコンクリート の場合の堰等の底 面の滑動安定計算に 用いるすべり	備 考		
	常 時	地震時		qu { kN/m^2 }	N 値	
岩 盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1,000	1,500	0.7	10,000以上	—
	亀裂の多い硬岩	600	900	0.7	10,000以上	—
	軟岩、土丹	300	450	0.7	1,000以上	—
礫 層	密なもの	600	900	0.6	—	—
	密でないもの	300	450	—	—	—
砂質 地盤	密なもの	300	450	0.6	—	30~50
	中位なもの	200	300	0.5	—	15~30
粘性 土地盤	非常に堅いもの	200	300	0.5	200~400	15~30
	堅いもの	100	150	0.45	100~200	8~15
	中位なもの	50	75	—	50~100	4~8

3) 地盤の許容鉛直支持力

地盤の許容鉛直支持力は、荷重の偏心傾斜及び基礎の沈下量を考慮した地盤の極限支持力

に対して、表 1-4-3 に示す安全率を確保していることが望ましい。

表 1-4-3 安全率

常時、洪水時	地震時	施工時
3	2	2

荷重の偏心傾斜及び基礎の沈下量を考慮した地盤の極限支持力は、次式により求めることができる。平板載荷試験により求める場合には、載荷試験の結果により確認した地盤の粘着力 c 、せん断抵抗角 ϕ を用いて以下の式に従って算出することが望ましい。

$$Q_u = A_e \{ \alpha \kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + (1/2) \gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma \}$$

ここに、

Q_u : 荷重の偏心傾斜、支持力係数の寸法効果を考慮した地盤の極限支持力 (kN)

c : 地盤の粘着力 (kN/m²)

q : 上載荷重 (kN) で、 $q = \gamma_2 D_f$

A_e : 有効載荷面積 (m²)

γ_1 、 γ_2 : 支持地盤及び根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m³)

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)

$$B_e = B - 2e_B$$

B : 基礎幅 (m)

e_B : 荷重の偏心量 (m)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ (m)

α 、 β : 基礎の形状係数

κ : 根入れ効果に対する割増係数

N_c 、 N_q 、 N_γ : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_c 、 S_q 、 S_γ : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

$\tan \theta$: 荷重の傾斜

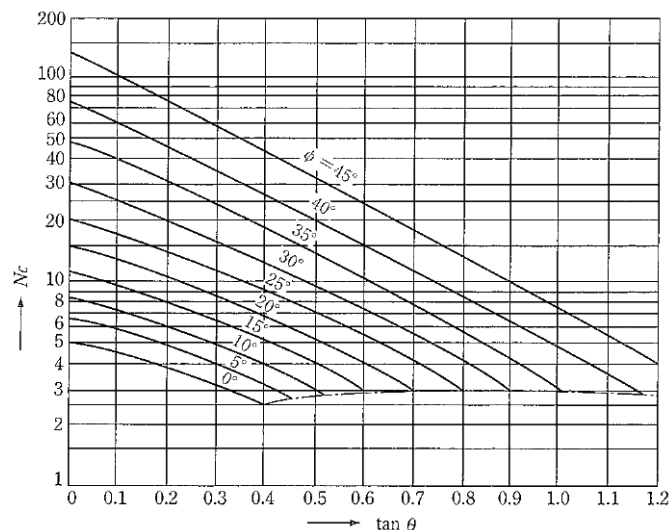


図 1-4-9 支持力係数 N_c を求めるグラフ

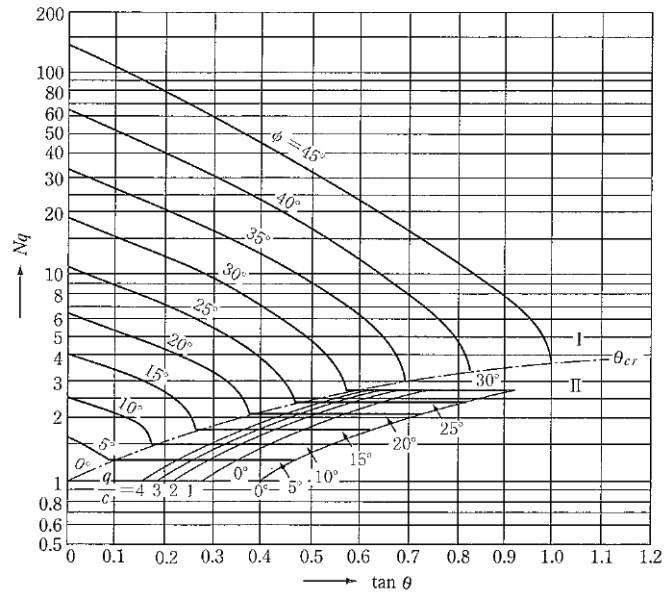


図 1-4-10 図支持力係数 N_q を求めるグラフ

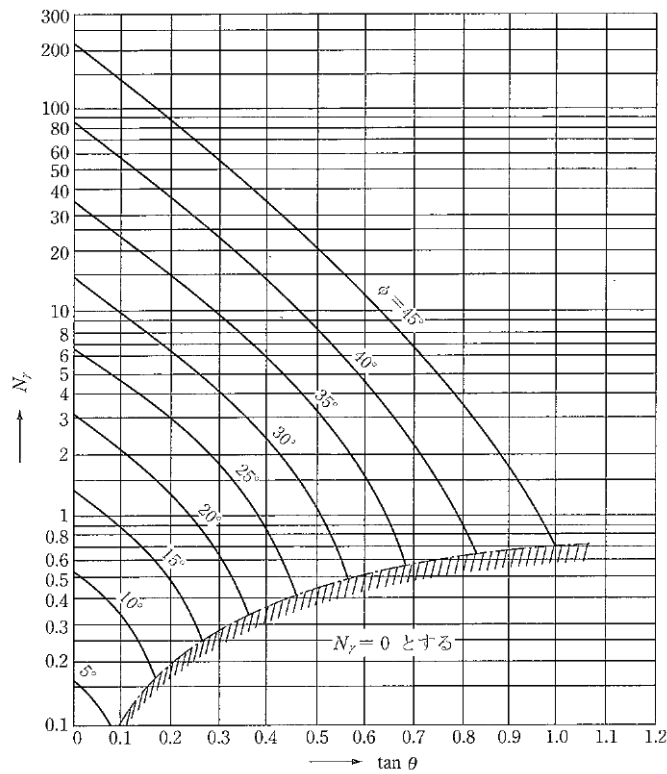


図 1-4-11 支持力係数 N_r を求めるグラフ

(4) 鉄筋コンクリート部材の最小寸法

<標準>

鉄筋コンクリートの部材の最小寸法は、耐久性、強度を有するために必要なかぶり及び施工性に配慮し設定することを基本とする。

<推 奨>

鉄筋コンクリートの部材の最小寸法は、施工性を重視し主鉄筋を内側に配置するため、0.4mとすることが望ましい。

4. 5 安全性能の照査等

4. 5. 1 設計の対象とする状況と作用

<考え方>

床止めの設計に当たっては、常時、洪水時及び地震時の安全性能を確保することが求められる。コンクリート構造の床止めについては、常時、洪水時及び地震時に、屈とう性構造の床止めについては、常時及び洪水時について照査する必要がある。

照査に当たっては、基礎地盤の特性、河道の特性、維持管理に必要な前提条件を設定する必要がある。なお、前提条件は、土質地質調査や河道特性調査等に基づき設定する必要がある。

設計の対象とする作用については、本体の自重、計画高水位以下の水圧、土圧、地震の影響等が考えられ、設計の対象とする床止めの状況に応じて適切に組合せて設定する必要がある。

また、必要に応じて施工時についても安全性能の照査を行う。

なお、床止めを高潮区間に設置された事例が確認されていないことから、本節においては、高潮や風浪、津波の作用は必要に応じて考慮することとしている。

<標 準>

安全性能の照査に当たっては、次の表のように設計の対象とする状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。

床止めの状況	作 用
常 時	自重（死荷重）、土圧、水圧、泥圧（必要な場合）、揚圧力等
洪水時	自重（死荷重）、土圧、水圧※、泥圧（必要な場合）、揚圧力 ※計画高水位
地震時	自重（死荷重）、水圧、泥圧（必要な場合）、揚圧力、地震の影響※等 ※構造物の重量に起因する慣性力、地震時土圧、地震時動水圧、液状化の影響
その他	施工時荷重、セイシュによる影響

※高潮や風浪、津波等の影響を受ける場合には、必要に応じて考慮するものとする。

<推 奨>

床止めの設計に当たっては、作用毎に以下の数値を用いることが望ましい。

1) 自重（死荷重）

自重（死荷重）は、適切な単位体積重量を用いて算出する。

材料の単位体積重量は、表 1-4-4、表 1-4-5 の値を参考に定めるものとする。

表 1-4-4 材料の単位体積重量 (kN/m³)

材 料	単位体積重量
鋼・鋳鋼・鍛鋼	77.0
鋳鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.5
コンクリート	23.0
セメントモルタル	21.0
木材	8.0
歴青材 (防水用)	11.0
アスファルト舗装	22.5

土の単位体積重量は、一般的な値を示したものであり、土質試験データがある場合は、その値を用いて設計することが望ましい。コンクリートについても、できるだけ試験データによることが望ましい。また、堤防盛土材料に現地が発生材を用いる場合や、盛土材料が明確になっていない場合は、一般に 18 kN /m³ を用いる。

表 1-4-5 土の単位体積重量 (kN/m³)

地盤	土 質	緩いもの	密なもの
自然 地盤	砂及び砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛 土	砂及び砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土	18	

地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれの表中の値から 9 を差し引いた値としてよい。

地下水位は施工後における水位の平均値を考慮する。

2) 土圧

① 静止土圧

静止土圧は、次式による。

$$P_{hd} = K_0(\gamma \times h + q_0)$$

ここに

P_{hd} : 任意の深さの水平土圧強度(kN/m²)

K_0 : 静止土圧係数(通常は $K_0=0.5$ と考えてよい)

γ : 土の単位体積重量(kN/m³)

h : 任意の深さ(m)

q_0 : 上載荷重(kN/m²)

② 主働土圧

主働土圧は、次式による。

$$P_a = K_A(\gamma \times h + q_0)$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$\cot(\xi_A - \alpha) = -\tan(\phi + \delta + \theta - \alpha) + \sec(\phi + \delta + \theta - \alpha) \sqrt{\frac{\cos(\theta + \delta) \cdot \sin(\phi + \delta)}{\cos(\theta - \alpha) \cdot \sin(\phi - \alpha)}}$$

ここに

P_a : 任意の深さの主働土圧強度 (kN/m²)

K_A : 主働土圧係数

ξ_A : 主働崩壊角 (度)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

h : 任意の深さ (m)

q_0 : 上載荷量 (kN/m²)

α : 地表面と水平面のなす角 (度)

θ : 壁背面と鉛直面のなす角 (度)

ϕ : 土の内部摩擦角 (度)

δ : 土圧作用面の種別に応じた壁面摩擦角 (度)

土と土の場合 : $\delta = \phi$

土とコンクリートの場合 : $\delta = \phi / 3$

ただし、 $\phi - \alpha < 0$ のときは $\sin(\phi - \alpha) = 0$ とする。

上載荷量 q_0 は必要に応じて考慮する。

ここで用いる角度は反時計回りを正とする。

③地震時主働土圧

地震時主働土圧は、河川構造物の耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編による。

3) 水圧

①静水圧

静水圧は、常時、洪水時においては、流量規模に応じた上流側及び下流側の水位を求め、最大となる水位差の水圧を求める。地震時においては、上下流とも平水位での水圧とする。

③ 地震時動水圧

地震時動水圧は、河川構造物の耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編による。

4) 揚圧力

揚圧力は、水叩き長と上下流水位差により求める。

5) 構造物の重量に起因する慣性力

構造物の重量に起因する慣性力は、構造物の重量に水平震度を乗じた水平力として算出する。このときの水平震度は、河川構造物の耐震性能照査指針IV水門・樋門及び堰編による。なお、動的照査法を用いる場合は、構造物の質量に応答加速度を乗じたものとして算出される。

6) その他荷重

床止めや魚道の設計に当たっては必要に応じて以下の荷重を考慮する。

- ・施工時荷重
- ・セイシュによる影響

4.5.2 安全性能の照査

<考え方>

床止めは、「4.5.1 設計の対象とする状況と作用」に示す状況と作用毎に、照査の条件として適切な床止めの上下流の水位の組合せを設定し、安全性能について照査する必要がある。

<標準>

床止めは、「4.5.1 設計の対象とする状況と作用」に対し、以下の事項の安全性能について照査することを基本とする。

- (1) 常時の安全性能
- (2) 洪水時の安全性能
- (3) 耐震性能

照査に当たっては、これまでの経験及び実績から妥当とみなせる方法又は論理的に妥当性を有する方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。

<推奨>

鉄筋コンクリート部材の安全性能を照査するに当たっては、以下の手法によることが望ましい。

- ・部材の設計に用いる断面力は、弾性理論により算出する。
- ・部材の設計は、許容応力度設計法によって行う。

(1) 常時の安全性能

<考え方>

床止めは、自重や背面からの土圧、さらに軟弱な地盤上に床止めを新設する場合には基礎地盤の強度不足又は圧縮性が大きいことによる圧密沈下等により、構造物の安全性が損なわれる可能性があるため、取付擁壁の応力度や基礎の沈下量、支持力等について常時の安全性能の照査を行う必要がある。護岸についても必要に応じて常時の安全性能の照査を行う必要がある。

<標準>

常時の床止めの安全性能は、本体や水叩きの自重、水圧、土圧、揚圧力が作用に対して以下の項目の安全性を評価し、所定の安全性又は許容値を満足することを照査の基本とする。

1) 各部位の安定性

床止め本体（一体式構造の場合は水叩きを含む、以下同様）が転倒、滑動、基礎地盤支持力に対して所要の安全性を確保する。また本体については、揚圧力に対して所要の安全性を確保する。

2) 発生応力に対する安全性

「4.5.1 設計の対象とする状況と作用」により諸条件を設定し、床止め本体に発生する応力が「4.5.3 許容応力度」以下となることを確認する。

3) 耐浸透性能

床止め本体と基礎地盤との接触面における浸透に対して所要の安全性を確保する。

<推奨>

1) 各部位の安定性

所要の安定性とは、表 1-4-6 に示す安全率を満足するものとする。

表 1-4-6 各項目の安全率

項目	安全率
転倒	合力の作用点が中央 1/3 以内
滑動	1.5
基礎地盤支持力	3

2) 発生応力に対する安全性

せん断応力度は、せん断力を部材幅 (b) ×有効高 (d) で割った平均せん断応力度とする。

せん断応力度の照査は、支点が直接支持となっているものは支点の前面より 1/2×h だけ内側で行ってよい。(h:はり高)

3) 耐浸透性能

耐浸透性照査における所要の安全性は、地盤の土質区分、本体及び水叩き長、考慮する水頭差、遮水工の配置、深さ、長さを考慮したうえで、レインの式による浸透経路長を満足することを確認する。なお、遮水工を 2 列に入れる場合深さに対して間隔が短すぎると浸透路長が遮水工沿いとはならない場合があるので、実現象に合うように浸透路長をとるよう留意する。また、地盤が互層の場合は、浸透流が常に浸透抵抗の小さいところを流れることを念頭において浸透経路を検討することが望ましい。

$$\text{レイン加重クリープ比 } C \leq \frac{\frac{L}{3} + \sum l}{\Delta H}$$

ここに

C: 加重クリープ比

L: 本体及び水叩きの長さ (m)

∑l: 鉛直方向浸透路長 (m)

ΔH: 上下流最大水位差 (m)

表 1-4-7 加重クリープ比 C

地盤の土質区分	C
極めて細かい砂又はシルト	8.5
細砂	7.0
中砂	6.0
粗砂	5.0
細砂利	4.0
中砂利	3.5
栗石を含む粗砂利	3.0
栗石と礫を含む砂利	2.5
柔らかい粘土	3.0
中くらいの粘土	2.0
堅い粘土	1.8

4) 揚圧力に対する安全性

揚圧力に対する安全率は、4/3 とする。

(2) 洪水時の安全性能

<考え方>

床止めは、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造が求められる。

なお、安全性能の照査は、本体・水叩き一体式構造と分離式構造において行うものとする。

<標準>

洪水時の床止めの安全性能は、本体や水叩きの自重、水圧、揚圧力が作用する状態で、以下の項目について照査することを基本とする。

1) 各部位の安定性

床止め本体が転倒、滑動、基礎地盤支持力に対して所要の安全性を確保する。また本体については、揚圧力に対して所要の安全性を確保する。

2) 発生応力に対する安全性

「4.5.1 設計の対象とする状況と作用」により諸条件を設定し、床止め本体に発生する応力が「4.5.3 許容応力度」以下となることを確認する。

<推奨>

1) 各部位の安定性

所要の安定性とは、以下の安全率を満足するものとする。

表 1-4-8 各項目の安全率

項目	安全率
転倒	合力の作用点が中央 1/3 以内
滑動	1.5
基礎地盤支持力	3

揚圧力に対する安全率は、4/3 とする。

2) 発生応力に対する安全性

せん断応力度は、せん断力を部材幅 (b) ×有効高 (d) で割った平均せん断応力度とする。

せん断応力度の照査は、支点が直接支持となっているものは支点の前面より $1/2 \times h$ だけ内側で行ってよい。(h:はり高)

(3) 耐震性能

<考え方>

床止めの耐震性能の照査は、河川構造物の耐震性能照査指針に基づき実施する必要がある。レベル 1 地震動に対しては、地震によって床止めとしての健全性を損なわないか否かを照査する。なお、本体以外は構造物の主な部分ではないため照査対象外として良い。また、床止め本体（一体式構造の場合は水叩きを含む）が転倒、滑動、基礎地盤支持力に対して所要の安全性を確保することについても照査する必要がある。

床止め本体（一体式構造の場合は水叩きを含む）には地震時に慣性力及び水圧が作用するとともに、本体の背面には地震時土圧が作用する。また、床止め本体、水叩きの地震時挙動は、地形、地盤条件等の種々の要因の影響を受けるが、中でも、基礎地盤の影響を大きく受ける。基礎地盤が液状化した場合には、液状化に伴う基礎地盤の変形が地震時挙動に大きく影響を及ぼすため、液状化を考慮する必要がある。

<標準>

耐震性能の照査に当たっては、レベル 1 地震動に対して地震によって床止めとしての健全性を損なわないことを照査の基本とする。

<推奨>

1) 各部位の安定性

所要の安定性とは、表 1-4-9 に示す安全率を満足するものとする。

表 1-4-9 各項目の安全率

項目	安全率
転倒	合力の作用点が中央 2/3 以内
滑動	1.2
基礎地盤支持力	2

2) その他の安全性

その他の耐震性能の照査については、河川構造物の耐震性能照査指針・解説Ⅳ．水門・樋門及び堰編による。

4.5.3 許容応力度

<標準>

許容応力度等は、使用する材料の基準強度や力学特性を考慮して、所要の安全性が確保できるように設定することを基本とする。

<推奨>

許容応力度として、以下の値を用いることが望ましい。

1) コンクリートの許容応力度

表 1-4-10 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

設計基準強度	許容曲げ圧縮応力度	許容付着応力度	許容せん断応力度
24	8.0	1.60	0.39

なお、無筋コンクリートの許容応力度は、道路橋示方書・同解説Ⅳ．下部構造編（平成 24 年 3 月）による。

2) 鉄筋の許容引張応力度

表 1-4-10 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

応力度、部材の種類		鉄筋の種類	SD345
引張 応 力 度	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	一般の部材※1	180
		厳しい環境下の部材※2	160
	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		200
	鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合		200

※1 通常的环境や常時水中、土中の場合

※2 一般的环境に比べて乾湿の繰り返しが多い場合や有害な物質を含む地下水位以下の土中の場合（海洋環境などでは別途かぶりなどについて考慮する）

3) 鋼材の許容応力度（ゲート等の機械設備を除く）

表 1-4-12 構造用鋼材の母材部及び溶接部の許容応力度 (N/mm²)

区分及び 応力度の種類		鋼材記号	SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SM570 SMA570W	
母材部		引張	140	185	210	255	
		圧縮	140	185	210	255	
		せん断	80	105	120	145	
溶接部	工場溶接	全断面溶込みグループ溶接	引張	140	185	210	255
			圧縮	140	185	210	255
			せん断	80	105	120	145
		すみ肉溶接, 部分溶込みグループ溶接	せん断	80	105	120	145
現場溶接		引張 圧縮 せん断	原則として、工場溶接と同じ値とする。				

4) 鋼管杭の許容応力度

表 1-4-13 鋼管杭の母材部及び溶接部の許容応力度 (N/mm²)

区分及び応力度の種類		鋼管杭の種類	SKK400	SKK490
母材部		引張	140	185
		圧縮	140	185
		せん断	80	105
溶接部	工場溶接	引張	140	185
		圧縮	140	185
		せん断	80	105
	現場溶接	引張	原則として、工場溶接と同じ値とする。	

5) 既製コンクリート杭の許容応力度
JIS に基づき適切に定める。

6) 許容応力度の割増し

作用の組合せにおいて地震の影響、施工時荷重等を考慮する場合は、表 1-4-14 による許容応力度の割増しを行うことができる。下記以外の作用の組合せによる許容応力度の割増しを考慮する場合は、個々の状況に応じて適切に定める。

表 1-4-14 許容応力度の割増し

短期荷重	割増率 (%)
地震の影響を考慮する場合	50
施工時荷重を考慮する場合	50

4. 6 各部位の設計等

4. 6. 1 本体

<考え方>

床止め本体は、河床の洗掘を防いで河床を安定させ、河川の縦断又は横断形状の維持に必要な機能を満足する適切な位置へ設ける必要がある。

本体の設置位置の考え方は「4.3 設計の基本」に示す通りとする。

本体の縦断形状は、直壁型と緩傾斜型に大別できる。選定に当たっては、設置する河道の特性を踏まえ、環境及び景観的な観点も含めた総合的な比較検討を行った方が良い。

天端高と落差は、「4.3 設計の基本」に示す内容により設計し、構造形式や端部の取り合いを考慮のうえ、設定する必要がある。

天端幅は 0.5m 程度が最小と考えられるが、河床材料により天端幅を広く確保する場合や、滑動などに対する安全性より求める場合がある。転石が多い河川に設置する場合は、流出土砂による衝撃に耐えられるとともに、通過土砂の摩耗にも耐えうるような幅とした方が良い。流出土砂による衝撃や摩耗の程度は、設置場所での河道特性により異なるため、注意を要する。

<必須>

床止め本体は、設計荷重に対して安全な構造となるように設計するものとする。

<標準>

床止め本体は、自重、土圧、静水圧、揚圧力、地震時慣性力等を考慮して、所要の安全性が確保されるように設計することを基本とする。

<推奨>

1) 本体の設計

コンクリート構造の床止めの場合は、転倒、滑動、基礎地盤支持力に対する所要の安全性が確保されるように設計することが求められる。無筋構造とする場合は、本体と水叩きとが一体式構造となっても、不測の事態を考慮して、図 1-4-12 のように本体単独で安定計算を行う必要がある。転倒については、本体底面について検討を行う必要がある。

本体と水叩きとの間に必要な配筋がなされた鉄筋コンクリート構造の場合は、一体式構造と見なして図 1-4-13 に示す荷重に対する安定検討を行い、一体式構造として設計を行う場合は、従来の安定検討に加えて配筋部分の応力検討が必要となる。

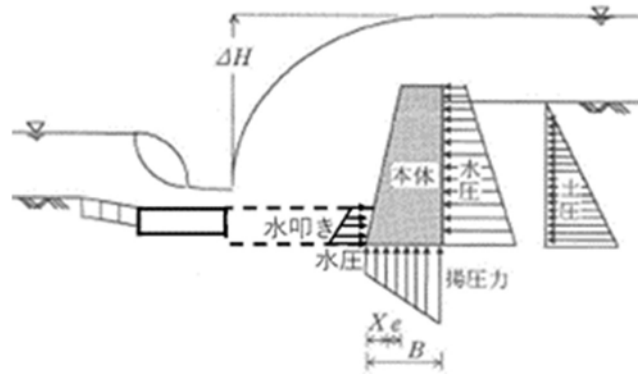


図 1-4-12 一体式構造と見なさない場合（常時、洪水時の場合）

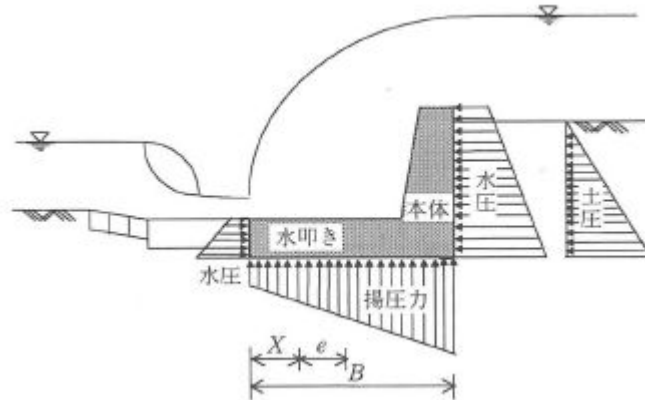


図 1-4-13 一体式構造と見なす場合（常時、洪水時の場合）

滑動及び基礎地盤支持力は、直接基礎にあっては、地盤と底面との摩擦抵抗力及び基礎地盤支持力について検討し、杭基礎等である場合には鉛直支持力と水平支持力について検討を行う必要がある。

屈とう性構造の床止めは、流水の作用に対して安全であることが必要である。このため、床止め本体を構成するブロックや鉄筋などが流水により移動や過大な変形を生じない形状、重さ、材質とする必要がある。また、土砂の吸出しや揚圧力によるパイピングを防止するため、吸出し防止材をブロック構造体の下に敷設すると同時に、揚圧力により基礎の土砂が動かないように、床止め本体の下流側斜面勾配はレインのクリープ比 C の逆数よりも緩くすることが望ましい（図 1-4-14 参照）。また、ブロックの下端長は浸透経路長として評価することも必要である。

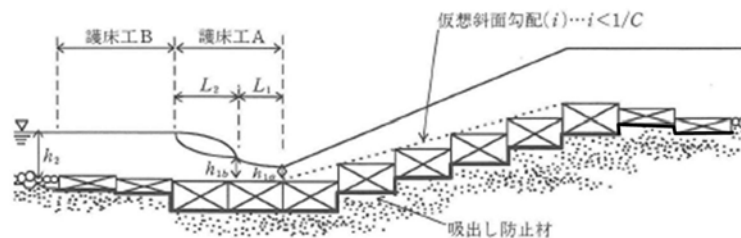


図 1-4-14 ブロック構造による落差工の模式図

コンクリート構造の床止め本体の安定計算法の例を次に示す。これは直接基礎の場合の例であり、常時、洪水時及び地震時について行う。

(1) 荷重

設計に用いる荷重は、自重、地震時慣性力、土圧（一般にクーロンの式により常時、地震時の土圧を計算）、水圧（常時：流量規模に応じた上・下流側の最大水位差、地震時：上下流ともに平水時の水位差）、揚圧力である（図 1-4-15）。揚圧力は、水叩きの長さとして上下流水位差とにより、次式により計算するものとする。

$$U_{px} = \left(h_{1a} + \Delta h \frac{\sum l - l_x}{\sum l} + d \right) W_0$$

U_{px} ：任意の点の揚圧力

Δh ：上下流最大水位差

$\sum l$ ：全浸透経路長 = $L_p + l_1 + l_2 + l_3 + l_4$

l_x ：任意の点での浸透経路長

W_0 ：水の単位積重量

d ：水叩き天端高と本体底面高の差

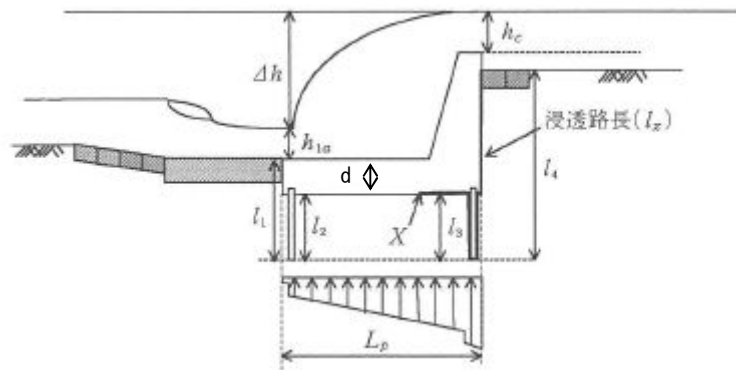


図 1-4-15 床止めに作用する揚圧力

(2) 転倒に対する検討

底面下流端部に関する常時、地震時のモーメントを計算し、合力の作用点を計算して偏心距離を求め、転倒に対する安全率が規定以上「4.5.2 (1) 常時の安全性能」、「4.5.2 (2) 洪水時の安全性能」「4.5.2 (3) 耐震性能」になるように設計する。

(3) 滑動に対する検討

直接基礎の場合、滑動に対する安全率が「4.5.2 (1) 常時の安全性能」、「4.5.2 安全性能の照査 (2) 洪水時の安全性能」、「4.5.2 安全性能の照査 (3) 耐震性能」の安全率の規定以上になるよう設計する。

(4) 基礎地盤支持力に対する検討

直接基礎においては、「4.4.2 構造形式の設定 (3) 設計用定数②地盤に係る定数」に示す地盤許容支持力度が鉛直最大反力以上になるよう設計する。

安定計算は、重力擁壁としての安定計算法を用いて行う。なお、基礎地盤支持力に対する検討としては、揚圧力が生じない状態（水位が底面以下の場合）を確認しておく必要がある。

床止め本体を一体と見なさずに設計する場合は、コンクリート本体の応力計算は行わなくてもよいが、比較的地盤の軟弱な個所や、背後地に及ぼす影響の大きい個所に設置する床止めについては、鉄筋直径 0.013m の用心鉄筋を表面付近に 0.25m 間隔程度で配筋をする場合もある。一体構造とする場合には、応力計算を行って必要な鉄筋量を求める。

<例 示>

玉石が多く流下する河川では天端幅を 2.0m、砂混じりの砂利や玉石混じりの砂利が多く流下する河川では天端幅を 1.0m としているなど、天端幅を大きくしている事例がある。

4. 6. 2 水叩き

<考え方>

水叩きは、本体からの越流水による洗掘、流水や転石による衝撃から構造物の破損を防ぐために設置するものである。床止めの被災形態としては、本体、水叩き等の下部でのパイピング現象による基礎地盤支持力の低下、流水や転石による水叩きへの直接衝撃、流水による下流部の洗掘、堤体下部からの吸出し及び揚圧力に起因する移動等が考えられる。したがって、水叩きは、洗掘等を防げる長さで揚圧力に耐えうる重量（厚さ）を有する必要がある。

また、上流から流下する流水や転石による水叩きへの直接衝撃や大規模な洗掘に対しては、水叩きを所要の長さを有する強固な構造とし、下流部の洗掘に対しては所要の長さを有する護床工を設置して対処するとともに、間詰め石などにより吸出しを防止する必要がある。パイピングについては、「4.5.2 安全性能の照査」を参照されたい。

水叩きの縦断形状は、流水の減勢や魚類等の移動を考慮して、下流河床よりも掘り込んでウォータークッションを設ける等の工夫を図る必要がある。

<必 須>

水叩きは、必要な水密性を有する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標 準>

水叩きは、本体を越流する水の侵食作用や水や転石による直接衝撃による構造物の破損を防ぎ、下面から働く揚圧力に対して安全な長さ及び構造とすることを基本とする。

<推 奨>

水叩きの設計に当たって、長さ、厚さを以下の通り考慮することが望ましい。

1) 水叩きの長さ

水叩きの長さの計算は、本体から越流水の落下距離を求めることで行う。越流水の落下距離の計算にはさまざまな方法があり、石田・井田の公式に代表されるような流量公式に自由落下現象を組み合わせる方法もある。ここでは簡易的に求めることができる RAND(1955) の公式を示す。

$$W/D = 4.3 (hc/D)^{0.81}$$

ここに、W：水叩き長、D：落差高、hc：限界水深 である。この式は床止め天端で限界水深が発生する場合に適用できる。

床止め上の越流現象は、 $hc + D > h_2$ の場合に完全越流であり、 $hc + D = h_2$ の付近で潜り越流へ変化して水叩き部へ与える落下衝撃力が小さくなる。したがって、水叩き長の計算は低水流量から計画流量のうちで完全越流から潜り越流に変化する限界の条件（一般には $hc + D = h_2$ でよい）について行う。

常に越流現象が潜り越流になっている場合は、水叩きは特に必要ない。実際の現象としては、 $hc + D = h_2$ 付近では完全越流と潜り越流との過渡状態である不完全越流状態となる。したがって、水叩きへの落下衝撃も完全越流時よりも弱まってくる。しかし、ここでは設計での判断を単純化するために $hc + D = h_2$ を境界とし、完全越流、潜り越流に分類して扱っても良い。

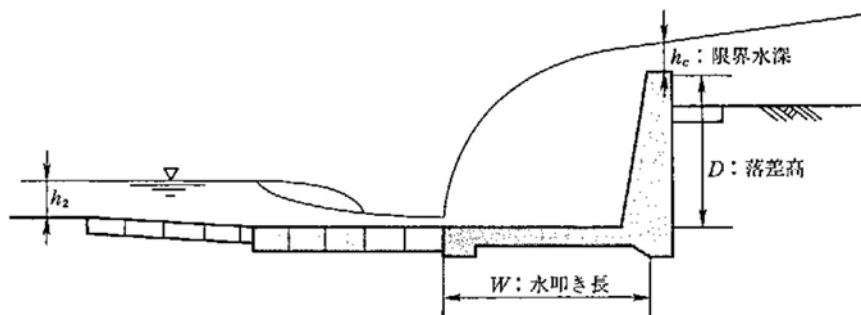


図 1-4-16 完全越流時の水面形状

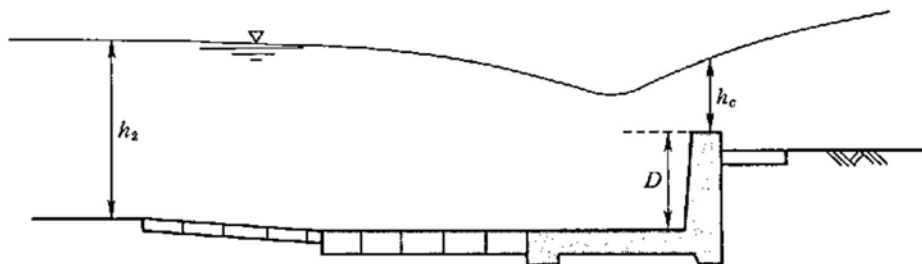


図 1-4-17 潜り越流時の水面形状

2) 水叩きの厚さ

水叩きは、水叩きにかかる揚圧力に対して安定となる重量（厚さ）とする。ただし、水叩きの最小部材厚は、衝撃や耐久性等から 0.4m 以上としておくことが望ましい。水叩き厚さの計算は、本体、水叩きが鉄筋コンクリートで一体化している場合は、本体の安定検討から求められる。鉄筋構造の場合は、次式により水叩きにかかる最大揚圧力から求められるのが一般的である。

$$t = \frac{F_s \frac{u_{pm} - h_{1a} W_o}{\gamma_c - 9.8}}{\quad}$$

t : 水叩きの必要厚 (m)
 u_{pm} : 水叩きに作用する揚圧力のうち最大の値 (kN/m³)
 γ_c : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³)
 F_s : 安全率 (F_s は一般に 4/3 が用いられている)
 W_o : 水の単位体積重量 (kN/m³)
 h_{1a} : 越流落水水深 (m)

水叩きの縦断形状は、魚類等の遡上等、流水の減勢等を考慮して、下流の河床よりも掘り込んでウォータークッションを設ける等の工夫を図る。

また、水叩き等では、流水等の侵食作用によるコンクリート表面の摩耗、礫の落下や転石による直接衝突によるコンクリート表面のひび割れや剥離が生じやすいため、必要に応じて、コンクリート自体の摩擦抵抗性を高めるほか、摩耗抵抗性の高い材料によってコンクリート表面を保護する等の摩耗の進行を抑制する対策を検討する。

<例 示>

水叩きのコンクリート表面の摩耗の進行を抑制するため、高強度コンクリートや高強度モルタル等の材料による表面保護を施した事例がある。

4. 6. 3 護床工

<考え方>

護床工は、床止め上下流で生じる局所洗掘の防止や、高速流の減勢のために本体及び水叩き上下流側に設置するものである。

護床工の構造、床止め上下流の河床勾配、落差、洪水時の流速、平水時の流況による生態系への影響、河床の地質等を勘案して選定する。

例えば、水叩き下流での跳水の発生により激しく流水が減勢される区間（護床工 A）では、鉄筋により連結されたブロック構造かコンクリート構造等が用いられ、その下流の整流となる区間（護床工 B）では、できるだけ流勢を減殺する工法として、一般には、コンクリートブロックや粗朶沈床、木工沈床、改良沈床等が用いられる。護床工 B は、できるだけ屈とう性を持たせ、護床工 B の下流端では河床とのなじみをよくする。このように護床工 A から護床工 B にかけて硬い構造のものから軟らかい構造のものへと変化させるような配慮が必要である。

下流側の護床工の範囲は、落差工による流水の影響がなくなると推定される範囲までとし、上流側の護床工の範囲は計画高水位時の上流側の水深と同様の距離以上とする必要がある。

特に急流河川では、下流側の護床工 A が長くなる場合が多いので、これを短くするために流れの減勢を目的とした補助構造物を水叩き又は護床工に設置し、これにより強制的に跳水を発生させエネルギーを減勢する方法がある。強制跳水に必要な補助構造物としてはエンドシル、バップルピア、段上がりがある。魚類等のためには、段上がりとしてウォータークッションの水深を深くする方法がよい。

<必須>

護床工は、必要な屈とう性を有する構造とし、近傍流速に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

護床工は、本体及び水叩き上下流での洗掘を防ぐため、その上下流側に設けることを基本とする。

護床工は、水叩き下流での跳水の発生により激しく流水が減勢される区間ではコンクリート構造等、その下流の整流となる区間では屈とう性を有する構造とし、本体上下流での洗掘を防ぐことができる長さ及び構造となるよう設計することを基本とする。

<推奨>

上流側護床工及び下流側護床工の設計に当たっては、長さ、重量は以下のとおり考慮する。

1) 護床工の長さ

(1) 上流側護床工

床止め上流側の護床工は、床止め直上流で生ずる局所洗掘を防止し、本体及び河岸部の取付擁壁を保護することを目的としている。本体天端高より上流側河床高が低下すると、本体直上流部では渦流の発生が促進され、局所洗掘が発生しやすい。水理実験や既設事例によれば、最低でも計画高水位時の水深程度以上の長さは必要である。

(2) 下流側護床工

床止め下流側の護床工の長さは、水叩き下流での跳水の発生により激しく流水が減勢される区間（護床工 A）と、その下流の整流区間（護床工 B）とに分けて求めることができる（図 1-4-18）。各区間での計算方法を次に示す。

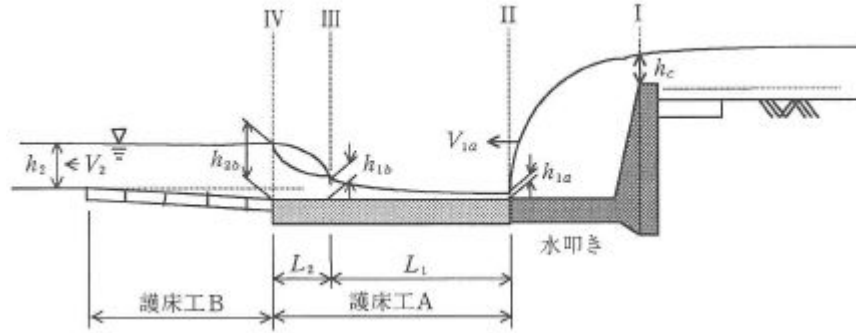


図 1-4-18 下流側護床工の区分

a) 護床工 A について

護床工 A の区間長 L は、 $L=L_1+L_2$ で表すことができる。

L_1 ：落下後から跳水発生までの射流で流下する区間

L_2 ：跳水発生区間

射流区間長 L_1 と跳水発生区間長 L_2 の計算は、低水流量から計画流量までの流量について床止め本体から落下した流水の跳水現象を検討することにより以下の手法で計算することができる。

①越流落水深 h_{1a} の計算

I-II 断面（図 1-4-18 参照）間の関係はエネルギー保存式に $V_{1a}=q/h_{1a}$ (q ：単位幅流量) を代入して加の多項式とし、トライアル計算により越流落水深 h_{1a} を求める。

②跳水開始水深 h_{1b} の計算

III-IV（図 1-4-18 参照）断面間で発生している跳水の開始水深を床止め下流部の水深 h_2 、床止め下流部のフルード数 F_2 より求める。

③本体直下流水深 h_{1a} と跳水開始水深 h_{1b} との比較

ア. $h_{1a}=h_{1b}$ の場合

$h_{1a}=h_{1b}$ の場合、跳水は本体越流落下直下流より発生する。したがって、射流区間 L_1 は発生せず、跳水発生区間長 L_2 のみの計算となる。跳水発生区間長は下流水深の 4.5～6 倍程度であるため、護床工 A 区間長 L は次式により算出される。

$$L=L_2=(4.5\sim 6)\cdot h_2$$

イ. $h_{1a}>h_{1b}$ の場合

$h_{1a}>h_{1b}$ の場合は、もぐり跳水となるため護床工 A 区間を特に設置する必要はない。ただし、河床上で噴流が走る可能性があるため、護床工 B 区間長を長めに取る必要がある。

ウ. $h_{1a}<h_{1b}$ の場合

$h_{1a}<h_{1b}$ の場合は、水叩き下流端でから跳水が発生するまで射流区間が発生し、位置が本体越流落下点より下流へ移動するため、この分護床工 A を長くする必要がある。したがって、護床工 A 区間長 L は次式により算出される。

$$L=L_1+L_2$$

L_1 は、 h_{1a} が h_{1b} の水位まで上昇する間の長さであり、水面形を求めることにより求められる。よって必要な護床工 A 区間長 L は、先の跳水の発生区間の長さとして併せて次式となる。

$$L=L_1+L_2=L_1+(4.5\sim 6)\cdot h_2$$

急流河川では、跳水発生前の射流区間 L_1 が長くなりすぎ、護床工 A の施工延長が長くなってしまふことがある。この場合には、エンドシル、バップルピア、段上がり等による強制跳水で L_1 区間を短縮する方法が有効である。

b) 護床工 B について

護床工 B は、跳水終了後の整流および下流河床とのすり付けのために設置される。設置範

囲は水理模型実験結果などによると、下流側計画高水位時の水深の3～5倍程度必要であることが明らかになっている。

2) 護床ブロック重量

護床工のブロックの重量は、各区間でブロックに作用する近傍流速を用いて、力学的な安定等から定めるものとする（護岸の根固め等を参照）。以下には、近傍流速の考え方の一例を示す。

(1) 上流側護床工

床止め上流の平均流速を用いる。

(2) 下流側護床工

①護床工 A

護床工 A は流れが激しく乱れ、かつ高流速となる場である。したがって護床工 A 区間では、一般にブロックを鉄筋で連結して、ブロック全体で外力に対抗できるような群体とする。この区間の近傍流速は、次の2つの区間に分けて検討する（図 1-4-19 参照）。

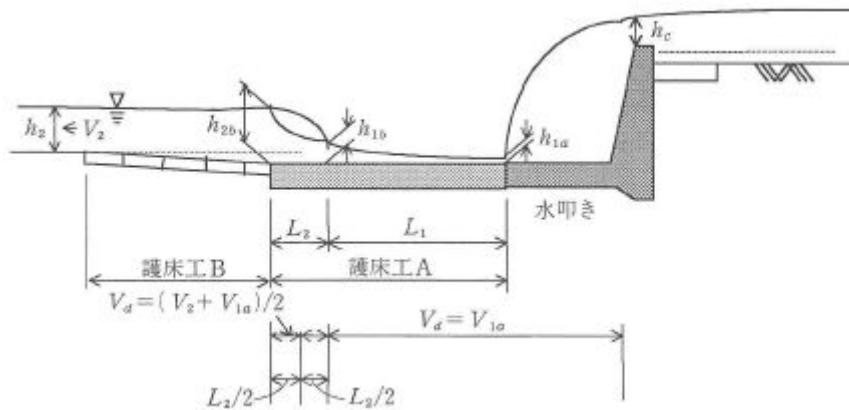


図 1-4-19 下流側護床工の長さの区分

イ. 本体直下流～跳水発生区間前半 $L_2/2$

本体直下流から跳水が発生するまでの区間 L_1 から跳水発生区間前半 $L_2/2$ は高流速で流下するため、設計流速 $V_d =$ 本体直下流流速 V_{1a} とする。

ロ. 跳水発生区間後半

跳水発生区間後半部では、上記区間よりも流速が緩くなっている。しかし、どの程度速度が緩くなっているかについては定かではない。大体本体直下流と護床工下流の流速の平均程度と見積もっておくとよいと考えられる。

$$\text{設計流速 } (V_d) = \{ \text{本体直下流流速 } (V_{1a}) + \text{下流流速 } (V_2) \} \times 1/2$$

②護床工 B

護床工 B 下流の跳水後の水位での平均流速を用いる ($V_d = V_2$)。

4. 6. 4 基礎

<考え方>

床止め本体の基礎は、直接基礎が一般的である。その他の基礎として杭基礎があるが、直接基礎で十分に本体等を支持できない場合に杭基礎を採用する。

基礎の設計に当たっては、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成 24 年 3 月）、杭基礎に当たっては杭基礎設計便覧（平成 27 年 3 月）により設計するものとする。道路橋示方書は平成 29 年 11 月に、杭基礎設計便覧は令和 2 年 9 月に改訂されている。これらの改訂では、性能規定（限界状態設計法及び部分係数法）に対応した記述に見直しており、従来の仕様規

定（許容応力度設計法）とは異なる設計体系となっている。一方、堰の耐震設計以外の設計は、性能規定化に至っておらず本基準においても仕様規定での設計体系である。そのため、道路橋示方書、杭基礎設計便覧の設計法を適用する場合は、従来の仕様規定について記載しているものを適用する必要がある。

< 必 須 >

基礎は、上部荷重等によって不同沈下を起こさないよう、良質な地盤に安全に荷重を伝達する構造とするものとする。

< 標 準 >

基礎は、本体及び水叩きと取付擁壁、魚道の間不同沈下が発生し堤防の弱点とならないようにするため、本体及び水叩きと取付擁壁、魚道の下に同一の基礎で設けることを基本とする。

基礎の形式及び構造は、良質な地盤に安全に荷重を伝達できるよう適切に選定することを基本とする。

< 例 示 >

良質な地盤の目安としては、砂層、砂礫層においてはN値が概ね30以上。粘性土層ではN値が概ね20以上と考えてよい。

4. 6. 5 遮水工

< 考 え 方 >

遮水工は、上下流の水位差で生じるおそれのある揚圧力やパイピング作用を減殺するために設ける必要がある。本体および水叩き端部に設けられる遮水工は、取付擁壁及び護岸に設置する遮水工と連続させるものとする。また、取付擁壁に設ける遮水工は、本体及び水叩き端部に設けられる遮水矢板と同規模とする必要がある。

遮水工の深さ及び水平方向の長さは、水頭差、遮水工の配置を考慮したうえで、レインの式などによる浸透経路長を検討し設定する必要がある。また、遮水工には構造計算上の荷重は分担させない。遮水工は一般的に鋼矢板が用いられるが、鋼矢板以外の材料とする場合は材料の強度、耐久性、遮水効果について検討を行う必要がある。

< 必 須 >

遮水工は、必要な水密性を有する構造とし、地盤条件や施工条件に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

遮水工は、上下流の水位差で生じるおそれのある揚圧力やパイピング作用を減殺する構造として設計することを基本とする。

< 推 奨 >

1) 配置

遮水工は、内外水位差による浸透水の動水勾配を減少させ、本体、水叩き下部の土砂移動と洗掘による土砂の吸出しを防止するために図1-4-20のように設けることが望ましい。

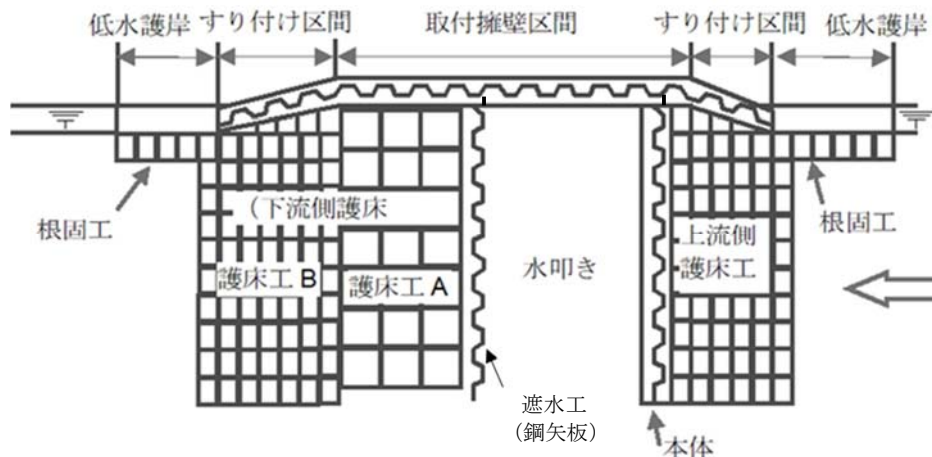


図 1-4-20 遮水工の設置平面図

2) 構造

遮水工は、本体と離脱しないように配慮して設計することが望ましい。遮水工の根入れ長は、鉛直方向の浸透経路で計算するが、遮水工を 2 列に入れる場合、実現象の流線を考えると一般に遮水工間隔の 1/2 以内の長さにすることが望ましい。なお、1/2 以上の長さとなる場合は、水叩きの長さを伸ばすなどの処置をする場合が多い。

3) 鋼矢板を遮水工として用いる場合の留意点

鋼矢板は遮水工として用いる場合、安全性、現場条件及び鋼矢板の市場性を考慮したうえで、経済比較を行い、適切に選定することが望ましい。

<例 示>

基礎地盤が良好な場合の直接基礎で鋼矢板の施工が困難な場合は、コンクリート構造のカットオフとする場合がある。

4. 6. 6 取付擁壁・護岸

<考え方>

洪水時には河床そのものが動いており、床止めの設置によってその連続性が失われるので、その上下流において射流の有無にかかわらず、局所的な洗掘が生じやすい。したがって、床止めの上下流の河岸又は堤防は、しかるべき範囲に護岸を設ける必要がある。その範囲は、上流側は床止めの上流端から 10m の地点又は護床工の上流端から 5m の地点のうちいずれか上流側の地点、下流側は水叩きの下流端から 15m の地点又は護床工の下流端から 5m の地点のうちいずれか下流側の地点までの範囲を最低限として設ける必要がある (図 1-4-21 参照)。

なお、床止め下流側では落下した流れが護岸に衝突し、護岸が損傷する恐れがあるため、これを防止するため、取り付け擁壁を直壁とし、水叩き部の幅を拡幅する等の工夫を行う必要がある。

この区間のうち、床止めから越流落水水により跳水が発生する取付区間では、特に流水の乱れが激しく、河岸部に強いせん断力が発生し、また、高水敷からの落込流による河岸侵食のおそれもある。このため、この区間では強固な河岸防護工として取付擁壁構造の護岸を設置する必要がある (図 1-4-22 参照)。

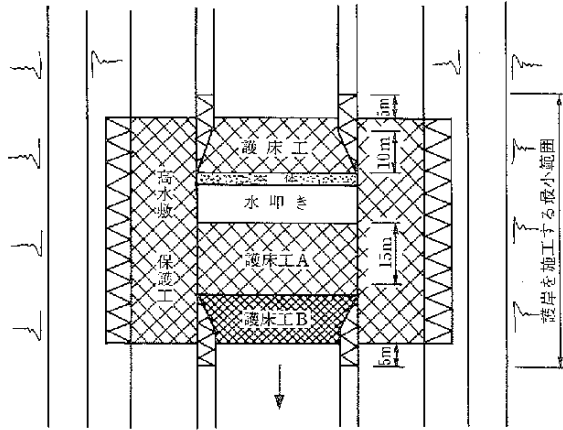


図 1-4-21 床止めの設置に伴い必要となる護岸を設置する最小範囲

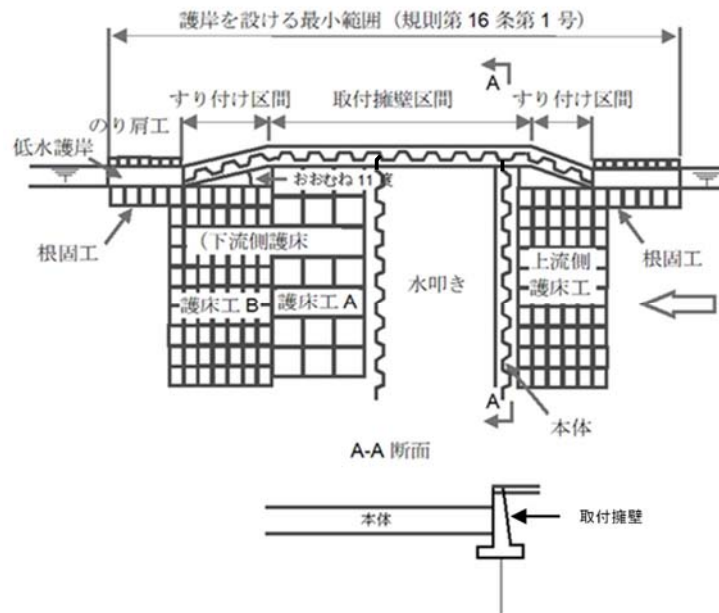


図 1-4-22 護岸を設ける区間のうち取付擁壁構造の護岸とする区間

取付擁壁は、仮に床止め本体が被災しても堤防に影響が及ばないように、擁壁の底面は水叩きや護床工の底面より低い所に設ける（図 1-4-23 参照）。

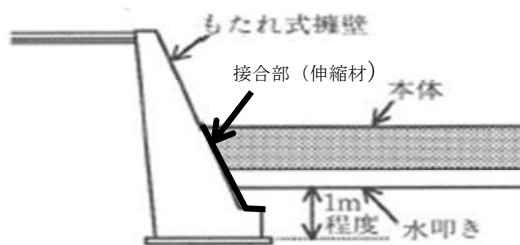


図 1-4-23 取付擁壁

護岸の形式及び構造は、改訂 護岸の力学設計法を参考に設定する必要がある。護岸には、多くの形式があり、使用される素材、構造の外観等はさまざまであるが、設置箇所の河道特性や周辺の護岸形式及び構造に加え、環境や景観にも配慮して設計する必要がある。

< 必 須 >

護岸は、流水の変化に伴う河岸又は堤防の洗掘を防止するために設けるものとし、設計流速に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

また、取付擁壁の構造は、堤防の機能を損なわず流水の乱れに伴って生じる河岸侵食を防止するように、仮に床止め本体及び水叩きが消失しても安定である構造（床止め本体及び水叩きをなしとした場合の安定計算を行う必要がある）とするものとし、必要に応じて周辺景観との調和に配慮して設計するものとする。

< 標 準 >

床止めの設置に伴い必要となる取付擁壁・護岸は、以下の事項を設計に反映することを基本とする。

1) 床止めの設置に伴い必要となる護岸は、以下により設定する。

①床止めに接する河岸又は堤防の護岸は、上流側は床止めの上流端から 10m の地点又は護床工の上流端から 5m の地点のうちいずれか上流側の地点から、下流側は水叩きの下流端から 15m の地点又は護床工の下流端から 5m の地点のうちいずれか下流側の地点までの区間以上の区間に設ける。

②前項に掲げるもののほか、河岸又は堤防の護岸は、湾曲部であることその他河川の状況等により特に必要と認められる区間に設ける。

③河岸（低水路の河岸を除く）又は堤防の護岸の高さは、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）とするものとする。

ただし、床止めの設置に伴い流水が著しく変化することとなる区間にあつては、河岸又は堤防の高さとする。

④低水路の河岸の護岸の高さは、低水路の河岸の高さとするものとする。

2) 取付擁壁の設置範囲は、床止め下流側では跳水の発生区間（護床工 A の範囲まで）を原則とする。上流側では、低下背水による流速の増大に対する安全を見込み、本体より 5m 程度上流まで取付擁壁を設ける。

3) 床止め本体及び水叩きと取付護岸との接合部は絶縁し、擁壁の底面は水叩きや護床工の底面より 1m 程度低い所に設けるほか、護床工下流の擁壁及び護岸前面には根固工を設ける等により洗掘に備える。

< 推 奨 >

直壁形状の取付擁壁は、拡幅した形状として下流の河岸に取り付けられるが、この場合、下流の河岸部においては、取付擁壁に沿う流れと本体を直進してきた流れが集中することによって局所で大きな洗掘力が生じる。このため、取付擁壁の下流側護岸とのすり付け角度は、流水のはく離が生じないとされている角度とすることが望ましい。その角度は、既往の実験結果によると、11 度程度を目安とするとはく離流の発生が防止できるという結果が得られている。

4. 6. 7 高水敷保護工・のり肩工

< 考え方 >

床止めの被災原因の 1 つに高水敷の洗掘があげられる。これは、高水敷から低水路へ落ち込む流れや、逆に乗り上げる流れなどの床止め周辺の局所流によって生じるものである。特に、このような流れが強くなることが予想される場所では、高水敷保護工、のり肩工を設置して高水敷を保護する必要がある。

高水敷保護工及びのり肩工は、かごマット、連節ブロック等の屈とう性のあるもので、洪水時の掃流力に耐えうるものとする。

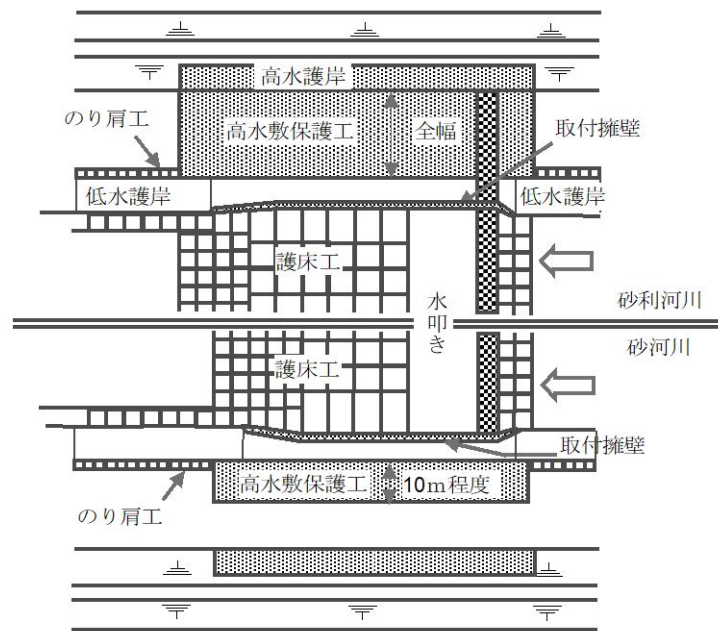


図 1-4-24 高水敷保護工の敷設例

< 必 須 >

高水敷保護工及びのり肩工は、床止めに接続する高水敷の洗掘を防止するために設けるものとし、設計流速に対して安全な構造とするものとする。

< 標 準 >

高水敷保護工は、流水等の作用による高水敷の洗掘を防止するため、高水護岸前面に設けることを基本とする。高水敷保護工の構造は、河川の生態系の保全等の河川環境の保全に配慮した構造を基本とする。

高水敷保護工は、「4.6.6 取付擁壁・護岸」で示す護岸の範囲において設けることを基本とする。

< 推 奨 >

図 1-4-24 に示す高水敷保護工の設置範囲は、最低基準値であるので、必要な場合は、数値計算（必要に応じて水理模型実験）等による流速評価を行い、設置範囲を決定するのが望ましい。

4. 6. 8 魚道

< 考 え 方 >

床止めは低水路部分を横断して設置される構造物であり、構造によっては魚類等の遡上を妨げるものであることから、魚道の設置について検討を行う必要がある。

検討にあたり土砂堆積の影響が懸念される場合等には、維持管理の容易性及び経済性等に配慮する必要がある。

魚ののぼりやすい床止めの構造には、本体と分離して魚道を設ける場合と本体（緩傾斜型）の全断面を魚道とする場合等がある。落差が小さい場合には落差工天端に切欠きを設ける構造や天端を V 字型とする構造も考えられるが、切り欠く深さ、幅等によっては洪水時に流れ

が集中することにより、床止め上下流に著しい洗掘をもたらす危険性があるので、影響が大きいと想定される場合は、水理模型等により対策工を含めた検討を行う必要がある。

魚道の構造形式の選定に当たっては、対象とする魚種（回遊性のエビ・カニ類等も含む、以下魚類等）、設置位置、流況に応じて行う。また、平常時及び中小出水時の流況を把握して魚類等の遡上・降下の特性に適したものとなるよう検討する。

<必 須>

床止めを設ける場合において、魚類の遡上等を妨げないようにするために必要があるときは、魚道を設けるものとする。魚道の構造は、次に定めるところによるものとする。

- 1) 床止めの直上流及び直下流部における通常予想される水位変動に対して魚類の遡上等に支障のないものとする。
- 2) 床止めに接続する河床の状況、魚道の流量、魚道において対象とする魚類等を適切に考慮したものとする。

<標 準>

魚道の規模、形式の決定に当たっては、対象となる魚類等の習性や魚道通過時の成長の度合いを考慮することを基本とする。

第5節 堰

5.1 総説

5.1.1 適用範囲

<考え方>

本節は、堰を新設あるいは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の堰の安全性の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ準用することができる。また、本節で扱う堰とは、河川の水位を調節して、都市用水や灌漑用水等の取水や、塩水の遡上の防止、河川を分派する等の目的のために河道を横断して設置する施設で、河道の縦断形を将来にわたって制御する施設である。堰と水門又は樋門との区別は、関連通知を参照されたい。

なお、構造上の分類として、堰は、可動堰と固定堰に分けられ、ゲートによって水位の調整ができるものを可動堰といい、調節のできないものを固定堰（又は洗い堰）という。

<標準>

本節は、堰を新設あるいは改築する場合の設計に適用する。

5.1.2 用語の定義

<考え方>

堰は、本体、水叩き、護床工、基礎、遮水工、取付擁壁・護岸、高水敷保護工、魚道、閘門、土砂吐き及び管理橋・操作室等の附属施設の各部位によって構成される。このうち、本体は、ゲート、床版、堰柱、門柱、ゲートの操作台で構成される。

引上げ式ゲートを有する可動堰の場合の各部位の名称は図 1-5-1 による。

固定堰の各部位の名称は図 1-5-2 による。

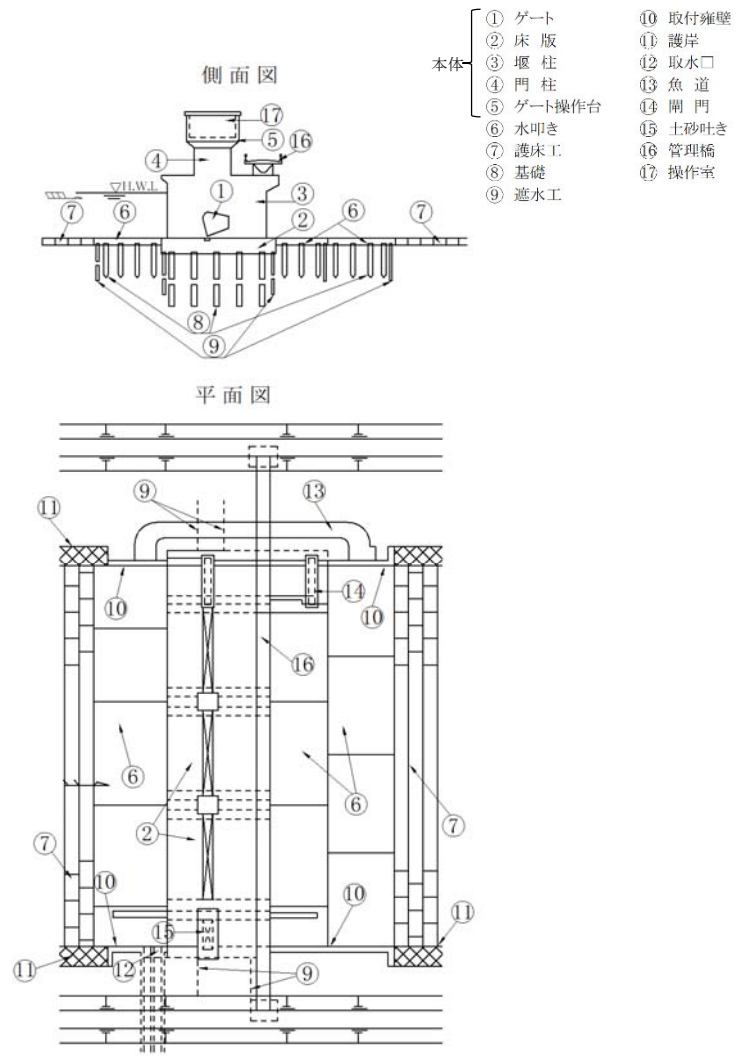


図 1-5-1 堰の各部位の名称（引上げ式ゲートを有する可動堰の場合）

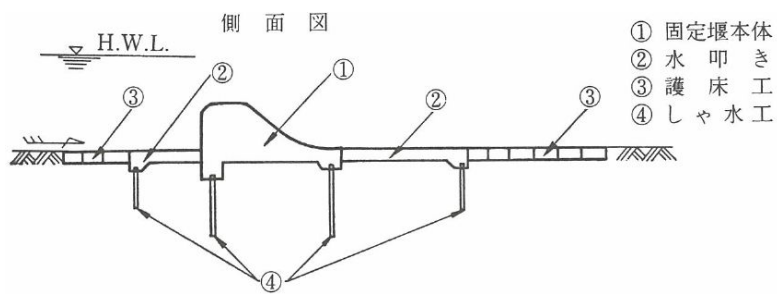


図 1-5-2 堰の各部位の名称（固定堰の場合）

<標準>

次の各号に掲げる用語の定義をそれぞれ以下に示す。

- 一． 径間長：隣り合う堰柱の中心間距離
- 二． 堰周辺の堤防：堰の周辺の堤防で、堰本体、魚道や土砂吐きとの取り付けに伴う開削や杭基礎等の施工の影響を受ける範囲

5.2 機能

<考え方>

堰は主に以下のとおり分類され、それぞれの設置目的を達成するために必要な機能を有することが求められる。

- 1) 分流堰：河川の分派地点に設け、水位を調節又は制限して洪水又は低水を計画的に分流させる。
- 2) 潮止堰：感潮区間に設け、塩水の遡上を防止する。
- 3) 取水堰：河川の水位を調節して、都市用水、灌漑用水及び発電用水等を取水する。
- 4) その他の堰：河川の水位及び流量（流水）を調節する多目的堰。河口堰は潮止堰としての機能を有する多目的の堰の場合が多い。

<必須>

堰は、設置目的に応じて、分流機能、潮止め機能、取水等を目的とした水位及び流量（流水）調節機能のうち、必要な機能を有するよう設計するものとする。

5.3 設計の基本

<考え方>

堰の設計に当たっては、以下の事項について検討し、設計に反映することが求められる。

1) 基本方針

堰は「5.2 機能」に示す事項を満足すると共に、想定される外力に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。

堰は河川を横断して設ける施設であることから、堰に接続する高水敷や堤防の洗掘の防止について適切に配慮された構造とし、堰周辺や湛水区間の堤防等が一連区間の中で相対的な弱点とならないよう設計する必要がある。また、堰は河床高を固定することから、予め、これまでの河川整備と洪水等による長期的な河道の応答を分析し、堰の新設又は改築による効果や影響が河道の変化にどのように顕れるかを考慮の上、堰の位置、平面形状及び方向、縦断形状、敷高や可動部・水通しの位置等の施設の設置条件を検討する必要がある。

なお、河川改修や取水位置の変更など様々な理由により、堰などの河道内の構造物を改築し、旧施設を撤去する場合には、周辺の堤防、河床や河岸及びその他の河川管理施設等への影響が生じることも想定される。このため、長期的な河道の応答を分析したうえで、一部施設の残置や撤去方法など必要な対策工等を検討する必要がある。

堰の位置や敷高については河道計画で概略設定しているが、堰設置後の将来的な河床変動を考慮して、位置や敷高を見直すものとする。特に、堰設置後の河床変動が激しく、維持管理が容易でないことが想定される場合には河道計画を見直すことも考える。河道計画を見直した場合には、堰設置後の河床変動特性を再度確認し、河道の維持管理に支障が生じないことを確認する。

河川整備においては、河川法の目的である河川環境の整備と保全を踏まえ、河川が本来有している自然環境や多様な景観の保全・創出が図られることが基本であることから、堰の設計に当たっては、生物の生息・生育の環境や水辺環境、周辺の景観等との調和を図る

必要がある。

堰は、河川の低水路を横断して設置される工作物であり魚類の遡上等を妨げる場合が多いことから、構造令第44条の規定に基づき第35条の2の規定を準用し、魚道を設置するなどの対策を講じる必要がある。

2) 堰の位置

堰の位置の決定に当たっては、堤内地の地形、地盤高、水路系統、水路敷高及び洪水時の本川の特性等を調査する。調査結果及び「計画編 第3-1章 河道並びに河川構造物 第5節 堰、水門、樋門 5.1 設置の基本」を踏まえ、堰の位置を決定する。なお、狭窄部（山間狭窄部は除く。）、水衝部、支川の合流部、河床の変動が大きい箇所、みお筋の不安定な箇所をできるだけ避けて計画する。また、河川に設けられている他の工作物（橋、伏せ越し等）に近接した箇所、堤内地の排水に影響を及ぼすおそれのある箇所、堰の計画湛水位が堤内地盤より高くなる箇所に設置する場合は、影響を緩和するための対策を行う。

3) 平面形状及び方向

堰を流下する流水は、通常、堰と直角の方向に流れるものであり、その平面形状によっては、下流側の水衝作用を助長したり、局所洗掘の原因となることが多い。従来、取水の都合から、斜堰が用いられた例も少なくないが、このような理由から、堰の河川横断方向の線形は洪水の流心方向に直角の直線形とし、堰柱の方向は、洪水の流心方向とすることを基本とする。なお、中小河川において、下流部での局所洗掘や堰付近での洪水流の著しい乱れ等による治水上の支障が生じるおそれがない場合は、円弧形の緩傾斜（全面魚道タイプ）の堰とすることができる。

4) 縦断形状

堰の設置によって河道の縦断形が変化し、堰上流河道では河床上昇が、堰下流河道では河床低下が生じる可能性があるため、河道の維持管理が容易でない場合には河道計画を見直すことも考える。河道計画を見直した後、堰設置後の河床変動特性を再度確認する必要がある。

5) 堰の敷高

堰の敷高（又は固定部）は、一般に、設計・管理の目安となる河床高と一致させる。ただし、設計・管理の目安となる河床高と比較し現況河床高が低い場合においては、上下流の河床高を考慮し適切に設定する必要がある。

6) 端部の構造(嵌入等)

堰本体の端部処理については、堰取り付け部の上下流を擁壁構造の護岸とし、堤体に嵌入しない。これは、堤体に嵌入した場合、堰取り付け部の護岸が被災し、一方で堰本体が残存することにより堤防にまで被災が及ぶ危険性があるためである。また、複断面河道では、高水敷上の流水が高水敷や本体下流部の河岸の洗掘を生じさせ堤防の決壊を起こす可能性があることから、これを防止するため、高水敷に保護工を設ける。

7) 堰柱

イ 堰柱の幅と断面形状

堰柱の幅については、ゲートの大きさ、堰柱の高さ、地盤の土質条件等によって左右されるため、構造令には特にそれを規定する条項が定められていないが、技術的に無理のない範囲で、極力狭くするよう配慮する必要がある。堰柱（管理橋の橋脚を含む）による河積の阻害率（計画高水位における流向と直角方向の洪水吐き部の堰柱の幅の総和が川幅（無効河積分を除く）に占める割合）（図1-5-3参照）は、おおむね10%を超えないものとする。やむを得ずこれを超える場合は堰柱のせき上げによる水位上昇量や背水区間の計算を行い、上流水位に影響を与える場合には、河積拡大等の措置を講ずる必要がある。

なお、堰柱の断面形状については、洪水時の流水抵抗を少なくするため、できるだけ細長

い楕円形又はこれに類する形状のものとする。

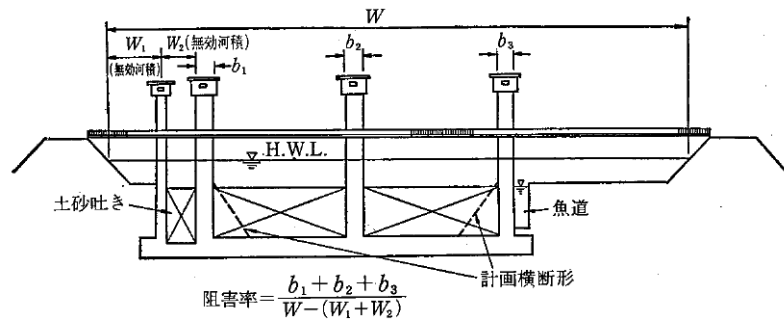


図 1-5-3 堰の阻害率

ロ 両端の堰柱の位置

堰の構造は付近の河岸及び河川管理施設等の構造に著しい支障を及ぼさず、堰に接続する河床及び高水敷の洗掘の防止について適切に配慮された構造とする必要があり、両端の堰柱の位置は、計画堤防を著しくおかさないう配慮する必要がある。両端の堰柱を堤防内に設ける場合には、それが堤防の弱点となるおそれがある。一方、両端の堰柱を堤防外に設ける場合には、堤防との間に無効河積が生じて堰による河積の阻害が大きくなることに加え、堤防との間が流木等により閉塞しやすくなるおそれがある。これらを総合的に勘案の上、両端の堰柱の位置を決定する。

また、堰が低水路部分のみに設けられる場合には、原則として、低水路ののり肩線に堰柱の内側(ゲート側)を合わせるものとするが、低水路の断面積が上下流に比べて著しく大となる時及び起伏堰にあっては、堰の設置前の低水路断面積と等値となるよう両端の堰柱の位置を決定して差し支えない。

8) ゲート設備

ゲートは、確実に開閉(起伏)し、かつ、必要な水密性及び耐久性を有する構造が求められる。開閉装置は、ゲートの開閉(起伏)を確実にできる構造が求められる。また、常用電源が喪失した場合に備え、予備電源や予備動力、補助開閉装置を設けるなど、ゲートの開閉に必要な機能を維持することが求められる。なお、地域特性に応じて、自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討する。

9) 安全、確実・円滑な施工

堰の施工では、仮締切により生じる揚圧力や掘削によるボイリングなど、安全を脅かす状況が発生する可能性がある。このため、設計においても、安全で確実・円滑な施工が可能となるような配慮が求められ、施工上の制約から構造が決まることもある。

10) 機能を長期的に容易に維持できる構造

長期的に機能を低下させる要因としては、部材等の経年劣化、流砂等による部材の摩耗、圧密による地盤変位の進行、河床変動や土砂堆積、堰下面、護岸背面等における土砂の吸出しがあり、これらに配慮する必要がある。

門柱については、断面形状を凹凸の小さな単純なものとする等により、部材としての耐荷機構が明確で耐震性に優れた構造とする必要がある。

11) 維持管理に配慮した構造

堰の点検、修繕、更新等の維持管理に配慮した構造にする必要がある。

<必須>

堰の設計に当たっては、以下の事項を反映するものとする。

- 1) 計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とするものとする。
- 2) 計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げることなく、堰周辺の堤防、河岸及び河川管理施設等の構造に著しい支障を及ぼさず、並びに堰に接続する河床及び高水敷等の洗掘等の防止について適切に配慮された構造となるよう設計するものとする。
- 3) 常用電源が喪失した場合においても必要最小限の開閉操作が可能となるよう設計するものとする。

<標準>

堰の設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 堰に求められる機能を満足するために、堰の平面形状及び方向、端部・堰柱構造や両端の堰柱の位置を設定するとともに、設計の対象とする状況と作用に応じた安全性能を設定し、照査によりこれを満足することを確認する。
- 2) 堰に求められる機能を満足するために、上下流の河床洗掘が発生しにくく、土砂が堆積しにくい構造となるよう設計するとともに、維持管理上、堆積土砂等の排除に支障のない構造となるよう設計する。
- 3) 環境及び景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮する。
- 4) 土質・地質調査、河道特性や自然環境等を把握するため現地条件や設置目的に応じて必要な調査を計画して実施する。

<推奨>

事前の地盤調査は、土層構成、土質、地下水の状況などを把握し、設計に必要な地盤性状及び土層の特性等の条件を設定するため、ボーリング調査・原位置試験及び室内土質試験の組合せで実施することが望ましい。なお、事前の地盤調査結果より軟弱地盤や透水性地盤が想定される場合には、各々の課題に対応した原位置試験等の調査・試験を実施したうえで設計に反映することが望ましい。

また、環境面では、護岸等のブロックに適度な空隙や粗度を発生させ水生生物の生息や移動（生態系ネットワーク）等に支障が生じないように工夫した設計を、景観面については、コンクリートブロックの明度（護岸の明度は6以下を目安）やテクスチャー（輝度の標準偏差は11以上を目安）、表面の景観パターン等に留意した設計を行うことが望ましい。

5. 4 基本的な構造

5. 4. 1 流下断面及び堰径間長の設定

(1) 流下断面

<考え方>

堰の設置に当たっては、設置の必然性があり、かつ、治水上、河川環境上著しく支障がない構造とする必要がある。これは、堰の固定部（又は固定堰）は、洪水の流下に与える影響も極めて大きく、洪水氾濫の原因となった事例が見受けられるためであり、適切に洪水の流下断面（計画高水流量を計画高水位以下で安全に流下させるために必要な断面をいう。）の確保を図る必要がある。

土砂吐き、舟通し、魚道等については、利水、利用、環境上の機能確保のため必要に応じて設けるが、それらを現状又は計画の流下断面内に設けることは、堰上流部における洪

水時の水位上昇、下流部における局所洗掘等を招き、洪水による被害の危険性を増大させる。したがって、堰の固定部となるこれらの施設は、流下断面内には設けてはならない。堰の設置に当たっては、以下の事項について反映することが求められる。

- 1) 現況河道と堰の設計時の横断形が著しく異なる場合において、堰の機能が著しく阻害されるおそれのあるときは、堰の設置時期と関連する河川整備の実施時期についての調整を行うとともに、関連の河川整備の促進を図ることが考えられる。
- 2) 山間狭窄部であることその他河川の状況、地形の状況等により治水上の支障がないと認められるなど、堰（固定堰を含む）の設置地点に堤防（計画堤防を含む）がない場合であって、かつ、堰の設置による治水上の影響が堰の上下流に及ばない場合は、治水上の機能の確保のため適切と認められる措置を講ずることにより、流水を流下させるためのゲート及びこれを支持する堰柱等の可動部以外の部分及び固定堰は、流下断面内に設けることができる。上流への影響がない場合とは、土砂吐き、舟通し、魚道、固定部又は固定堰等を流下断面内に設けることによって背水の影響が、堰の上流部に存する堤防、家屋、農地等に及ばない場合をいうものである。下流への影響がない場合とは、河積阻害により、堰設置地点又は堰の上流付近から越水し、堰付近の家屋、農地等に浸水、又はこの越流水が堰付近の低部又は水路等を通じて、下流側の堤内地に流入するおそれのない場合をいうものである。山間狭窄部等の下流付近に堰を設ける場合が多いが、その場合は特にこの点に留意する必要がある。構造令第39条第1項の表の第3欄に掲げる値に満たない土砂吐き又は舟通し並びに魚道等は無効河積としてせき上げ水位の計算を行う必要がある。小規模な堰では、河床上昇については、固定堰又は固定部の天端高を起点として、現況河床勾配の1/2勾配で推定し、せき上げ水位については不等流計算で推定する方法がよく用いられている。

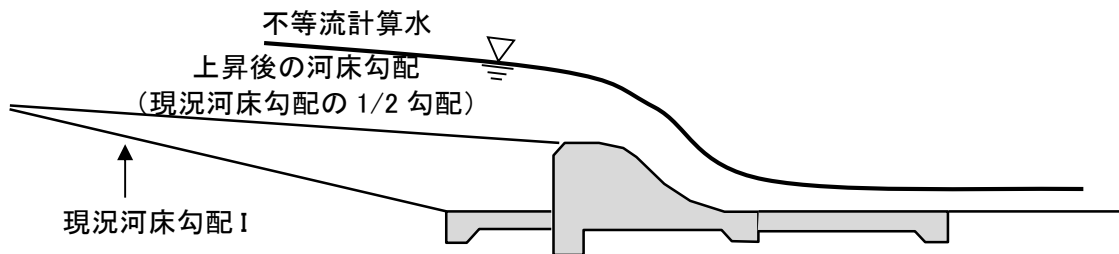


図 1-5-4 せき上げ水位の計算イメージ

- 3) 土砂吐き、舟通し、魚道等（固定堰は除く）を流下断面外に設けるとその機能が発揮されない場合があるが、河床の状況によりやむを得ないと認められる場合には、次のような措置を講ずることにより、流下断面内に設けることができる。
 - ① 河道の横断形又は現状の流下断面積をそれぞれ小さくすることなく、かつ、治水上支障のない範囲で部分的に低水路の法線形を修正する場合。
 - ② 構造令第39条（可動堰の可動部の径間長の特例）第1項の表の第3欄に掲げる径間長に満たない可動部（土砂吐き及び舟通し、それらを設けることにより増えることとなる堰柱を含む。）及び魚道等は無効河積と考え、阻害される河積に相当する河積を低水路又は川幅の拡幅により別途確保する場合（図 1-5-5 参照）。

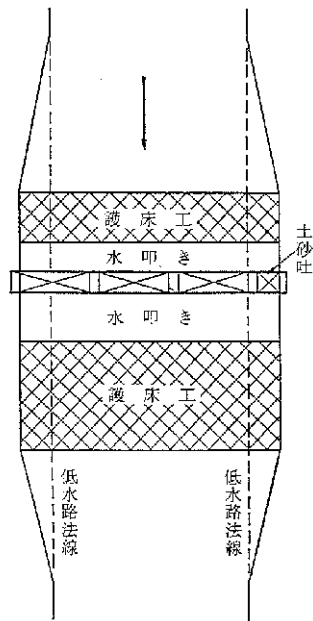


図 1-5-5 拡張に伴う取付けの例

< 必 須 >

ゲート、堰柱等の可動部以外の部分及び固定堰は、流下断面内に設けてはならない。ただし、山間狭窄部であることその他河川の状況、地形の状況等により治水上の支障がないと認められるとき、及び河床の状況により流下断面内に設けることがやむを得ないと認められる場合において、治水上の機能の確保のため適切と認められる措置を講ずるときはこの限りでない。

また、洪水を分流させる堰については、上記内容を適用しない。

(2) 堰の径間長

< 考 え 方 >

堰の径間長は、河積の障害を小さくするためできるだけ大きくとり、堰柱の数を減ずることが重要である。堰柱に流木が引っ掛かる等により閉塞が生じ、それが原因で災害が発生することがないように流木長を考慮した径間長とする必要がある。

< 必 須 >

堰の径間長は、堰が横断する河川を洪水時に流下する流木等による閉塞を防止するため、構造令第 37 条から第 39 条、施行規則第 17 条から第 19 条に基づき、堰の固定部（又は固定堰）を流下断面外とするとともに、計画流量に応じて定めた値以上となるように適切に設定するものとする。

5. 4. 2 ゲート開閉時の高さの設定

(1) 引上げ式ゲートの最大引上げ時のゲート下端高

< 考 え 方 >

堰は、引上げ式ゲートの最大引上げ時において河川の所定の流下能力を確保できるようにする。そのため、最大引上げ時のゲート下端高は、計画高水位との間に洪水時における流木等流下物の浮上高等を考慮して、しかるべき空間が確保できるように設定する必要がある。一般的には、現状又は計画堤防高のいずれか高い方に合わせる。

なお、引上げ式ゲートの最大引上げ時のゲート下端高は、ゲートの維持管理に用いる保守点検に必要な揚程は含まない。

<必須>

引上げ式ゲートの最大引上げ時のゲート下端高は、以下の事項に基づき定めるものとする。

- 1) 引上げ式ゲートの最大引上げ時のゲート下端高は、堰が横断する河川の計画高水位に構造令第20条第1項の表の下欄に掲げる値（以下「余裕高」という。）を加えた高さ以上で、高潮区間においては計画高潮位を下回らず、その他の区間においては当該地点における河川の両岸の堤防（現状又は計画堤防高のいずれか高い方の堤防）の表法肩を結ぶ線の高さを下回らないものとする。ただし、背水区間に設ける場合のゲート下端高は、治水上の支障がないと認められるときは、次に掲げる高さのうちいずれか高い方の高さ以上とすることができるものとする。
 - 一 当該河川に背水が生じないとした場合に定めるべき計画高水位に、計画高水流量に応じた余裕高を加えた高さ
 - 二 計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）
- 2) 地盤沈下のおそれがある地域に設ける場合のゲート下端高は、1)によるほか、予測される地盤沈下及び河川の状況を勘案して必要と認められる高さを下回らないものとする。
- 3) 洪水を分流させる堰については、前項1)及び前項2)の規定を適用しない。

(2) 起伏式ゲートの起立時のゲート上端高

1) 起立時のゲート上端高

<考え方>

起伏式ゲートの起立時のゲート上端高は、堰の有する流水の制御機能を確保するため、堰の目的に応じた水位に基づいて設定する必要がある。ただし、起伏式ゲートは、下流側の堆砂等により不完全倒伏が懸念されるため、万一不完全倒伏という事態が起こってもそれが直ちに災害に結び付かないようにあらかじめ配慮しておく必要がある。

<標準>

起伏式ゲートの起立時のゲート上端高は、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 起伏式ゲートの起立時における上端高は、設計・管理の目安となる河床高と計画高水位の中間の高さ以下とする。
- 2) 起伏式ゲートの直高（起立時のゲート上端高からゲート下流側の床版までの高さ）は、3m以下とする。

<推奨>

- 1) 起伏式ゲートを洪水時においても土砂、竹木その他の流下物によって倒伏が妨げられない構造とするとき、又は治水上の機能の確保のため適切と認められる措置を講ずるときは、ゲートの起立時における上端高を堤内地盤高又は計画高水位のうちいずれか低い方の高さ以下とすることができる。
- 2) 起伏式ゲートを洪水時においても土砂、竹木その他の流下物によって倒伏が妨げられない構造とするときは、ゲート直高を3mより高くすることができる。

2) 倒伏時のゲート上端高

<考え方>

起伏式ゲートは、倒伏時において河川の所定の流下能力を確保できるようにする。そのため、起伏式ゲートの倒伏時のゲート上端高は、設計・管理の目安となる河床高以下とする。

<必須>

起伏式ゲートの倒伏時のゲート上端高は、以下の事項に基づき定めるものとする。

- 1) 起伏式ゲートの倒伏時における上端高は可動堰の基礎部（床版を含む。）の高さ以下とするものとする。
- 2) 洪水を分流させる堰については、前項の規定を適用しない。

5. 4. 3 門柱の天端高

<考え方>

門柱は、主に引上げ式ゲートの開閉を行うために設け、ゲートの開閉が容易な構造とする必要がある。また、門柱の天端高は、最大引上げ時のゲート下端高が計画高水位との間に洪水時における流木等流下物の浮上高等を考慮して、しかるべき空間を確保するとともに、ゲートの維持管理・更新のための戸溝からの取外し等に必要な高さを確保する必要がある。

<標準>

引上げ式ゲートの場合の堰の門柱の天端高は、最大引上げ時のゲート下端高にゲートの高さ及びゲートの管理に必要な高さを加えた高さを確保するよう設計することを基本とする。

<推奨>

ゲートの管理に必要な高さとしては、引上げ余裕高(1m以上)のほか、滑車等の付属品の高さを考慮することが望ましい。

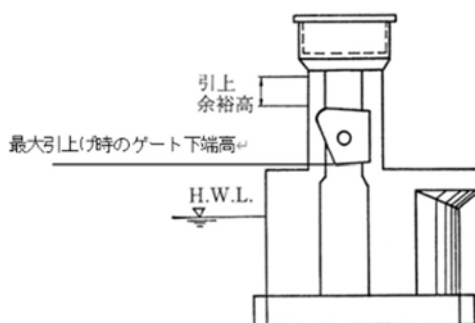


図 1-5-6 門柱

<例示>

津波が想定される堰の場合には、段波波高又は段波による水位を考慮して門柱の天端高（操作台上面高）を決定した事例がある。

5. 4. 4 材質と構造

(1) 使用材料

<考え方>

堰の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や耐久性を満足する必要がある。

<標準>

堰の使用材料は、設置目的に応じて要求される強度や耐久性を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされている材料を使用することを基本とする。

<推奨>

鉄筋コンクリート構造物（プレキャスト製品を除く）に用いるコンクリートの設計基準強度は 24N/mm²、異形棒鋼の種類は SD345 を推奨する。

JIS 等の公的な品質規格に適合し、その適合範囲が明らかな用途に対して使用することが望ましい。公的な品質規格がない材料の場合には、材料特性が堰に及ぼす影響を試験等によって確認するとともに、品質についても JIS 等との規格と同等以上であることを確認することが望ましい。

(2) 主な構造

<考え方>

堰を構成する主な構造は鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造とし、ゲートについては引上げ式ゲート及び回転式ゲートは鋼構造又はこれに準ずる構造とする。起伏式ゲートは鋼構造又はゴム引布構造又はこれに準ずる構造とする。

また、堰の安全性を確保するため、部材の安全性の確保と継手部の水密性の確保によって、全体として必要な水密性を有する構造となるよう設計する必要がある。ここで、必要な水密性を有するとは、部材の損傷や劣化、継手部の開き等により堰周辺の堤防の土砂が吸い出されることのない状態を確保するという意味であり、部材によっては多少の漏水が生じる状態は許容される。

<標準>

床版、堰柱、門柱、ゲートの操作台、水叩きは、鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造とすることを基本とする。床版、堰柱、門柱、水叩き、遮水工は、部材の安全性と継手部の水密性の確保によって、全体として必要な水密性を有する構造となるよう設計することを基本とする。

引上げ式ゲート及び回転式ゲートは鋼構造又はこれに準ずる構造とし、起伏式ゲートは鋼構造又はゴム引布構造又はこれに準ずる構造とし、ゲートは確実に開閉（起伏）し、かつ必要な水密性を有する構造となるよう設計することを基本とする。

ゲートの開閉装置は、ゲートの開閉（起伏）を確実に行うことができる構造となるよう設計することを基本とする。

設計に当たっては、環境及び景観との調和を図ることを基本とする。

<推奨>

引上げ式ゲートの場合の可動堰の本体の構造形式は、一般に以下に示すものが用いられている（図 1-5-7 参照）。

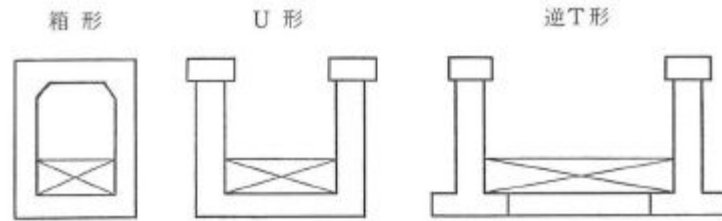


図 1-5-7 可動堰本体の形式

引上式ゲートの場合の可動堰の本体の構造形式は、小径間長のものにおいては箱形、大径間長のものにおいては逆T形、中間のものにおいてはU形としている例が多く見受けられるが、構造形式の選定に当たっては、基礎地盤の良否、施工性（仮締切との関連）、経済性等も考慮する。

また多連となる場合は、基礎地盤の強度不足又は圧縮性が大きいことによる圧密沈下の影響による不同沈下についても考慮する。

ゲート重量は、ゲートに用いる材質や構造によって異なるが、ゲート開及び閉状態では床版や基礎等の設計に、また、ゲート開状態では門柱や堰柱等の設計に関係する。したがって、あらかじめ堰を設置する場所の条件や必要な対策を踏まえ、ゲートの材質と構造を選定し、基礎や床版等の設計を行う。

<例 示>

ゲートの鋼構造に準ずる構造には、ステンレス製ゲート等の事例がある。

(3) 設計用定数

<標準>

堰の設計に用いる各種定数は、適切な安全性が確保できるよう、使用する材料の力学特性を考慮し、必要に応じて調査・試験を実施したうえで、設定することを基本とする。

① ヤング係数

<標準>

設計に用いるヤング係数は、使用する材料の特性や品質を考慮したうえで適切に設定することを基本とする。

<推奨>

ヤング係数として、以下の値を用いることが望ましい。

1) ヤング係数

- ・コンクリートのヤング係数は、 2.5×10^4 N/mm² （設計基準強度：24N/mm²）
- ・鋼材のヤング係数は、 2.0×10^5 N/mm²

2) ヤング係数比

- ・許容応力度による設計を行う場合の鉄筋コンクリート部材の応力度の計算に用いるヤング係数比は 15

② 地盤に係る定数

<標準>

地盤に係る定数は、ボーリング調査、サウンディング調査、原位置試験、室内土質試験を

組合せた地盤調査（既往調査含む）や周辺の工事履歴、試験施工等に基づき総合的に判断し、施工条件等も考慮したうえで、設定することを基本とする。

< 推 奨 >

1) 基礎底面と支持地盤との間の摩擦係数と付着力

基礎底面と支持地盤との間の摩擦係数と付着力として、表 1-5-1 に示す値を用いることができる。

表 1-5-1 摩擦角と付着力

条件	摩擦角 ϕ_B (摩擦係数 $\tan \phi_B$)	付着力 c_B
土とコンクリート	$\frac{2}{3} \phi_B = -\phi$	$c_B=0$
土とコンクリートの間に 栗石を敷く場合	$\tan \phi_B=0.6$ $\phi_B=\phi$ } の小さい方	$c_B=0$
岩とコンクリート	$\tan \phi_B=0.6$	$c_B=0$
土と土又は岩と岩	$\phi_B=\phi$	$c_B=c$

ただし、 ϕ ：支持地盤のせん断抵抗角（度）、 c ：支持地盤の粘着力（ kN/m^2 ）

ϕ_B ：基礎底面と地盤との間の摩擦角（rad）、

c_B ：基礎底面と地盤との間の付着力（ kN/m^2 ）

2) 地盤支持力及び摩擦係数

地盤支持力及び摩擦係数は、表 1-5-2 に示す値を用いることができる。

表 1-5-2 地盤支持力及び摩擦係数

基礎地盤の種類	許容支持力度 { kN/m^2 }		摩擦係数 場所打ちコンクリート の場合の同等の底 面の滑動安定計算に 用いるすべり	備 考		
	常 時	地 震 時		qu { kN/m^2 }	N 値	
岩 盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1,000	1,500	0.7	10,000以上	—
	亀裂の多い硬岩	600	900	0.7	10,000以上	—
	軟岩、土丹	300	450	0.7	1,000以上	—
礫 層	密なもの	600	900	0.6	—	—
	密でないもの	300	450	—	—	—
砂 質 地 盤	密なもの	300	450	0.6	—	30~50
	中位なもの	200	300	0.5	—	15~30
粘 性 土 地 盤	非常に堅いもの	200	300	0.5	200~400	15~30
	堅いもの	100	150	0.45	100~200	8~15
	中位なもの	50	75	—	50~100	4~8

3) 地盤の許容鉛直支持力

地盤の許容鉛直支持力は、荷重の偏心傾斜及び基礎の沈下量を考慮した地盤の極限支持力に対して、表 1-5-3 に示す安全率を確保していることが望ましい。

表 1-5-3 安全率

常時、洪水時	地震時	施工時
3	2	2

荷重の偏心傾斜及び基礎の沈下量を考慮した地盤の極限支持力は、次式により求めることができる。平板載荷試験により求める場合には、載荷試験の結果により確認した地盤の粘着力 c 、せん断抵抗角 ϕ を用いて以下の式に従って算出することが望ましい。

$$Q_u = A_e \{ \alpha \kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + (1/2) \gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma \}$$

ここに

Q_u : 荷重の偏心傾斜、支持力係数の寸法効果を考慮した地盤の極限支持力 (kN)

c : 地盤の粘着力 (kN/m²)

q : 上載荷重 (kN) で、 $q = \gamma_2 D_f$

A_e : 有効載荷面積 (m²)

γ_1 、 γ_2 : 支持地盤及び根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m³)

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)

$$B_e = B - 2e_B$$

B : 基礎幅 (m)

e_B : 荷重の偏心量 (m)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ (m)

α 、 β : 基礎の形状係数

κ : 根入れ効果に対する割増係数

N_c 、 N_q 、 N_γ : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_c 、 S_q 、 S_γ : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

$\tan\theta$: 荷重の傾斜

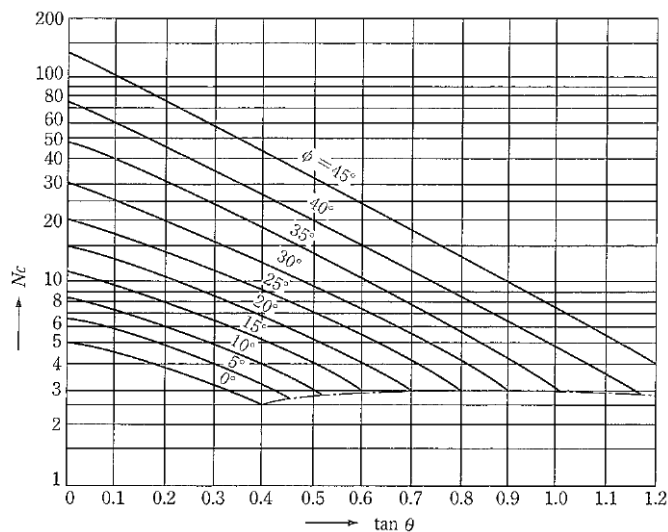


図 1-5-8 支持力係数 N_c を求めるグラフ

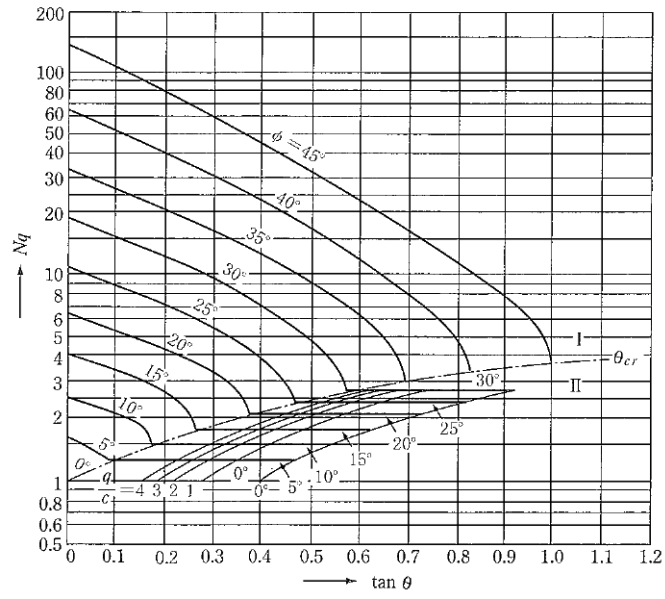


図 1-5-9 支持力係数 N_q を求めるグラフ

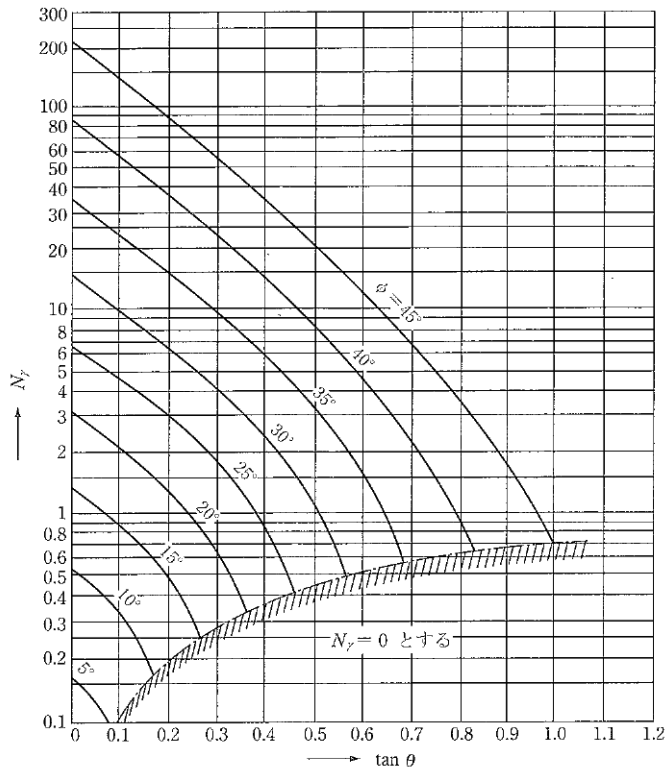


図 1-5-10 支持力係数 N_r を求めるグラフ

(4) 鉄筋コンクリート部材の最小寸法

<標準>

鉄筋コンクリートの部材の最小寸法は、耐久性、強度を有するために必要なかぶり及び施工性に配慮し設定することを基本とする。

<推奨>

鉄筋コンクリートの部材の最小寸法は、施工性を重視し主鉄筋を内側に配置するため、0.4mとすることが望ましい。

5.4.5 堰周辺の堤防

<考え方>

堰周辺の堤防には、本体、魚道や土砂吐きの施工による埋戻し部分も含まれる。その影響範囲は、対象とする事象によっても異なるが、堤防縦断方向に堤防高さの2~3倍以上に及ぶ。堰周辺の堤防に用いる土質材料は、堤防に適したものを選定し、十分に締固めを行う必要がある。

「5.5 安全性能の照査等」に当たっては、堰周辺の堤防が一連区間の中の弱点とならないことが前提となっており、堰湛水域の波浪等に対する安全性の照査については、「第2節 堤防」に準じて安全性能の照査を行い、前後区間と比較して相対的に安全性が低下しないように対策を行う必要がある。

<必須>

堰周辺の堤防が一連区間と比較して相対的に弱点とならないように設計するものとする。

<標準>

堰周辺の堤防の断面形状（堤防高、天端幅、堤体幅）は、計画堤防断面以上であり、かつ、隣接する堤防断面以上とすることを基本とする。

堰湛水域の波浪等に対する安全性の照査については、「第2節 堤防」に準じて堤防の安全性照査を行い、一連区間と比較して相対的に安全性が低下しないように必要に応じて対策を行う。

<推奨>

両端の堰柱をやむを得ず計画堤防断面内に設置する場合には、川裏側に堤防断面を拡幅する等の対策を行うことが望ましい。ただし、掘込河道の場合はこの限りでない。

5.5 安全性能の照査等

5.5.1 設計の対象とする状況と作用

<考え方>

堰の設計に当たっては、常時、洪水時、地震時、高潮時及び風浪時の安全性能を確保することが求められる。全ての堰について、常時、洪水時及び地震時、さらに高潮堤に接続して設けられる堰は高潮時、湖岸堤に接続して設けられる堰は風浪時についても照査する必要がある。

照査に当たっては、広域地盤沈下、基礎地盤の特性等の前提条件を設定する必要がある。なお、前提条件は、土質地質調査等に基づき設定する必要がある。

設計の対象とする作用については、本体やゲート等の自重、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水圧、土圧、風の影響等のほか、地震時には地震の影響に加え、

必要に応じて津波による波圧、高潮時には波浪並びに風浪時には風浪による影響等が考えられ、設計の対象とする堰の状況に応じて適切に組合せて設定する必要がある。なお、地震の影響の算出の基となる地震動としては、河川構造物の供用期間中に発生する確率が高い地震動及び対象地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動の2種類を考慮する必要がある。

また、必要に応じて施工時についても安全性能の照査を行う。

<標準>

安全性能の照査に当たっては、次の表のように設計の対象とする状況と作用を設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。常時、洪水時及び地震時については全ての堰において設定し、これに加えて、高潮区間の堰の場合には高潮時、湖岸堤に接続して設ける堰の場合には風浪時について設定することを基本とする。

取水や潮止め、舟の通行等治水以外の設置目的を有する場合には当該設置目的に応じた常時の作用を適切に設定することを基本とする。

堰の状況	作用
常時	自重（死荷重）、活荷重、土圧（水流直角方向）、水圧、泥圧（必要な場合）、揚圧力、風荷重、温度変化の影響（水流直角方向）、雪荷重（必要な場合）、ゲート等の自重等、舟の衝突（水流方向、必要な場合）
洪水時	自重（死荷重）、活荷重、土圧（水流直角方向）、水圧 [*] 、揚圧力、風荷重、ゲート等の自重等、流木の衝突（必要な場合） ※計画高水位、高潮区間にあつては計画高潮位
高潮時	自重（死荷重）、活荷重、土圧（水流直角方向）、水圧、泥圧（必要な場合）、揚圧力、風荷重、雪荷重（必要な場合）、ゲート等の自重等、舟の衝突（水流方向）、高潮位における波浪による波圧（水流方向）
風浪時	自重（死荷重）、活荷重、土圧（水流直角方向）、水圧、泥圧（必要な場合）、揚圧力、風荷重、雪荷重（必要な場合）、ゲート等の自重、舟の衝突（水流方向）、風浪による波圧（水流方向）、副振動・セイシュによる影響（必要な場合）
地震時	自重（死荷重）、水圧、泥圧（必要な場合）、揚圧力、地震の影響 [*] 、雪荷重（必要な場合）、ゲート等の自重、地震（津波）による波圧 ※構造物の重量に起因する慣性力、地震時土圧、地震時動水圧、液状化の影響
その他	施工時荷重

<推奨>

堰の設計に当たっては、作用毎に以下の数値を用いることが望ましい。

1) 自重（死荷重）

自重（死荷重）は、適切な単位体積重量を用いて算出する。

材料の単位体積重量は、表 1-5-4 及び表 1-5-5 の値を参考に定める。

土の単位体積重量は、一般的な値を示したものであり、土質試験データがある場合は、その値を用いて設計することが望ましい。また、堤防盛土材料に現地の発生材を用いる場合や、盛土材料が明確になっていない場合は、一般に 18 kN /m³ を用いる。

表 1-5-4 材料の単位体積重量 (kN/m³)

材料	単位体積重量
鋼・鋳鋼・鍛鋼	77.0
鋳鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.5
プレストレスを導入するコンクリート (設計基準強度 60N/mm ² 以下)	24.5
プレストレスを導入するコンクリート (設計基準強度 60N/mm ² を超え 80N/mm ² まで)	25.0
コンクリート	23.0
セメントモルタル	21.0
木材	8.0
歴青材 (防水用)	11.0
アスファルト舗装	22.5

※ゲート等の機械設備については除く。

表 1-5-5 土の単位体積重量 (kN/m³)

地盤	土 質	緩いもの	密なもの
自然 地盤	砂及び砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
土 埋 ・ 戻 盛 し 土 し	砂及び砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土	18	

地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれの表中の値から 9 を差し引いた値としてよい。

地下水位は施工後における水位の平均値を考慮する。

2) 活荷重

活荷重は、自動車荷重及び群集荷重とする。

自動車荷重は必要に応じ、大型の自動車の交通状況に応じて TL-25 荷重を考慮する。

群集荷重は、管理橋及び操作台等に 3.5kN/m² の等分布荷重を考慮する。

3) 土圧

① 静止土圧

静止土圧は、次式による。

$$P_{hd} = K_0 (\gamma \times h + q_0)$$

ここに

P_{hd} : 任意の深さの水平土圧強度 (kN/m²)

K_0 : 静止土圧係数 (通常は $K_0 = 0.5$ と考えてよい)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

h : 任意の深さ (m)

q_0 : 上載荷重 (kN/m²)

②主働土圧

主働土圧は、次式による。

$$P_a = K_A (\gamma \times h + q_0)$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$\cot(\xi_A - \alpha) = -\tan(\phi + \delta + \theta - \alpha)$$

$$+ \sec(\phi + \delta + \theta - \alpha) \sqrt{\frac{\cos(\theta + \delta) \cdot \sin(\phi + \delta)}{\cos(\theta - \alpha) \cdot \sin(\phi - \alpha)}}$$

ここに

P_a : 任意の深さの主働土圧強度 (kN/m²)

K_A : 主働土圧係数

ξ_A : 主働崩壊角 (度)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

h : 任意の深さ (m)

q_0 : 上載荷量 (kN/m²)

α : 地表面と水平面のなす角 (度)

θ : 壁背面と鉛直面のなす角 (度)

ϕ : 土の内部摩擦角 (度)

δ : 土圧作用面の種別に応じた壁面摩擦角 (度)

土と土の場合 : $\delta = \phi$

土とコンクリートの場合 : $\delta = \phi / 3$

ただし、 $\phi - \alpha < 0$ のときは $\sin(\phi - \alpha) = 0$ とする。

上載荷量 q_0 は必要に応じて考慮する。

ここで用いる角度は反時計回りを正とする。

③地震時主働土圧

地震時主働土圧は、河川構造物の耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編による。

4) 水圧

①静水圧

堰の上下流水位について、堰の操作上考えられる組合せを検討する。

ただし、地震と高潮は同時に生起しないものとし、地震時慣性力及び地震時動水圧と洪水時における水圧は、同時に作用させる必要はない。

ゲート引上げ時にも流水から受ける力を必要に応じて考慮する。

②地震時動水圧

地震時動水圧は、河川構造物の耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編による。

③残留水圧

両端の堰柱や取付擁壁の前面の水位と背面の水位の間に水位差が生じる場合は、この水位差に伴う残留水圧を考慮する。残留水位 (RWL) は、外水位が低下した場合などでの両端の堰柱や取付擁壁の背後の地盤中に残留する水位であり、次のように定めてよい (図 1-5-11 参照)。

- (1) 自然地下水位 (GWL) < 両端の堰柱や取付擁壁背後の地盤高 (GL)
 残留水位 (RWL) = (計画高水位 (HWL) - 前面水位 (WL)) × 2/3
- (2) 自然地下水位 (GWL) > 両端の堰柱や取付擁壁背後の地盤高 (GL)
 残留水位 (RWL) = (計画高水位 (HWL) - 自然地下水位 (GWL)) × 2/3
- (1) 自然地下水位 (GWL) < 両端の堰柱や取付擁壁前面の水位 (WL)
 残留水位 (RWL) = (両端の堰柱や取付擁壁背後の地盤高 (GL) - 前面水位 (WL)) × 2/3
- (2) 自然地下水位 (GWL) > 両端の堰柱や取付擁壁前面の水位 (WL)
 残留水位 (RWL) = (両端の堰柱や取付擁壁背後の地盤高 (GL) - 自然地下水位 (GWL)) × 2/3

感潮区間の残留水位 (RWL) は、前面潮位差の 2/3 の水圧差を対象とする (図 1-5-12 参照)。

- (1) 自然地下水位 (GWL) < 両端の堰柱や取付擁壁背後の地盤高 (GL)
- (2) 自然地下水位 (GWL) > 両端の堰柱や取付擁壁背後の地盤高 (GL)

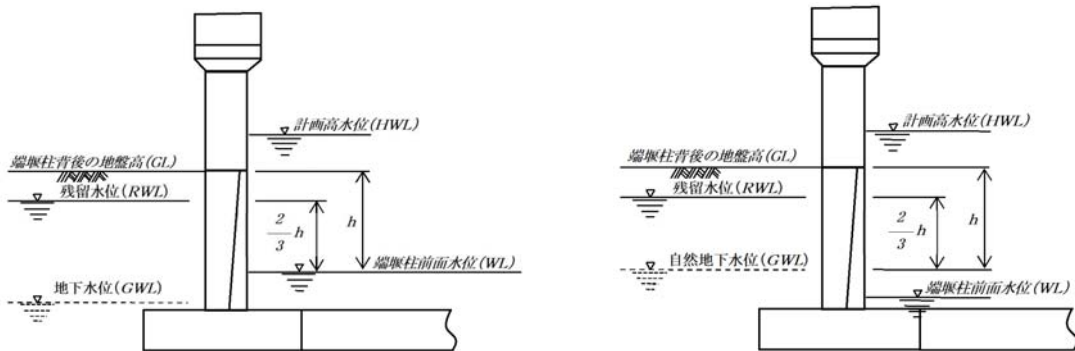


図 1-5-11 残留水位の設定方法 (洪水時)

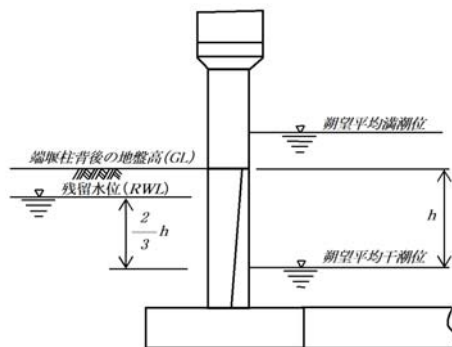


図 1-5-12 感潮区間の残留水位

5) 泥圧

土砂の堆積によって生じる泥圧については、以下のとおりとする。

①鉛直力

泥圧のうち鉛直力は、堆積した泥土の水中における重量とする。

②水平力

水平方向の泥圧は次式によって求める。

$$Pe = Ce \times W_1 \times d$$

- P_e : 水平方向泥圧 (kN/m²)
- C_e : 泥圧係数
- W_i : 泥土の水中における単位体積重量 (kN/m³)
- d : 泥土の深さ (m)

設計に用いる堆積した泥土（以下「堆泥」という。）の深さは、周辺の堆積状況、実績等適切な方法を用いて推定する。

堆泥の重量は、

$$W_i = W - (1 - \nu) \times W_0$$

で示される。ここに W_0 は水の単位体積重量 {kN/m³}、 W は堆泥の見かけの単位体積重量 {kN/m³}、 ν は堆泥の空隙率である。

これらの概略値として、下記の数値が常用されている。

$$W = 15 \sim 18 \text{ kN/m}^3, \quad \nu = 0.3 \sim 0.4, \quad C_e = 0.4 \sim 0.6,$$

$$W_0 = 10 \text{ kN/m}^3$$

なお、地震時は地震時動水圧を考慮するため、動泥圧は一般に考慮しなくてよい。

6) 揚圧力

揚圧力は、堰の操作上考えられる堰の上下流の水位差が最大となる水位により求める。また、耐震補強等で仮締切ゲートを用いて締め切る場合も、上下流の水位差を用いて揚圧力を算定する。

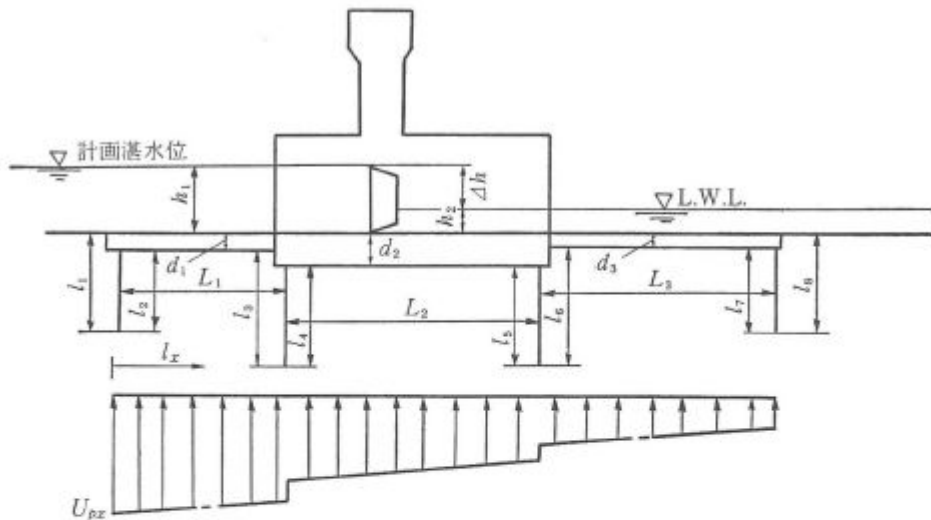


図 1-5-13 揚圧力

$$U_{px} = (h_2 + \Delta h \frac{\sum l - l_x}{\sum l} + d_l) \cdot W_0 \text{ とする,}$$

U_{px} : 任意の点の揚圧力 (tf/m²) {kN/m²}

Δh : 上下流水位差 ($h_2 - h_1$) (m)

l_x : 上流端から任意の点までの浸透経路長 (m)

$\sum l$: 全浸透経路長 (m)

W_0 : 水の単位体積重量 (tf/m³) {kN/m³}

d_l : 任意の点における床版もしくは水叩きの厚さ (m)

7) 風荷重

風荷重は 3kN/m² とする。

8) 温度変化の影響

温度荷重は、温度変化を±15℃とし、膨張係数を鋼で0.000012、コンクリートで0.00001として計算する。

9) 雪荷重

雪荷重は、雪の単位体積重量と積雪深の積として求める。積雪深は、既往の積雪記録、構造物上での積雪状態などを考慮して設定する。積雪のない地方では考慮する必要はない。ただし、積雪が少ないために積雪深を決定できない場合は、雪荷重を1 kN/m²としてよい。

10) 構造物の重量に起因する慣性力

構造物の重量に起因する慣性力は、構造物の重量に水平震度を乗じた水平力として算出する。このときの水平震度は、河川構造物の耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編による。なお、動的照査法を用いる場合は、構造物の質量に応答加速度を乗じたものとして算出される。

11) 液状化の影響

液状化の影響は、河川構造物の耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編による。

12) 波圧

波圧について以下を考慮する。

- ・高潮区間や湖岸堤等で考慮する。

13) その他荷重

施工時荷重については、必要に応じて考慮する。

5.5.2 安全性能の照査

<考え方>

堰における安全性能の照査は、「5.5.1 設計の対象とする状況と作用」に示す状況と作用毎に、照査の条件として適切な上下流水位の組合せを設定し、安全性能について照査する必要がある。

また、堰における安全性能の照査は、構造や材料の特性に応じた設計手法を適用してモデル化を行い、最も不利な断面力が生じる作用に対して、安全性能が確保できるようにする。なお、「最も不利な断面力が生じる作用」とは、考慮すべき荷重の組合せのうち、発生応力等が構造物に対して最も不利に働く荷重の組合せをいう。

<標準>

堰は、「5.5.1 設計の対象とする状況と作用」に対し、以下の事項について安全性能を設定して照査することを基本とする。なお、固定堰の場合は、(1)～(3)の事項について安全性能を設定して照査する。

- (1) 常時の安全性能
- (2) 洪水時の安全性能
- (3) 耐震性能
- (4) 風浪等に対する安全性能

照査に当たっては、これまでの経験及び実績から妥当とみなせる方法又は論理的に妥当性

を有する方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。

<推 奨>

安全性能を照査するに当たっては、以下の手法によることが望ましい。

1) 鋼製の門扉の部材設計

部材の設計は、許容応力度設計法によって行う。

2) 鉄筋コンクリート部材設計

- ・部材の設計に用いる断面力は、弾性理論により算出する。
- ・部材の設計は、許容応力度設計法によって行う。

(1) 常時の安全性能

<考え方>

常時においては、堰の上下流の水位差が最大となる際における水圧の作用等に対して安全な構造が求められる。

常時には、操作で想定されるゲートの状態（ゲート全閉又は一部開放時）に対し、ゲートへの水圧、床版への揚圧力、ゲート・ゲート操作台・付属施設（管理橋・操作室等）の自重、堰周辺の堤防からの土圧、風荷重等が作用する。堰の状況に応じて作用を設定し、適切に組合せて各部位の安定性及び応力計算を行う必要がある。堰の基礎を杭基礎、ケーソン基礎とした場合、堰本体部と周辺地盤との不同沈下による局所的な沈下による段差が生じ、この段差が堰周辺の堤防に悪影響を与える可能性があるため、隣接堤防との境界部における不同沈下について照査も行う必要がある。

<標 準>

常時の安全性能の照査は、堰の上下流の水位差が最大となる際における水圧の作用に対して、以下の項目の安全性を評価し、所定の安全性又は許容値を満足することを照査の基本とする。

1) 各部位の安全性

堰本体及び水叩きが転倒、滑動、基礎地盤支持力に対して所定の安全性を確保する。また、水叩きについては、揚圧力に対して所定の安全性を確保する。

2) 発生応力に対する安全性

「5.5.1 設計の対象とする状況と作用」により、常時の操作において想定される諸条件を設定し、堰及びゲート部材に発生する応力が「5.5.3 許容応力度」以下となることを確認する。

3) 耐浸透性能

堰及び水叩きと堤体や基礎地盤との接触面における浸透に対して、所定の安全性を確保する。

<推 奨>

1) 各部位の安全性

所定の安全性とは、以下の安全率を満足する。

表 1-5-6 各項目の安全率

項目	安全率
転倒	合力の作用点が中央 1/3 以内
滑動	1.5
基礎地盤支持力	3

2) 発生応力に対する安全性

せん断応力度は、せん断力を部材幅 (b) × 有効高 (d) で割った平均せん断応力度とする。
せん断応力度の照査は、支点が直接支持となっているものは支点の前面より $1/2 \times h$ だけ内側で行ってよい。(h: はり高)

3) 耐浸透性能

耐浸透性照査における所要の安全性は、地盤の土質区分、堤防断面形状、考慮する水頭差、遮水工の配置、深さ、長さ、不同沈下が生じる場合にはルーフィング発生による浸透路長の減少を考慮したうえで、レインの式による浸透経路長を満足することを確認する。なお、遮水工を 2 列に入れる場合、深さに対して間隔が短すぎると浸透路長が遮水工沿いとはならない場合があるので、実現象に合うように浸透路長をとるよう留意する。また、地盤が互層の場合は、浸透流が常に浸透抵抗の小さいところを流れることを念頭において浸透経路を検討することが望ましい。

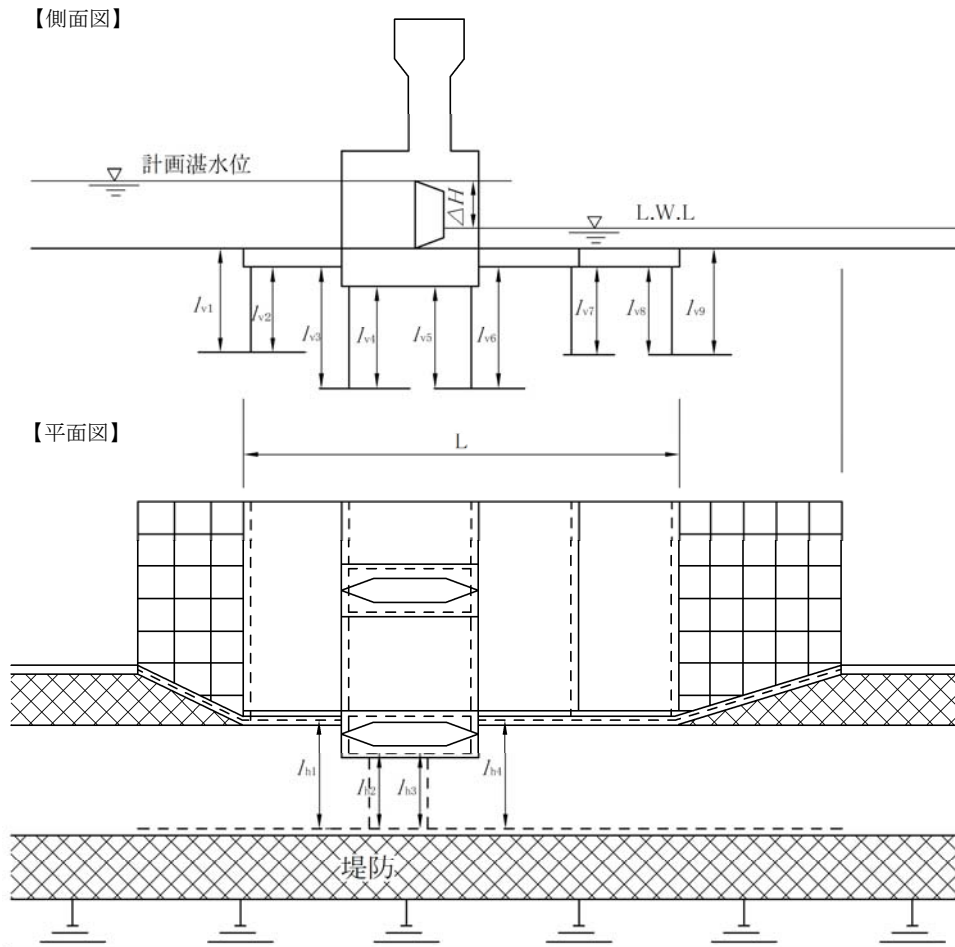


図 1-5-14 遮水工の浸透経路長

$$\text{レイン加重クリープ比 } C \leq \frac{\frac{L}{3} + \Sigma l}{\Delta H}$$

ここに

- C : 加重クリープ比
 C_v : 遮水工の鉛直方向の加重クリープ比
 C_h : 遮水工の水平方向の加重クリープ比
 L : 本体、水叩き及び取付擁壁の流下方向の浸透経路長 (m)
 Σl : 遮水矢板等の鉛直方向及び水平方向の浸透経路長 (m)
 l_v : 鉛直方向の浸透経路長
 l_h : 水平方向の浸透経路長
 ΔH : 上下流水位差 (m)

表 1-5-7 加重クリープ比 C

地盤の土質区分	C
極めて細かい砂又はシルト	8.5
細砂	7.0
中砂	6.0
粗砂	5.0
細砂利	4.0
中砂利	3.5
栗石を含む粗砂利	3.0
栗石と礫を含む砂利	2.5
柔らかい粘土	3.0
中くらいの粘土	2.0
堅い粘土	1.8

4) 揚圧力に対する安全性

揚圧力に対する安全率は、4/3 とする。

5) ゲート機能

ゲート機能は、同様の敷高・規模及び操作形式の堰における操作の确实性を確認できれば機能を確保しているとみなすことができる。なお、堆砂傾向については、必要に応じて水理模型実験を実施して確認する。

(2) 洪水時の安全性能

<考え方>

洪水時においては、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の作用等に対して安全な構造が求められる。

洪水時には、操作で想定されるゲートの状態（ゲート全開時）に対し、床版への揚圧力、ゲート・ゲート操作台・付属施設（管理橋・操作室等）の自重、堰周辺の堤防からの土圧、風荷重等が作用する。固定堰の場合は、本体への水圧・揚圧力、本体の自重、土圧が作用する。堰の状況に応じて作用を設定し、適切に組合せて各部位の安定性及び応力計算を行う必

要がある。

<標準>

洪水時の安全性能の照査は、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して、以下の項目の安全性を評価し、所定の安全性又は許容値を満足することを照査の基本とする。なお、固定堰の場合は、以下の項目のうち 1) について照査することを基本とする。

1) 各部位の安全性

堰本体及び水叩きが転倒、滑動、基礎地盤支持力に対して所定の安全性を確保する。また、水叩きについては、揚圧力に対して安全性を確保する。

2) 発生応力に対する安全性

「5.5.1 設計の対象とする状況と作用」により、洪水時に想定される諸条件を設定し、堰に発生する応力が「5.5.3 許容応力度」以下となることを確認する。

<推奨>

1) 各部位の安全性

所定の安全性とは、以下の安全率を満足するものとする。

表 1-5-8 各項目の安全率

項目	安全率
転倒	合力の作用点が中央 1/3 以内
滑動	1.5
基礎地盤支持力	3

2) 発生応力に対する安全性

せん断応力度は、せん断力を部材幅 (b) ×有効高 (d) で割った平均せん断応力度とする。せん断応力度の照査は、支点が直接支持となっているものは支点の前面より $1/2 \times h$ だけ内側で行ってよい。(h:はり高)

(3) 耐震性能

<考え方>

堰の耐震性能の照査は、河川構造物の耐震性能照査指針に基づき実施する必要がある。

レベル 1 地震動に対しては、地震によって堰としての健全性を損なわない構造が求められる。また、レベル 2 地震動に対しては、治水上又は利水上重要な堰は、地震後においても堰としての機能を保持する構造が、それ以外の堰は、地震による損傷が限定的にとどまり、堰としての機能の回復が速やかに行い得ることができる構造が求められる。

地震時には、堰柱及びゲートには慣性力及び地震時動水圧が作用する。また、堰の地震時挙動は、地形、地盤条件等の種々の要因の影響を受けるが、中でも、基礎地盤の影響を強く受ける。基礎地盤が液状化した場合には、液状化に伴う基礎地盤の変形が地震時挙動に大きく影響を及ぼすため、液状化を考慮する必要がある。

なお、津波に対しては (4) 風浪等に対する安全性能に基づき照査する。

<標準>

耐震性能の照査は、レベル 1 地震動に対して堰としての健全性を損なわないこと、レベル 2

地震動に対して堰の重要性に応じて機能を保持あるいは堰としての機能の回復が速やかに行い得ることを照査の基本とする。

<推奨>

1) 各部位の安全性

レベル 1 地震動については、転倒、滑動、基礎地盤支持力に対し以下の安全率を満足するものとする。

表 1-5-9 各項目の安全率

項目	安全率
転倒	合力の作用点が中央 2/3 以内
滑動	1.2
基礎地盤支持力	2

2) その他の安全性

その他の耐震性能の照査については、河川構造物の耐震性能照査指針・解説一Ⅳ. 水門・樋門及び堰編による。

(4) 風浪等に対する安全性能

<考え方>

堰は設置位置によって高潮時及び風浪時の波浪並びに計画津波水位以下の津波の作用等に対して安全な構造が求められる。

風浪時等には、操作で想定されるゲートの状態（ゲート全閉又は一部開放時）に対し、ゲートへの水圧、波圧・津波荷重、床版への揚圧力、ゲート・ゲート操作台・付属施設（管理橋・操作室等）の自重、堰周辺の堤防からの土圧、風荷重等が作用する。堰の状況に応じて作用を設定し、適切に組合せて各部位の安定性及び応力計算を行う必要がある。

ゲートの照査に用いる波圧及び津波荷重はダム・堰施設技術基準（案）、防波堤の耐津波設計ガイドラインに基づき設定する必要がある。特に津波に対しては、堰によってゲートを全閉とする操作規則としている場合がある。このような施設においては、津波による波圧に対し、ゲート全閉状態を想定した本体の安全性能の照査を行う必要がある。

<標準>

風浪等に対する安全性能の照査は、堰本体が受ける水圧及び波圧の作用に対して安全性を評価し、許容値を満足することを照査の基本とする。

1) 各部位の安全性

堰本体及び水叩きが転倒、滑動、基礎地盤支持力に対して所定の安全性を確保する。また、水叩きについては、揚圧力に対して安全性を確保する。

2) 発生応力に対する安全性

「5.5.1 設計の対象とする状況と作用」により、常時の操作において想定される諸条件を設定し、堰及びゲート部材に発生する応力が「5.5.3 許容応力度」以下となることを確認する。

5.5.3 許容応力度

<標準>

許容応力度等は、使用する材料の基準強度や力学特性を考慮して、適切な安全性が確保できるように設定することを基本とする。

<推 奨>

許容応力度として、以下の値を用いることが望ましい。

1) コンクリートの許容応力度

表 1-5-10 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

設計基準強度	許容曲げ圧縮応力度	許容付着応力度	許容せん断応力度
24	8.0	1.60	0.39

なお、無筋コンクリートの許容応力度は、道路橋示方書・同解説Ⅳ、下部構造編（平成 24 年 3 月）による。

2) 鉄筋の許容引張応力度

表 1-5-11 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

応力度、部材の種類		鉄筋の種類	SD345
引張 応 力 度	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	一般の部材 ^{※1}	180
		厳しい環境下の部材 ^{※2}	160
	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		200
	鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合		200

※1 通常的环境や常時水中、土中の場合（操作台に適用）

※2 一般の環境に比べて乾湿の繰り返しが多い場合や有害な物質を含む地下水位以下の土中の場合（堰柱、門柱、取付擁壁に適用）（海洋環境などでは別途かぶりなどについて考慮する）

3) 鋼材の許容応力度（ゲート等の機械設備を除く）

表 1-5-12 構造用鋼材の母材部及び溶接部の許容応力度 (N/mm²)

区分及び 応力度の種類		鋼材記号	SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SM570 SMA570W	
母 材 部		引 張	140	185	210	255	
		圧 縮	140	185	210	255	
		せん断	80	105	120	145	
溶 接 部	工場 溶接	全断面溶込みグループ溶接	引 張	140	185	210	255
			圧 縮	140	185	210	255
			せん断	80	105	120	145
	現場 溶接	すみ肉溶接、部分溶込みグループ溶接	せん断	80	105	120	145
引 張 圧 縮 せん断			原則として、工場溶接と同じ値とする。				

4) 鋼管杭の許容応力度

表 1-5-13 鋼管杭の母材部及び溶接部の許容応力度 (N/mm²)

区分及び応力度の種類		鋼管杭の種類		
		SKK400	SKK490	
母材部		引張	140	185
		圧縮	140	185
		せん断	80	105
溶接部	工場溶接	引張	140	185
		圧縮	140	185
		せん断	80	105
	現場溶接	引張	原則として、工場溶接と同じ値とする。	

5) 既製コンクリート杭の許容応力度

JIS に基づき適切に定める。

6) 許容応力度の割増し

作用の組合せにおいて地震の影響、温度変化の影響等を考慮する場合は、表 1-5-14 による許容応力度の割増しを行なうことができる。下記以外の作用の組合せによる許容応力度の割増しを考慮する場合は、個々の状況に応じて適切に定める。

表 1-5-14 許容応力度の割増し

作用の組合せ	割増率 (%)
温度変化の影響を考慮する場合	15
風荷重を考慮する場合	25
地震の影響を考慮する場合	50
温度変化の影響及び風荷重を考慮する場合	35
施工時荷重を考慮する場合	50

5. 6 各部位の設計等

5. 6. 1 本体

(1) ゲート

1) ゲートの構造

<考え方>

洪水時及び高潮時において、ゲートを全開又は一部開放することによって計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の作用、風浪等における波圧に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。ゲートは、確実に開閉（起伏）し、かつ、必要な水密性を有する構造とするため適切なゲート形式を選定する必要がある。堰のゲートは、一般に引上げ式のローラゲート、起伏式ゲートとして鋼製起伏ゲート及びゴム引布製起伏ゲート（図 1-5-15、図 1-5-16 参照）等が使用されている。

引上げ式ゲートには越流をさせる形式とさせない形式のものがあり、その選定にあたっては河川の特長、堰の目的、維持管理等を検討して定める。

可動堰においては、堆砂傾向や河床材料等の河道特性を踏まえ、引上げ式ゲートや起伏式ゲートを選定する必要がある。

起伏式ゲートは、油圧シリンダや空気又は水を充填・排除することにより操作するが、堆砂により起伏が確実に行われないおそれがある場合は、引上げ式ゲートとする。

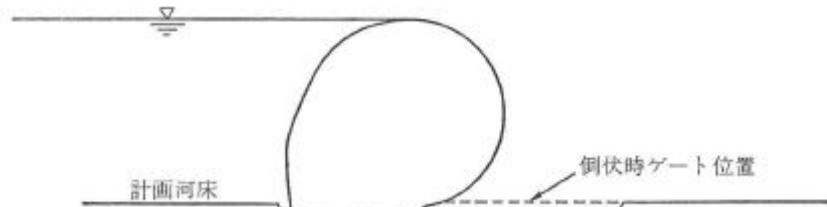


図 1-5-15 ゴム引布製伏式ゲート

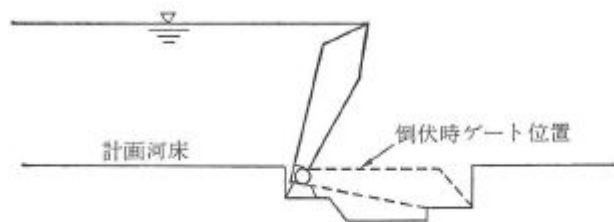


図 1-5-16 起伏式ゲート

ゲートの点検や補修を行う際に堰の機能維持が必要な場合は、予備ゲート等を設ける。

ゲートの基本寸法とは、設置標高、径間長、断面高等を意味し、引上げ式ゲートの最大引上げ時のゲート下端高については揚程を考慮し設定する必要がある。

戸当りは、コンクリート構造物の規模、強度等に与える影響が大きいため、戸当りの寸法、構造、設置方法等とコンクリート構造物との関連性を検討する必要がある。また、ゲートが点検や整備時に取り外されることも考慮して構造を決定する必要がある。

< 必 須 >

ゲートは、確実な開閉（起伏）が行えるとともに必要な水密性を有する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

ゲート形式及び規模は、本体の形式・規模及び戸当り等、他の設備との配置を考慮して、設計条件を満足するように決定することを基本とする。

ゲートの基本寸法は、制約条件を考慮して、「5.4 基本的な構造」に準じて決定することを基本とする。

戸当りの形状はゲートの形式に適合したものとし、扉体支承部からの荷重を安全にコンクリート構造物に伝達することができるように寸法、強度及び剛性を有するものを基本とする。

< 推 奨 >

越流させない形式の引上げ式ゲートにあっては、万一越流した場合についても検討を加えておくことが望ましい。

<例 示>

河川や設置場所の特性に応じて、鋼製起伏堰〔SR 堰〕の採用事例がある（図 1-5-17 参照）。SR 堰は、鋼製の扉体と袋状のゴム引布製の起伏装置（以下「ゴム袋体」という。）を有し、ゴム袋体に空気又は水を充填し、若しくはゴム袋体から排除することによって起伏させる形式の堰をいう。

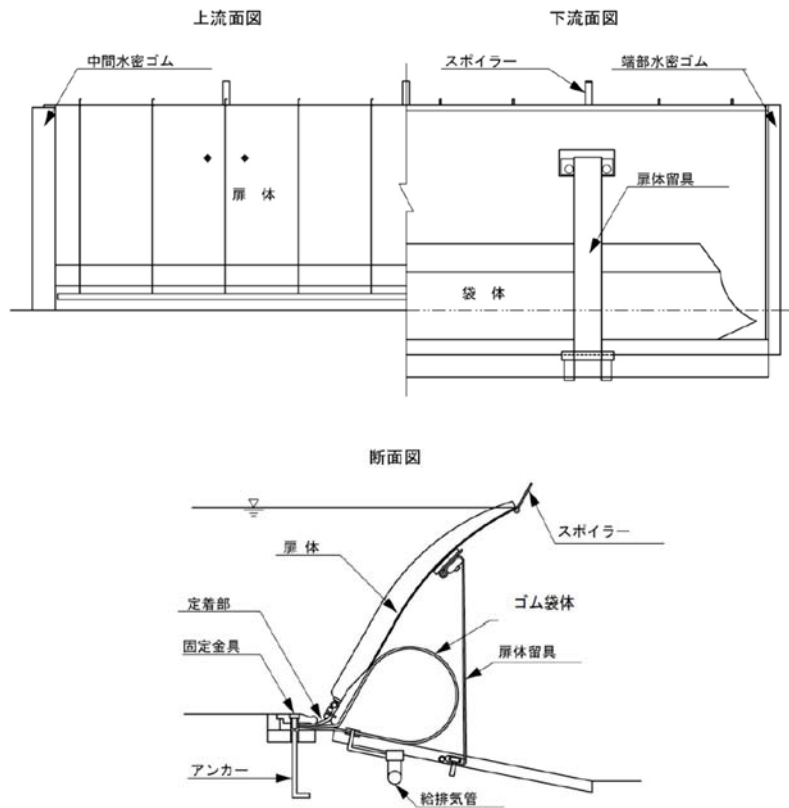


図 1-5-17 SR 堰各部の名称

また、ライジングセクターゲート（図 1-5-18 参照）やラジアルゲート等の採用事例もある。ライジングセクターゲートは、扉体の両端が円盤となっており、この円盤を回転させることにより開閉を行うものである。引上げ式ゲートのようにゲートを巻き上げるための門柱が不要となる。一方、緊急時に自重閉鎖が不可能であるため、現場の状況に合わせて採用するのが良い。

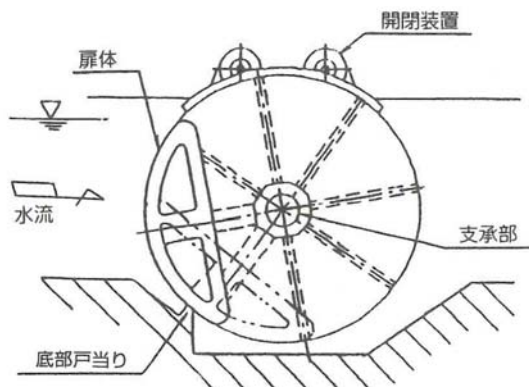


図 1-5-18 ライジングセクターゲート各部の名称

2) 開閉装置

<考え方>

堰は、平常時は全閉しており、洪水時又は高潮時にゲートを全開又は一部開放し、河川の流水を制御する必要があることから、確実にゲートを開閉（起伏）できる必要がある。

開閉装置の設置箇所は、ゲート形式に応じて適切に設定する必要がある。引上げ式ゲートの場合は堤防高よりも高い操作台の上に開閉装置を設置している場合が多い。起伏式ゲートの場合は、計画高水位又はそれに類する水位より上に開閉装置を設置している場合が多い。

ゲートの開閉（起伏）を確実にを行うため、開閉装置は電動式（電動による油圧、水圧、エアポンプ等も含む）とする。これにより電源として常用（商用）と予備電源の両方を使用でき、平常時又は暴風雨時等に常用電源が停電した場合にも、予備発電装置により予備電源を確保することができる。

なお、起伏式ゲートには予備動力は設けないのが一般的である。また、必要に応じて手動操作を備える必要がある。

<必須>

開閉装置は、ゲートの確実な開閉（起伏）操作が行えるとともに、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

開閉装置は、ゲートの開閉（起伏）を確実にを行うために設置し、ゲート形式に応じて適切な箇所に設けることを基本とする。

開閉装置形式の選定に当たっては、設備の設置目的、用途、ゲートの種類、開閉荷重の大きさ・方向・押下げ力、揚程、開閉装置の設置位置、配置及び設置環境を考慮の上、選定することを基本とする。

開閉用の動力は、電動機によるものとし、全てのゲートに開閉用予備動力を備えることを基本とする。

ゲートの操作のための設備は、施設規模に応じて、機側操作、又は遠方操作・遠隔操作とするものとする。なお、遠方操作・遠隔操作方式の場合には、機側操作も可能なものとする。機側操作は、確実に操作ができるものとし、機側操作中は、安全管理上遠方操作・遠隔操作方式では作動しないような構造とする。

<例示>

起伏式ゲートや小規模な引上げ式ゲートの場合には、開閉用の動力は内燃機関又は手動式油圧シリンダによるものとすることができる。

(2) 本体の安定計算

<考え方>

堰本体は、可動堰の場合、ゲート、床版、堰柱、門柱、ゲート操作台で構成し、固定堰の場合、固定堰本体で構成する。設計に当たっては、各部位の機能の確保と堰全体の安定に配慮した構造とする。

<必須>

堰本体は、設計荷重に対して、転倒、滑動、基礎地盤支持力に対する所要の安全率が確保されるよう設計するものとする。

<推 奨>

1) 可動堰の安定計算

安定計算の順序及び計算方法は、以下に示す方法が望ましい。

a) 形状寸法の仮定

敷高、径間長、門柱高及び管理橋幅員等の諸元を満足するように本体のゲート操作台、門柱、堰柱、床版等の各部位の主要形状寸法を仮定し、本体の重量を求める。

b) ゲート、開閉装置、戸当り、管理橋、その他の付属物の重量の仮定

ゲート、開閉装置、戸当り重量の仮定は、敷高、径間長、ゲート高及び設計水深に対し、他の可動堰の実例、その他参考文献により算定する。また、管理橋重量は、幅員及び径間長に対し、他の橋梁の実施例等の参考文献より算定する。その他の付属物で安定計算に影響を与えるおそれのあるものについては、それらの重量を仮定する。

c) 荷重の計算

荷重の計算に当たっては、「5.5.1 設計の対象とする状況と作用」に基づいて算出する。

d) 転倒、滑動、基礎地盤支持力に対する検討

転倒、滑動、基礎地盤支持力に対する検討は、2) の荷重条件に対して行い、その安全率が「5.5.2 安全性能の照査」の規定以上になるよう設計する。

2) 可動堰の安定計算を行う場合の荷重条件

表 1-5-15～表 1-5-20 は、可動堰の安定計算を行う場合の荷重条件（上流側に波圧を考慮する必要がない場合の荷重条件）の一例を示したものである。

ここに示した荷重条件のほか、予想される上下流の水位の組合せに対して安全であるよう設計することが望ましい。

なお、荷重の組合せのうち、洪水と地震、波圧と地震、風荷重と地震は同時に考慮する必要はない。

表 1-5-15 中央堰柱の荷重条件 (1)

	水流方向	水流直角方向
常時 (計画湛水位時)	<p> V_0 : 本体(管理橋ゲートを含む)の重量 V_1 : 上流側水重 V_2 : 下流側水重 P_1 : 上流側水圧 P_2 : 下流側水圧 U : 揚圧力 W_1 : 風荷重(操作室, 操作台, 門柱, 堰柱, 管理橋) E' : 泥圧(必要な場合) </p>	<p> W_2 : 風荷重(操作室, 操作台, 門柱, 堰柱) $V_{1,2}$: 上下流水重 </p>
洪水時	<p> P_0 : 流水から受ける力 V_1 : 水重 W_3 : 風荷重(ゲート) </p>	

表 1-5-16 中央堰柱の荷重条件 (2)

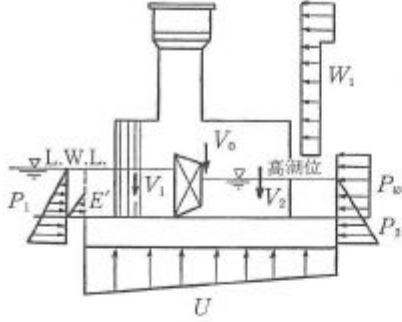
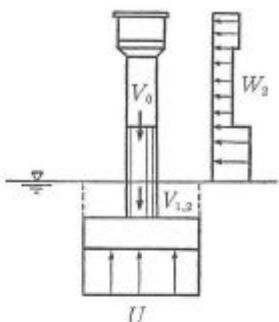
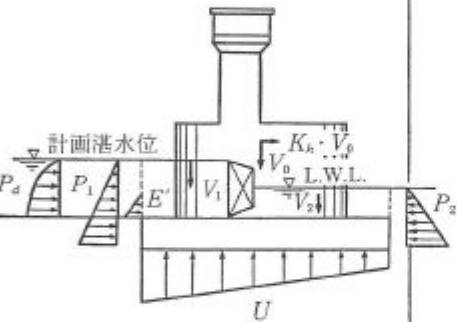
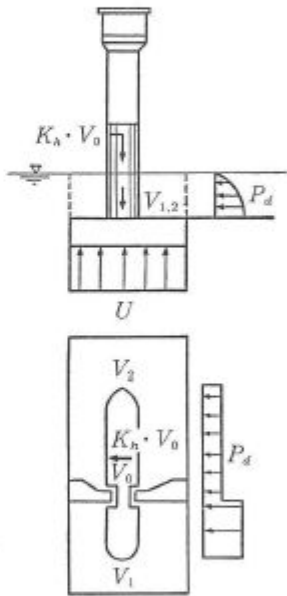
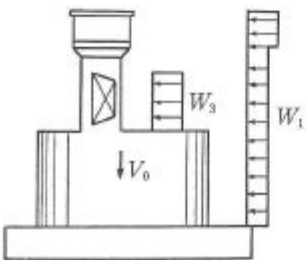
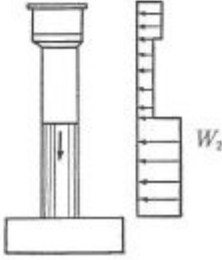
<p>常時 (高潮時)</p>	 <p>P_w: 下流側液圧 液圧は、設計波に対して求める。</p>	
<p>地震時 (計画湛水位時)</p>	 <p>P_d: 地震時動水圧</p>	
<p>施工時</p>		

表 1-5-17 両端の堰柱の荷重条件 (1)

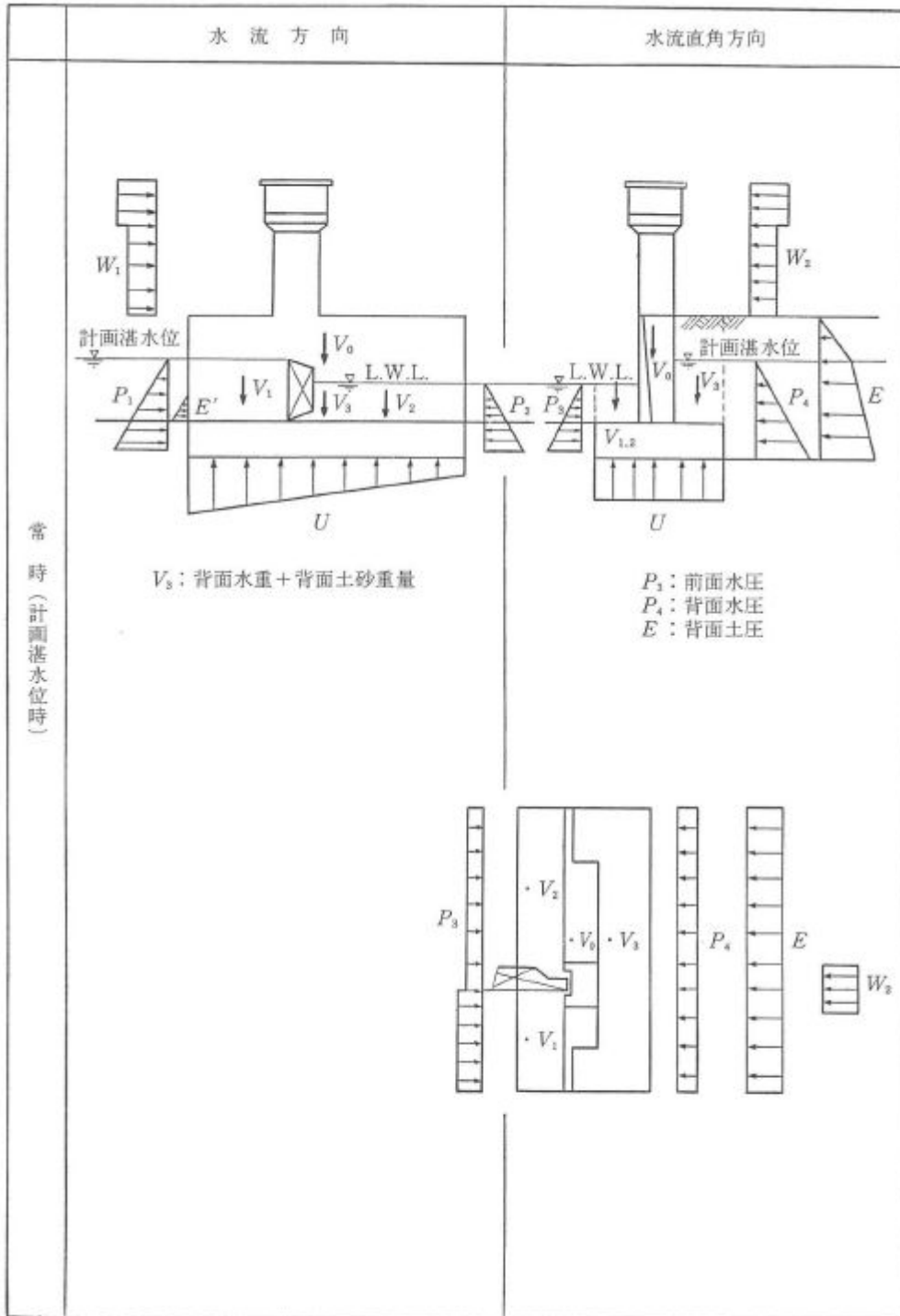


表 1-5-18 両端の堰柱の荷重条件 (2)

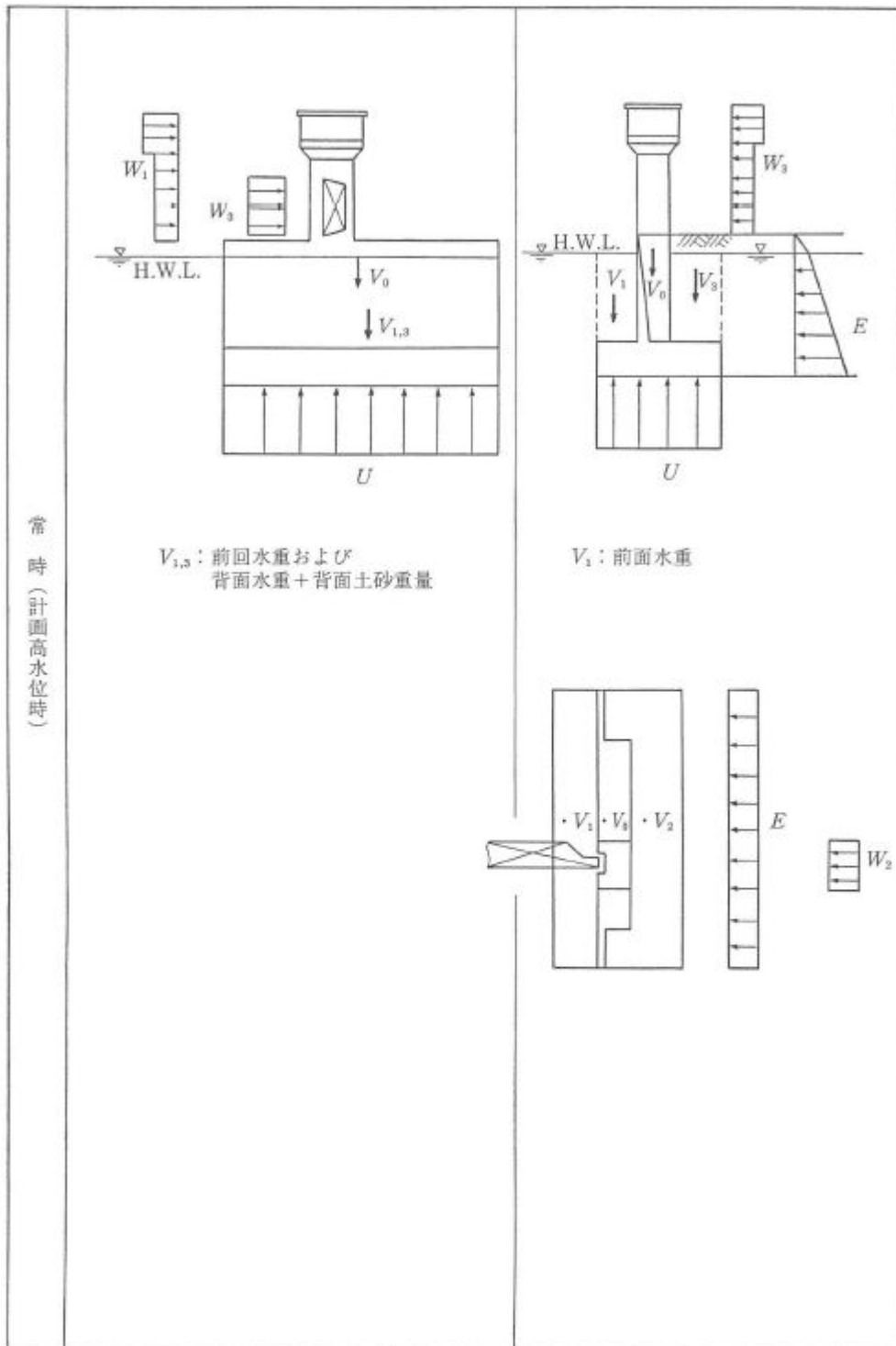


表 1-5-19 両端の堰柱の荷重条件 (3)

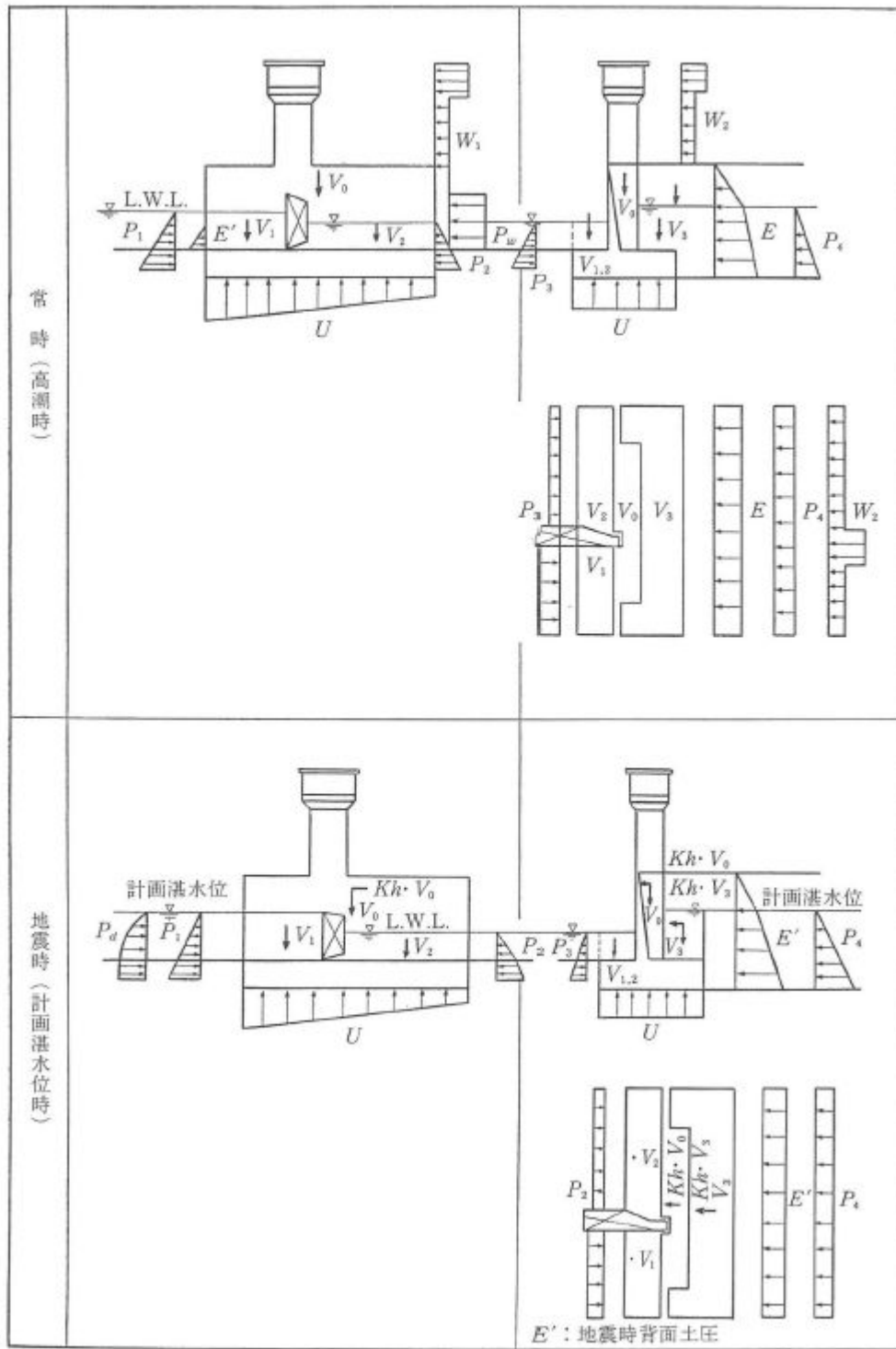
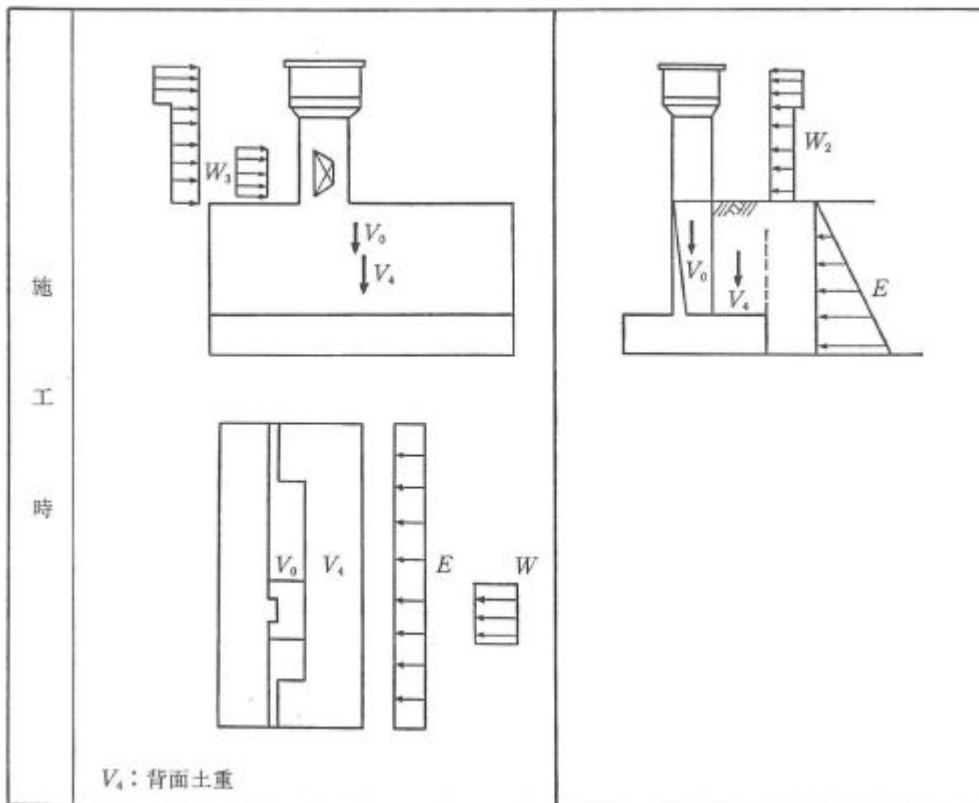


表 1-5-20 両端の堰柱の荷重条件 (4)



3) 固定堰の安定計算

固定堰の安定計算の順序及び計算方法は、以下に示す方法が望ましい。

a) 形状寸法の仮定

敷高、水理条件より主要形状寸法を仮定する。

b) 荷重の計算

(1) 鉛直荷重

荷重の計算に当たっては、「5.5.1 設計の対象とする状況と作用」に基づいて算出するが、固定堰の仮定した形状寸法により水流直角方向 1m 当たりの重量を計算する。

(2) 土圧

上流側は、固定堰天端まで堆砂する場合についても計算する。

(3) 水圧

堰の上下流の水位の組合せによる。

(4) 構造物の重量に起因する慣性力

構造物の重量に起因する慣性力は、構造物の重量に水平震度を乗じた水平力として算出する。このときの水平震度は、河川構造物の耐震性能照査指針 IV 水門・樋門及び堰編による。

(5) 揚圧力

揚圧力は、1)と同様とする。

c) 転倒、滑動、基礎地盤支持力に対する検討

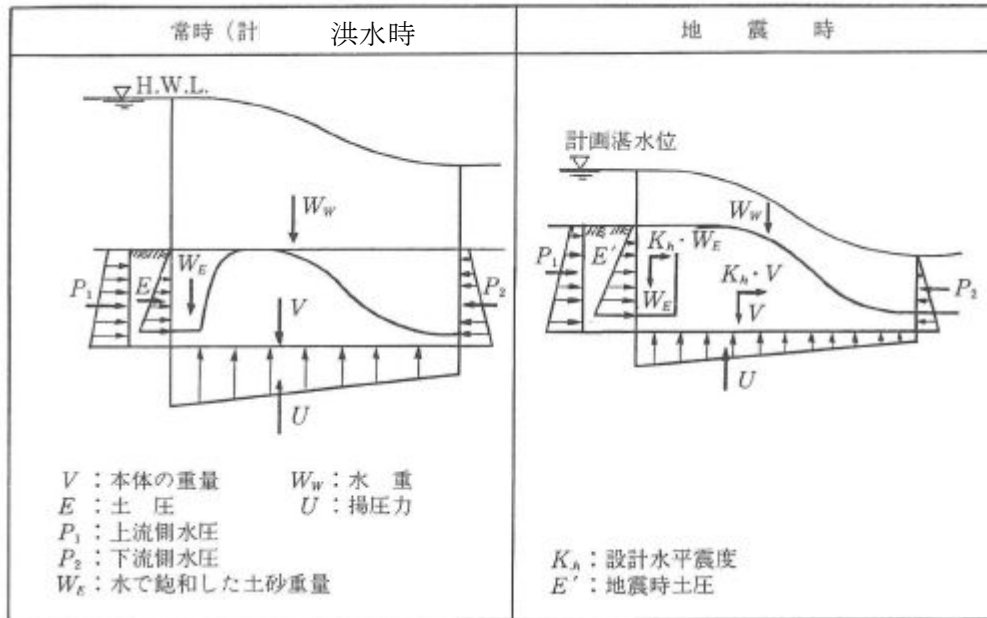
転倒、滑動、基礎地盤支持力に対する検討は、2)の荷重条件に対して行い、その安全率が「5.5.2 安全性能の照査」の規定以上になるよう設計する。

4) 固定堰の安定計算を行う場合の荷重条件

表 1-5-21 は、堰の上下流に水叩きが設けられている一般的な形状の固定堰の本体において検討すべき荷重条件の一例を示したものである。

ここに示した荷重条件のほか、必要に応じ上流側に堆砂がなく動水圧が作用する場合や揚圧力が作用しない場合の荷重条件に対しても安全であるように設計することが望ましい。

表 1-5-21 固定堰の荷重条件



(3) 床版

<考え方>

可動堰の床版は、上部荷重を支持し、ゲートの水密性を確保し、堰柱間の河床洗掘防止機能を果たすことができる構造とする必要がある。

床版は、本体の形式に応じて決定され、箱型、U形構造の場合は堰柱と一体構造となり、逆T形の場合は、堰柱と一体となった堰柱床版と堰柱と分離した中間床版に分類される。中間床版の基礎は、ゲート荷重に対して不同沈下が生じないような構造とし、中間床版は、ゲートとの間の水密性を確保できるようにする必要がある。

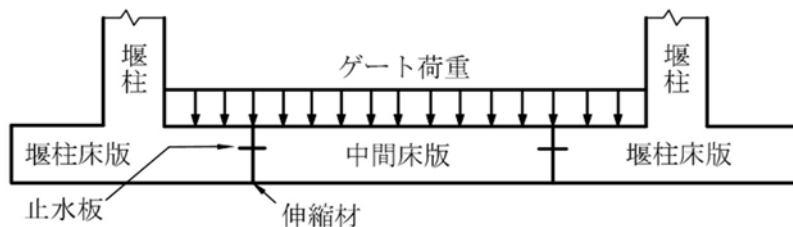


図 1-5-19 本体の形式が逆T形の場合の床版

底部戸当り面は、ゲートとの確実な水密性、土砂等の堆積防止のために床版と同一平面とする必要がある。

<必須>

床版は、ゲートと必要な水密性を有する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

床版は、河床洗掘を防止するとともにゲートとの水密性を確保し、本体の形式に応じてゲートや堰柱等の荷重を支持できる構造となるよう設計することを基本とする。

底部戸当り面は、床版と同一平面とすることを基本とする。

<例示>

中間床版は、堰柱間の水平力に対するストラット（支材）を兼ねさせた事例がある。

施工時には、半川締切によって堰柱が片側のみから水圧を受ける場合や、締切内の堰柱床版及び中間床版に揚圧力が作用する場合があるが、これらに対する堰柱床版又は中間床版の安定性の検討に当たっては、堰柱床版又は中間床版をそれぞれ単独で安定させることが必要となる場合がある。

(4) 堰柱

<考え方>

堰柱は、ゲート側面との水密性を確保し、門柱や操作台・操作室等の上部荷重及びゲートで受ける水圧を安全に床版に伝えるために設ける。堰柱の配置は、「5.4.1 流下断面及び径間長の設定」、「5.4.2 ゲート開閉時の高さの設定」を考慮したうえで決定する必要がある。

堰柱は、上部荷重及び水圧等の作用を安全に床版に伝えるため、箱型、U形及び逆T形の一部においては床版と一体構造とする必要がある。

堰柱の天端高は計画高水敷高以上（ゲート全閉時の天端高）とする必要がある。管理橋を設置する場合は、管理橋の桁下高が河川管理施設等構造令（昭和51年政令第199号）第64条に規定する高さ以上となるように堰柱の天端高を設定する必要がある。

堰柱長は、力学的安定性、ゲートの戸当たり寸法、門柱形式、予備ゲート構造等を考慮して決定する。ゲート前面には必要に応じて角落しを設けるための戸溝を設ける必要がある。

角落しは、常時水位が高い場合等においてゲートや戸当りの維持管理を行うために設ける。

戸溝幅は、水圧の大きさにより決定される角落しの規模により設定する必要がある。

<必須>

堰柱は、門柱及び一部の床版と一体構造で、ゲートに必要な水密性を有する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

堰柱は、ゲートとの水密性を確保し、上部荷重及び水圧を安全に床版に伝えるために設置し、流下断面や径間長を考慮して適切な配置で設計することを基本とする。

堰柱は、上部荷重及び水圧等の作用を安全に床版に伝える構造として設計することを基本とする。

中央堰柱の形状は流水に対する抵抗に配慮した構造とすることを基本とする。

堰柱の天端高については、ゲートの全閉時の天端高、管理橋等の条件を考慮して決定し、堰柱の幅及び長さは、管理橋の幅員、ゲート戸当たり寸法、開閉装置の寸法、力学的安定計算等から決定することを基本とする。

ゲート前面の堰柱には、必要に応じて角落しを設けるための戸溝を設けることを基本とする。

<推 奨>

堰柱の設計に当たっては、以下の方法で設計することが望ましい。

- 1) 堰柱先端部には用心鉄筋として、中間部と同程度の配筋を設ける（図 1-5-20 参照）。
- 2) 堰柱の構造計算に用いる有効断面には、原則として戸当りの箱抜部分の二次コンクリートを考慮せず設計する。また、有効長は、図 1-5-21 に示す箱抜き部、両端の円弧部は除き設定する。
- 3) 門柱と堰柱との結合部、堰柱と床版との結合部は、応力集中を避けるため、図 1-5-22 のように配筋する。

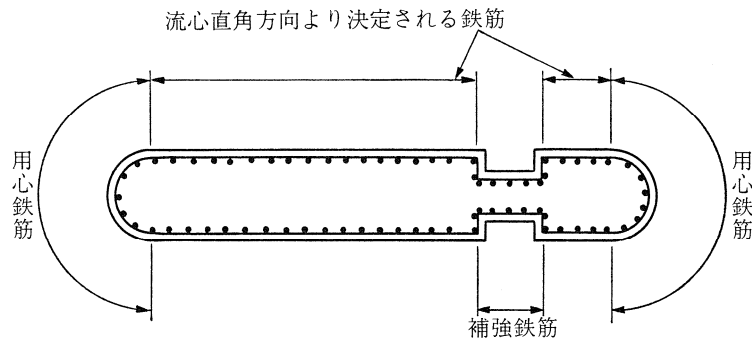


図 1-5-20 堰柱の配筋

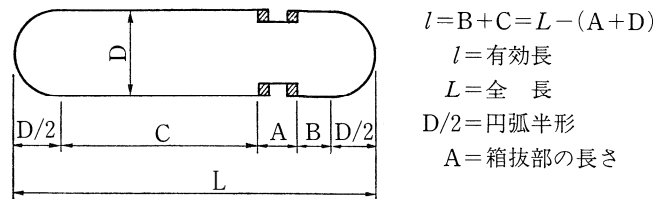


図 1-5-21 堰柱の有効長

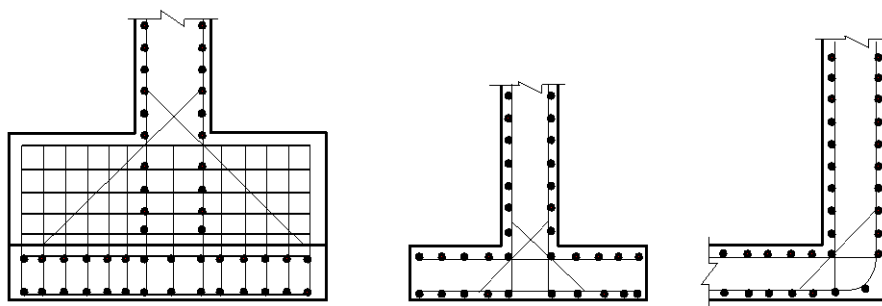


図 1-5-22 門柱と堰柱との結合部、堰柱と床版との結合部の配筋

<例 示>

堰柱と床版は、同じ長さとするが、中間堰柱にあつては、必要に応じ堰柱長を床版長より短くする場合もある。

引上式ゲートの場合の中央堰柱の断面形状は、流水に対する抵抗を小さくし、流水に対する安全性を確保するため、上下流端を半円形等とする例が多い（図 1-5-23 参照）。

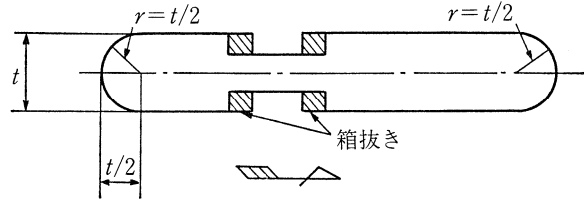


図 1-5-23 堰柱形状

(5) 門柱

<考え方>

門柱は、ゲートを引上げるために設ける。門柱は、堰柱や管理橋の配置とともに、門柱の断面寸法や戸溝の配置を勘案の上、配置する必要がある。

門柱の高さは、「5.4.3 門柱の天端高」に従い、ゲートの大きさ、引上げ余裕高等を考慮し、設定する必要がある。

門柱の断面設定においては、設けるゲート及び戸当り金物の規模、設置スペースを考慮して設定する必要がある。

<必須>

門柱は、堰柱、操作台と一体構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

門柱は、ゲート形式が引上げ式ゲートの場合に設置し、堰柱及び管理橋の配置に合わせて設けることを基本とする。

門柱の高さは、「5.4.3 門柱の天端高」に従って設定することを基本とする。

門柱は、堰柱及び操作台と一体構造とし、上部荷重を安全に堰柱に伝える構造として設計することを基本とする。

門柱の断面は、戸当り金物を十分な余裕をもって取り付けられるように設計することを基本とする。また、門柱部の戸当りは、ゲートが取りはずせるように設計することを基本とする。

<推奨>

ゲートの管理に必要な高さとしては、引上げ余裕高(1m以上)のほか、滑車等の付属品の高さを考慮することが望ましい(図 1-5-24)。

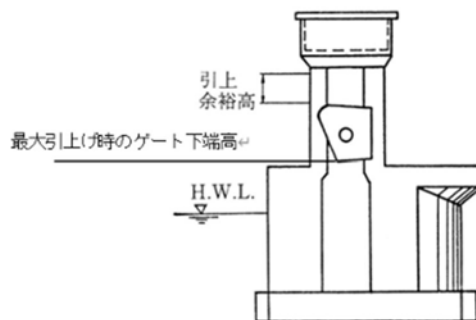


図 1-5-24 門柱

<例 示>

門柱の戸当たりが吹き抜け構造の施設では、引上げ式ゲートの主ローラなど端部の点検又は補修等を門柱内部から行える事例もある。

(6) ゲートの操作台

<考え方>

操作台は、ゲート操作用の開閉装置及び操作盤等の機器の設置、照明等の付属施設を設けるため、引上げ式ゲートの場合は門柱の上に設ける。

操作台は、開閉装置の設置及び操作、点検並びに整備等の維持管理が容易に行える広さを有する必要がある。維持管理に必要な広さの設定は、水門・樋門ゲート設計要領（案） 6-3-3 開閉操作室に準拠する。

<必 須>

引上げ式ゲートの操作台は、門柱と一体の構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標 準>

引上げ式ゲートの操作台は、ゲート操作用の開閉装置、操作盤等の機器を設けるため、門柱の上に設けることを基本とする。

ゲート操作台は、操作性、維持管理に配慮した形状寸法を基本とする。ゲート操作台には、操作室を設けることを基本とする。

<推 奨>

操作室は、補修時に機器の搬入ができる措置（例えば、チェーンブロック用梁、機器の大きさに応じた扉の設置等）をとることが望ましい。

操作室の設置に当たっては、耐震性能や維持管理などを考慮して適切な材質を選定することが望ましい。

5. 6. 2 水叩き

<考え方>

水叩きは、堰の安全を保ち、上下流河床と本体部分の粗度の違い又はゲート開放時の流水等によって河床が洗掘されるのを防止する必要な長さで構造を有する必要がある。水叩きの設計に当たっては、構造や材料の特性に応じた設計手法を適用しモデル化を行い、最も不利な断面力が生じる作用に対して、安全性が確保される必要がある。また、水叩きと床版の継手部は、吸出し防止を目的とし、水密性を確保する必要がある。

水叩きは、水重、揚圧力等の荷重に対して安全な構造となるよう設計する必要がある。

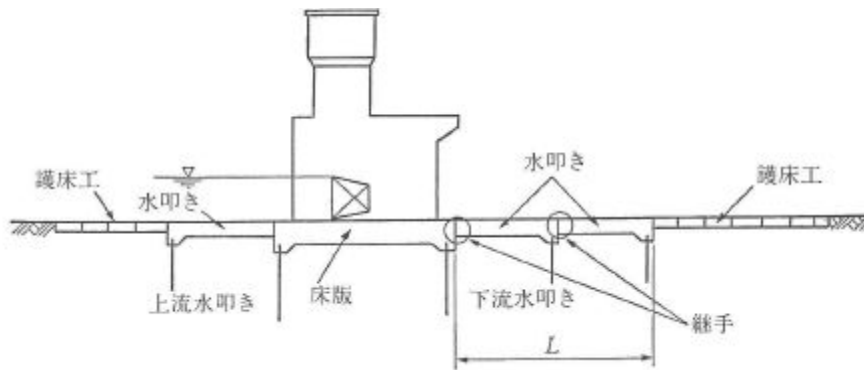


図 1-5-25 水叩き

< 必 須 >

水叩きは、必要な水密性及を有する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

水叩きの設計に当たっては、以下の事項を反映することを基本とする。

- 1) 水叩きは、本体の上下流の河床に設けることを基本とする。また、本体の上下流の河床に設ける水叩きとは別に魚道、土砂吐き、閘門についても水理特性を考慮して水叩きを設ける。
- 2) 水叩きと護床工を含めた長さは、必要に応じて、水理計算、水理模型実験、河床材料、河道形状（単、複断面）、河床勾配、堰の全幅、揚圧力に対する安定条件、遮水形状等についての検討結果及び過去の事例等を参考として総合的に判断して決定する。
- 3) 水叩きは堰本体を保護する最も重要な構造物であり、鉄筋コンクリート構造とする。水叩きと床版との継手は、水密でかつ不同沈下にも対応できる構造とする。

< 推 奨 >

1) 継手の構造

継手の構造には、一般にダウエルバー方式（スリップバー方式）とキー方式がある。ダウエルバー方式は施工が煩雑であるが、耐震性や、たわみ性において優れており、ダウエルバー方式を採用するのが望ましい。

水叩き等では、流水等の侵食作用によるコンクリート表面の摩耗、礫の落下や転石による直接衝突によるコンクリート表面のひび割れや剥離が生じやすいため、必要に応じて、コンクリート自体の摩擦抵抗性を高めるほか、摩耗抵抗性の高い材料によってコンクリート表面を保護する等の摩耗の進行を抑制する対策を検討することが望ましい。

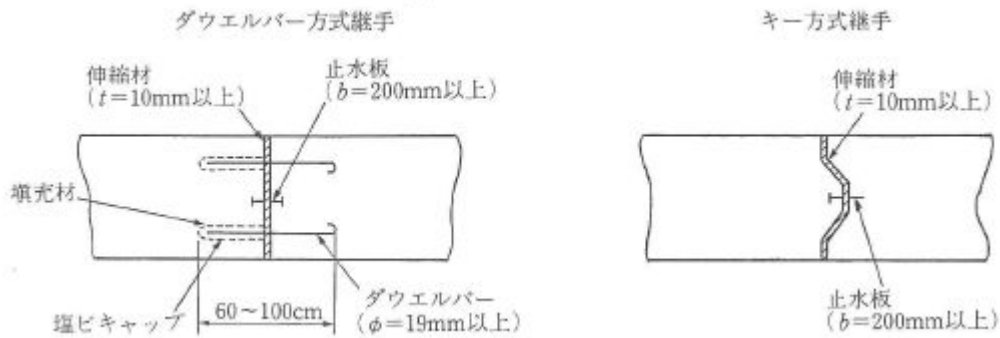


図 1-5-26 水叩きの継手

2) 摩耗対策

水叩き等では、流水等の侵食作用によるコンクリート表面の摩耗、礫の落下や転石による直接衝突によるコンクリート表面のひび割れや剥離が生じやすいため、必要に応じて、コンクリート自体の摩擦抵抗性を高めるほか、摩耗抵抗性の高い材料によってコンクリート表面を保護する等の摩耗の進行を抑制する対策を検討することが望ましい。

3) 水叩きと護床工を含めた長さ

水叩きと護床工を含めた長さは、「水理公式集」等に示される式を使用して跳水計算を行い、射流区間や通常の河川流になる位置を水叩きの長さや護床工の長さとする方法がある。この手法は、河床材料によってどの流況まで水叩きとすべきかのパラメーターがない、堰柱によって発生する縮流、渦流等の複雑な水理現象を表現できないなどの課題がある。近年数値解析の手法が著しく発達・普及してきたため、前述の方法と合わせて検討することが望ましい。また、水理模型実験等も合わせて実施するのが望ましい。

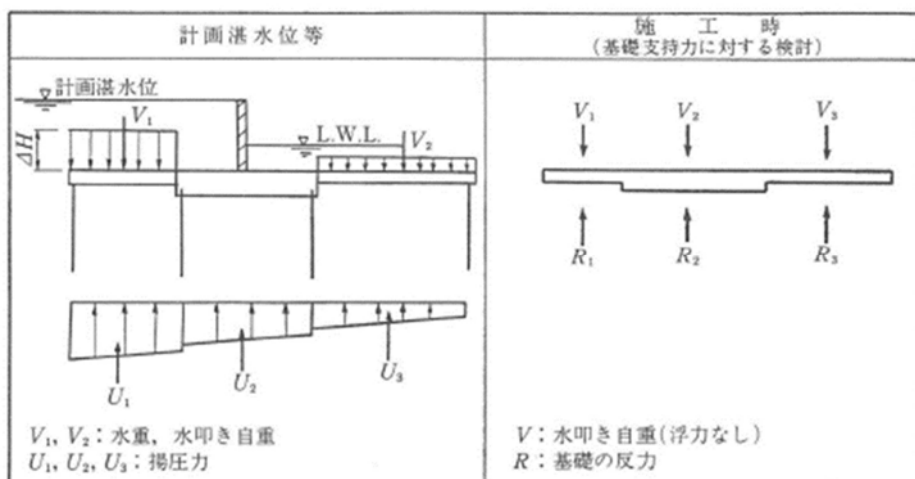
<例 示>

止水板は、可とう性のあるもの（塩化ビニール板等）を用い、伸縮材としては弾力性のあるもの（発砲樹脂系等）を用いることが多い。

水叩きのコンクリート表面の摩耗の進行を抑制するため、高強度コンクリートや高強度モルタル等の材料、高強度パネル等による表面保護を施した事例がある。

水叩きの安定計算に用いる荷重条件の一例を表 1-5-22 に示す。

表 1-5-22 水叩きの安定計算のための荷重条件



5. 6. 3 護床工

<考え方>

護床工は、堰上下流で生じる局所洗掘の防止や、高速流の減勢のために本体上下流側に設ける必要がある。

工種の選定に当たっては、次の点を検討の上、決定する必要がある。

①剛性

堰本体から離れるに従い剛なものから柔なものに変化させる。

(例)

- ・コンクリートブロック床と粗朶沈床
- ・コンクリートブロック床と捨石床

②粗度

小から大に変化させる。

③安定性

コンクリート床版に接続する部分は流速が大きくなることが多いので、想定される流速（以下「設計流速」という。）に対し単体としての安定性及び河床材の吸出し防止を考慮する。特に河口部に設けられる堰においては、波浪に対する安全性も考慮する。

④施工性

⑤河床変動とのなじみ

⑥腐食

木工沈床、粗朶沈床等は、常時水中にある場合は腐食しにくいですが、その他の場合は、腐食が問題となるので注意を要する。

⑦吸出し

河口部で波浪の影響を受ける場合については、その特性をよく把握し、アスファルトマット等を併用することも検討する。

<必須>

護床工は、必要な屈とう性を有する構造とし、設計流速に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

護床工は、本体及び水叩きの上下流での洗掘を防ぐため、水叩きの上下流側に設けることを基本とする。

護床工は、屈とう性を有する構造とし、本体上下流での洗掘を防ぐことができる長さ及び構造となるよう設計することを基本とする。

5. 6. 4 基礎

<考え方>

基礎は、床版及び魚道や土砂吐きの下に同一の基礎形式を選定し、不同沈下を起こさず、堰や堤防の弱点とならないようにすることが必要である。

基礎は、鉛直荷重のみならず水平荷重に対して安定する構造として設計する必要がある。

基礎の設計に当たっては、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成24年3月）、杭基礎に当たっては杭基礎設計便覧（平成27年3月）により設計するものとする。道路橋示方書は平成29年11月に、杭基礎設計便覧は令和2年9月に改訂されている。これらの改訂では、

性能規定（限界状態設計法及び部分係数法）に対応した記述に見直しており、従来の仕様規定（許容応力度設計法）とは異なる設計体系となっている。一方、堰の耐震設計以外の設計は、性能規定化に至っておらず本基準においても仕様規定での設計体系である。そのため、道路橋示方書、杭基礎設計便覧の設計法を適用する場合は、従来の仕様規定について記載しているものを適用する必要がある。その際、堰が河川管理施設であることを踏まえ、堰の安定やゲートの開閉（起伏）に支障が出ないように許容値等を設定する必要がある。

なお、調査方法や施工方法等の設計法に影響しない記載については、適宜改訂されたものを適用して良い。

基礎形式の選定に当たっては、必要工期、作業場面積の大小、環境面での制限、施工機械の保有量、経済性等を考慮し、総合的に判断する必要がある。

地質条件等によっては地震時の液状化対策も必要となるため、耐震対策の必要性も併せて検討する必要がある。耐震対策を行う場合は、河川構造物の耐震性能照査指針・解説、IV水門・樋門及び堰編によって照査を行い設計する必要がある。

<必須>

基礎は、上部荷重等によって不同沈下を起こさないよう、良質な地盤に安全に荷重を伝達する構造とするものとする。また、水平荷重に対して安定する構造となるよう設計するものとする。

<標準>

基礎は、本体と魚道や土砂吐きの間に不同沈下が発生し堰や堤防の弱点とならないようにするため、床版及び魚道や土砂吐きの下に同一の基礎で設けることを基本とする。

基礎の形式及び構造は、良質な地盤に安全に荷重を伝達できるよう適切に選定することを基本とする。基礎は、発生する変位を堰の安定とゲートの開閉（起伏）に支障のない範囲内に抑えるように設計することを基本とする。

<推奨>

杭基礎を用いる場合の許容水平変位量は、これまで、堤体に与える影響、ゲートの開閉（起伏）、複雑な構造かつ防災上重要であること等を考慮し、0.01mとして設計されてきた。このため、堰や水門の杭基礎の設計においては、常時、洪水時及び地震時（レベル1地震動）の安全性能の照査における杭の許容水平変位量は0.01m程度を目安とする。

5.6.5 遮水工

<考え方>

遮水工は、堰柱や床版及び水叩き下部の土砂流動と、洗掘による土砂の吸出しにより、堰が堤防の弱点となることを防止するために設ける。本体及び水叩き端部に設けられる遮水工は、取付擁壁及び護岸に設置する遮水工と連続させる。また、取付擁壁に設ける遮水工は、本体及び水叩き端部に設けられる遮水工と同規模とする必要がある。

遮水工の深さ及び水平方向の長さは、水頭差、遮水工の配置を考慮したうえで、レインの式などにより浸透経路長を検討し設定する必要がある。また、遮水工には構造計算上の荷重は分担させない。遮水工には一般的に鋼矢板が用いられるが、鋼矢板以外の材料とする場合は、材料の強度、耐久性、遮水効果について検討を行う必要がある。

< 必 須 >

遮水工は、必要な水密性を有する構造とし、地盤条件や施工条件に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

遮水工は、堰上下流の水位差によって生じる浸透水の動水勾配を減少させ、堰下部の土砂の流動及び土砂の吸出しを防止するため、適切な位置に設けることを基本とする。

遮水工の構造は、原則としてコンクリート構造のカットオフ又は鋼矢板構造とし、遮水工の深さ、水平方向の長さは、堤防断面形状、水頭差、浸透経路長、過去の事例などを総合的に検討の上で決定することを基本とする。

< 推 奨 >

1) 配置

遮水工は、図 1-5-27 及び図 1-5-28 に示すように、床版、水叩き下部、堰の堤防等への取付部及び堰の上下流の取付擁壁の底版下部等に設けられるが、大規模な堰の場合には遮水工の設置によって、浸透経路長を長くすることにより揚圧力を減殺し、床版、水叩き厚を薄くする効果もあるので、遮水工の長さはこれらの効果を総合的に検討して決定することが望ましい。



図 1-5-27 遮水工(カットオフ)

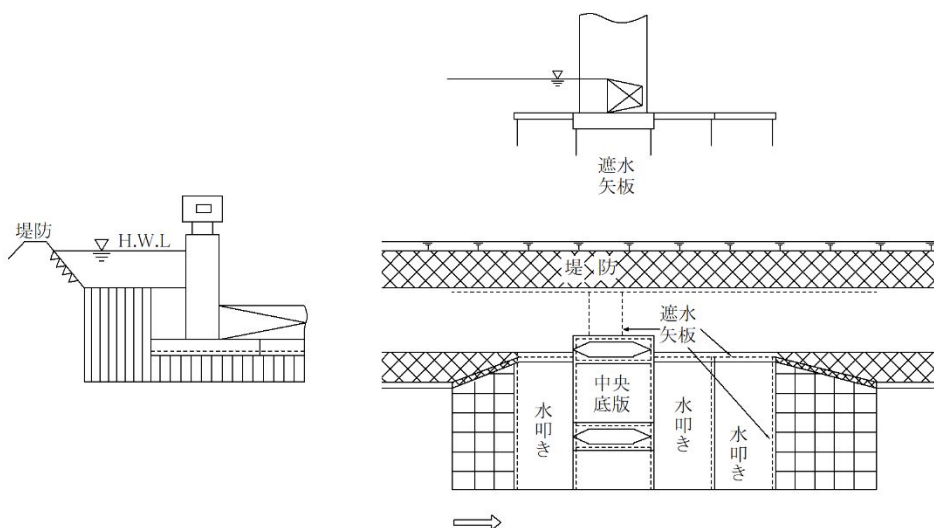


図 1-5-28 遮水工(鋼矢板構造)

2) 構造

遮水工は、床版水叩き及び堰の取付部分にすべて連続させた構造として設計することが望ましい。なお、軟弱地盤における遮水工は、本体及び水叩きと離脱しない構造とする。

遮水工の根入れ長は、原則として設置間隔の 1/2 以内とし、1/2 以上の長さとなる場合は、水叩き長さを延ばすなどの措置を講じることが望ましい。また、遮水工の矢板長を極端に変

化させることは好ましくない。なお、上流側遮水工をわずかに延ばすことで確実な不透水層に届く場合は、この限りではない。不透水層に届くように遮水工の根入れ長を決定した場合の揚圧力は、必要に応じ0～50%に低減することができる。

堤防との取付部の遮水工についても平面的な浸透経路長を計算し、堤防方向への根入れ長を決めることが望ましい。

3) 鋼矢板を遮水工として用いる場合の留意点

鋼矢板は遮水工として用いる場合、安全性、現場条件及び鋼矢板の市場性を考慮したうえで、経済比較を行い、適切に選定することが望ましい。

5. 6. 6 取付擁壁・護岸

<考え方>

洪水時には河床そのものが動いており、堰の設置によってその連続性が失われるので、その上下流において射流の有無にかかわらず局所的な洗掘が生じやすい。このため、堰の上下流の河岸又は堤防には、しかるべき範囲に護岸を設ける必要がある。その範囲は、上流側は堰の上流端から10mの地点又は護床工の上流端から5mの地点のうちいずれか上流側の地点、下流側の水叩きの下流端から15mの地点又は護床工の下流端から5mの地点のうちいずれか下流側の地点までの範囲を最低限として設ける必要がある（図1-5-29参照）。

この区間のうち、堰の直下流では、特に流水の乱れが激しく、河岸部に強いせん断力が発生し、また、高水敷からの落込流による河岸侵食のおそれもある。このため、この区間では強固な河岸防護工として取付擁壁構造の護岸を設置する必要がある。

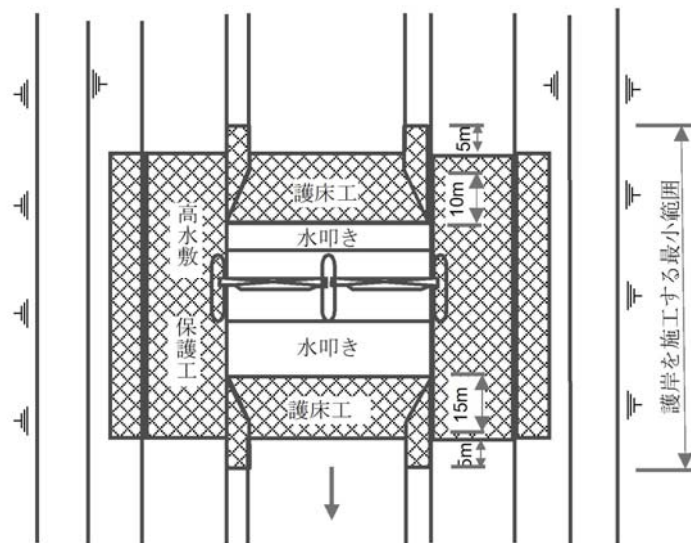


図 1-5-29 堰の設置に伴い必要となる護岸を設置する最小範囲

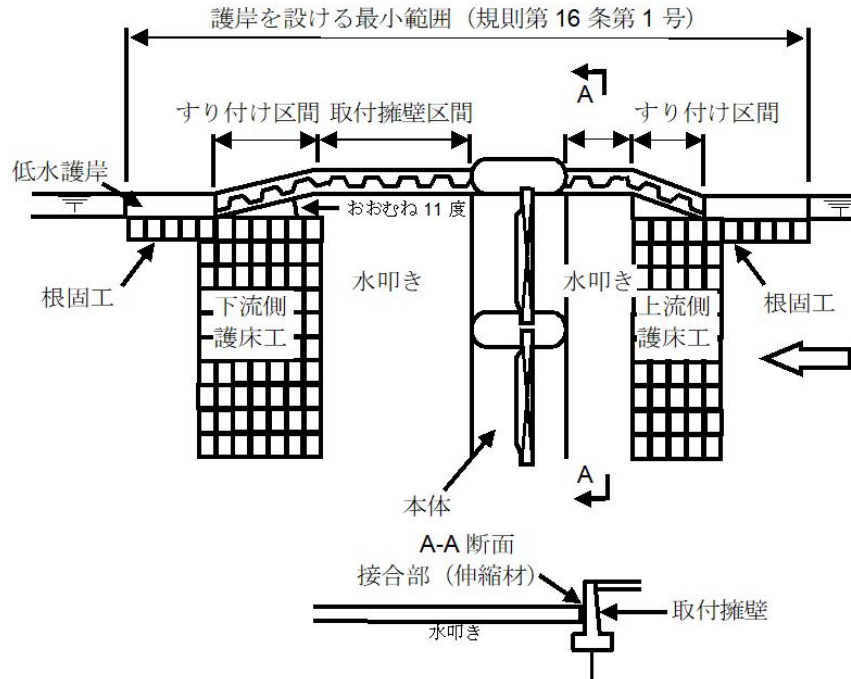


図 1-5-30 護岸を設ける区間のうち取付擁壁構造の護岸とする区間

護岸の形式及び構造は、改訂 護岸の力学設計法を参考に設定する必要がある。護岸には、多くの形式があり、使用される素材、構造の外観等はさまざまであるが、設置箇所の河道特性や周辺の護岸形式及び構造に加え、環境や景観にも配慮して設計する必要がある。

< 必 須 >

護岸は、流水の変化に伴う河岸又は堤防の洗掘を防止するために設けるものとし、設計流速に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

また、取付擁壁の構造は、堤防の機能を損なわず流水の乱れに伴って生じる河岸侵食を防止するように、仮に堰本体及び水叩きが消失しても安定である構造（堰本体及び水叩きをなしとした場合の安定計算を行う必要がある）とするものとし、必要に応じて周辺景観との調和に配慮して設計するものとする。

< 標 準 >

堰の設置に伴い必要となる取付擁壁・護岸は、以下の事項を設計に反映することを基本とする。

- 1) 堰の設置に伴い必要となる護岸は、以下により設定する。
 - ① 堰に接する河岸又は堤防の護岸は、上流側は堰の上流端から 10m の地点又は護床工の上流端から 5m の地点のうちいずれか上流側の地点から、下流側は水叩きの下流端から 15m の地点又は護床工の下流端から 5m の地点のうちいずれか下流側の地点までの区間以上の区間に設ける。
 - ② 前項に掲げるもののほか、河岸又は堤防の護岸は、湾曲部であることその他、河川の状況等により特に必要と認められる区間に設ける。
 - ③ 河岸（低水路の河岸を除く）又は堤防の護岸の高さは、計画高水位とするものとする。ただし、堰の設置に伴い流水が著しく変化することとなる区間にあつては、河岸又は堤防の高さとする。

④低水路の河岸の護岸の高さは、低水路の河岸の高さとする。

2) 取付擁壁の設置範囲は、堰本体の構造、堤防法線の線形、護岸の形式、魚道、土砂吐き、閘門の有無及びその位置等を考慮して必要な区間に設ける。ただし、必要最小限水叩きの区間まで設ける。

なお、固定堰においては、取付擁壁の設置範囲は、堰下流側では跳水の発生区間を原則とする。

<推奨>

直壁形状の取付擁壁は、拡幅した形状として下流の河岸に取り付けられるが、この場合、下流の河岸部においては、取付擁壁に沿う流れと本体を直進してきた流れが集中することによって局所で大きな洗掘力が生じる。このため、取付擁壁の下流側護岸とのすり付け角度は、流水のはく離が生じないとされている角度とすることが望ましい。その角度は、既往の実験結果によると、11度程度を目安とするとはく離流の発生が防止できるという結果が報告されている。

5.6.7 高水敷保護工

<考え方>

流水が高水敷を流下する場合、堰付近では流水の乱れにより護岸の肩部分及び高水敷内に設けられた構造物の部分（例えば魚道）が特に洗掘されやすい。したがって、高水敷内の構造物周辺及び護岸肩部分については、コンクリートブロック、コンクリート床版等によって保護する。この場合、粗度を急変させないように留意する。

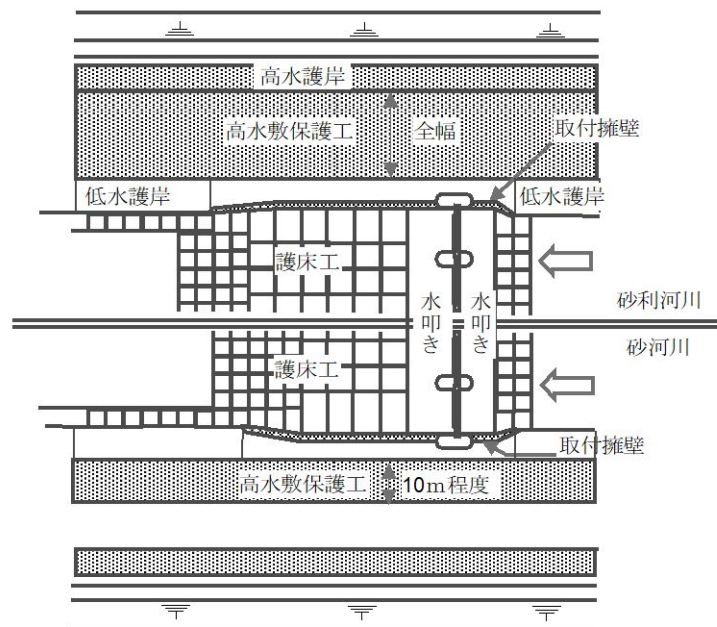


図 1-5-31 高水敷保護工の敷設例

<必須>

高水敷保護工は、堰に接続する高水敷の洗掘を防止するために設けるものとし、設計流速に対して安全な構造とするものとする。

<標準>

高水敷保護工は、流水等の作用による高水敷の洗掘を防止するため、高水護岸前面に設けることを基本とする。高水敷保護工の構造は、河川環境や景観に配慮した構造を基本とする。

高水敷保護工は、「5.6.6 取付擁壁・護岸」で示す護岸の範囲において設けることを基本とする。

5.6.8 魚道、閘門、土砂吐き

<考え方>

堰には、自然環境保全、舟の通行、安定取水のため必要があるときは、魚道、閘門、土砂吐きを設ける必要がある。

魚道の規模、構造形式は、対象となる魚種とその習性、利用可能な流量、魚道上・下流の水位変動等を考慮して決定する。

閘門の規模、設置位置は対象となる舟種を考慮の上決定する。

土砂吐きの規模、設置位置は非洪水時の堰上流の堆砂の防止及び堰下流への土砂の供給の機能が確保されるよう決定する。

<必須>

堰を設ける場合において、魚類の遡上等を妨げないようにするため必要があるときは、魚道を設けるものとする。魚道の構造は、次に定めるところによるものとする。

- 1) 堰の直上流及び直下流部における通常予想される水位変動に対して魚類の遡上等に支障のないものとする。
- 2) 堰に接続する河床の状況、魚道の流量、魚道において対象とする魚類等を適切に考慮したものとする。

<標準>

堰に魚道や閘門を設ける場合には、以下を基本とする。

- 1) 魚道の規模（延長、幅員等）、形式は、対象となる魚種の習性や魚道通過時の成長の度合いを考慮して決定する。
- 2) 閘門には、船舶の航行に支障を及ぼさないよう導流壁を必要な長さまで設ける。
- 3) 閘門の開室の有効幅と有効長さは、次のように定める。
有効幅＝対象船舶の幅×配列数＋余裕
有効長さ＝対象船舶の長さ×縦方向隻数＋余裕
- 4) 閘門ゲート開閉の所要時間は、通航船の通過時間に与える影響、開閉装置の機構と規模、経済性等を総合的に判断して決定する。

5.6.9 付属施設

(1) 管理橋

<考え方>

堰の開閉（起伏）操作及び維持管理、河川管理用通路、一般の道路橋として利用するため、管理橋を設ける場合は、堰左右岸の堤防天端を円滑に接続する必要がある。

管理橋の桁下高は、流下断面を阻害しないことを目的に、計画堤防高以上とする必要がある。管理橋の橋面高は、取付道路の構造等を確認し、路盤が計画堤防断面内に入らないような高さとする必要がある。管理橋の構造は、設計自動車荷重やゲート等の維持管理時の重機荷重を考慮して、適切な構造とする必要がある。設計自動車荷重の設定において、堰に接続

する堤防は水防活動上必要な道路として耐えられる設計自動車荷重であるにもかかわらず、堰の管理橋だけがそれに耐えられないのは極めて不都合であるため、配慮が必要である。

ただし、管理橋の幅員が3m未満の場合はこの限りではなく、堰の維持管理上必要な荷重を勘案したうえで設計自動車荷重を設定する必要がある。

管理橋の幅員は、接続する管理用通路の幅員、交通量、その重要性等と、堰管理及び水防時の交通を考慮して決定する必要がある。ただし、兼用道路の場合は道路管理者と協議する必要がある。

<必須>

堰の管理を目的として設置する管理橋は、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

管理橋は、堰の操作、河川管理用通路、一般道として利用するため、堰柱上に設置し堤防天端と接続するよう設けることを基本とする。

管理橋の桁下高は、計画高水位に余裕高を加えた堤防高さ（現状の堤防の高さが計画堤防の高さより高い場合には現状の堤防の高さ）以上とすることを基本とする。管理用通路としての効用を兼ねる管理橋の設計自動車荷重は、堰に接続する管理用通路の設計自動車荷重を考慮して20t以上の適切な値を設定することを基本とする。

ただし、管理橋の幅員が3m未満の場合や兼用道路にならない場合はこの限りでない。堰に接続する堤防が兼用道路の場合で、設計自動車荷重を道路構造令（昭和45年政令第320号）第35条第2項に規定する25tとしている場合には、設計自動車荷重を25tとすることを標準とする。また、河川管理上必要と認められる場合には、設計自動車荷重を25tとしてもよい。

管理橋の幅員は、堰に接続する管理用通路の幅員を考慮した適切な値とすることを基本とする。

<推奨>

近年は、歩行者や自転車への管理橋の一般開放が行われていることから、設計に当たっては、高欄等の安全施設は、歩行者や自転車の安全性も考慮した設計強度等を設定の上、設計することが望ましい。

(2) その他付属施設

<考え方>

付属施設には、管理所、警報設備、水位観測設備、照明設備、CCTV設備、管理用階段、ゲート操作用階段、防護柵、タラップ等があり、維持管理及び低水時、洪水時の操作に必要な施設を設ける必要がある。

<標準>

堰には、維持管理及び操作のため、必要に応じて付属施設を設けることを基本とする。

5.6.10 既存施設の自動化・遠隔化

<考え方>

新設の堰のゲートの操作のための設備については、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することとしているが、既存の堰のゲートの操作のための設備についても、

堰の目的、規模、操作員の負担軽減や安全の確保等の管理体制を踏まえ、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することとする。

自動化は、計測した水位に応じて自動で開閉操作を行うことができるように改造することや、ゲート自体を自動開閉が可能なものとするものであり、遠方操作化、遠隔操作化は、管理所や遠隔地から操作を行うことを可能とすることである。

<標準>

堰のゲートの操作のための設備については、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することを基本とする。

5.7 堰構造に関するその他の事項

<考え方>

1) 気候変動等を踏まえた施設設計について

気候変動による将来の予測として、降雨量の増加、平均海面水位の上昇、潮位偏差及び年最大波などの極値の増加等が想定されており、外力が増加する可能性があることにも留意して設計する必要がある。そのため、堰等の耐用期間の長い施設については、外力の増加への対応として、大規模な改良とならないよう補強しやすい構造とする又は、あらかじめ対策を施すなどの「構造上の工夫」が求められる。

また、堰の設備においては、マस्पロダクツ化や故障することも考慮した機能確保「N+1 保全」の考え方を取り入れた設計に配慮することも考えられる。

2) ICT や BIM/CIM の利用

i-Construction 推進の一環として、ICT による建設生産プロセスのシームレス化が取り組まれている。UAV 写真測量やレーザースキャナー計測などで得られる 3 次元点群データを活用することで、現況地形や既設物の構造を様々な角度・断面から把握することができ、新設・改築する施設の 3 次元モデルを作成し活用することで、構造に関して関係者の理解と合意形成が促進される。このため、施工段階、施工後の点検・補修・修繕の段階において BIM/CIM を積極的に活用し、堰本体及び堰周辺の堤防を適切に維持管理していくことができるように、設計成果を 3 次元モデルに反映しておくことが有用である。

<例示>

気候変動により外力が増大し、将来、施設の改造が必要になった場合でも、外力の増大に柔軟に追随できる、できるだけ手戻りの少ない設計を実施している以下のような事例がある。

- ・水門では、耐用年数内の平均海面水位の上昇量を想定し、改造等が容易な構造形式の選定、追加的な補強が困難な門柱部の嵩上げ及び基礎部補強をあらかじめ実施している。

第6節 樋門

6.1 総説

6.1.1 適用範囲

<考え方>

本節は、樋門を新設或いは改築する場合の設計に適用する。ただし、既設の樋門の安全性の照査にも構造形式や現地の状況等に応じ必要かつ適切な補正を行ったうえで準用することができる。

当該施設の横断する河川又は水路が合流する河川（本川）の堤防を分断して設けるものは水門、堤体内に函渠を設けるものは樋門であり、水門と樋門とは河川管理施設等構造令の適用が異なる。施設の設置に当たっては、用途、施設規模、施工性、経済性等を考慮して水門と比較検討のうえ施設形式を決定する。通常、支川がセミバック堤（半背水堤）の場合は水門を採用し、自己流堤の場合は樋門を採用することが多い。また、河川管理施設等構造令では、樋門と樋管の区別はなく、通常樋管と称しているものも樋門に含めて取り扱うこととしている。

<標準>

本節は、樋門（樋管を含む）を新設或いは改築する場合の設計に適用する。

6.1.2 用語の定義

<考え方>

樋門は、本体と胸壁、翼壁、水叩き、遮水工、基礎及び管理橋、操作室等の付属施設の各部位によって構成される。このうち、本体は、ゲート、函渠（管渠を含む）、遮水壁、門柱、ゲートの操作台で構成される。そのほか、樋門の設置に伴い、一体で整備するものとして、護床工、護岸、高水敷保護工がある。

樋門のゲートが引上式の場合の各部位の名称は図 5-6-1 による。

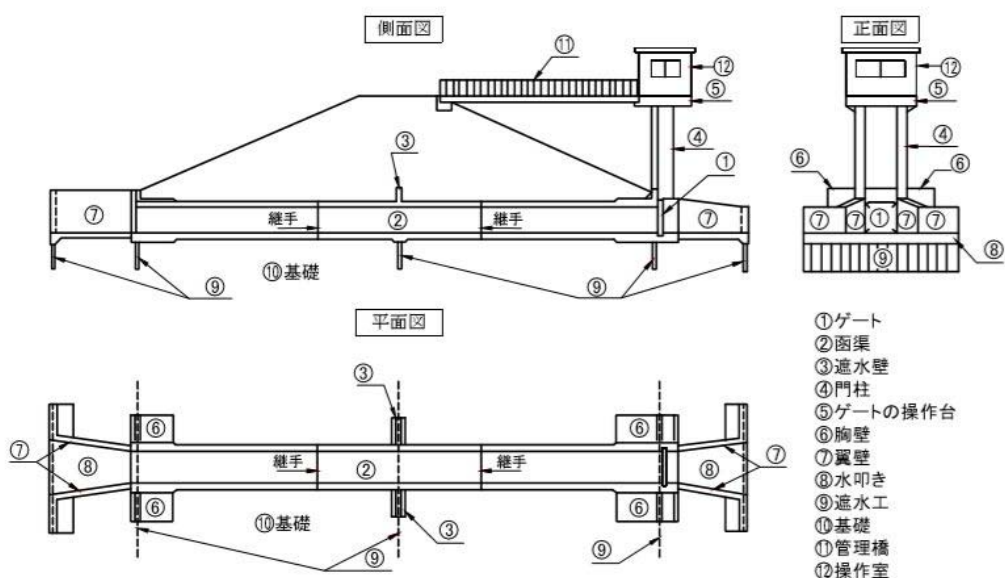


図 5-6-1 樋門の各部位の名称（ゲートが引上式の場合）

<標準>

次の各号に掲げる用語の定義は、それぞれ以下に示す。

- 一．柔構造樋門：沈下を許容する直接基礎の樋門
- 二．剛構造樋門：非たわみ性構造の函渠で、沈下の影響を無視できる直接基礎の樋門
- 三．残留沈下量：函渠直下における函渠設置後の地盤の沈下量
- 四．樋門周辺の堤防：樋門本体直上及びその周辺の堤防で、開削や地盤改良等の施工の影響を受ける範囲或いは抜け上がり等の樋門の影響を受ける範囲

6.2 機能

<考え方>

樋門は、堤防機能及び設置目的を達成するために必要な機能を有することが求められる。

<必須>

樋門は、ゲートを全閉することにより、堤防機能を有するよう設計するとともに、ゲート全閉時以外において、当該施設の設置目的に応じて、取水機能、排水機能、舟を支障なく通行させる機能を有するよう設計するものとする。

6.3 設計の基本

<考え方>

設計に当たっては、以下の事項について検討し、設計に反映することが求められる。

1) 基本方針

樋門の設計に当たっては、樋門が堤体内に函渠を設ける施設であること及び「8.2 機能」に示す事項を踏まえ、樋門の安全性のみならず、樋門周辺の堤防の安全性の確保も重要であり、樋門と樋門周辺の堤防を一体的に設計する必要がある。このため、樋門の設置に当たっては、樋門の数は最小限とし、可能な限り統廃合に努めるとともに、樋門及び樋門周辺の堤防が一連区間の中で相対的な弱点とならないよう、樋門の構造及び施工についても十分考慮する必要がある。

また、周辺の河川環境との調和を図り、環境保全に配慮するとともに、地域の水環境及び景観が損なわれないように配慮する必要がある。

2) 樋門の位置

樋門の位置は、「計画編 第3-1章 河道並びに河川構造物 第5節 堰、水門、樋門 5.1 設置の基本」を踏まえ、堤内地の地形、地盤高、水路系統、水路敷高及び洪水時の本川の特性等を調査し、本川の湾曲部、水衝部、河床の不安定な箇所、既設の樋門に近接した箇所、基礎地盤が軟弱な箇所、堤防又は基礎地盤に漏水履歴がある箇所を避けて計画するとともに、排水の水質等により他の利水施設及び周辺環境に支障を及ぼさない地点とする必要がある。

3) 函渠の平面配置

樋門は、一連区間の中で相対的な弱点となるおそれがある構造物である。堤防への影響範囲を最小化し、施工の確実性を図るため、函軸方向を堤防法線に直角にし、斜角にすることによる構造の複雑化を避ける必要がある。なお、高規格堤防においては、高規格堤防特別地域が設定されるために、直交させることが困難なことが多い。

4) 基礎地盤及び堤体の地盤変位が樋門に及ぼす影響

堤防における設計に反映すべき事項の「不同沈下に対する修復の容易性」と「基礎地盤及び堤体の一体性及びなじみ」に対応する項目である。

函渠と樋門周辺の堤防では基礎地盤に作用する荷重が異なること（堤防縦断方向の荷重の

変化) や堤体形状等に起因し堤防横断方向にも荷重が変化すること等から、樋門周辺では不同沈下や水平変位のような地盤変位が生じる。

また、樋門には、土とは性質が大きく異なるコンクリートや鋼材等の材料が用いられるため、基礎地盤や樋門周辺の堤防とのなじみが悪く、地盤変位が生じた場合に空洞や緩みが形成されやすい。このような空洞や緩みが洪水時に樋門周辺で発生する漏水や決壊の主な原因であると考えられることから、樋門は一連区間の中で相対的な弱点になるおそれがある構造物である。空洞や緩みのような局所的な事象は、照査の中では取り扱うことが極めて難しいことから、樋門設置箇所の堤防が、一連区間におけるその他の堤防に対して堤防断面が小さくならない等、相対的な弱点にならないような配慮が求められる。

5) 樋門の敷高

樋門の敷高は、排水を目的とするものにあつては、接続する河川の河床高又は水路の敷高を考慮し、取水を目的とするものにあつては、それぞれの取水目的に応じて定めるが、本川の将来の河床変動についても配慮する必要がある。また、舟の通行を目的とするものにあつては、舟の通行に支障を及ぼさない敷高とする必要がある。

6) 構造形式

樋門においては、地震時に堤体との接触面である程度の空隙が生じることは避けられない。また、樋門と堤体では重量差があり、地盤に伝わる荷重が異なるため、樋門の沈下と堤防の沈下とは一般に差異があるが、このことによっても樋門と堤体との接触面には空隙が生じることがある。樋門と堤体との接触面に空隙等が生じると、それが原因となって、漏水や堤体を構成する土粒子の移動が起こりやすく、これらの作用が繰り返され、空隙が拡大・進展し、連続した大きな空洞が形成される。これらの現象は、樋門の基礎が杭基礎である場合や、樋門に接続する堤防並びに基礎地盤の土質条件が軟弱な場合に特に顕著である。このため、樋門の構造形式は、基礎地盤の残留沈下量及び基礎の特性等を考慮して選定を行い、杭（先端支持杭及び摩擦支持杭）基礎等の不同沈下により空洞化が生じやすい基礎形式を避け、柔構造樋門として設計を行う必要がある。

なお、良質な地盤に支持され、沈下の影響を無視できる場合には、直接基礎の剛構造樋門を採用してもよい。また、地盤が良質ではなく沈下することは分かっているが、どの程度沈下するか予測ができず柔構造樋門以外の構造を採用せざるを得ない場合がある。

7) ゲート設備

ゲート設備の設計に当たっては、ゲートは、確実に開閉し、かつ、必要な水密性及び耐久性を有する構造が求められ、開閉装置は、ゲートの開閉を確実にできる構造が求められる。また、常用電源が喪失した場合に備え、予備動力や急降下閉鎖装置等を設けるなど、必要最小限な機能を維持できることが求められる。なお、想定外の外力が働いた場合においても、必要なゲート操作は可能となるように配慮することが望ましい。

8) 安全、確実・円滑な施工

樋門の施工では、掘削中のボーリングや重機の転倒など、安全を脅かす状況が発生する可能性がある。このため、設計においても、安全で確実・円滑な施工が可能となるような配慮が求められ、施工上の制約から構造が決まることもある。

9) 機能を長期的に容易に維持できる構造

長期的に機能を低下させる要因としては、圧密による地盤変位の進行、河床変動や土砂堆積があり、これらに配慮する必要がある。

10) 維持管理に配慮した構造

樋門の点検、修繕、更新等の作業を容易に行うため、維持管理に配慮した構造とする必要がある。

< 必 須 >

設計に当たっては、以下の事項を反映するものとする。

- 1) 樋門は、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造となるよう設計するものとする。
- 2) 樋門は、計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げることなく、周辺の河岸及び河川管理施設等の構造に著しい支障を及ぼさず、並びに樋門に接続する河床及び高水敷等の洗掘の防止について適切に配慮された構造となるよう設計するものとする。
- 3) 樋門は、樋門周辺の堤防との不同沈下或いは空洞化をできるだけ小さく留める構造となるよう設計するものとする。
- 4) 樋門は、常用電源が喪失した場合においても必要最小限な開閉操作ができるよう設計するものとする。

< 標 準 >

- 1) 設計に当たっては、樋門に求められる機能を満足するように樋門の位置、函渠の配置、樋門の敷高、構造形式を設定するとともに、設計の対象とする状況と作用に応じた安全性能を設定し、照査によりこれを満足することを確認する。
- 2) 環境及び景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮することを基本とする。
- 3) 函軸方向は、堤防方向に直角にすることを基本とする。
- 4) 樋門の構造形式は、柔構造樋門を基本とする。ただし、基礎地盤が良質な場合は、剛構造樋門を採用してもよい。
- 5) 樋門は、樋門に求められる機能を満足するために、土砂が堆積しにくい構造となるよう設計するとともに、維持管理上、堆積土砂等の排除に支障のない構造となるよう設計するものとする。

< 推 奨 >

- 1) 設計に当たっては、施工の合理化、省力化を図るため、函渠等のプレキャスト化、ユニット化の採用を検討することが望ましい。
- 2) 長期間継続する基礎地盤の残留沈下は、本体の変位・断面力に大きな影響を及ぼすので、地盤改良等の対策工を行い、事前にできるだけ小さくするように努める。
- 3) 事前の地盤調査は、土層構成、土質、地下水の状況などを把握し、設計に必要な地盤性状及び土層の特性等の条件を設定するため、ボーリング調査・現位置試験及び室内土質試験の組合せで実施することが望ましい。なお、事前の地盤調査結果より軟弱地盤や透水性地盤が想定される場合には、各々の課題に対応した原位置試験等の調査・試験を実施したうえで設計に反映するよう努める。
- 4) 樋門が接続する河川の河床又は水路の敷高と本川の河床とに落差があるなどの状況により、内水位が本川水位より高くなる場合には、樋門と堤体との接触面に沿って内水が堤外に浸透することがある。この場合、長年の間に樋門と堤体との接触面付近に大きな空隙が生じ、洪水時に突然堤防決壊を引き起こすこともある。したがって、このような場合には、内水が堤外に浸透することについても十分留意する必要がある。接続する河川又は水路の取付護岸は必要な区間に遮水シートを有するコンクリート護岸等とともに、翼壁の接続部の水密性を保つようにすることが望ましい。
- 5) 排水のための樋門を設ける場合で、樋門から合流する河川（本川）までの間で段差等が生じており、魚類等の移動のため必要があるときは、当該河川及びその接続する水路の

状況等（必要な場合には関係者の意見を含む）を踏まえ、段差等の緩傾斜化、水深の確保等に配慮した構造とすることが望ましい。

- 6) 施工時では、盛土載荷後などの沈下に影響する施工段階に応じ、函体の沈下量を計測して設計時に想定された沈下量以内となっているか観測を行うことが望ましい。また、沈下が想定よりも大きい場合には、門柱や継手において異常が生じていないか、グラウトホールから函体底部と地盤の隙間がないかなどの確認を行うことが望ましい。

6. 4 基本的な構造

6. 4. 1 函渠の内空断面の設定

<考え方>

函渠の内空断面は、内空幅と内空高で表される。内空高は流下断面に余裕高を加えた高さ、流下断面は計画高水流量又は計画流量が流下する断面である。

函渠の断面を大きくしすぎると、河積が函渠で急拡大することにより、流速が緩くなり、土砂が堆積しやすくなる。流下能力の観点のみから函渠の幅員を設定すると、支川の幅に比べて函渠の幅員が狭くなることがあり、流木等流下物の影響や縮流によるエネルギー損失のため洪水の円滑な疎通に支障を来すことがある。また、堆積土砂の排除にも支障を来すことがある。このようなことから、求められる機能に加えて、維持管理、経済性を勘案し、適切な断面を設定することが必要となる。

排水を目的とする樋門にあつては、支川の計画高水流量の流下を妨げず、函渠内の流速が接続する支川の流速に比べて著しく増減することがない函渠の内空断面を設定する必要がある。このうち、内水排水を目的とする樋門にあつては、内水対策の計画排水量に対応した函渠の内空断面とする必要がある。なお、計画排水量については、計画する樋門の流域（集水区域）、計画規模並びに降雨規模及び降雨分布を定め、流域内の現況及び将来の土地利用状況を考慮して算出する。

取水を目的とする樋門にあつては、取水計画上問題とならない範囲において対象渇水時の計画取水量が確保できる函渠の内空断面、また、舟の通行が見込まれる樋門にあつては、舟の通行に支障を及ぼさない函渠の内空断面とする必要がある。

樋門の内空幅は、門数を 2 連以上に増やせば増やすほど小さくなって、流木等流下物による閉塞の可能性が増大する。流木等流下物による閉塞は、洪水の円滑な疎通を阻害するばかりではなく、ゲートの開閉にも支障を及ぼしかねない。また、ゲートが横方向に極めて細長い形となる場合には、ゲート構造及び開閉機等が同じ内空幅のゲートに比べ大規模となるため不経済なゲートとなる。以上の観点から、樋門の内空幅は、流木等流下物に対する配慮とゲートの構造上の制約という相反する要素の調整を図って適切なものとする必要がある。

2 連以上の函渠の隔壁の端部は、ゲート戸当たりのため中央部の隔壁より厚くなることが多いが、函渠端部の通水断面が中央部より狭くなることのないよう、図 5-6-2 のように通水断面を確保する必要がある。

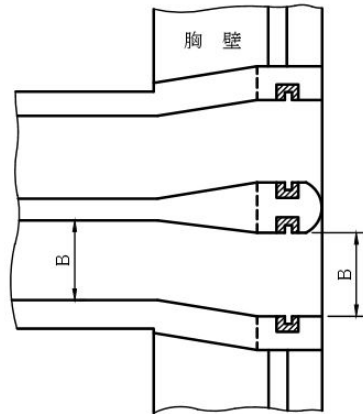


図 5-6-2 2 連以上の函渠端部

< 必 須 >

函渠の内空断面は、支川の計画高水流量（取水の用に供する樋門にあっては計画取水量、舟の通行の用に供する樋門にあっては計画高水流量及び通行すべき舟の規模）、維持管理を勘案して設定するものとする。なお、河川（「準用河川」を含む）以外の水路が河川に合流する箇所において当該水路を横断して設ける樋門について準用するものとする。

< 標 準 >

函渠の内空断面は、次により設定することを基本とする。

1) 内空断面

函渠の内空断面は、内空幅・内空高とも 1m 以上とすることを標準とする。

ただし、函渠長が 5m 未満であって、かつ、堤内地盤高が本川の計画高水位より高い場合においては、内空幅・内空高とも 0.3m まで小さくすることができる。また、2 門以上の函渠端部の内空幅は、函渠中央部の内空幅と同一とする。

2) 排水機能が求められる場合の余裕高

流木等流下物が多い場合を除き、函渠の余裕高は、樋門が横断する河川又は水路の計画高水位に次に掲げる値を加えた高さ以上とする。

- ・ 計画高水流量が $50\text{m}^3/\text{s}$ 未満の場合：0.3m
- ・ 計画高水流量が $50\text{m}^3/\text{s}$ 以上の場合：0.6m

ただし、支川の計画高水流量が $20\text{m}^3/\text{s}$ 未満の場合、上記の値を流下断面の水深の 1 割以上とすることができる。なお、柔支持基礎を採用する場合は、函渠が沈下した場合にも流下能力を確保するため、函渠の余裕高に残留沈下量を加える。

3) ゲートの門数

できる限りゲートの門数を少なくするよう設計することを基本とする。やむを得ず 2 門以上のゲートが必要となる場合には、それぞれの函渠の内空幅は 5m 以上を基本とする。ただし、内空幅が内空高の 2 倍以上となるときは、この限りでない。

< 推 奨 >

函渠の内空断面積が流下断面積の 1.3 倍以内の場合には、函渠側壁の内側を支川の計画高水位と堤防の交点の位置とすることを推奨する。こうした場合に、函渠の内空断面積が流下断面積の 1.3 倍以上の場合には 1.3 倍となるまで函渠の総幅員（内空幅と中央部の隔壁幅の総和）を縮小することができる。

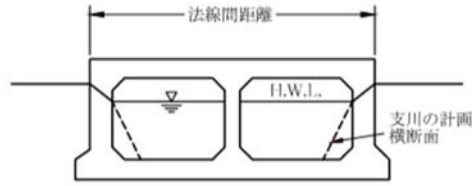


図 5-6-3 樋門の断面説明図（流下断面積が 1:1.3 以内の場合）

6. 4. 2 函渠長

<考え方>

函渠の長さは、計画堤防断面の川表、川裏の法尻までとなるように設定する必要がある。これは、樋門の機能を確保するように敷高や函渠の内空断面等を設定した結果、堤防断面を切り込まざるを得ない樋門の構造となる場合があるためである。このような場合でも、堤体強度の低下をできるだけ避けるために切り込みを必要最小限とする必要がある。

<標準>

函渠長は、計画堤防断面の川表、川裏の法尻までとなるよう設計することを基本とする。

<推奨>

函渠長は、堤防の土留めを目的とした胸壁の配置を考慮して決定する必要がある。

函渠頂版の天端から胸壁の天端までの高さは、胸壁が樋門の上の堤防の土留壁として機能することを考慮すると、0.5m 程度とし、高くても 1.5m 以下とすることが望ましい。

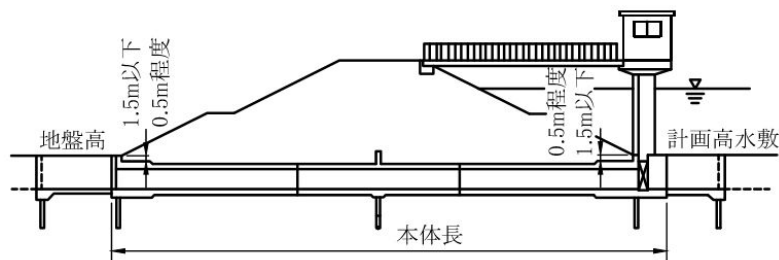


図 5-6-4 函渠長

6. 4. 3 門柱の天端高

<考え方>

門柱は、主に引上げ式ゲートの開閉を行うために設け、ゲートの開閉が容易な構造とする必要がある。また、門柱の天端高は、ゲート全開時のゲート下端高が取水、排水、舟の通行に支障を及ぼさない高さを確保するとともに、ゲートの維持管理・更新のための戸溝からの取外し等に必要の高さを確保する必要がある。同様に、管理橋の桁下高もそれらに支障を及ぼさない高さとする必要がある。

<標準>

門柱の天端高は、ゲート全開時のゲート上端部にゲートの管理に必要な高さを加えた高さを確保し、管理橋の桁下高が計画堤防高以上となるよう設計することを基本とする。

<推奨>

ゲートの管理に必要な高さとしては、引上げ余裕高(0.5m 程度)のほか滑車等の付属品の高

さを考慮することが望ましい。柔構造樋門等で門柱部の沈下が予測される場合は、予測される沈下量を見込んで天端高を設定することが望ましい。

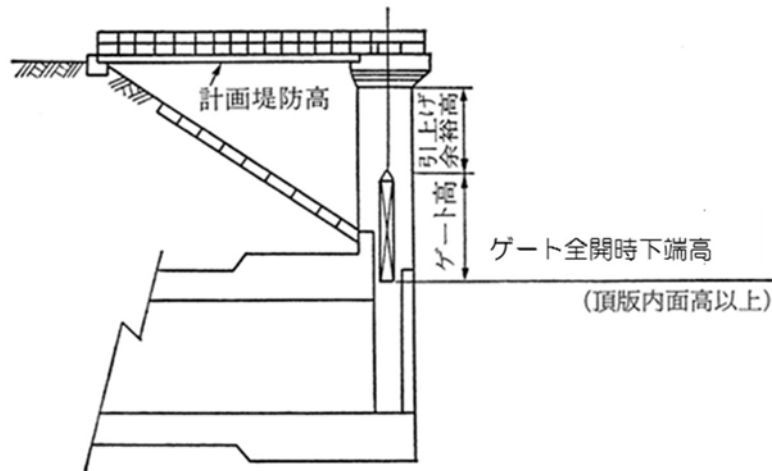


図 5-6-5 引上げ余裕高

6. 4. 4 材質と構造

<考え方>

使用材料は、設置目的に応じて要求される強度、施工性、耐久性、環境適合性等の性能を満足するための品質を有し、その性状が明らかなものでなければならない。このため、JIS等の公的な品質規格に適合し、その適用範囲が明らかな用途に対して使用することが望ましい。公的な品質規格がない材料の場合には、材料特性が樋門に及ぼす影響を試験等によって確認するとともに、品質についても JIS 等の規格と同等であることを確認する必要がある。

(1) 使用材料

<標準>

設置目的に応じて要求される強度、施工性、耐久性、環境適合性等の性能を満足するための品質を有し、その性状が明らかにされている材料を使用することを基本とする。

<推奨>

鉄筋コンクリート構造物（プレキャスト製品を除く）に用いるコンクリートの設計基準強度 24N/mm^2 、鉄筋の材質 SD345 を推奨する。

(2) 主な構造

<考え方>

樋門を構成する主な構造としては、函体、遮水壁、門柱、胸壁、ゲートの操作台があり、これらは、鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造とし、必要な安全性を確保する必要がある。また、樋門の安全性を確保するため、函体、遮水壁、胸壁、翼壁、水叩き、遮水工は、部材の安全性の確保と継手部の水密性の確保によって、全体として必要な水密性を有する構造となるよう設計する必要がある。ここで、必要な水密性を有するとは、部材の損傷や劣化、継ぎの開き等により樋門周辺の堤防の土砂が吸い出されることのない状態を確保する意味であり、部材によっては多少の漏水が生じる状態は許容される。

< 必 須 >

函体、遮水壁、門柱、胸壁、ゲートの操作台は、鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造とする。函体、遮水壁、胸壁、翼壁、水叩き、遮水工は、部材の安全性と継手部の水密性の確保によって、全体として必要な水密性を有する構造となるよう設計するものとする。

ゲートは、鋼構造又はこれに準ずる構造とし、ゲートは確実に開閉し、かつ、必要な水密性を有する構造となるよう設計するものとする。

ゲートの開閉装置は、ゲートの開閉を確実に行うことができる構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

函渠、翼壁、水叩きは必要に応じ継手等によって屈とう性を有する構造とし、護床工は地盤の洗堀や変形に追随する構造となるよう設計することを標準とする。

< 例 示 >

鉄筋コンクリート構造に準ずる構造には、鋼管及びダクタイル鋳鉄管の事例がある。新しい材料として高耐圧ポリエチレン管、FRP管等の採用が考えられるが、構造的に解決すべき課題もあるため、今後のさらなる調査研究が望まれる。

鋼構造に準ずる構造には、ステンレス製ゲート、アルミ製ゲート等がある。

(3) 設計用定数

< 標 準 >

設計に用いる各種定数は、適切な安全性が確保できるよう、使用する材料の力学特性を考慮し、必要に応じて調査・試験を実施したうえで、設定することを基本とする。

① ヤング率

< 標 準 >

設計に用いるヤング率は、使用する材料の特性や品質を考慮したうえで適切に設定することを基本とする。

< 推 奨 >

ヤング率として、以下の値を用いることが望ましい。

1) ヤング係数

- ・コンクリートのヤング係数は、 2.5×10^4 N/mm²
- ・鋼材のヤング係数は、 2.0×10^5 N/mm²

2) ヤング係数比

- ・許容応力度による設計を行う場合の鉄筋コンクリート部材の応力度の計算に用いるヤング係数比は 15

② 地盤に係る定数

< 標 準 >

ボーリング調査、サウンディング調査、現位置試験、室内土質試験を組合せた地盤調査（既往調査含む）や周辺の工事履歴、試験施工等に基づき総合的に判断し、施工条件等も十分に考慮したうえで、地盤に係る定数を設定することを基本とする。

< 推 奨 >

1) 基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力

基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力として、以下の値を用いることができる。

表 5-6-1 摩擦角と付着力

条件	摩擦角 ϕ_B (摩擦係数 $\tan \phi_B$)	付着力 C_B
土とコンクリート	$\phi_B = 2/3 \phi$	$C_B = 0$
岩とコンクリート	$\tan \phi_B = 0.6$	$C_B = 0$
土と土又は岩と岩	$\phi_B = \phi$	$C_B = C$

ただし、 ϕ : 支持地盤のせん断抵抗角 (度)、 C : 支持地盤の粘着力 (kN/m^2)

2) 地盤の許容鉛直支持力

地盤の許容鉛直支持力は、荷重の偏心傾斜及び基礎の沈下量を考慮した地盤の極限支持力に対して、表 5-6-2 に示す安全率を確保していることが望ましい。

表 5-6-2 安全率

常 時	地震時	施工時
3	2	2

荷重の偏心傾斜及び基礎の沈下量を考慮した地盤の極限支持力は、次式により求めることができる。平板載荷試験により求める場合には、載荷試験の結果により確認した地盤の粘着力 C 、せん断抵抗角 ϕ を用いて以下の式に従って算出することが望ましい。

$$Q_u = A' \left\{ \alpha \cdot k \cdot c \cdot N_c + k \cdot q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot \beta \cdot B_e \cdot N_r \right\}$$

ここに、

Q_u : 荷重の偏心傾斜を考慮した地盤の極限支持力 (kN)

c : 地盤の粘着力 (kN/m^2)

q : 載荷重 (kN/m^2) $q = \gamma_2 D_f$

A' : 有効載荷面積 (m^2)

γ_1, γ_2 : 支持地盤および根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m^3)

ただし、地下水位以下では、水中単位体積重量を用いる。

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)

$$B_e = B - 2e_B$$

B : 基礎幅 (m)

e_B : 荷重の偏心量 (m)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ (m)

α, β : 基礎の形状係数

k : 根入れ効果に対する割増係数

N_c, N_q, N_r : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数

(4) 鉄筋コンクリート部材の最小寸法

<標準>

鉄筋コンクリートの部材の最小寸法は、耐久性、強度を有するために必要なかぶり及び施工性に配慮し設定することを基本とする。

<例示>

鉄筋コンクリートの部材の最小寸法は、施工性を重視し主鉄筋を内側に配置するため、0.4m が用いられる場合が多い。

6. 4. 5 樋門周辺の堤防

<考え方>

樋門周辺の堤防には、樋門の施工による埋戻し部分も含まれる。その影響範囲は、対象とする事象によっても異なるが、抜け上がりまで含めれば、堤防縦断方向に堤防高さの2～3倍以上に及ぶ。「6.5 安全性能の照査等」に当たっては、樋門周辺の堤防が一連区間の中の弱点でないことが前提となっており、必要に応じて「第2節 堤防」に準じて安全性の照査を行い、前後区間と比較して相対的に安全性が低下しないように強化対策を行う必要がある。

<必須>

樋門周辺の堤防が一連区間と比較して相対的に弱点とならないように設計するものとする。

<標準>

樋門周辺の堤防に用いる土質材料は、堤防に適したものを選定し、十分に締固めを行うものとする。また、樋門周辺の堤防の断面形状は、樋門本体による止むを得ない切り込みを除き、隣接する堤防の大きさ（堤防高、天端幅、堤体幅）及び計画堤防の大きさを上回る大きさとするを基本とする。

必要に応じて「第2節 堤防」に準じて堤防の安全性照査を行い、一連区間と比較して相対的に安全性が低下しないよう必要に応じて強化対策を行う。

6. 5 安全性能の照査等

6. 5. 1 設計の対象とする状況と作用

<考え方>

樋門の設計に当たっては、常時、洪水時、地震時、高潮時及び風浪時の安全性能を確保することが求められる。全ての樋門について、常時、洪水時及び地震時、さらに高潮堤に設けられる樋門は高潮時、湖岸堤等に設けられる樋門は風浪時についても照査する必要がある。

照査に当たっては、広域地盤沈下量、基礎地盤の特性、維持管理に必要な前提条件を設定する必要がある。なお、前提条件は、土質地質調査等に基づき設定する必要がある。

設計の対象とする作用については、本体やゲート等の自重、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水圧、地震動として河川構造物の供用期間中に発生する確率が高い地震動及び対象地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動、土圧、風の影響等の他、地震時には必要に応じて津波による波圧、高潮時には波浪並びに風浪時には風浪による影響が考えられ、設計の対象とする樋門の状況に応じて適切に組合せて設定する必要がある。

なお、必要に応じて施工時についても安全性能の照査を行う。

<標準>

安全性能の照査に当たっては、設計の対象とする状況と作用を次の表のように設定し、これを踏まえて照査事項を設定することを基本とする。常時、洪水時及び地震時については全ての樋門において設定し、これに加えて、高潮区間の樋門の場合には高潮時、湖岸堤等に設ける樋門の場合には風浪時について設定することを基本とする。

取水や舟の通行等治水以外の設置目的を有する場合には当該設置目的に応じた常時の作用を適切に設定することを基本とする。

樋門の状況	作用
常時	自重（死荷重）、活荷重、地盤変位の影響、土圧、水圧、揚圧力、風荷重、温度変化の影響、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮の影響、負の周辺摩擦力の影響、雪荷重、プレストレス力等
洪水時	自重（死荷重）、活荷重、地盤変位の影響、土圧、水圧 [*] 、揚圧力、風荷重、温度変化の影響、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮の影響、負の周辺摩擦力の影響、雪荷重、プレストレス力等 ※計画高水位、高潮区間にあつては計画高潮位
高潮時	高潮位における波浪による波圧
風浪時	風浪による波圧
地震時	自重（死荷重）、地震動、活荷重、地盤変位の影響、水圧、揚圧力、温度変化の影響、負の周辺摩擦力の影響、地震の影響 [*] 、雪荷重、プレストレス力等 ※地震時土圧、地震時動水圧、液状化の影響
その他	津波による波圧 副振動、セイシュによる影響 施工時荷重 流木の衝突 舟の衝突

<推奨>

樋門の設計に当たっては、次の作用を考慮するのが望ましい。

1) 自重（死荷重）

自重（死荷重）は、適切な単位体積重量を用いて算出する。

材料の単位体積重量は、表 5-6-3、表 5-6-4 の値を参考に定めるものとする。

土の単位体積重量は、一般的な値を示したものであり、土質試験データがある場合は、その値を用いて設計することが望ましい。コンクリートについても、できるだけ試験データによることが望ましい。

表 5-6-3 土の湿潤単位体積重量 (kN/m³)

地盤	土質	緩いもの	密なもの
自然 地盤	砂及び砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛土	砂及び砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土	18	

表に示す土の湿潤単位体積重量に対して飽和単位体積重量は 1kN/m^3 程度重く、地下水以下の飽和重量は水の重量 10kN/m^3 (9.8kN/m^3 の丸め) を差し引くため、地下水位以下にある土の湿潤単位体積重量は、それぞれの表中の値から 9 を差し引いた値としてよい。

地下水位は施工後における水位の平均値を考える。

表 5-6-4 材料の単位体積重量 (kN/m^3)

材料	単位体積重量
鋼・鋳鋼・鍛鋼	77.0
鋳鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.5
プレストレスを導入するコンクリート (設計基準強度 60N/mm^2 以下)	24.5
プレストレスを導入するコンクリート (設計基準強度 60N/mm^2 を超え 80N/mm^2 まで)	25.0
コンクリート	23.0
セメントモルタル	21.0
木材	8.0
歴青材 (防水用)	11.0
アスファルト舗装	22.5

2) 活荷重

活荷重は、自動車荷重及び群集荷重とする。

自動車荷重は必要に応じ、大型の自動車の交通状況に応じて TL-25 荷重を考慮する。

群衆荷重は、管理橋及び操作台等に 3.5kN/m^2 の等分布荷重を考慮する。

3) 地盤変位の影響

地盤変位の影響とは、地盤の変位が樋門本体に与える影響のことであり、設計上は解析対象物の軸線上の変位分布として扱う。

1. 地盤の沈下による変位(沈下)

地盤の沈下による変位(沈下)としては、樋門の施工後に生じる地盤の残留沈下量分布とする。

2. 地盤の水平変位による変位(側方変位)

地盤の水平変位による変位(側方変位)としては、樋門の施工後に生じる基礎地盤の側方変位量分布とする。

4) 土圧

① 胸壁・翼壁に作用する土圧

胸壁・翼壁に作用する土圧は、原則として表 5-6-5 の区分に従って適用する。

表 5-6-5 土圧の区分

種 別		常 時	地震時
胸壁		静止土圧	地震時主働土圧
翼壁	U形タイプ	静止土圧	地震時静止土圧
	逆T形タイプ	主働土圧	地震時主働土圧

a) 静止土圧

胸壁・翼壁に作用する静止土圧は、次式による。

$$P_{hd} = K_0 (\gamma \cdot h + q_0)$$

ここに

P_{hd} : 任意の深さの水平土圧強度 (kN/m²)

K_0 : 静止土圧係数 (通常は $K_0 = 0.5$ と考えてよい)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

h : 任意の深さ (m)

q_0 : 上載荷重 (kN/m²)

b) 主働土圧

主働土圧は、次式による。

$$P_a = K_A (\gamma \cdot h + q_0)$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$\cot(\xi_A - \alpha) = -\tan(\phi + \delta + \theta - \alpha)$$

$$+ \sec(\phi + \delta + \theta - \alpha) \sqrt{\frac{\cos(\theta + \delta) \cdot \sin(\phi + \delta)}{\cos(\theta - \alpha) \cdot \sin(\phi - \alpha)}}$$

ここに

P_a : 任意の深さの主働土圧強度 (kN/m²)

K_A : 主働土圧係数

ξ_A : 主働崩壊角 (度)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

h : 任意の深さ (m)

q_0 : 上載荷重 (kN/m²)

α : 地表面と水平面のなす角 (度)

θ : 壁背面と鉛直面のなす角 (度)

ϕ : 土の内部摩擦角 (度)

δ : 土圧作用面の種別に応じた壁面摩擦角 (度)

土と土の場合 : $\delta = \phi$

土とコンクリートの場合 : $\delta = \phi / 3$

ただし、 $\phi - \alpha < 0$ のときは $\sin(\phi - \alpha) = 0$ とする。

上載荷重 q_0 は必要に応じて考慮する。

ここで用いる角度は反時計回りを正とする。

c) 地震時主働土圧

胸壁・翼壁に作用する地震時主働土圧は、次式による。

$$P_{Ea} = K_{EA} (\gamma \cdot h + q_0')$$

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_0 - \theta)}{\cos \theta_0 \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \theta_0 + \delta_E) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta_E) \cdot \sin(\phi - \alpha - \theta_0)}{\cos(\theta + \theta_0 + \delta_E) \cdot \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$\cot(\xi_{EA} - \alpha) = -\tan(\phi + \delta + \theta - \alpha) + \sec(\phi + \delta + \theta - \alpha) \sqrt{\frac{\cos(\theta + \delta + \theta_0) \cdot \sin(\phi + \delta)}{\cos(\theta - \alpha) \cdot \sin(\phi - \alpha - \theta_0)}}$$

ここに

P_{Ea}	: 任意の深さの地震時主働土圧強度 (kN/m ²)
K_{EA}	: 地震時主働土圧係数
ξ_{EA}	: 地震時の主働崩壊角 (度)
γ	: 土の湿潤単位体積重量 (kN/m ³)
h	: 任意の深さ (m)
q_0'	: 地震時の上載荷重 (kN/m ²)
α	: 地表面と水平面のなす角 (度)
θ	: 壁背面と鉛直面のなす角 (度)
ϕ	: 土の内部摩擦角 (度) 土圧作用面の種別に応じた地震時壁面摩擦角 (度)
δ_E	: 土と土の場合: $\delta_E = \phi/2$ 土とコンクリートの場合: $\delta_E = 0$
θ_0	: 地震時合成角 (度) $\theta_0 = \tan^{-1} k_h$ または $\theta_0 = \tan^{-1} k'_h$
k_h	: 設計水平震度
k'_h	: 水中の見かけの水平震度 $k'_h = \frac{\gamma \cdot h_1 + \gamma_{sat} \cdot h_2 + q_0'}{\gamma \cdot h_1 + \gamma' \cdot h_2 + q_0'} \cdot k_h$
γ_{sat}	: 土の飽和単位体積重量 (kN/m ³)
γ'	: 土の水中単位体積重量 (kN/m ³)
h_1	: 水面上の土層厚さ (m)
h_2	: 水面下の土層厚さ (m)

ただし、 $\phi - \alpha - \theta_0 < 0$ のときは $\sin(\phi - \alpha - \theta_0) = 0$ とする。また、 q_0' は地震時に確実に作用するもののみとし、活荷重は原則として含まないものとする。

ここで用いる角度は反時計回りを正とする。

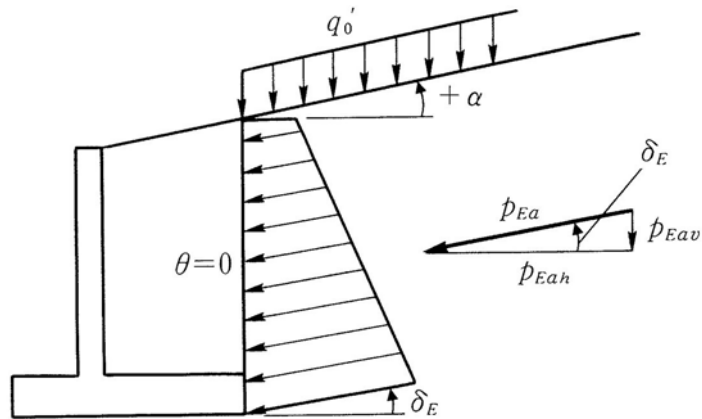


図 5-6-6 地震時主働土圧

d) 地震時静止土圧

翼壁・翼壁に作用する地震時静止土圧は、次式による。

$$P_{0E} = P_0 + (P_{HE} - P_H)$$

ここに

P_{0E} : 地震時静止土圧合力 (kN)

P_0 : 常時の静止土圧合力 (水平成分) (kN)

P_{HE} : 主働土圧状態を仮定した場合の地震時の土圧合力の水平成分 (kN)

P_H : 主働土圧状態を仮定した場合の常時の土圧合力の水平成分 (kN)

② 函体に作用する土圧

a) 鉛直土圧

函体上面に作用する鉛直土圧は、次式により算定する。

$$P_{vd} = \alpha \cdot \gamma \cdot h$$

ここに

P_{vd} : 鉛直土圧強度 (kN/m²)

α : 鉛直土圧係数 ($\alpha=1.0$ と考えてよい)

γ : 土かぶり土等の単位体積重量 (kN/m³)

h : 函体の土かぶり厚さ (m)

b) 水平土圧

1. 剛性函体

剛性函体の側壁に作用する静止土圧は、次式により算定する。

$$P_{hd} = K_0 \cdot \gamma \cdot h$$

ここに

P_{hd} : 任意の深さの水平土圧強度 (kN/m²)

K_0 : 静止土圧係数 (通常は $K_0=0.5$ と考えてよい)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

h : 任意の深さ (m)

活荷重による水平土圧は、土かぶり厚さに関係なく函体両側面に上載荷重を戴荷させて、次式により算定する。

$$P_{hde} = K_0 \cdot q_0$$

ここに

P_{hde} : 上載荷重による水平土圧強度 (kN/m²)

K_0 : 静止土圧係数 (通常は $K_0 = 0.5$ と考えてよい)

q_0 : 上載荷重 $q_0 = 10 \text{ kN/m}^2$

2. たわみ性函体

たわみ性函体の設計は、剛性特性に応じた各々の設計法による。

5) 水圧

① 静水圧

樋門の上下流水位について、樋門の操作上考えられる組合せを検討する。

ただし、地震時慣性力及び地震時動水圧と計画高水位時における水圧は、同時に作用しない。

ゲート引上げ時には、流水から受ける力を必要に応じて考慮する。

② 地震時動水圧

地震時動水圧は、ウエスターガードの近似式により計算する。

③ 胸壁・翼壁に作用する残留水圧

胸壁・翼壁の前面の水位と背面の水位の間に水位差が生じる場合は、この水位差に伴う残留水圧を考慮する (下図参照)。

感潮区間の場合は、前面潮位差の $2/3$ の水圧差を対象とする。

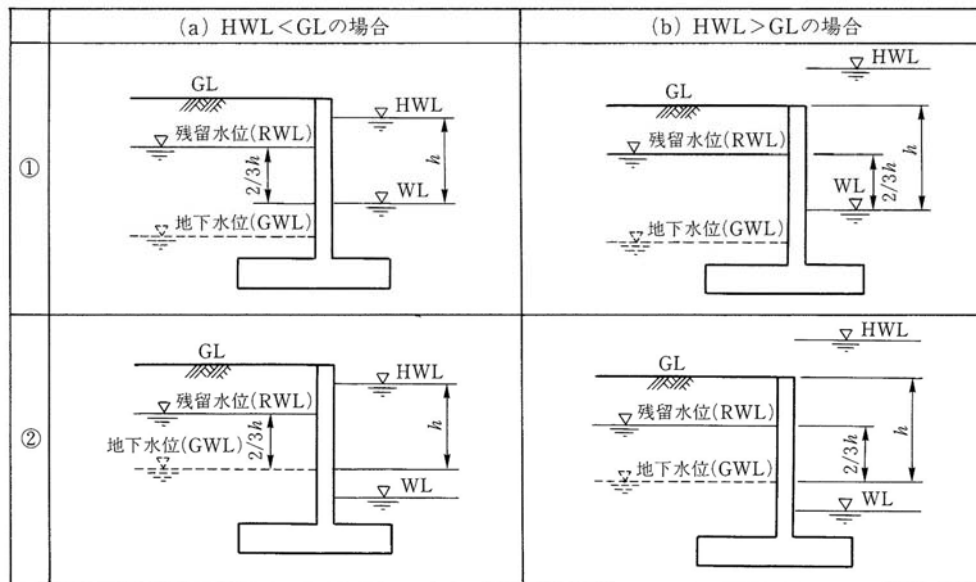


図 5-6-7 残留水位の設定方法 (常時)

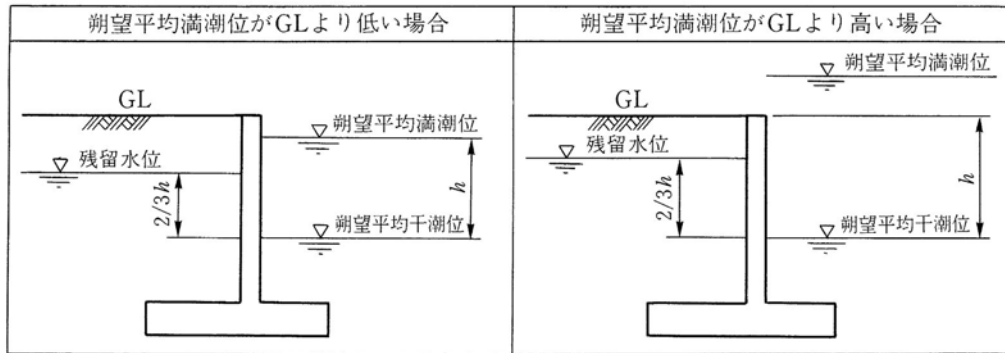


図 5-6-8 感潮区間の残留水位

6) 揚圧力

揚圧力は、樋門の操作上考えられる樋門の上下流の水位差が最大となる水位により求める。

7) 風荷重

風荷重は 3kN/m^2 とする。

8) 温度変化の影響

温度荷重は、温度変化を $\pm 15^\circ\text{C}$ とし、膨張係数を鋼で 0.000012 、コンクリートで 0.00001 として計算する。

9) コンクリートのクリープ及び乾燥収縮の影響

① コンクリートのクリープひずみ

コンクリートのクリープひずみは次式により算定することができる。

$$\varepsilon_{cc} = \frac{\sigma_c}{E_c} \varphi$$

ここに、

- ε_{cc} : コンクリートのクリープひずみ
- σ_c : 持続荷重による応力度 (N/mm^2)
- E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm^2)
- φ : コンクリートのクリープ係数

コンクリートのクリープひずみについては、作用する持続荷重による応力度がコンクリートの圧縮強度の 40% 程度以下の場合、上式が成立すると考えてよい。一般には、コンクリートの圧縮強度の 40% を超える持続荷重による応力度が作用することはなく、上式が用いられるが、40% を超える場合には別途試験などによりクリープひずみを定めなければならない。

② コンクリートのクリープ係数

プレストレスの損失量及び不静定力を算出する場合のコンクリートのクリープ係数は、表 5-6-6 の値とする。

表 5-6-6 コンクリートのクリープ係数

持続荷重を載荷する時のコンクリートの材令 (日)		4~7	14	28	90	365
クリープ係数	早強ポルトランドセメント使用	2.6	2.3	2.0	1.7	1.2
	普通ポルトランドセメント使用	2.8	2.5	2.2	1.9	1.4

コンクリートのひずみは、作用する持続荷重を取り除くと回復するクリープひずみと回復しないクリープひずみの和であると考えられる。一般に、プレストレスの損失量を算出する場合は、クリープひずみをこれら 2 成分に分けて算出しても、或いは分けずに算出しても結果的に大差ないので、表 5-6-6 に示すクリープ係数をそのまま用いてよい。なお、持続荷重を載荷した時のコンクリートの材令が表 5-6-6 に示す値の間にある場合のクリープ係数は直線補間による値を用いてよい。

③ コンクリートの乾燥収縮度

プレストレスの損失量を算出する場合のコンクリートの乾燥収縮度は、表 5-6-7 の値とする。

表 5-6-7 コンクリートの乾燥収縮度
(普通及び早強ポルトランドセメント使用の場合)

プレストレスを導入する時のコンクリートの材令 (日)	3 以内	4~7	28	90	365
乾燥収縮度	25×10^{-5}	20×10^{-5}	18×10^{-5}	16×10^{-5}	12×10^{-5}

コンクリートそのものの乾燥収縮度は表 5-6-7 に示す値より一般に大きい。部材に配置される鋼材の影響などを考慮して、プレストレスの損失量を算定する場合は表 5-6-7 に示す値を用いてよいこととした。なお、プレストレスを導入する時のコンクリートの材令が表 8-7 に示す値の間にある場合の乾燥収縮度は直線補間による値を用いてよい。

④ ②項又は③項によりがたい場合

②項又は③項によりがたい場合は、部材周辺の湿度、部材断面の形状寸法、荷重が作用する時のコンクリートの材令などを考慮して別途定めるものとする。

特にコンクリート材令の若い時期にプレストレスングを行う場合などでは、上記の諸要因を考慮して試験により別途定めるか、或いは、適切な方法によって推定してもよい。

1 0) 負の周辺摩擦力の影響

軟弱地盤の層厚が厚い等で負の周辺摩擦力の影響が大きいと予想される場合には、遮水矢板等から樋門本体へ伝達する負の周辺摩擦力の影響について考慮する。

1 1) 雪荷重

雪荷重は、雪の単位体積重量と積雪深の積として求める。積雪深は、既往の積雪記録、構造物上での積雪状態などを考慮して設定する。積雪のない地方では考慮する必要はない。ただし、積雪が少ないために積雪深を決定できない場合は、雪荷重を 1 kN/m^2 としてよい。

1 2) プレストレス力

プレストレス力は、プレストレスを与えた直後（プレストレッシング直後）のプレストレス力とその後生じるコンクリートのクリープ、乾燥収縮及び緊張材のリラクセーションが終わったときの有効プレストレスについて考慮する。

① プレストレッシング直後のプレストレス力

ポストテンション方式のプレストレッシング直後のプレストレス力は、緊張材の緊張端に与えた緊張力に以下に示す影響による損失を考慮して算出する。

- a) コンクリートと継手材の弾性変形
- b) 緊張材とシースの摩擦
- c) 函体と均しコンクリートの摩擦
- d) 緊張材を定着する際のセット

② 有効プレストレス力

有効プレストレス力は、次に示すコンクリートのクリープ及び乾燥収縮と緊張材の見かけのリラクセーションによるプレストレス力の損失量をプレストレッシング直後のプレストレス力より減じることによって算出する。

- a) コンクリートのクリープ
- b) コンクリートの乾燥収縮
- c) 緊張材のリラクセーション

1 3) 地震動

地震動は、構造物の重量に河川構造物の耐震性能照査指針 共通編に規定する水平震度を乗じた水平力とし、これを水流方向及び水流直角方向に作用させる。

1 4) その他荷重

堤防及び樋門の安全を図るうえで以下の必要な荷重を考慮する。

① 波圧

以下の波圧を考慮する。

a) 波浪及び風浪

高潮区間や湖岸堤等で必要に応じて考慮する。

b) 津波

津波遡上区間で必要に応じて考慮する。

② その他

- ・副振動、セイシュによる影響
- ・施工時荷重
- ・流木の衝突
- ・舟の衝突

6. 5. 2 安全性能の照査

<考え方>

樋門における安全性能の照査は、「6. 5. 1 設計の対象とする状況と作用」に示す状況と作用毎に、照査の条件として適切な外水位及び内水位の組合せを設定し、安全性能について照査する必要がある。

また、樋門における安全性能の照査は、構造や材料の特性に応じた設計手法を適用してモデル化を行い、最も不利な断面力が生じる作用に対して、安全性能が確保できるようにする。なお、「最も不利な断面力が生じる作用」とは、考慮すべき荷重の組合せのうち、発生応力等が構造物に対して最も不利に働く荷重の組合せをいう。

<標準>

樋門は、「6. 5. 1 設計の対象とする状況と作用」に対し、以下の事項について安全性能を設定して照査することを基本とする。

- 1) 常時の安全性能
- 2) 洪水時の安全性能
- 3) 耐震性能
- 4) 風浪等に対する安全性能

安全性能の照査に当たっては、これまでの経験及び実績から妥当とみなせる方法又は論理的に妥当性を有する方法等、適切な知見に基づく手法を用いることを基本とする。

<推奨>

安全性能を照査するに当たっては、以下の手法によることが望ましい。

- 1) 鉄筋コンクリート部材設計
 - ・部材の設計に用いる断面力は、弾性理論により算出する。
 - ・部材の設計は、許容応力度設計法によって行う。
- 2) 鋼製の門扉の部材設計
 - 部材の設計は、許容応力度設計法によって行う。

(5) 常時の安全性能

<考え方>

樋門の自重や樋門周辺の堤防からの土圧、さらに軟弱な地盤上に樋門を新設する場合には基礎地盤の強度不足又は圧縮性が大きいことによる地盤変位（残留沈下や側方変位）の影響により、洪水等の外力による作用を受けずとも、構造物の安全性が損なわれる可能性があるため、函渠及び胸壁の応力度、基礎の沈下量、支持力等について常時の安全性能の照査を行う必要がある。

また、樋門の基礎或いは地盤改良等による地盤の沈下抑制の影響によって、基礎を含む樋門本体部と周辺地盤との不同沈下による局所的な沈下による段差が生じる。この段差が樋門周辺の堤防に悪影響を与える可能性があるため、樋門周辺の堤防との境界部における不同沈下について照査を行う必要がある。

<標準>

樋門の自重や樋門周辺の堤防からの土圧等の作用や地盤変位の影響等の諸条件を設定し、発生する応力度、変位や支持力等を評価し、許容値を満足することを照査の基本とする。

また、沈下抑制対策を行った場合には、盛土終了後に残留する樋門本体位置とその周辺の

堤防の圧密沈下量の差分を評価し、許容値を満足することを照査の基本とする。許容値を満足しない場合は、対策工を検討し、そのうえで許容値を満足することを照査する。

新規築堤や引堤のように、樋門とともに樋門周辺の堤防を新たに築造する場合には、樋門周辺の堤防に関しても地盤の複雑さに応じて、「設計編 第1章 河川構造物の設計 第2節 堤防 2.7 安全性能の照査等」の記載に従って安全性能の照査を行うことを基本とする。

(6) 洪水時の安全性能

<考え方>

樋門は、ゲート全閉時において、計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造が求められる。

<標準>

洪水時の安全性能は、ゲートへの水圧、床版への揚圧力、本体・ゲート・付属施設（操作室・管理橋等）の自重、土圧が作用する状態で、以下の項目について照査することを基本とする。

1) 函体の安全性

自重、洪水時の土圧や水圧が作用した状態で函体が安定する（浮き上がらない）ことを確認する。内空高よりも大きい土被りがある函体は照査を省略できる。

2) 発生応力

樋門及びゲートの部材に発生する応力が「6.5.3の許容応力度」以下となることを確認する。

3) 耐浸透性

樋門と堤体との接触面における浸透に対して、所定の安全性を確保する。

4) ゲート閉鎖の確実性及び水密性

ゲート閉鎖の確実性（床版及び戸溝に土砂が堆積しない、確実な閉操作が可能なこと）、水密性を確保する。

<推奨>

1) 耐浸透性

耐浸透性照査における所要の安全性は、地盤の土質区分、堤防断面形状、考慮する水頭差、遮水工の配置、深さ、長さ、不同沈下が生じる場合にはルーフィング発生による浸透路長の減少を考慮したうえで、レインの式による浸透経路長を満足することを確認する。

$$\text{レイン加重クリープ比 } C \leq \frac{\frac{L}{3} + \sum l}{\Delta H}$$

ここに、

- C : 荷重クリープ比
 C_v : 遮水工の鉛直方向の加重クリープ比
 C_h : 遮水工の水平方向の加重クリープ比
- L : 本体及び翼壁の函軸方向の浸透経路長 (m)
- $\sum l$: 遮水矢板等の鉛直方向及び水平方向の浸透経路長 (m)
 l_v : 鉛直方向の浸透経路長
 l_h : 水平方向の浸透経路長
- ΔH : 内外水位差 (m)

表 6-5-8 加重クリープ比 C

地盤の土質区分	C
極めて細かい砂又はシルト	8.5
細砂	7.0
中砂	6.0
粗砂	5.0
細砂利	4.0
中砂利	3.5
栗石を含む粗砂利	3.0
栗石と礫を含む砂利	2.5
柔らかい粘土	3.0
中くらいの粘土	2.0
堅い粘土	1.8

2) ゲート機能

ゲート機能は、同様の敷高・規模及び操作形式の樋門・水門における操作の確実性を確認できれば機能を確保しているとみなすことができる。なお、堆砂傾向については、必要に応じて水理模型実験を実施して確認する。

(7) 耐震性能

<考え方>

樋門の耐震性能の照査は、河川構造物の耐震性能照査指針に基づき実施する必要がある。レベル 1 地震動に対しては、地震によって樋門としての健全性を損なわないか否かを照査する。レベル 2 地震動に対しては、治水上又は利水上重要な樋門については、地震後においても、樋門としての機能を保持し、それ以外の樋門については、地震による損傷が限定的にとどまり、樋門としての機能の回復が速やかに行い得ることを照査する必要がある。

樋門の門柱及びゲートには地震時に慣性力及び地震時動水圧が作用するとともに、樋門周辺の堤防には地震時土圧が作用する。また、樋門の函渠の地震時挙動は、地形、地盤条件等の種々の要因の影響を受けるが、中でも、堤体及び基礎地盤の影響を強く受ける。特に、基礎地盤が液状化した場合には、液状化に伴う堤体及び基礎地盤の変形が函渠の縦断方向の地震時挙動に大きな影響を及ぼすため、液状化を考慮する必要がある。

<標準>

耐震性能の照査に当たっては、レベル 1 地震動に対して地震によって樋門としての健全性を損なわないことを照査し、レベル 2 地震動に対して樋門としての機能を保持する、或いは樋門としての機能の回復が速やかに行い得ることを照査の基本とする。

<推奨>

レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動の設定及び応答値の算定は、基本的に静的照査法を用いることができる。レベル 2 地震動の照査において静的照査法では適切な応答値を算定できない構造の場合には、動的解析を用いた照査を行う必要がある。

照査許容値は、求める耐震性能に応じた限界状態、構造・照査手法に応じた適切な値を設定する。

地震動による作用応力、変位量等の応答値が許容値を超えないことを照査する。

(8) 風浪等に対する安全性

<考え方>

高潮時及び風浪時の波浪並びに計画津波水位以下の津波に伴い、ゲートに波圧・津波荷重が作用する。ゲートの照査に用いる波圧及び津波荷重はダム・堰施設技術基準（案）、防波堤の耐津波設計ガイドラインに基づき設定する必要がある。

樋門周辺の堤防は波の打ち寄せによる侵食に加え、場合によっては堤内地への越波を生じ、堤内地の浸水及び樋門周辺の堤防裏法面が洗掘することにより堤防の安全性が損なわれる可能性がある。樋門周辺の堤防に対する照査は、堤防と同様にうちあげ高及び越波量により照査を行う必要がある。

<標準>

風浪等に対する本体の安全性能の照査は、本体が受ける水圧及び波圧の作用に対して安全性を評価し、許容値を満足することを照査の基本とする。風浪等に対する樋門周辺の堤防の安全性能の照査は、「設計編 第1章 河川構造物の設計 第2節 堤防 2.7 安全性能の照査等」を満足することを基本とする。

6.5.3 許容応力度

<標準>

許容応力度等は、使用する材料の基準強度や力学特性を考慮して、適切な安全性が確保できるように設定することを基本とする。

<推奨>

許容応力度として、以下の値を用いることが望ましい。

1) コンクリートの許容応力度

表 5-6-9 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

設計基準強度	許容曲げ圧縮応力度	許容付着応力度	許容せん断応力度
24	8.0	1.60	0.39

なお、せん断応力度は、せん断力を部材幅 (b) ×有効高 (d) で割った平均せん断応力度。せん断応力度の照査は、支点が直接支持となっているものは支点の前面より 1/2h だけ内側で行ってよい。(h:はり高)

無筋コンクリートの許容応力度は、道路橋示方書・同解説 IV. 下部構造編（平成 24 年 3 月 26 日）による。

2) 鉄筋の許容引張応力度

表 5-6-10 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

応力度、部材の種類		鉄筋の種類	SD345
引張応力度	荷重の組合せに衝突荷重或いは地震の影響を含まない場合	一般の部材※1	180
		厳しい環境下の部材※2	160
	荷重の組合せに衝突荷重或いは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		200
	鉄筋の重ね継手長或いは定着長を算出する場合		200

※1 通常の環境や常時水中、土中の場合（操作台に適用）

※2 一般の環境に比べて乾湿の繰り返しが多い場合や有害な物質を含む地下水位以下の土中の場合（函渠、胸壁、遮水壁、門柱、翼壁に適用）（海洋環境などでは別途かぶりなどについて考慮する）

3) 鋼材の許容応力度（ゲート等の機械設備を除く）

表 5-6-11 構造用鋼材の母材部及び溶接部の許容応力度 (N/mm²)

区分及び 応力度の種類		鋼材記号	SS400	SM490	SM490Y	SM570	
			SM400 SMA400W		SM520 SMA490W	SMA570W	
母	材	引 張	140	185	210	255	
		圧 縮	140	185	210	255	
		せん断	80	105	120	145	
溶 接 部	工 場 溶 接	全断面溶込みグ ループ溶接	引 張	140	185	210	255
		すみ肉溶接, 部分 溶込みグループ 溶接	圧 縮	140	185	210	255
			せん断	80	105	120	145
	現 場 溶 接		引 張	80	105	120	145
			圧 縮				
			せん断				
			原則として、工場溶接と同じ値とする。				

4) 許容応力度の割増し

地震、温度変化等の短期荷重を考慮する場合は、表 5-6-12 による許容応力度の割増しを行なうことができる。下記以外の荷重の組合せによる許容応力度の割増しを考慮する場合は、個々の状況に応じて適切に定める。

表 5-6-12 許容応力度の割増し

短 期 荷 重	割増率 (%)
温度変化の影響	15
風荷重	25
地震動	50
温度変化の影響+風荷重	35
温度変化の影響+地震動	65
施工時荷重	50

6. 6 各部位の設計等

6. 6. 1 本体

(1) ゲート

① ゲートの構造

<考え方>

ゲートは全閉することによって、洪水時又は高潮時において、計画高水位（高潮区間においては計画高潮位）以下の水位の流水の作用、風浪等における波圧に対して安全な構造となるよう設計する必要があり、河川水が堤防内に入り滞留することを防ぐため、原則として川表側に設ける必要がある。

ゲートは、確実に開閉し、かつ、必要な水密性を有する構造とするため適切なゲート形式を選定する必要がある。樋門のゲートは、一般的に引上げ式のローラゲート、スライドゲート、マイターゲート、フラップゲートが使用されているが、操作の確実な点では引上げ式のローラゲートが最も優れている。しかし、フラップゲートやマイターゲート等の水圧、浮力で開閉するゲートは、頻繁に操作が必要な感潮区間や、中小河川で出水頻度が多く出水時間が早い場合、或いは高潮による急激な水位上昇が発生する場合などに有利であり、高齢化による操作員の減少、安全の確保という背景と操作の確実性という要請などを踏まえると有効な選択肢となり得る。そのため、樋門ゲート構造については、施設の規模、背後地の土地利用状況、個別の状況（管理上、構造上の条件等）を総合的に勘案し選定する必要がある。なお、ゲート形式をフラップゲート又はマイターゲートとする場合は、不完全閉塞を起こす可能性が非常に少なく、不完全閉塞が起こったとしても、治水上著しい支障を及ぼすおそれがないと認められ、かつ、引上げ式ゲートとした場合に、出水時の開閉操作にタイミングを失うおそれがあること、人為操作が著しく困難又は不適當と認められること、川裏の予備ゲート又は角落し等を設けることによって容易、かつ、確実に外水を遮断できる構造であることが必要である。

扉体構造は、実績も多く、荷重を合理的に受け、戸当りを介して函渠、門柱へ伝達することができるプレートガーダ構造を基本としている。

ゲートの基本寸法とは、設置標高、内空断面、断面高等を意味し、引上げ式ゲート全開時の扉体の下端標高については揚程を考慮し設定する必要がある。また、ゲート引上げ完了時のゲート下端高は、樋門の頂版以上の高さとする必要がある。

戸当りは、コンクリート建造物の規模、強度等に与える影響が大きいため、戸当りの寸法、構造、設置方法等とコンクリート建造物との関連性を検討する必要がある。また、ゲートが点検や整備時に取り外されることも考慮して構造を決定する必要がある。

<必須>

ゲートは、確実な開閉が行えるとともに必要な水密性を有する構造とし、残留沈下及び傾斜を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

ゲートは、洪水時、高潮時及び風浪等が作用した場合において、全閉することによって堤防の代わりとなり得るように川表に設けることを基本とする。

ゲート形式及び規模は、本体の形式・規模及び戸当り等、他の設備との配置を考慮して、設計条件を満足するように決定することを基本とする。

扉体構造はプレートガーダ構造を基本とする。

ゲートの基本寸法は、制約条件を考慮して、「6.4 基本的な構造」に準じて決定することを基本とする。

戸当りの形状はゲートの形式に適合したものとし、扉体支承部からの荷重を安全にコンクリート構造物に伝達することができるように寸法、強度及び剛性を有することを基本とする。

<例 示>

河川や設置場所の特性に応じて門柱レスゲートの採用事例がある。
門柱レスゲートの主な構造形式を表 5-6-13 に示す。

表 5-6-13 門柱レスゲートの主な構造形式

開閉形式	ゲート形式	主な主動力方式
ヒンジ形式	起伏ゲート	無動力式
	マイターゲート	無動力式、機械式、油圧式
	フラップゲート	無動力式、機械式、油圧式

② 開閉装置

<考え方>

樋門は、平常時は全開又は一部開放しており、洪水時又は高潮時にゲートを全閉し堤防機能を確認する必要があることから、確実にゲートを開閉できる必要がある。開閉装置の設置箇所は、ゲート形式に応じて適切に設定する必要があり、引上げ式ゲートの場合は堤防高よりも高い操作台の上に設置している場合が多い。

開閉装置の形式は、標準で示すものの他、使用頻度、流量調整の有無、締切力の有無、操作室のスペース、維持管理等を検討し、選定する必要がある。一般的によく利用される開閉装置形式は、ラック式、ワイヤーロープウインチ式、油圧シリンダ式などがあり、小・中型ゲートでは操作性がよく、扉体自重による急閉塞も可能なラック式の採用が多い。

開閉装置は、操作の確実性や容易さを考慮し、電動機を原則とする。なお、小規模樋門のゲートでは、経済性を考慮して人力による開閉操作の採用も考えられるが、この場合は、操作水位、ゲート形式、自重降下の有無、人力での操作力と操作時間（一般に 10kgf 以下で操作時間 10 分未満程度が限界）等を考慮して、所定の機能等を確認する必要がある。

予備電源を設けることにより、常用（商用）電源が暴風雨等において停電した場合でも対応することができ、必要最小限の機能を確認できる。中・小型のゲートでは、ゲート形式と自重降下の有無、開閉装置形式、管理体制等を考慮して、人力による方式も採用でき、この場合、常用（商用）電源の代わりとなる予備電源は省略することもできる。

予備動力を設けることにより、主動力が使用不可能となっても、ゲートを操作することができる。予備動力は、電動機による方式が望ましいが、中・小型のゲートでは、ゲート形式と自重降下の有無、開閉装置形式、管理体制等を考慮して、人力による方式で代用することができる。

ゲートの操作は機側操作が一般的に採用されるが、樋門の目的、規模、現場操作員の負担軽減や安全の確認等の管理体制を踏まえ、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することとする。自動化は、計測した水位に応じて自動で開閉操作を行うことができるように改造することや、ゲート自体をフラップゲート等自動開閉が可能なものとするなどであり、遠方操作化や遠隔操作化は、管理所や遠隔地から操作を行うことを可能とすることである。

< 必 須 >

開閉装置は、ゲートの確実な開閉操作を行うとともに必要な水密性を有する構造とし、残留沈下及び傾斜を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

開閉装置は、ゲートの開閉を確実にを行うために設置し、ゲート形式に応じて適切な箇所に設けることを基本とする。

開閉装置形式の選定に当たっては、設備の設置目的、用途、ゲートの種類、開閉荷重の大きさ、方向及び押下げ力の要否、揚程、開閉装置の設置位置、配置及び設置環境を考慮の上、選定することを基本とする。

開閉装置は、小規模なゲートを除き、電動機等によるものとし、全てのゲートに開閉用予備動力を備えることを基本とする。

ゲートの操作のための設備は、機側操作を基本とする。なお、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することとする。

< 推 奨 >

樋門に使用する開閉装置では、小型ゲートについては操作性がよく、扉体自重により急閉塞も可能なラック式の採用が望ましい。

< 例 示 >

ゲートの操作は、操作上の安全確保の観点から、機側操作優先で設計される場合が多い。ただし、津波・高潮区間や排水機場周辺の連動操作が必要な場合など、管理体制等の条件により遠方操作・遠隔操作を行う場合、十分な安全性を確保したうえで、機側操作に対し遠方操作・遠隔操作を優先する設計を行う場合がある。

(2) 函渠

① 函渠の構造

< 考え方 >

函渠は、用水、排水及び舟の通行に必要な機能を満足する適切な位置へ設ける必要がある。樋門の設置位置の考え方は「6.3 設計の基本」に示すとおりとする。

函軸の構造形式は、継手の構造特性、胸壁・遮水壁等の構造特性及び基礎形式等を考慮して設定し、たわみ性構造及び非たわみ性構造に分類される。たわみ性構造は剛な函体とたわみ性の継手、或いは函体自体がたわみ性の構造で、柔構造樋門として用いられる構造である。非たわみ性構造は継手が無い 1 スパンの場合や継手の変形能力が小さい構造であり、変形が許容できない場合に適用され、良好な地盤や地盤改良等を行ったうえで用いる。

函体断面の構造形式は、断面のたわみ特性の違いから、コンクリート構造の剛性函体及び鋼管・ダクタイル鋳鉄管等で構成されるたわみ性函体に分類される。たわみ性函体は、函体自体が変形を許容する構造のため、堤防機能に悪影響を及ぼさないよう留意する必要がある。

函渠の断面、函渠長は、「6.4.1 函渠の内空断面の設定」及び「6.4.2 函渠長」に示す内容により設計し、構造形式や端部の取り合いを考慮の上、設定する必要がある。

ゲート前面には必要に応じて角落しを設けるための戸溝を設ける必要がある。川表側は、常時水位が高い場合等においてゲートや函内の維持管理を行うために設ける。川裏側は、川表側と同様に維持管理の利用に加え、異常時の仮ゲート機能の確保のために設ける。それぞれ必要性を検討して設ける必要がある。戸溝幅は、水圧の大きさにより決定される角落しの

規模により設定する必要があるが、0.1m程度としている場合が多い。

<必須>

函渠は、遮水壁、門柱、胸壁、ゲート操作台と一体構造とし、必要な水密性、屈とう性を有する構造とし、残留沈下を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

函渠は、目的とする取水機能、排水機能等を満足させ、適切な位置に設けることを基本とする。

函渠の構造形式は、函体の断面構造及び継手の構造特性を考慮して決定することを基本とする。

函渠の断面、函渠長は、「6.4.1 函渠の内空断面の設定」、「6.4.2 函渠長」に示す内容により設計することを基本とする。

ゲート前面には、角落し設置のための戸溝を設けることを基本とする。

<推奨>

1) 函渠端部の構造

函渠端部は、門柱、胸壁、遮水矢板等からの作用の影響や戸溝の設置など函渠中央部よりも設計条件が厳しくなるため、これらの状況に対して安全な構造が求められる。函渠両端には、図 5-6-9 に示すように函渠両端部の頂版及び川表側端部の側壁の厚さを増して補強することが望ましい。ただし、大規模な樋門で頂版及び側壁の厚さが大きい場合(0.5m以上)には補強の必要はない。また、0.5m以下の場合には、補強後の厚さの上限を0.5mとすることが望ましい。なお、函渠端部の底版の厚さは、下部戸当りのため必要な厚さを考慮し、また、胸壁の底版の厚さと同じとなるように定めることが望ましい。

函体端部を短いスパンとした場合は、予期せぬ不同沈下が生じるため、あらかじめ防止策を検討して安定を図る必要がある。

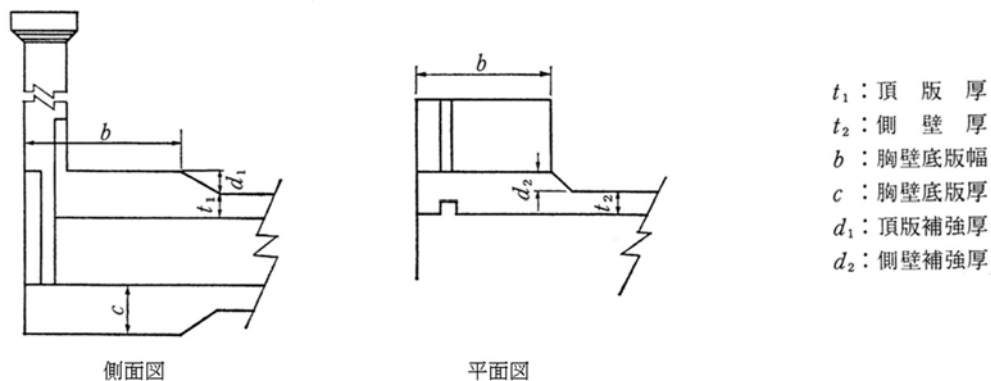


図 5-6-9 川表函渠端部

2) 戸溝部の補強

戸溝による部材厚の減少分については、必要に応じて厚さを増すことによる補強又は鉄筋補強を行うことが望ましい。

3) 水生生物等の環境の配慮

川表・川裏側の底版と河床の間に著しい段差を生じさせないなど、水生生物等の生息環境、本支川の移動等を考慮して設計することが望ましい。

② 継手

<考え方>

継手は、地盤の残留沈下量分布、堤防の横断形状、樋門の構造形式、基礎及び地盤の変形特性、基礎形式等を考慮して適切に函渠をスパン割し、設ける必要がある。

継手の構造形式は、想定される変形量に応じた函渠の開口、折れ角、目違い等を検討し、適切な形式を選定する必要がある。一般的には、継手の開口、折れ角、目違いをほとんど拘束しない可とう性継手、継手の目違いを拘束するが、開口、折れ角をほとんど拘束しないカラー継手、継手バネの大きさとスパン間の変位差に応じた断面力を伝達する弾性継手がある。

<必須>

継手は、必要な水密性及び屈とう性を有する構造とし、残留沈下を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

継手は、地盤の沈下・変位に樋門を追随させるために設置し、函渠の適切なスパン割を検討して配置することを基本とする。

継手は、想定される変形量に応じ、適切な構造形式を選定することを基本とする。

<推奨>

1) 継手の設置間隔

継手の最大間隔は 20m 程度を推奨するが、軟弱地盤における樋門では、不同沈下の影響が避けられないので、継手間隔は地盤条件及び構造特性を考慮した適切な間隔とすることが望ましい。

2) 継手の設置位置

継手の位置は、土圧が大きい中央部付近をできる限り避けるようにすることが望ましい。そのため、継手は 2 個以上とすることが望ましく、スパン長や継手部の安全性に配慮して、設置位置を決定する。

③ 扉室

<考え方>

取水のための樋門で、敷高が低い場合や取付水路の延長が長く維持管理ができない場合、又は排水のための樋門で高水敷が公園等に利用されている場合等では、取付水路を函渠構造とすることが多い。このような場合は、ゲートの維持管理や据え付け・取外しを支障なく実施できるよう扉室を設ける必要がある。

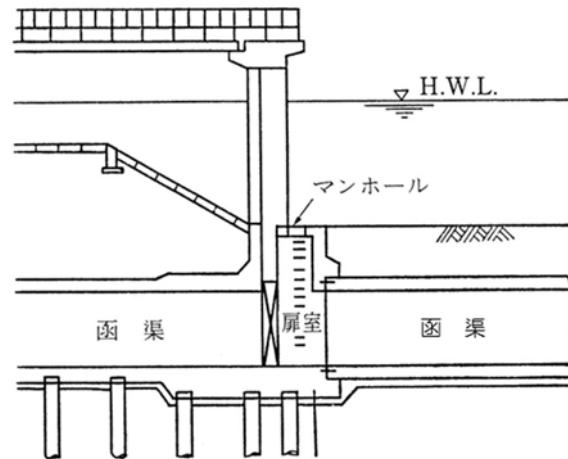


図 5-6-10 扉室

<標準>

扉室は、取付水路が函渠構造の場合に、函渠内部やゲートの維持管理を行うため、取付水路の函渠と接続部に設けることを基本とする。

<推奨>

1) マンホールの蓋の浮上り防止

扉室に設けるマンホールは、密閉された状態の空間に河川水が流入することによって圧力が発生し、マンホールの蓋が浮上ることが考えられることから、マンホールの蓋の浮上りを検討し、必要に応じ浮上り防止のための金具を設けるなどの対策を講ずることが望ましい。

2) マンホール内の昇降施設の設置

昇降施設として維持管理のためのタラップ等を常設し、水没する場合においては、必要に応じてタラップの腐食等を考慮した構造や材質とすることが望ましい。

(3) 遮水壁

<考え方>

遮水壁は、樋門と堤体の接触面で発生する浸透流の卓越に伴うパイピングにより樋門が堤防の弱点となることを防止するため、1箇所以上設ける必要がある。

遮水壁の高さ及び幅は、函渠天端及び函渠側面からそれぞれ1m以上となるように設定するが、土被りが小さい樋門で遮水壁の高さを1mとすることが不適當な場合は、適當な範囲まで縮小することができる。

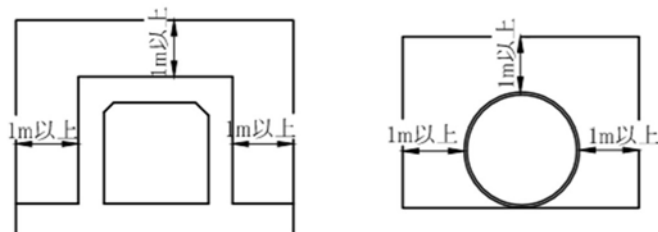


図 5-6-11 遮水壁の設置例

<必須>

遮水壁は、函渠と一体構造で必要な水密性を有する構造とし、残留沈下を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

遮水壁は、函渠の上面及び側面に沿うパイピングを防止するため、函渠に1箇所以上設けることを基本とする。

遮水壁の高さ及び幅は、函渠天端及び函渠側面からそれぞれ1m以上を基本とする。

<推奨>

堤防断面が大きく、函渠の長さが長い場合には、遮水壁を2箇所以上設けることが望ましい。

(4) 門柱

<考え方>

門柱は、引上げ式ゲートを採用した場合において、ゲートを引上げるために設ける必要がある。フラップゲートやマイターゲート等のゲート形式の場合は門柱を必要としない。

門柱の高さは「6.4.3 門柱の天端高」に従い、ゲートの大きさ、引上げ余裕等を考慮し、設定する必要がある。

門柱の断面設定においては、設けるゲート及び戸当り金物の規模、設置スペースを考慮して設定する必要がある。

門柱の底部戸当り面は、函渠との段差を生じさせないように函渠底版と同一平面とする必要がある。

<必須>

門柱は、函渠と一体構造とし、残留沈下及び傾斜を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

門柱は、ゲート形式が引上げ式ゲートの場合に設置し、函渠の配置に合わせて設けることを基本とする。

門柱の高さは「6.4.3 門柱の天端高」に従って設定することを基本とする。

門柱の断面は、戸当り金物を十分な余裕をもって取り付けられるように設計することを基本とする。

門柱の底部戸当り面は、函渠底版と同一平面とすることを基本とする。

<推奨>

- 1) 門柱の構造計算に用いる有効断面には、原則として戸当たりの箱抜き部分の二次コンクリートを考慮せず設計することが望ましい。
- 2) 門柱部の戸当りは、ゲートが取外せるように取外し式又は回転式とすることが望ましい(図5-6-12 参照)。

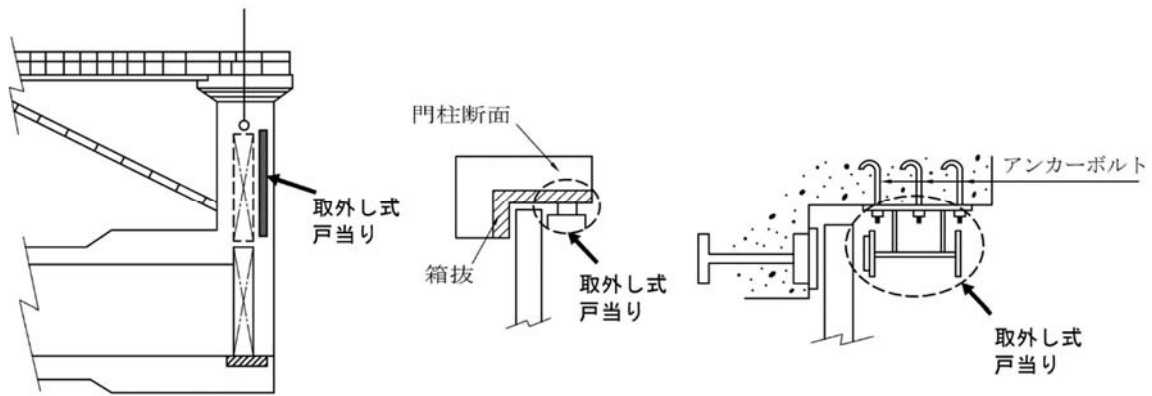


図 5-6-12 取外し式戸当りの例

2) 門柱と函渠の接続部は、応力集中が考えられるため、図 5-6-13 のように斜め補強筋、或いはその他の方法で補強することが望ましい。

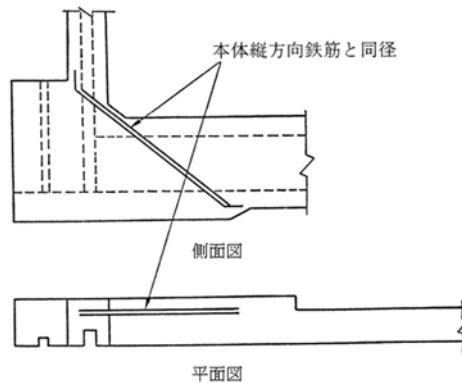


図 5-6-13 門柱と函渠接続部の配筋

(5) ゲートの操作台

<考え方>

操作台は、ゲート操作の開閉装置及び操作盤等の機器の設置、照明等の付属施設を設けるため、引上げ式ゲートの場合は門柱の上に設ける必要がある。

操作台は、開閉装置の設置及び操作、点検並びに整備等の維持管理が容易に行える広さを有する必要がある。維持管理に必要な広さの設定は、水門・樋門ゲート設計要領（案） 6-3-3 開閉操作室に準拠する。

<必須>

操作台は、門柱と一体構造とし、残留沈下及び傾斜を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

操作台は、ゲート操作の開閉装置、操作盤等の機器を設けるため、門柱の上に設けることを基本とする。

ゲート操作台は、操作性、維持管理に配慮した形状寸法を基本とする。

<推 奨>

操作室の設置に当たっては、耐震性能を確保する観点から極力軽量な材質を適切に選定することが望ましい。

6. 6. 2 胸壁

<考え方>

胸壁は、堤防内の土粒子の移動及び吸出しを防止するとともに、翼壁が洗掘等により破損し、堤防前面が崩壊した場合においても、一時的に堤防の崩壊を防止できる構造とするため、函渠と一体構造とし、樋門の川表及び川裏に設ける必要がある。

胸壁は、函渠と一体となって堤体土の崩壊を防止する壁構造とするため、逆T形構造を基本とする。

胸壁の函軸直角方向の長さは1m程度とする必要がある。

胸壁の横方向の長さは1m程度とし、函体上面からの胸壁の高さは、堤防断面の最小限の切り込みを考慮して決定する必要がある。

<必 須>

胸壁は、函渠と一体の構造で必要な水密性を有する構造とし、残留沈下及び傾斜を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標 準>

胸壁は、堤防内の土粒子の移動及び吸出しを防止するとともに、翼壁の破損等による堤防の崩壊を一時的に防止できる構造とするため、樋門の川表及び川裏に設けることを基本とする。

胸壁の構造は、逆T形を基本とする。

胸壁の横方向の長さは、1m程度を基本とする。

<推 奨>

函渠頂版の天端から胸壁の天端までの高さは、「6. 4. 2 函渠長」のとおり0.5m程度とし、高くても1.5m以下とすることが望ましい。

胸壁の断面形状は、図5-6-14に示すように底版幅(B)は、胸壁高(H)の1/2以上で、かかと(b2)の長さはつま先(b1)の長さ以上とすることが望ましい。

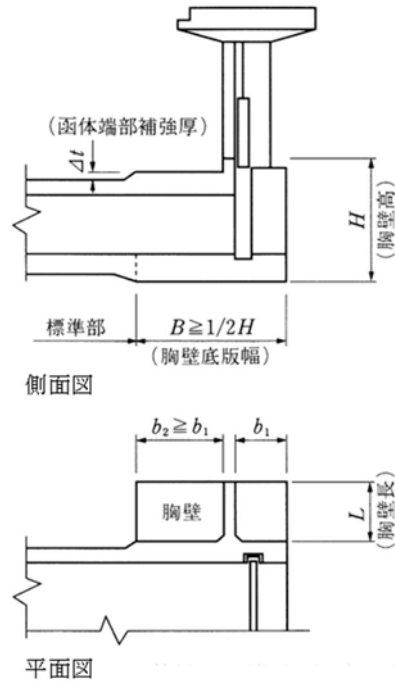


図 5-6-14 函体端部の構造（門柱部）

6. 6. 3 翼壁

<考え方>

翼壁は、函渠及び胸壁と分離した構造で、堤防や堤脚を保護し、接続する河川又は水路を円滑に通水させるため、樋門の川表及び川裏に設ける必要がある。

翼壁の構造は、安定性、経済性から図 5-6-15 に示すU形断面（Aタイプ）とすることを基本とするが、水路幅が広くなると、底板が厚くなり、品質及び経済性に課題が生じる場合があるため、その場合には逆T形断面（Bタイプ）を採用する。また、必要に応じて水生生物の生息に配慮した形状構造を工夫する。

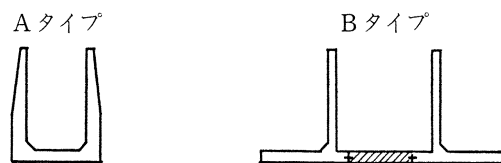


図 5-6-15 翼壁標準断面図

翼壁の端部は、接続する河川又は水路及びその周辺からの洗掘等による堤防への影響を避けるため、堤防と並行に壁を設ける必要がある。

<必須>

翼壁は、必要な水密性及び屈とう性を有する構造とし、残留沈下及び傾斜を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

翼壁は、函渠及び胸壁と分離した構造で、堤防や堤脚を保護するため、樋門の川表及び川裏に設けることを基本とする。

翼壁の構造は、U形断面を基本とし、水路幅が広い場合は逆T形断面とする。

翼壁の端部は、堤防と並行に壁を設けることを基本とする。

<推奨>

1) 平面形状

翼壁の平面形は、図 5-6-16 のように川表及び川裏に向かって漸拡することが望ましい。

2) 設置範囲

翼壁は、図 5-6-16 に示すように堤防断面以上（堤防断面の法面を延長し翼壁の底版と交差する範囲）の範囲まで設けることが望ましい。

翼壁の端部は、水路の洗掘等を考慮し、堤防に平行な取付水路の護岸の範囲又は翼壁端部の壁高に 1m を加えた値のいずれか高い方の高さとすることが望ましい。

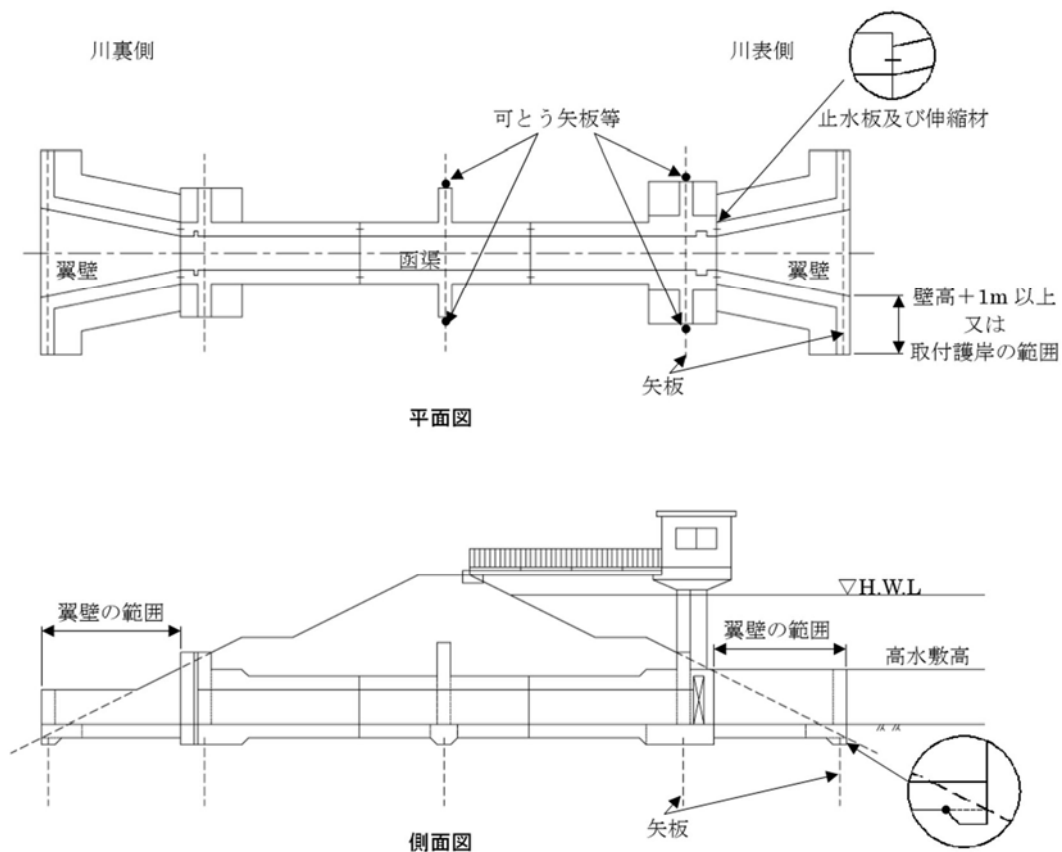


図 5-6-16 翼壁の平面図及び側面図

6. 6. 4 水叩き

<考え方>

水叩きは、樋門の安全性を保ち、吐口部及び呑口部の河床と函渠部分の粗度の違い又はゲート開放時の流水等によって河床が洗掘されるのを防止するために設ける必要があり、翼壁の構造形式が「6. 6. 3 翼壁」の〈標準〉逆T形断面 (Bタイプ) となる場合に設ける。

水叩きと翼壁との継手は、水密かつ不同沈下にも対応できる構造で、表面に大きな段差を生じさせないよう設計する必要がある。また、翼壁に設ける遮水工が水叩きによって分断さ

れないように配慮する必要がある。

水叩きは、翼壁の底版を保護する必要があるため、翼壁と同一の長さとする必要がある。

< 必 須 >

水叩きは、必要な水密性及び屈とう性を有する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

水叩きは、樋門の吐口部及び呑口部の洗掘を防ぐため、必要に応じて翼壁に設けることを基本とする。

水叩きの先端は、流水による洗掘及び遮水工との接続に配慮した構造であることを基本とする。

水叩きは、翼壁と同一の長さとすることを基本とする。

6. 6. 5 遮水工

< 考 え 方 >

遮水工は、函渠及び翼壁下部の浸透流の卓越に伴う土砂流動と、翼壁前面での河床洗掘による土砂の吸出しにより、樋門が堤防の弱点となることを防止するために、翼壁や函渠に設ける必要がある。

遮水工は、鋼矢板を用いることが多く、遮水工の深さ及び水平方向の長さは、堤防断面形状、水頭差、遮水工の配置を考慮したうえで、レインの式などによる浸透経路長を検討し設定する必要がある。鋼矢板以外の材料とする場合は材料の強度、耐久性、遮水効果について検討を行う必要がある。

< 必 須 >

遮水工は、必要な水密性及び屈とう性を有する構造とし、残留沈下を考慮して設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

遮水工は、函渠及び翼壁下部の土砂流動と洗掘による土砂の吸出しを防止するため、適切な位置に設けることを基本とする。

遮水工の構造、遮水工の深さ、水平方向の長さは、堤防断面形状、水頭差、浸透経路長、過去の事例などを総合的に検討のうえで決定することを基本とする。

< 推 奨 >

1) 配置

遮水工に用いる矢板は、内外水位差による浸透水の動水勾配を減少させ、樋門下部の土砂流動と洗掘による土砂の吸出しを防止するために図 5-6-17 のように設けることが望ましい。

翼壁の U 型断面 (A タイプ)、逆 T 型断面 (B タイプ) の形式は「6. 6. 3 翼壁」による。

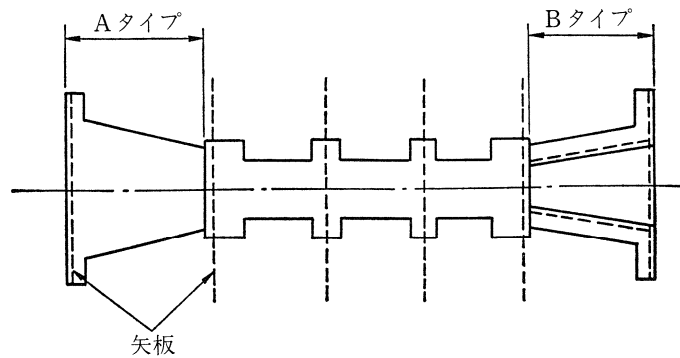


図 5-6-17 遮水工

2) 構造

遮水矢板は、本体と離脱しないように配慮し、水平方向に設ける遮水矢板は必要に応じ屈とう性を有する構造として設計することが望ましい。

3) 鋼矢板を遮水工として用いる場合の留意点

鋼矢板を遮水工として用いる場合、安全性、現場条件及び市場性を考慮したうえで、U形（普通型、広幅型等）、ハット型の経済比較を行い、適切に選定すること。

鋼矢板の設置間隔が狭く、かつ鋼矢板が長い場合、鋼矢板間に地下水が回り込まず、想定した浸透経路長が確保できない場合がある。そのため、遮水工の深さは2m程度以上、水平方向の長さは遮水壁及び胸壁から2m程度以上かつ開削法面範囲までとし、函軸方向の設置間隔の1/2以下とすることが望ましい。

<例 示>

基礎地盤が良好な場合の直接基礎で鋼矢板の施工が困難な場合は、コンクリートのカットオフとする場合がある。

6. 6. 6 基礎

<考え方>

基礎は、函渠の構造特性及び地盤変位の影響に対応できるものとし、樋門の機能を確保するとともに、樋門周辺の堤防が有すべき堤防機能を損なわない構造として設計する必要がある。すなわち、函渠自体の変形がない場合に、函渠周辺の地盤が沈下すると函渠周りに空洞ができることが多いため、周辺地盤の沈下とともに函渠が追随するような基礎とする必要がある。したがって、樋門の基礎は、基礎地盤の残留沈下量及び樋門の構造形式に応じた直接基礎とすることが一般的である。基礎は、残留沈下量と函渠構造との関係より、地盤改良等を含めて経済性を考慮したものとする。なお、沈下抑制対策を行った場合に函渠部とその樋門周辺の堤防の沈下量の差が大きくなる場合は、すり付けのための対策を考慮する必要がある。

樋門の構造形式は、基礎地盤の残留沈下量及び基礎の特性等を考慮して選定を行い、杭（先端支持杭及び摩擦支持杭）基礎等の不同沈下により空洞化が生じやすい基礎形式を避け、柔構造樋門として設計を行う必要がある。

函渠とその周辺地盤の一体性が十分でなく、函体の直下に空洞が発生した場合、その対策として底版に設置したグラウトホールからグラウトを注入し空洞を充填することが有効である。

<必 須>

基礎は、函渠の構造特性、残留沈下量及び樋門周辺の堤防への影響を考慮し、設計荷重に対して安全な構造とするものとする。

<標 準>

基礎は、函渠及び翼壁の下に同一の基礎で設けることを基本とする。

基礎の形式及び構造は、樋門周辺の堤防との不同沈下或いは空洞化をできるだけ小さく留めるよう適切に選定することを基本とする。

函渠には、グラウトホールを設けることを基本とする。

<推 奨>

1) 残留沈下量の抑制

残留沈下量は、樋門の開閉性、水密性、函体の構造特性及び堤体に悪影響を及ぼさない範囲まで抑制することが望ましい。残留沈下量が大きい場合は、地盤改良工法を併用し、スパン割、函体や継手の構造特性等に応じて残留沈下量を適切な範囲に抑制することが望ましい。

地盤の残留沈下量を抑制する地盤改良工法としては、プレロード工法を優先的に検討することが望ましい。

2) 空洞化対策

グラウトホールの設置間隔は、過去の施工実績や試験施工、資機材規格（能力）等を踏まえた施工性により、一般的に 5m 程度で設置されているが、遮水矢板の位置、グラウトの能力に応じて決定するのが望ましい。このグラウトホールを利用して、底板下地盤に空洞測定用沈下板を設けることで空洞の発生を観測することができる。

なお、グラウトの追跡調査により効果を検証することが望ましい。

<例 示>

グラウトホールの設置間隔は、軟弱地盤（「ガタ土」と呼ばれる微細な粘土及び泥炭）上において試験施工を行い決定した事例や底面については 2m 程度とした事例がある。

6. 6. 7 護床工

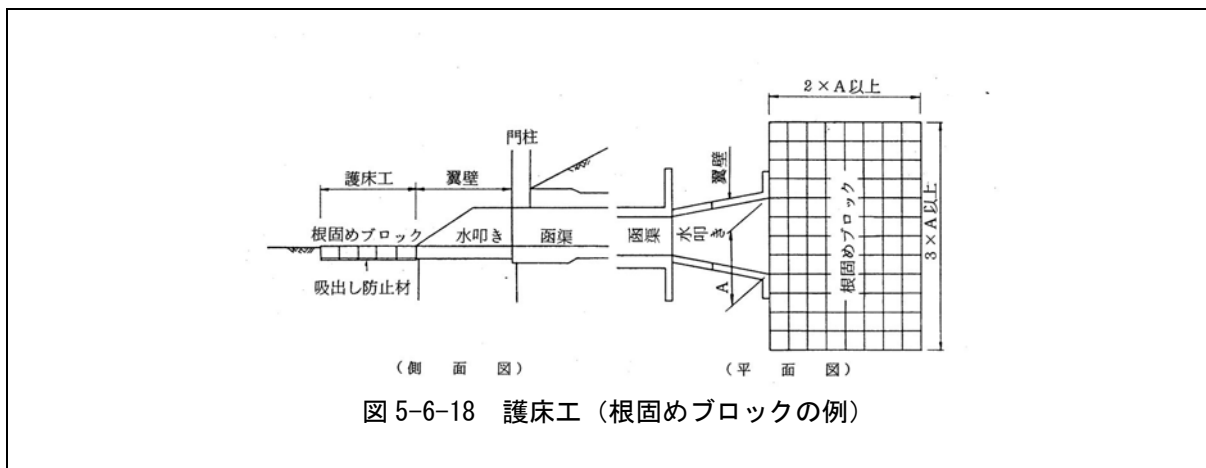
<愛知県基準>

<考え方>

護床工は、流速を弱め流水を整え、併せて流水による洗掘等から堤防や函渠、水叩きを保護するために翼壁前面に設ける必要がある。

護床工の構造は、水叩き下流で流水が減勢される区間では、鉄筋により連結されたブロック構造又はコンクリート構造等とし、その下流の整流となる区間では、粗朶沈床、木工沈床、改良沈床、コンクリート床版、コンクリートブロック等が用いられる。そのため、屈とう性を有する構造とし、硬い構造のものから漸次軟らかい構造のもので河床になじみよくするような配慮が必要である。

根固めブロックによる護床工の例を図 5-6-18 に示す。



<必須>

護床工は、必要な屈とう性を有する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

護床工は、樋門の吐口部及び呑口部の流水による洗掘を防ぐため、翼壁の前面に設けることを基本とする。

護床工は、水叩きと河床との洗掘を防ぐことができる長さ及び構造となるよう設計することを基本とする。

<愛知県基準>

護床工は、翼壁幅 (A) に対して、接続先の河川流下方向に $3 \times A$ 以上、河川横断方向に $2 \times A$ 以上の延長で設けることを基本とする。

6. 6. 8 護岸

<考え方>

護岸は、樋門の影響による流水の乱れ、高潮時及び風浪時の波浪、計画津波水位以下の津波及び越波に対し堤防を保護するとともに、樋門及び樋門周辺の堤防が一連区間の中で相対的な弱点とならないように護岸を設ける必要がある。

樋門が横断する河岸又は堤防に設ける護岸は、樋門の両端（胸壁又は翼壁のいずれか長い方の端部）から上流及び下流にそれぞれ 10m の地点を結ぶ区間以上、堤防天端での開削幅がカバーできる区間以上のいずれか大きい区間に設ける。既設護岸と近接する場合は、その区間を空けずに連続させる必要がある。また、管理橋下の堤防の法面は、図 5-6-19 に示す範囲に護岸を設ける必要がある。

護岸の形式及び構造は、「改訂 護岸の力学設計法」を参考に設定する必要がある。

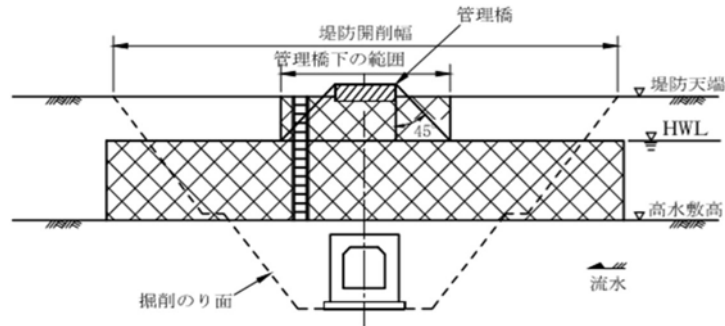


図 5-6-19 樋門の護岸の例

護岸には、多くの形式があり、使用される素材、構造の外観等はさまざまであるが、設置箇所の河道特性や周辺の護岸形式及び構造を踏まえて設計する必要がある。

< 必 須 >

護岸は、流水の変化に伴う河岸又は堤防の洗掘を防止する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

< 標 準 >

護岸は、流水等の作用により、堤防又は河岸を保護するため、適切な範囲に設けることを基本とする。

護岸の形式及び構造は、設置箇所の河道特性及び樋門周辺の堤防環境を考慮し、適切に設定することを基本とする。

6. 6. 9 取付水路

< 考 え 方 >

取付水路によって高水敷が上下流に分断されることにより、その一体的利用が損なわれないように、取付水路の横断や親水性等に配慮する必要がある。堤防への影響を最小限に留めるように、川表の取付水路は、翼壁前面から低水路に向かって、川裏は支川水路との取付部に、堤防法線に直角に設ける必要がある。

< 必 須 >

取付水路は、樋門の円滑な取水機能及び排水機能を満足するとともに、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。なお、高水敷の河川横断方向に設ける樋門の取付水路については、工作物設置許可基準第十を参照する。

< 標 準 >

取付水路は、堤防に及ぼす影響を最小限に留めるよう、堤防法線に直角に設けることを基本とする。

< 推 奨 >

支川の河床又は敷高と本川の河床とに落差があるなどの状況により、内水位が本川水位より高くなる場合には、樋門と堤体との接触面に沿って内水が堤外に浸透することがある。この場合、長年の間に樋門と堤体との接触面付近に大きな空隙が生じ、洪水時に突然堤防決壊を引き起こすこともある。したがって、このような場合には、内水が堤外に浸透することに

についても十分留意する必要がある、支川の取付護岸は必要な区間に対して遮水シートを有するコンクリート護岸等とするとともに、翼壁の接続部の水密性を保つようにすることが望ましい。

6. 6. 10 高水敷保護工

<考え方>

高水敷保護工は、樋門の翼壁部分又は取付水路によって上下流に不連続となり、一般にその部分で乱流が起り、洗掘を受けやすいので、必要な範囲に高水敷保護工を設ける必要がある。

高水敷保護工の構造は、一般には、カゴマット、連節ブロック等を用いて流水の作用による高水敷の洗掘を防止するものとし、かつ、周辺景観との調和、河川の生態系の保全等の河川環境に配慮して覆土を行う必要がある。

取付水路の保護工は、取付水路の範囲に周辺護岸や高水敷の利用を踏まえて設ける必要がある。

<必須>

高水敷保護工は、高水敷の洗掘を防止する構造とし、設計荷重に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

<標準>

高水敷保護工は、流水等の作用による高水敷の洗掘を防止するため、必要に応じて高水護岸前面に設けることを基本とする。

高水敷保護工は、河川の生態系の保全等の河川環境に配慮した構造を基本とする。

高水敷保護工は、「6. 6. 8 護岸」で示す護岸の範囲において設けることを基本とする。

6. 6. 11 付属施設

<考え方>

付属施設には、操作室、樋門操作員待機場、管理橋、管理用階段、照明設備、水位観測施設、船舶通航用の信号、繫船環、防護柵等があり、ゲート操作のための水位把握、操作員等の安全確保、維持管理に必要な施設を設ける必要がある。

<標準>

樋門には、維持管理及び操作のため、必要に応じて付属施設を設けることを基本とする。

6. 6. 12 既存施設の自動化・遠隔化

<考え方>

新設の樋門のゲートの操作のための設備については、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することとしているが、既存の樋門のゲートの操作のための設備についても、樋門の目的、規模、操作員の負担軽減や安全の確保等の管理体制を踏まえ、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することとする。

自動化は、計測した水位に応じて自動で開閉操作を行うことができるように改造することや、ゲート自体をフラップゲート等自動開閉が可能なものとすることであり、遠方操作化、遠隔操作化は、管理所や遠隔地から操作を行うことを可能とすることである。

<標準>

既存の樋門のゲートの操作のための設備については、必要に応じて自動化、遠方操作化や遠隔操作化を検討することを基本とする。

6.7 樋門構造に関するその他の事項

<考え方>

1) 現況施設の能力を上回る事象に対する対応について

現況施設能力を上回る洪水の生起により計画高水位を超えるような事象が頻発しており、今後の気候変動の影響によっては、このような事象が更に増えることも考えられる。そのため施設能力を上回る外力に対し、「構造上の工夫」により減災を図ることが求められる。

2) 気候変動を踏まえた施設設計について

今後、気候変動により外力が更に増加する可能性があることにも留意する必要がある。そのため、外力の増加への対応として、大規模な改良とならないよう補強しやすい構造とする又は、あらかじめ対策を施すなどの設計が求められる。

3) ICTやBIM/CIMの利用

i-Construction 推進の一環として、ICTによる建設生産プロセスのシームレス化が取り組まれている。UAV 写真測量やレーザースキャナー計測などで得られる3次元点群データを活用することで、現況地形や既設物の構造を様々な角度・断面から把握することができる。新設・改修する施設の3次元モデルを作成し活用することにより、構造に関して関係者の理解と合意形成が促進される。このため、計画段階など事業の早期段階をはじめ、施工段階、施工後の点検・補修・修繕の段階においてBIM/CIMを積極的に活用し、樋門本体及び樋門周辺の堤防を適切に維持管理していくことが求められる。

<愛知県基準>

6.8 排水樋門・樋管の敷高について

樋門・樋管の敷高は、原則として、計画河床に整合させるものとする。ただし、河川及び地形の状況等を考慮して、特別の事情によりやむを得ないと認められる場合においてはこの限りではない。

- (1) 一般的にあって、本川河床は、低下傾向にあることから、樋門・樋管の敷高が高いと排水効果が阻害され、また堤体の安定上、樋門・樋管の敷高は、極力下げておくのがよい。
- (2) 本文ただし書きにおいて、「河川及び地形の状況等を考慮して」とは、本川計画水位より、堤内地盤高が高いとき（掘込河道）等をいうものである。
また、「特別の事情によりやむを得ないと認められる場合」とは、
 - a) 水路敷高が高く計画河床に整合させると構造が大規模になり、維持管理が困難になる場合。
 - b) 現況と計画河床との高低差が大きく、計画河床に整合させると排水が著しく阻害される場合。
 - c) 小規模なもの（φ300～1000）を設置する場合を示すものである。
- (3) 当面、改修予定のない河川であっても、樋門・樋管は河川の将来計画に合わせて設置することが望ましい。しかし、機能確保上問題であったり、著しい先行投資になる場合については、「現況に即して」運用してもよいとする。ただし、この場合将来計画に対応できる構造にしておくものとする。

出典：「排水樋門・樋管の敷高について（通知）」（昭和60年11月、愛知県土木部河川課）

維持管理編

第1章 総説

第1節 目的

1.1 本基準の目的

<考え方>

近年、毎年のように激甚な水災害が発生し、既に気候変動の影響の顕在化が指摘されている。今後、気候変動によって更なる豪雨の頻発化・激甚化や潮位の上昇等により、ますます水災害リスクの増加が懸念されることから、適切に河川の維持管理を行う必要がある。また、生物の多様な生息・生育・繁殖環境としての河川環境の保全・整備、地域の活力創出やうるおいある生活のための公共空間としての利用に対する要請も高まっており、このような観点からも適切な維持管理を行う必要がある。一方、高度経済成長期に多くの河川管理施設の整備が進められたが、それらが今後更新時期を迎えることとなり、より効率的な施設の維持と修繕・更新が求められている。

また、河川管理施設及び河川法第26条第1項の許可を受けて設置される工作物（以下「許可工作物」という。）の維持管理に関して、平成25年に河川法（昭和39年法律第167号、以下「法」という。）の一部が改正され、同法第15条の2において、河川管理者又は許可工作物の施設管理者は、河川管理施設又は許可工作物（以下「河川管理施設等」という。）を良好な状態に保つように維持し、修繕し、もって公共の安全が保持されるように努めなければならないことが定められた。

1.2 河川維持管理の技術的基準を定める際の基本的な考え方

<考え方>

平成18年7月の「安全・安心が持続可能な河川管理のあり方について」の提言では、河川維持管理の技術的な特徴を次のように記している。

『河川は、水源から山間部、農村部さらには都市部等を流下し海に至る間で、それぞれ異なる地域特性を有している。また、土砂の流出や植生の変化等により長期的に変化していくが、その変化は必ずしも一様なものではなく、洪水、渇水等の流況の変化等によって、時には急激に、状態が変化するという特性を有する自然公物である。』

主たる管理対象施設である堤防は、延長が極めて長い線的構造物であり、一箇所が決壊した場合であっても、一連区間全体の治水機能を喪失してしまうという性格を有している。また、原則として土で作られ、過去幾度にもわたって築造・補修され現在に至っているという歴史的経緯を有し、その時々で現地において近傍の土を使用して築造できるという利点がある一方、構成する材料の品質が不均一であるという性格も有している。

これらのことから、河川維持管理を確実にを行うには、このような河川の状態を見（診）て、状態の変化を分析する、きめ細かな維持管理を実施することが必要となっている。』

これを踏まえると、河川維持管理の技術的基準を定める際の基本的な考え方は主に次のとおりである。

- 自然公物である河川は自然の作用によって変化する。特に、河川は出水により大きく変化し、堤防にも変状が生じる。また、公共用物である河川は、公衆の自由使用に供されていることから、日常の人為的な作用も変化の要因になることがある。
- また、主な河川管理施設である堤防は歴史的な築造の経緯を有するとともに、複雑な地質構造を有する氾濫原に築造されており、いわば一つとして同じ土質構造を有しないため、河川管理施設等構造令においても形状による規定にとどまっているように、実物による長年の出水時の経験等に基づいて安全性を確認してきた構造物である。
- 自然公物でありかつ出水等によって変状を生じる河道、さらに主たる河川管理施設であり歴史的な築造の経緯を有する堤防等を対象とする河川維持管理（平常時及び出水時の対応）は、河川工事と相まって、治水上の安全性を確保するよう現地での変状等に対応し、長年にわたって経験を積み重ねながら実施されてきた。
- したがって、現状の河川維持管理の実施内容あるいはその水準は、河川巡視、点検による状態把握、維持補修等を繰り返してきた中で培われてきたといえる。
- 治水上の安全性を確保しつつ、経験的に行われてきた河川維持管理の実施内容あるいは水準等を変更する場合には、工学的な根拠等に基づく必要があるとともに、今後の維持管理の水準を高めるため、技術的な知見の蓄積を図る必要がある。

1.3 本基準の位置付け

<考え方>

河川維持管理の目的は、洪水等に対する安全性の確保、安定した水利用の確保、河川環境の保全、適正な河川の利用の促進等多岐にわたるが、本基準では河川維持管理の技術的基準を定める際の基本的な考え方に基づいて河川維持管理に必要とされる主な事項をとりまとめた。

本基準は、これまで各河川で行われてきた河川維持管理の実態を踏まえながら、河川維持管理に関する計画、河川維持管理目標、河川の状態把握、維持管理対策、及び水防等のための対策について定めている。施設の操作については維持管理対策に位置づけている。

なお、河川に設置されている種々の構造物は設置後長期間を経過してきており、老朽化は大きな課題となってきた。河川維持管理においてはそれらの課題に対応して、本基準等に基づく適切な維持管理を実施するとともに、効率化・高度化のための技術開発やコスト縮減等にも取り組んでいくことが必要とされている。

本基準に記されていない事項については、法及び本基準にある主旨を参考とし、適正に河川維持管理を実施する必要がある。河川管理者は、河川管理の目的の下で地域の実情や河川の規模等に応じ本基準を適切に運用するとともに、新たな技術の採用や創意工夫によ

り効果的な河川維持管理を行うことも可能である。また、河川の状態変化を把握し、その分析・評価を繰り返すことにより工学的な知見を積み重ね、経験を中心とした技術から工学的な技術体系への転換を図りながら、本基準の改訂に努めていくことが重要である。

第2節 河川維持管理の基本方針

(1) 河川維持管理の基本方針

<考え方>

河川維持管理は、河道の流下能力の維持、堤防等の施設の機能維持、河川区域等の適正な利用、河川環境の整備と保全等に関して設定する河川維持管理目標が達せられるよう、河川管理施設等の構造等を勘案して適切な時期に巡視、草刈り、障害物の処分その他の河川管理施設等の機能を維持するために必要な措置を講ずるとともに、適切な時期に点検を実施し、損傷、腐食その他の劣化その他の異状を把握した場合に必要な措置を講じるなど、適切かつ総合的に行う必要がある。

(2) 維持管理に関する情報の記録

<考え方>

河川管理施設等に関する状態把握や分析・評価、修繕・更新等の維持管理を着実に実施するためには、まず施設の基本情報である河川台帳等の調製、更新を確実にを行い、合わせて点検結果、健全性の評価結果など、施設の維持管理に関する諸情報を正確に把握し記録するとともに、重要な情報を集約しデータベース化を進める必要がある。

(3) 戦略的な維持管理

<考え方>

各河川における管理水準を持続的に確保し、中長期的な維持管理に係るトータルコストの縮減や平準化を図るためには、河道及び河川管理施設がその本来の機能を発揮されるよう計画的に維持管理を行うとともに、状態監視保全への移行や長寿命化対策などを踏まえた戦略的な維持管理を行うことが必要である。

また、高度経済成長期以降に整備された多くの河川管理施設等の老朽化が懸念されており、対策の遅れにより既に施設に損傷が見られるなど、緊急的に対応が必要な施設が多数存在している。更に、今後の気候変動の影響により、災害が激甚化・頻発化する中においても、災害時に機能や性能を適切に発揮し、社会経済活動や国民の安心・安全を確保するためには、予防保全型のメンテナンスサイクルの確立による計画的な維持管理・更新が必要となる。

① 中長期的視点に立った維持管理計画

維持管理は長期的視点に立って計画的に取り組むことが重要であり、そのためには、点検・診断結果やこれらの評価結果を踏まえ、施設の長寿命化計画等の維持管理に係る中長期的な計画の策定や見直しを推進し、当該計画に基づき対策を実施していく必要がある。

②メンテナンスサイクルの構築

河川管理施設は、利用状況、設置位置周辺の自然環境等に応じ、劣化や損傷の進行は施設毎に異なり、その状態は時々刻々と変化する。現状では、これらの変化を正確に捉え、河川管理施設の寿命を精緻に評価することは技術的に困難であるという認識に立ち、河川管理施設を構成する各部位の特性を考慮した上で、定期的な点検・診断・評価により施設の状態を正確に把握することが必要である。

このため、点検・診断・評価の結果に基づき、適切な時期に、着実かつ効率的・効果的に必要な対策を実施するとともに、これらの取組を通じて得られた施設の状態や対策履歴等の情報を記録し、次期点検・診断等に活用するというメンテナンスサイクルを構築し、このメンテナンスサイクルを継続的に発展させていく必要がある。

③状態監視保全、事後保全への移行

堰や水門・樋門、排水機場など、機械設備や電気通信施設を有する河川管理施設の維持管理は、故障した場合に施設機能に致命的な影響を与える部材や部品などを経過年数に伴い定期的に交換・更新を行う「時間計画保全」等の考え方に基づいて、計画的に実施されてきた。

今後、トータルコストの縮減や平準化を図るためには、土木施設を含め河川管理施設の長寿命化を図り、大規模な修繕や更新を軽減することが必要である。このため、設備の設置目的、装置、機器等の特性、設置条件、稼働形態、機能の適合性等を考慮して内容の最適化に努め、かつ効果的に予防保全（設備、装置、機器、部品が必要な機能を発揮できる状態に維持するための保全）と事後保全（故障した設備、装置、機器、部品の機能を復旧するための保全）を使い分け、戦略的に実施することが重要である。

また、河川整備や施設更新時に、維持管理の効率化が可能となる構造形式や新たな技術を用いるなど、あらゆる手段を用いて戦略的に取り組む必要がある。

④長寿命化対策の推進

河川管理施設については、将来にわたって適切に維持管理・修繕・更新していくことを目的とした長寿命化計画を策定するなど、長寿命化対策を進めトータルコストの縮減に取り組んでいく必要がある。特に、確実に経年劣化を生じる機械設備や電気通信施設を有する河川管理施設については、新たな技術を開発・導入して状態監視の信

頼性を高めていくとともに、施設そのものに耐久性のある構造・部材・部品を適用していく必要がある。

<愛知県基準>

愛知県では、「愛知県排水機場等長寿命化マニュアル」（令和5年3月、愛知県建設局河川課）を作成しているのをこれを参考とするものとする。

(4) 許可工作物の施設管理者等への指導・監督

<考え方>

許可工作物については、施設管理者が点検し、必要な対策を行うことが原則であり、河川管理者はその設置にあたり、適切な維持管理が行われるよう許可申請時に審査するとともに、設置後の指導・監督等を適切に行う必要がある。

なお、審査にあたっては「許可工作物技術審査の手引き」（平成23年5月、国土交通省）を参照すること。

また、河川は公共用物であることから、スポーツ・レクリエーション活動、舟運、街づくり等の多様な要請に応えることができるよう、これら相互の調整を図りつつ、適正に維持管理していく必要がある。一方、河川敷地の不法占用や不法投棄が後を絶たない状況にあるが、これらは洪水の安全な流下や他の河川利用、河川環境に支障を及ぼす行為であり、発見した場合には、行為者に原状回復や撤去の指示を行う等により厳正に対処することも必要である。

(5) 河川環境の維持

<考え方>

河川は、豊かな自然環境を残し、うるおいある生活環境の舞台としての役割が期待される。

このため、河川維持管理にあたっては多自然川づくりを基本とし、生物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全、良好な景観の維持・形成、人と河川との豊かなふれあい活動の場の維持・形成、良好な水質の保全といったニーズに応えるべく、河川整備計画における河川環境の整備と保全の内容を基にして、河川水辺の国勢調査等の環境調査結果を踏まえつつ、地域と一体となって河川を維持管理していくことが必要である。

また、流水の正常な機能が維持されるよう、河川の状態把握等を行うことも必要である。

(6) 水防のための対策

<考え方>

河川管理者は出水時の対応のため、緊急復旧（応急対策を含む）に必要な資材を計画的に備蓄するとともに、市町村等が洪水時等に適確な水防活動ができるよう重要水防箇所を定め、周知する必要がある。

洪水予報河川、水位周知河川においては、出水時における水防活動、あるいは市町村及び地域住民における避難活動に資するよう洪水予報等の情報提供を行う必要がある。

<愛知県基準>

愛知県では、別途「愛知県水防計画」を作成しているのでこれを参考とするものとする。

(7) 水質事故対策

<考え方>

突発的に発生する水質事故に対応するため、関係機関と河川管理者で構成する連絡協議会等を設置し、事故対応の訓練や事故発生時の連絡系統の整備を行い、緊急事態が発生した場合に即応できるようにする必要がある。

(8) 地域連携等

<考え方>

人々の生活や地域との密接な関係の下で、その川の特徴とその地域の風土が形成されてきた。そこで、河川と地域との歴史に学びつつ、その地域の自然風土、生活環境、産業経済、社会文化等の特性を踏まえ、地域社会と一体となって河川を維持管理することが必要である。そのためには、市区町村、河川協力団体、NPO、市民団体等との連携等を積極的に図る必要がある。

第3節 適用範囲

<考え方>

(1) 適用範囲

本基準は、法第6条第1項に規定する河川区域（以下「河川区域」という。）、法第54条第1項に規定する河川保全区域（以下「河川保全区域」という。）及び法第56条第1項に規定する河川予定地（以下「河川予定地」という。）並びに河川管理施設及び兼用工作物（ダム及び砂防設備を除く。）の維持管理について適用するものである。また、許可工作物の維持管理について、設置にあたっての審査、許可後の指導・監督等において本基準の該当部分を適用するものである。なお、不法行為への対応を除いて、河川敷地及び流水

の占用等に関する許可については本基準では対象としていない。具体の項目に関して本基準にないものについては、法及び本基準にある主旨に鑑みて適切に維持管理するものである。

(2) 兼用工作物、許可工作物

兼用工作物については、それぞれの施設管理者が協議して維持管理の方法を定めるものであるが、工作物自体は許可工作物であると同時に河川管理施設でもあることから、維持管理は河川管理施設として適切に行われる必要がある。兼用工作物には、「堤防と道路との兼用工作物」、「護岸と橋台との兼用工作物」、「水門の管理橋と道路橋との兼用工作物」、「床止めと取水堰との兼用工作物」等があるが、具体的な維持管理にあたっては、本基準の各施設の項目を参照するものである。

許可工作物については、河川管理施設と同等の水準において維持管理がなされるよう、本基準を準用して必要な指導・監督等を行う必要がある。

(3) 維持管理に密接した水防等のための対策等

河川管理者は水防計画に基づき水防管理団体が行う水防に協力するものであり（法第22条の2）、水防計画へ河川管理者の協力が必要な事項が定められた場合の協議や協力時に本基準を参考とする。河川管理施設の維持管理に密接に関係する水防活動、出水時の水防や防災活動に必要とされる水位情報の提供、水質に異常を生じた場合の水質事故対策については維持管理に密接した対策であり、本基準の対象としている。

(4) 維持管理に関わるその他施設等

維持管理に関するその他施設等について本基準の趣旨にそって適切に維持管理する必要があるとともに、それぞれの施設に該当する法令、要領等に則り適切に維持管理を行うものである。

第2章 河川維持管理目標

第1節 河川環境の整備と保全に係る目標

<考え方>

河川整備計画の目標には河川環境の整備と保全に関する事項が定められている。また、河川環境管理基本計画が作成されている河川では、河川の水量及び水質、河川空間等に関してより具体的な管理に関する記載がなされている。河川維持管理にあたっては、現状の河川環境を保全するだけでなく、維持管理対策により河川整備計画等に定められた目標に向けた河川環境の整備がなされることが重要である。

そのため、河川維持管理目標は、河川整備計画あるいは河川環境管理基本計画に定められた内容を踏まえ、河川環境が適正に整備あるいは保全されるよう設定する必要がある。

河川整備計画や河川環境管理基本計画により河川環境や河川利用に係るゾーニング等の空間管理の具体的な目標が定められている場合には、それに合致するよう河川が適正に利用されることが河川維持管理の目標となる。対象別に見ると、希少性や典型性、象徴性、上位性等の観点から守るべき特定の生物種や群集及びその生息域の保全、あるいは景観法（平成16年法律第110号）等で定められる特定の景観の保全等を河川維持管理の目標とすることができる。また、地域の歴史文化や伝統行事等に関わる特徴的な河川空間の状態の保全等も目標とすることができる。

河川環境の整備と保全においては、調査や河川巡視等により河川の状態把握に取り組みながら維持管理することが重要である。

近年では、外来植物等の外来生物の駆除も、河川環境の保全上重要な課題になってきており、これら課題への対応も重要である。

<標準>

河川整備計画を策定した河川においては、当該河川における、生物の生息・生育・繁殖環境、河川利用、河川景観の状況等を踏まえ、河川環境の整備と保全に関する目標を設定することを基本とする。

河川環境の整備と保全に関する目標は、生物の生息・生育・繁殖環境、河川景観、人と川とのふれあいの場、水質等について、当該河川の特性や社会的な要請等を考慮しながら検討することを基本とする。

<愛知県基準>

愛知県では、河川環境施設を整備した箇所について、施工後の順応的管理や維持管理を適切に行うため、建設事務所において「河川環境施設台帳」を整備し、河川課が毎年度取りまとめを行う。

また、外来生物対策について、当面は、河川工事、河川維持行為により特定外来生物の生息範囲が拡大することがないように留意する必要がある。

関連する通知等は、以下のとおり。

- 1) 「今後の多自然川づくりの取組方針（案）について（通知）」（平成20年3月、愛知県建設部河川課）
- 2) 「外来生物法の改正内容について（参考送付）」（令和5年5月、愛知県建設局河川課）

第3章 河川の状態把握

第1節 堤防点検等のための環境整備

<考え方>

堤防や高水敷の除草（以降に示す「除草」と、河川法上の「草刈り」は同義とする。）や障害物の処分等は、河川巡視や堤防点検などによる河川の状態把握のための環境整備及び堤体の保全を目的としたものである。

<必須>

堤防の表面の変状等を把握するために行う堤防の除草は、堤防又は高水敷の規模、状況等に応じ適切な時期に行うものとする。

<愛知県基準>

愛知県では、堤防の健全性確認の必要性、河川の持つ良好な自然空間としての機能、沿川住民の住環境に対する要望などを総合的に勘案し、「住宅区間」「その他区間」「親水整備区間」「多自然整備区間」の4つの区間に分け、裏法面、管理用通路、表法面、高水敷などの位置ごとに、除草方針（実施の有無等）を判断する。近年は労務費単価等の高騰に伴い、除草を実施する場合においても、年1回の実施を基本としている。

除草工事の発注に当たっては、関連通知の記載内容に留意すること。

なお、近年、河川の除草工事において飛石による事故が多発しており、必要な箇所に「飛散防止措置」を計上するとともに、工事着手前にも請負者と現地確認、協議を行い、「飛散防止措置」が必要な箇所を精査する必要がある。

また愛知県では、地域団体等による河川区域内に繁茂した雑草の除草及びゴミ等の除去する清掃活動に対して報償費を支払う「河川愛護活動報償制度」、除草作業を地域住民団体等へ委託する「コミュニティリバー推進事業」を展開している。

これらの取組みは、効率的な除草に資するとともに、地域住民による河川への関心、親しみを醸成するものであり、積極的な周知を行い、広く活用されるよう努める必要がある。

関連する通知等は以下のとおり。

- 1) 「河川除草作業における飛び石事故の防止について（通知）」（平成29年4月、愛知県建設部河川課）
- 2) 「河川愛護実施要領及び海岸愛護実施要領の改正について（通知）」（令和2年12月、愛知県建設局河川課）

- 3) 「愛知県管理河川における草刈り作業の地域住民団体等への委託実施要領の改正について（通知）」（令和2年12月、愛知県建設局河川課）
- 4) 「愛知県管理河川における草刈り作業の地域住民団体等への委託実施要領の運用について（通知）」（令和4年3月、愛知県建設局河川課）
- 5) 「「愛知県管理道路における草刈作業の地域住民団体等への委託（マイタウン・マイロード事業）」及び「愛知県管理河川における草刈作業の地域住民団体等への委託（コミュニティリバー推進事業）」実施要領の運用について（通知）」（令和3年5月、愛知県建設局道路維持課、河川課）

第2節 河川巡視

2.1 一般

<考え方>

河川巡視は、河道及び河川管理施設等の状況の把握、河川区域等における違法・違反行為の発見、河川空間の利用に関する情報収集、河川の自然環境に関する情報収集を対象として、概括的に行うものである。

<必須>

河道及び河川管理施設等の河川巡視は、河川管理施設等の構造又は維持若しくは修繕の状況、河川の状況、河川管理施設等の存する地域の気象の状況その他の状況を勘案して、適切な時期に実施するものとする。

<標準>

大河川における河道及び河川管理施設等の河川巡視は、河川巡視規程例を定め計画的かつ効率的、効果的に実施することを基本とする。

中小河川においても大河川に準じて、河川巡視規程例を参考に計画的かつ効率的、効果的に河川巡視を実施することを基本とする。

<愛知県基準>

愛知県では、河道及び河川管理施設等の河川巡視については、「河川・海岸巡視要領」（平成20年4月、愛知県建設部河川課）に基づき、計画的に実施することを基本とする。

2. 2 平常時の河川巡視

<考え方>

平常時の河川巡視は、河川維持管理の基本をなすものであり、定期的、計画的に河川を巡回し、その異常及び変化等を概括的に把握するために行うものである。

巡視により、異常を発見した場合は、ただちにその状況を把握し、河川カルテ等に記録し、適切に是正することが重要である。

(1) 一般巡視と目的別巡視

平常時の河川巡視は、あらかじめ設定した巡視項目について巡視を行う一般巡視と、巡視項目、目的、場所等を絞り込んだ目的別巡視に分類される。河川は延長が長く面積も広大であるため、不法係留等の状況や、河川の水質状況、ゴミ等の投棄の有無、河川敷地の利用状況等について、より詳細に状況を把握する場合には目的別巡視を行うものである。

(2) 河道及び河川管理施設等の河川巡視

河道及び河川管理施設等の河川巡視は、河岸、河道内の堆砂、河口閉塞、樹木群、堤防、護岸・根固工、堰・水門等について目視により確認可能な比較的に規模の大きな変状を発見するために行うものである。

(3) 違法・違反行為発見のための河川巡視

違法・違反行為発見のための河川巡視は、河川区域、河川保全区域及び河川予定地において、土地の占用や工作物の設置状況等に関し、違法・違反行為がないか確認するために行うものである。

(4) 河川の利用状況把握のための河川巡視

河川利用は常時行われるものであるため、日常の河川の利用状況を把握する目的で河川巡視を行うものである。

(5) 自然環境に関する状態把握のための河川巡視

自然環境に関する日常の状態把握のための河川巡視は、瀬、淵、みお筋の状態、砂州の位置、魚類等の産卵場となる河床の状況、鳥類の繁殖場となる河道内の樹木の状況、樹木の洪水流への影響、魚道の状況、堤防や河川敷地の外来植生の状況等について確認するために行うものである。

<愛知県基準>

愛知県では、一般巡視は以下を基本とする。

①車・バイク・自転車などを活用し効率的に移動するものとし、河川管理用通路を通る等、河川の状況を十分に把握できる方法とする。

②点検により変状が確認された箇所については、特に留意して巡視する。

- ③一般巡視により発見された変状が施設の機能に支障となると判断される場合には、対策を検討するために目的別巡視あるいは個別の点検を実施する。
- ④許可が必要とされている行為を無許可で行っている場合や、禁止されている行為を発見した場合は、その状況を把握し、必要な措置を行う。
- ⑤不法行為への対応等を確実かつ適切に行えるよう実施する。
- また、堤防のない掘込区間、河川敷地利用のない区間、冬期に積雪する区間等では、河川の状況や区間区分に応じて巡視の時期や頻度を設定し、点検等の機会も活用して効率的に実施することを基本とする。

<推 奨>

河川巡視を効果的に実施するため、過去の河川巡視・点検結果や被災履歴を活用することが望ましい。

車止め、標識、距離標等の施設についても目視によりあわせて巡視することが望ましい。

河川空間の利用に関する情報収集として、河川利用者数、利用形態等に関して特に把握が必要な場合には、目的別巡視や別途調査を実施することが望ましい。

2. 3 出水時の河川巡視

<考え方>

出水時においては、状況が時々刻々と変化し、これに対応して適切な措置を迅速に講じる必要があることから、洪水及び高潮による出水時の河川巡視は、堤防、洪水流、河道内樹木、河川管理施設等、堤内地の浸水等の状況を概括的且つ迅速に把握するために実施するとともに、水防作業状況及び内水排除状況についても把握する必要がある。

出水時の河川巡視により漏水や崩壊等の異常が発見された箇所においては、直ちに水防作業や緊急的な修繕等の適切な措置を講じる必要があるため、市町村等との情報連絡を密にしておく必要がある。あわせて、漏水や崩壊等は今後の河川の整備、維持管理に重要な情報であるため、河川カルテ等に記録する必要がある。

<標 準>

出水時の河川巡視では、出水時に撤去すべき許可工作物について事前に把握し、河川巡視を行うことを基本とする。

大河川では有堤区間が多いこと等から、河川毎に、はん濫注意水位を上回る規模の洪水が発生している場合や、顕著な高潮が発生している場合等、河川巡視を実施する条件

を設定し、そのうち、出水が生じている区間を対象として河川巡視を行うことを基本とする。

中小河川では河川の状況等を勘案して、巡視が必要とされる出水時の条件及び巡視の対象とする区間を設定することを基本とする。

< 推 奨 >

河川巡視を効果的に実施するため、過去の河川巡視・点検結果や被災履歴を活用することが望ましい。

第3節 点検

3. 1 出水期前、台風期、出水後等の点検

3. 1. 1 出水期前、台風期の点検

< 考え方 >

点検とは、点検対象とする河道や一つ一つの河川管理施設の治水上の機能について異常及び変化等を発見・観察・計測等することを目的として行うものである。具体的には、堤防、護岸、水制、根固工、床止めの変状の把握、樋門、水門、堰等の損傷やゲートの開閉の支障となる異常等の把握のために行うものである。

なお、河道、堤防、護岸、施設はそれぞれ個々に点検し状態を把握するだけでなく、河川全体としてそれらの状態を把握することにより、出水への対策の必要性、優先度を総合的に判断し、より適切な維持管理を行うことが重要である。

また、河道及び河川管理施設の維持管理は、長年にわたり経験を積み重ねながら実施されてきており、点検の実施にあたっては、管理経験者を活用して技術を継承するとともに、適切に点検を実施していくことが重要である。

< 標 準 >

河道や河川管理施設の治水上の機能について異常及び変化等を発見・観察・計測等することを目的とし、堤防、護岸、水制、根固工、床止めの変状の把握、樋門、水門、堰等の損傷やゲートの開閉の支障となる異常等の把握のために点検を行うことを基本とする。

(1) 点検対象

< 標 準 >

河道及び河川管理施設の出水期前の点検は、その構造又は維持若しくは修繕の状況、河川管理施設の存する河川の状況又は地域の地形若しくは気象の状況等を勘案して、そ

の全てを実施することを基本とする。台風期には、土堤（樋門等構造物周辺堤防含む）について点検を実施することを基本とする。

(2) 点検時期と点検頻度

< 必 須 >

河川管理施設の点検は、河川管理施設の構造又は維持若しくは修繕の状況、河川の状況、河川管理施設の存する地域の気象の状況その他の状況を勘案して、適切な時期に実施するものとする。なお、河川法施行規則（昭和40年建設省令第7号）第7条の2第1項で定める河川管理施設（ダムを除く）にあつては、1年に1回以上の適切な頻度で行うものとする。

(3) 点検方法

< 必 須 >

河道及び河川管理施設の点検は、河川管理施設の構造又は維持若しくは修繕の状況、河道の状況、河川管理施設の存する地域の気象の状況その他の状況を勘案して、徒歩等による目視その他適切な方法により実施するものとする。

< 愛知県基準 >

愛知県では、点検対象への移動は、車・バイク・自転車・徒歩など、管理用道路の状況等に応じた移動方法を選定することを基本とする。

管理技術を保有する管理経験者を活用し、河川の特성에応じて適切に点検を行うことを基本とする。

中小河川の具体的な点検方法については、「堤防等の目視点検によるモニタリング実施要領」に基づいて実施することを基本とする。

< 推 奨 >

点検を効果的に実施するため、河川カルテ、重要水防箇所に関する資料、過去の河川巡視・点検結果、被災履歴等を活用することが望ましい。

渇水時に河川水位が著しく低下している際には、平常時に水没している施設や河床等の点検を実施することが望ましい。

河道や堤防の点検においては、点群測量データを活用することが望ましい。

(4) 点検結果の保存

< 必 須 >

点検結果は、河川法施行規則第7条の2第2項に従い保存するものとする。

< 標 準 >

河道や、河川法施行規則第7条の2第1項で定める治水上主要な河川管理施設（ダムを除く）以外の施設に関しても、点検結果を記録するとともに、点検結果は次に点検を行うまでの期間以上保存することを基本とする。

3. 1. 2 出水後等の点検

< 考 え 方 >

出水後等の点検は、出水後、高潮後、津波後等の、河道及び河川管理施設の変状等を把握するために行う。特に、河道の状態把握は、河床の洗掘、堆積、河岸の侵食、樹木の倒伏状況、流木の発生状況、生物の生息、繁殖等の状況を把握し、河道計画、維持管理計画等の見直しのための重要なデータとして蓄積するために実施し、河川カルテ等に記録を行うものである。

< 標 準 >

出水後の点検は、氾濫注意水位を越える等、河川の状況等に応じて出水後、高潮後、津波後等出水の条件を定め、河川管理施設の被災、河道の変状等に着目し、目視により実施することを基本とする。計画高水位を上回るような規模の洪水があった場合には、堤防等の被災状況について状況に応じてさらに詳細な点検を実施することを基本とする。

< 推 奨 >

急流河川では、比較的低い水位でも被災のおそれがあるため、過去の被災状況等も考慮し、氾濫注意水位又はそれに相当する水位以下の出水後でも必要に応じて点検を実施することが望ましい。あわせて、点検を効果的に実施するため、過去の河川巡視・点検結果や被災履歴を活用することが望ましい。

また、大規模災害時には、大量の土砂移動や堆積が生じ、河道等の地形や生物の生息・生育・繁殖環境が変化する。そのため、環境も含め流域スケールで動的な河川システムの把握のためモニタリングに努めることが望ましい。

(1) 河道の状態把握

<標準>

大河川においては、状況に応じて縦横断測量等を実施し、局所的な深掘れ、堆積等が生じた場合には詳細な調査を実施することを基本とする。

<推奨>

大河川において、大規模な河岸侵食等が生じた場合には、必要に応じて空中写真測量も実施する。

中小河川においては、必要に応じて出水後の点検及び河床変動の状況等の点検（調査）を実施する。

(2) 洪水痕跡調査

<標準>

大河川においては、洪水の水位到達高さ（洪水痕跡）が、河道計画検討上の重要なデータとなるため、洪水痕跡調査は、氾濫注意水位を越える等の顕著な規模の出水を生じ、堤防等に連続した痕跡が残存する際に実施することを基本とする。

<推奨>

越水等が発生した場合の堤内地側の痕跡も調査することが望ましい。

中小河川においては、大河川に準じて洪水痕跡調査を実施することが望ましい。

(3) 河川管理施設の状態把握

<標準>

大河川においては、出水を受けた堤防等の河川管理施設の変状に関する目視を行い、変状が確認された場合には詳細な調査を実施することを基本とする。

<推奨>

点検を効果的に実施するため、過去の河川巡視・点検結果や被災履歴を活用することが望ましい。

中小河川においては、必要に応じて出水後の点検を実施することが望ましい。

(4) 堤防の変状の記録

<標準>

大河川においては、維持すべき堤防の耐侵食、耐浸透機能に支障をきたす変状の把握を行い、河川カルテ等に適切に記録、整理することを基本とする。

<推奨>

中小河川においては、大河川に準じて、上記変状について適切に記録することが望ましい。

3. 2 地震後の点検

<考え方>

地震後の点検は、一定規模の地震発生後には、安全に十分留意しつつ、河川管理施設等の状況等を把握するために行うものである。

<標準>

直轄河川については地震後の点検要領が定められており、大河川においてはそれにより地震の規模等を考慮して必要な点検を実施することを基本とする。

なお、津波後の点検の詳細は第3章第3節3.1.2による。

水資源開発を目的として設置されたダム以外の施設については、地震後の臨時点検の詳細が定められており、地震の規模等を考慮して必要な点検を実施することを基本とする。

中小河川においては、大河川の考え方を参考とし、地震の規模等を考慮して、点検を実施することを基本とする。

<推奨>

堰、水門等で地震による被害が発生した場合、特に地域社会等への影響が懸念される施設（重要な河川管理施設等）については、迅速な状態把握が必要なため、あらかじめ対象施設を抽出の上、臨時点検（第3章第3節3.4参照）の体制の整備に努める。

3. 3 親水施設等の点検

<考え方>

親水施設等の点検は、施設が良好に保たれ、出水時に所要の機能を維持するために適切に行う必要がある。

河川利用は、利用者自らの責任において行われることが原則であるが、親水を目的として整備した施設については、河川管理者としての施設点検が必要である。点検の対象は、高水敷や低水護岸部の陸上部（水際を含む）、水面部に関する以下の区域等である。

- ・ 河川に親しむ利用を目的として施設を設置している区域
- ・ 河川に親しむ利用が日常的に見られる区域
- ・ 潮位等により日常的に水位の変動に影響を受ける区域
- ・ ボート及びカヌー等により利用頻度が多く日常的に利用されている区域
- ・ 遊泳場、キャンプ地、水辺の楽校等、日常的に水遊びに利用されている区域

親水施設等の危険防止措置に関しては、基本的には次の6つの点が重要であり、維持管理にあたっては十分留意する必要がある。

- ①立地：原則として、水衝部等の川の状態が不安定な箇所や水深・流速が大きい場所等は避けて設置すること。
- ②地域ニーズの把握：施設の使用方法等の地域ニーズを把握し、それを安全対策に生かすこと。
- ③河川利用者への情報提供：標識や表示板により、河川の危険性に関する適切な情報を河川利用者へ適確に提供すること。その際、標識等が必要とされる背景と目的に応じた具体的な内容とし、また見やすく、わかりやすい内容とすること。
- ④施設対策：滑りにくい素材を使用するなど構造に配慮すること。また、洪水の流下、水防活動等の支障とならない範囲で、以下のような場合には河川利用者の安全性を確保するための対策を講じること。
 - ・ 新たな転落の危険性が生じた箇所
 - ・ 堰・水門等の工作物と親水護岸との境界部
 - ・ 地域住民から、柵等の設置の要望があり、必要と認められる箇所
 - ・ 危険判断能力を有していても、一旦転落すると極めて危険な状態に陥る可能性があり、高齢者、障害者等の方々が利用されている箇所
 - ・ 危険判断能力や危険回避能力が十分でない幼児等の利用が多く見込まれる箇所
 - ・ 上記のほか、危険な状態と認められる箇所
- ⑤安全性の維持：河川巡視により親水施設等の状況、標識等の破損状況等を把握するとともに、必要に応じて改善措置を講じること。また、設置後、必要に応じて、前面の水深の変化を把握するなど河川の状態を把握すること。
- ⑥教育・啓発：地域の保護者や子供に利用についての教育、指導を行うこと。

なお、長期間安全に利用されている既存施設については、その安全な利用方法が地域の中で確立されていることから、その利用方法を把握し、教育・啓発の取組に反映する必要がある。

<標準>

河川利用者が特に多い時期を考慮して、安全利用点検に関する実施要領等に基づいて点検を実施することを基本とする。

許可工作物及び占用区域が対象区域と隣接している場合において、当該許可工作物管理者及び占有者と一体的に点検を実施する必要がある場合には、あらかじめ他の管理者と調整し、共同で点検を実施することを基本とする。

3. 4 機械設備を伴う河川管理施設の点検

<考え方>

機械設備を伴う河川管理施設（堰、水門・樋門、排水機場等）の点検は、信頼性確保、機能維持のため、コンクリート構造部分、機械設備及び電気通信施設に応じて適切な手法等により定期点検、運転時点検、及び臨時点検を行う必要がある。

<標準>

(1) コンクリート構造部について

大河川における河川管理施設のコンクリート構造部については、コンクリート標準示方書により、適切に点検、管理を行うことを基本とする。

中小河川においても、コンクリート標準示方書を参考として、当該設備等の重要度や規模等も考慮して、効果的・効率的に点検を実施することを基本とする。

(2) 機械設備について

大河川における堰、水門・樋門、排水機場等の機械設備の点検については河川用ゲート・ポンプ設備の点検・整備等に関するマニュアル等により、設備の信頼性確保、機能保全を目的として、定期点検、運転時点検、臨時点検について実施することを基本とする。

① 定期点検

・ゲート設備

定期点検は、一般に機器の整備状況、作動確認、偶発的な損傷の発見のため、出水期には毎月1回管理運転を含む月点検を行い、非出水時には2～3ヶ月に1回実施し、年1回詳細な年点検を行って記録作成を行うことを基本とする。

なお、法令に係る点検も含めて行うことを基本とする。

・ポンプ設備

定期点検は、設備の損傷ないし異常の発見、機能良否等の確認のために出水期には月1回、非出水期には2～3ヶ月に1回実施し、年1回詳細な年点検を行って記録作成を行うことを基本とする。なお、法令に係る点検も含めて行うことを基本とする。

定期点検は原則として管理運転点検とし、設備の運転機能の確認、運転を通じたシステム全体の故障発見、機能維持を目的とすることを基本とする。管理運転ができない場合には、目視点検として設備条件に適合した内容で実施することを基本とする。

年点検は、設備を構成する装置、機器の健全度の把握、システム全体の機能確認、劣化・損傷等の発見を目的として、設備の稼働形態に応じて適切な時期に実施することを基本とする。

②運転時点検

運転時点検は、設備の実稼働時において始動条件、運転中の状態把握、次回の運転に支障がないことの確認や異常の徴候の早期発見を目的として、目視、指触、聴覚等による点検を運転操作毎に実施することを基本とする。

③臨時点検

出水、地震、落雷、火災、暴風等が発生した場合に設備への外的要因による異常、損傷の有無の確認を目的とし、必要に応じて点検を実施することを基本とする。

④点検結果の評価

維持管理を効率的・効果的に実施するため、点検結果を評価するに当たって、当該設備の社会的な影響度、機器・装置の診断等に基づく健全度等の整理を行うことを基本とする。具体的な評価方法・手順等については関連するマニュアル等による。

また、ゲート設備、ポンプ設備等の塗装については、機械工事塗装要領（案）・同解説による。

中小河川においても、河川用ゲート・ポンプ設備の点検・整備等に関するマニュアル等を参考として、当該設備等の重要度や規模等も考慮して、効果的・効率的に点検を実施することを基本とする。

(3)電気通信施設について

電気通信施設については、電気通信施設点検基準（案）により、以下の事項に留意して点検することを基本とする。

- ・設備・機器の外観、損傷、異常音、異臭、発熱、発煙等の有無及び電気・制御室内の状況
- ・表示ランプの表示状態

・計測器等の指示値が正常値内であること

ゲートの運転・操作時においては、河川管理用カメラ、その他の監視機器並びに遠方操作盤・監視盤等により適切に状態把握を行うことを基本とする。

中小河川においても、電気通信施設点検基準（案）を参考として、当該設備等の重要度や規模等も考慮して、効果的・効率的に点検を実施することを基本とする。

<推 奨>

計測機器の導入や非出水期の点検の合理化等、効率的な点検とするよう努める。

3. 5 許可工作物の点検

<考え方>

許可工作物についても、河川管理施設と同等の治水上の安全性を確保することが必要であり、適切な時期に施設管理者により点検がなされる必要がある。

河川管理施設等を良好に保つよう維持、修繕することが義務づけられていることを踏まえ、河川巡視の結果等により施設管理者へ点検の指導等を適切に行うものである。

なお、必要に応じて施設管理者に立ち会いを求めて点検の結果を確認する等により、適確な点検がなされるように指導等を行うものである。

<標 準>

施設管理者が出水期前等の適切な時期に、以下のような項目について必要な点検を実施することを基本とする。

- ①施設の状況：本体、取付護岸（根固を含む）、高水敷保護工、吸水槽、吐出槽、除塵機 等
- ②作動状況：ゲート、ポンプ、警報装置
- ③施設周辺状況：工作物下流側の河床洗掘、堤防の空洞化
- ④管理体制の状況（操作要領等に照らし合わせて、出水時及び平水時における操作人員の配置計画は適切か、出水時等の通報連絡体制は適切かを確認）

河川管理施設に求められる水準と比較し施設の安全性が不十分と判断される場合には、早急に改善するよう指導監督を実施することを基本とする。

また、出水時に河川区域外に撤去すべき施設が存在する場合は、点検時に撤去計画の確認を行う。

日常にあっても、河川巡視により許可工作物の状況を把握し、変状を確認した場合には、施設管理者に臨時の点検実施等を指導することを基本とする。

第4章 河道流下能力の維持管理のための対策

第1節 樹木の対策

<考え方>

河道内の樹木は、洪水の流勢の緩和等の治水機能、河川の生態系の保全や良好な景観の形成等の重要な機能を有することがある。一方、洪水流下阻害による流下能力の低下、樹木群と堤防間の流速を増加させることによる堤防の損傷、あるいは洪水による樹木の流木化を生じさせることがある。樹木群が土砂の堆積を促進し、河積をさらに狭めてしまう場合もある。また樹木の根は、堤防、護岸等の河川管理施設に損傷を与えることがある。これらのことから、点検あるいは河川巡視等による状態把握に基づいて、適切に伐開等の対策を行う必要がある。

対策の検討にあたっては、対象とする樹木群の過去からの繁茂状況の変化に留意するとよい。

伐開にあたって一部の樹木群を存置する場合には、まとまった範囲を存置する等により洪水時の倒伏・流出のおそれがないよう十分配慮する必要がある。ただし、部分的な伐開の範囲によっては、堤防沿いの流速の増大や、残存樹木の流出を生じることが懸念されるので留意する必要がある。

<標準>

大河川における樹木の対策は、治水、管理、環境面の機能を維持するよう、以下を基本とする。

- ①治水上の支障が生じる河道内の樹木を伐開する。その際には樹木が阻害する流下能力など治水機能への影響や、観測・巡視などの管理機能、生態系・景観などの環境機能への影響を十分踏まえた上で対策する。
- ②河川区域内において行う樹木の伐開については、樹木の植樹・伐採に関する基準による。
- ③樹木の経年変化も踏まえて予め伐開計画を作成しておくなど、計画的な樹木対策を行う。伐開計画には、樹木の伐開時期、伐開範囲、伐開手法等を記載する。
- ④伐開した樹木については、再繁茂抑制措置を講じる。
- ⑤堤防等の河川管理施設に対して根が悪影響を与えていると認められる樹木は、除去する等の対策を行う。

<愛知県基準>

愛知県の中小河川における樹木の対策についても、大河川と同様の考え方を基本とする。

これに加えて、愛知県では、「水辺の緑の回廊」整備事業により植樹した樹木のうち、過剰な繁茂により見通しが悪く、防犯上や景観上の問題がある箇所については、2本/10m²を目安に適切な伐採を行う。

また、樹木の腐食や異常な傾き等により、倒木の恐れのある危険な樹木については、定期的な巡視等による発見に努め、速やかに伐採する。

関連する通知等は、以下のとおり。

- 1) 「河川区域内における樹木の伐採・植樹基準」（平成10年6月、建設省河川局治水課）
- 2) 「河川内樹木の再繁茂防止対策について（通知）」（令和元年7月、愛知県建設局河川課）
- 3) 「「水辺の緑の回廊」整備事業実施マニュアル（試行版）について（通知）」（令和元年8月、愛知県建設局河川課）
- 4) 「河川区域内の樹木管理方針（通知）」（令和4年3月、愛知県建設局河川課）

（令和3年度会計検査指摘事項）

河道掘削と樹木伐採を同時に行う場合、河道掘削における掘削土量については、伐採樹木の根株等の体積分の数量を控除して適切に算定すること。

第5章 河川区域等の維持管理対策

第1節 一般

(1) 河川区域の維持管理

① 河川区域境界及び用地境界について

<考え方>

河川区域の土地の維持管理を適正に行う前提として、官民の用地境界等を明確にしておく必要がある。

<標準>

官民境界杭等を設置することを基本とする。

<愛知県基準>

愛知県では、河川区域境界の確定に関し、「建設局及び都市・交通局所管公共用財産境界確定事務取扱要領」（昭和62年3月、愛知県土木部用地課）の規定に則り、適切に手続を行うこととしている。

② 河川敷地の占用について

<考え方>

河川敷地の占用許可は、河川敷地の適正利用が図られるよう河川敷地占用許可準則等に照らし合わせて、審査するものである。地域に密着している河川敷地の利用等に関しては、できるだけ地元市町村等の主体性が尊重されるよう、市町村等が参画できる範囲を拡大するための措置としての包括占用許可の活用についても検討する必要がある。また、都市再生、地域再生等に資する占用許可についても、地域の合意を図りつつ適切に対処する必要がある。

<標準>

河川敷地において公園、運動場等の施設を占用許可した場合には、当該施設の適正利用・維持管理等は許可条件、占用申請書に添付された維持管理計画に従って占有者が行うこととなり、河川管理者は維持管理等の行為が許可条件及び当該計画どおりに適切に行われるように占有者を指導監督することを基本とする。その際、種々の工作物が整備される場合があるが、河川区域内の工作物の設置許可にあたっては、河川区域内の民有地に設置される工作物についても同様に、河川管理の支障とならないよう工作物設置許可基準等に基づいて適切に審査することを基本とする。

(2) 河川保全区域及び河川予定地の維持管理

<考え方>

河川保全区域は、河岸又は河川管理施設等（樹林帯を除く）の保全のために必要な河川区域に隣接する一定の区域を指定し、土地の掘削等土地の形状の変更や工作物の新改築の行為を規制するものである。

<標準>

河川保全区域については、河岸又は河川管理施設等（樹林帯を除く）の保全に支障を及ぼさないように、巡視等により状況を把握することを基本とする。河川予定地については、河川保全区域に準じて維持管理を行うとともに、河川管理者が権原を取得した河川予定地については、河川区域に準じて維持管理を行うことを基本とする。

(3) 廃川敷地の管理

<考え方>

改修工事の完成等に伴い、河川区域の変更又は廃止の見込みがある場合は、治水上、利水上及び河川環境上の観点から河川区域の土地としての必要性について十分検討することが必要である。

<標準>

河川区域の土地として不要である場合には、河川区域内の土地の管理等に関する通知等に則り当該河川区域の変更又は廃止とともに旧国有河川敷地の廃川処分を適切に行うことを基本とする。

(4) 河川の台帳の調製

<考え方>

河川区域、河川保全区域、河川予定地、河川保全立体区域及び河川予定立体区域においては、種々の行為の制限が行われる。また、河川においては、流水の占用その他各種の河川使用が行われている。したがって、河川管理者がその河川管理事務を円滑、的確に遂行するとともに、私人の権利義務の関係を明確にするためにも、河川の一級、二級等の別、河川区域等の範囲、主要な河川管理施設の所在、種類、河川使用の許可の内容等の河川管理の基礎となる事項を網羅して、河川管理に従事する者または河川に関して利害関係を有する者等が必要な場合は、いつでも確知できるようにしておく必要がある。

<必須>

河川管理者は、法第12条第1項に基づき河川の台帳を調製し、保管しなければならない。台帳の調製は、河川法施行規則第5条及び第6条に規定する記載事項に関して漏れの無いよう、適切な時期に実施するものとする。

第2節 不法行為への対策

2.1 基本

<考え方>

河川における不法行為の主なものは以下のとおりであり、各々について適切に対応する必要がある。

- ①流水の占用関係：不法取水、許可期間外の取水、許可条件違反
 - ②土地の占用関係：不法占用、占用範囲の逸脱、許可条件違反、不法係留
 - ③産出物の採取に関する状況：盗掘、不法伐採、採取位置や仮置き違反、汚濁水の排出
 - ④工作物の設置状況：不法工作物の設置、工作物の許可条件等からの違反
 - ⑤土地の形状変更状況：不法掘削・堆積、形状変更の許可条件等からの違反
 - ⑥竹木の流送やいかだの通航状況：竹木の不法な流送、舟又はいかだの不法な通航
 - ⑦河川管理上支障を及ぼすおそれのある行為の状況：河川の損傷、ごみ等の投棄、指定区域内の車両乗り入れ、汚水の排出違反、船舶の放置等
 - ⑧河川保全区域及び河川予定地における行為の状況：不法工作物の設置、不法な形状変更
- 不法行為については、河川巡視の一般巡視の中で状況を把握することが重要である。さらに、不法行為による治水への影響、河川利用者への影響、水防活動への影響等により重点的な巡視が必要な場合には、目的別巡視等により対応することが重要である。不法行為の内容によっては、市町村、警察等の関係機関とも連携した河川巡視等を検討する必要がある。

<標準>

不法行為を発見し、行為者が明らかな場合には、速やかに除却、原状回復等の指導を行い、行為者が不明な場合には警告看板を設置する等、必要な初動対応を行い、法令等に基づき適切かつ迅速に不法行為の是正のための措置を講じることを基本とする。不法行為の対応に関する一般的な処理フローは図5-2-1を基本とする。

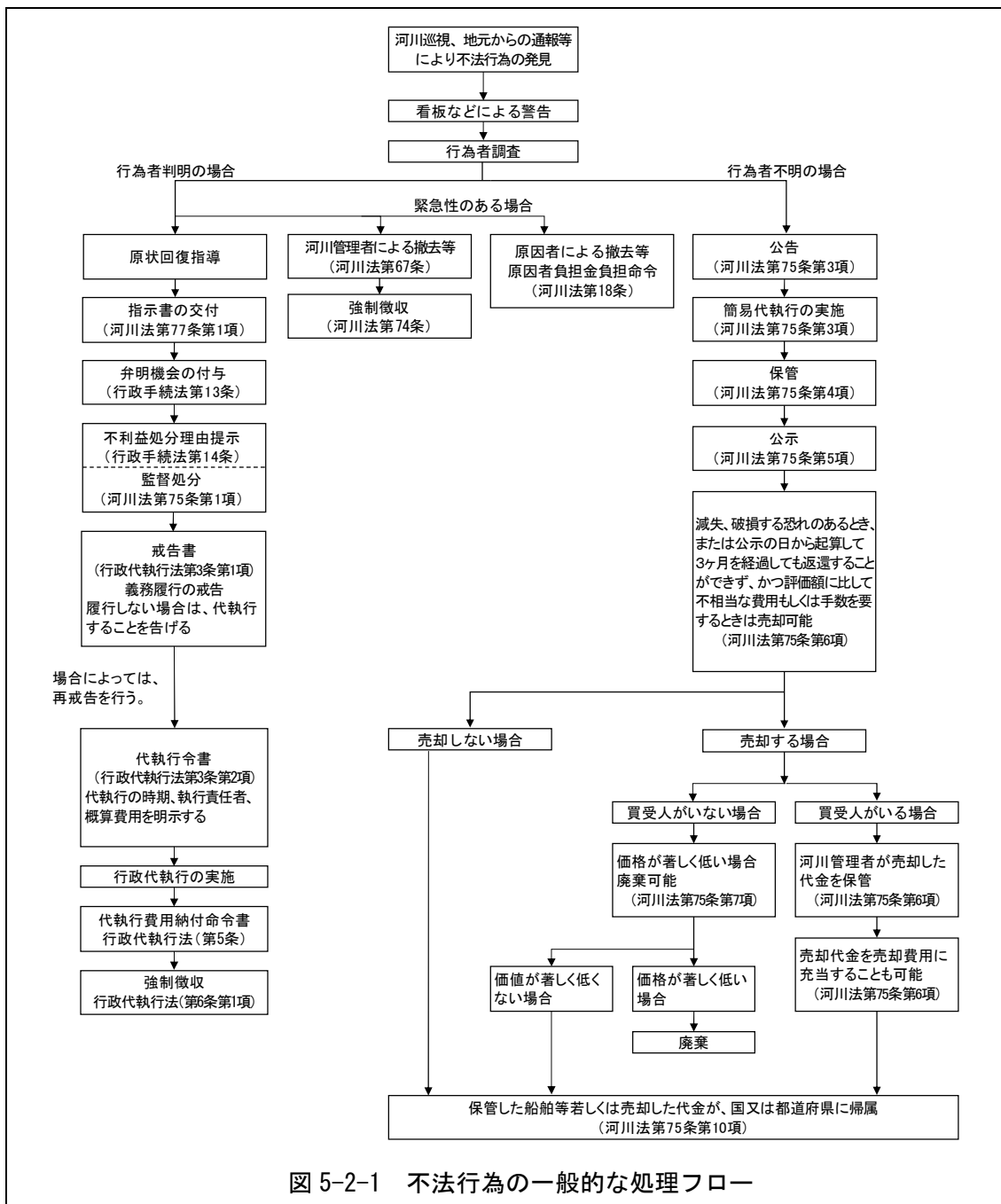


図 5-2-1 不法行為の一般的な処理フロー

< 推 奨 >

悪質な不法行為に関しては、必要に応じて刑事告発を行う。

2. 2 ゴミ、土砂、車両等の不法投棄

< 考え方 >

ゴミ、土砂、車両等の不法投棄に関しては、関係機関、地域住民等と連携強化し、地域住民等への不法投棄の通報依頼、地域と一体となった一斉清掃の実施、河川巡視の強化、警告看板の設置、車止めの設置等により、その未然防止に努める必要がある。

<標準>

不法投棄を発見した場合には、行為者の特定に努め、行為者への指導監督、撤去等の対応を適切に行うものとし、図 5-2-1 により対応することを基本とする。

2. 3 不法占用（不法係留船を除く。）への対策

<考え方>

不法係留を除く不法占用に関しては、図 5-2-1 を基本として、個々の状況に照らして迅速かつ適正に是正のための措置を講じる必要がある。なお、ホームレスによる不法占用については、ホームレスの自立の支援等に関する特別措置法（平成 14 年法律第 105 号）等を踏まえ、自治体の福祉部局等と連携して是正のための措置を講じる必要がある。

<標準>

不法占用（不法係留船を除く。）を発見した場合には、行為者の特定に努め、速やかに除却、原状回復等の指導監督等を行うものとし、図 5-2-1 により対応することを基本とする。

2. 4 不法係留船（放置艇）への対策

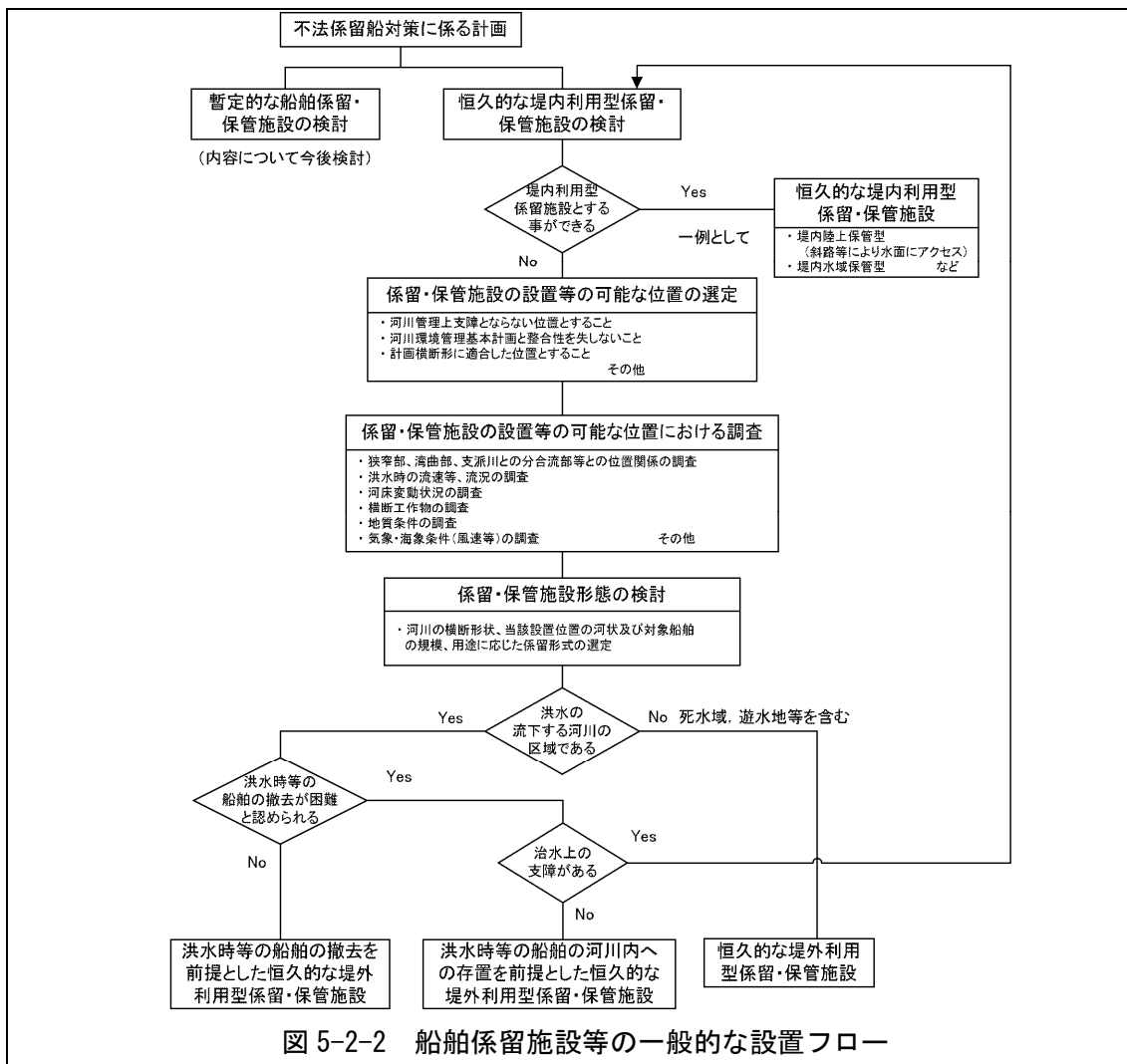
<考え方>

不法係留船の数が多し等の理由により計画的な不法係留船対策を講じる必要がある河川については、不法係留船対策に関する通知に則り不法係留船対策に係る計画を地域の実態に応じて水系又は主要な河川毎等に策定し、不法係留船の計画的な撤去を行う必要がある。また、平成 26 年 4 月より河川法施行令第 16 条の 4 第 1 項が改正され、河川管理者は河川毎に放置等を禁止する対象物を指定することができるようになった。ただし、不法係留船対策の実施にあたり、地域の慣行を踏まえ、生業を行うために必要な船舶とレジャーの用に供する船舶とで扱いを異にすることは、不合理ではない。

その他の河川においても、河川管理上の必要性に応じ、不法係留船の強制的な撤去措置を適正に実施する必要がある。

<標準>

河川区域内に不法係留船がある場合には、是正のための対策を適切に実施することを基本とする。不法係留船の強制的な撤去に関する手続きは、図 5-2-1 の処理フローを基本とする。具体の係留・保管施設の設置の可否等の判断は、図 5-2-2 の手順によることを基本とする。



(1) 不法係留船の定義

< 必 須 >

不法係留船とは、法第 24 条、第 26 条等の規定に基づく河川管理者の許可を得ずして河川区域内に係留している船舶であり、当該船舶がプレジャーボート等のレジャーの用に供するものであるか、漁船等の事業の用に供するものであるかを問わないものとする。

なお、船舶が係留施設を設置することなく錨や橋脚に縄を結びつけること等により係留する場合においても、当該係留が通常の一時的係留でないにも拘わらず、法第 24 条等の規定に基づく河川管理者の許可を得ずして係留している場合には、当該船舶は不法係留船とする。

(2) 不法係留船対策に係る計画

< 標 準 >

不法係留船対策に係る計画の内容は、①重点的撤去区域（不法係留船の係留による河川

管理上の支障の程度等を勘案し、重点的に強制的な撤去措置をとる必要があると認められる河川の区域) の設定に係る年次計画及び同区域における不法係留船の強制的な撤去措置に係る年次計画、②暫定係留区域における暫定係留施設の設置に係る年次計画(暫定係留区域が存する場合に限る。)、③斜路及び船舶上下架施設の設置に係る年次計画、④河川における恒久的係留・保管施設の整備に係る年次計画(他の公共水域及び陸域における恒久的係留・保管施設の整備(民間主体が整備するものを含む。)に係る計画を添付する。)等を定めることを基本とする。

重点的撤去区域の設定に係る年次計画の策定にあたっては、重点的撤去区域は年次的に拡大していくべきであり、恒久的係留・保管施設の設置が認められた区域を除いて、最終的には全ての河川の区域が重点的撤去区域になっていくべきものである。

(3) 係留・保管施設の設置

<考え方>

恒久的な係留・保管施設の設置は、工作物設置許可基準等に基づいて検討するものであり、死水域や洪水時における流量配分のない河川、遊水地等の洪水の流下しない河川の区域への設置が望ましい。また、洪水の流下する河川への設置は、洪水時等に低水路河岸、高水敷、堤防、他の工作物等へ影響を及ぼす可能性があるため基本的には望ましくはないが、係留・保管施設の設置が、治水上、利水上、河川環境上支障がなく、必要やむを得ないと認められる場合にはこの限りでない。

暫定係留施設は、洪水時、高潮時等における治水上の支障のおそれが少なく、かつ、河川環境の保全上も比較的問題のない場所のうち、係留施設の適切な構造及び係留船舶の適切な管理方法と相まって、治水上及び河川環境上支障のない場所において設置することができる。

<必須>

恒久的な係留・保管施設の設置は、工作物設置許可基準等に基づいて検討するものとする。

2. 5 不法な砂利採取等への対策

<考え方>

河川砂利の採取に関しては、河川砂利基本対策要綱、砂利採取計画認可準則、砂利等採取許可準則等に従わなければならないものである。さらに、砂利等の採取に関する規制計画が策定されている区間については、同計画に基づいて計画的に採取を実施させるよう指導する必要がある。

また、河川砂利の採取の前後には立会検査を行うとともに、深掘りによる治水上の影響、

水位低下等による取水への影響、水質、生態系、景観等の河川環境への影響に十分留意し、巡視等により状況を把握する必要がある。

<標準>

河川区域内又は河川保全区域内の土地における砂利等の採取については、河川管理上の支障が生じないように定期的な巡視等による監視を行い、採取者を指導監督することを基本とする。

不法行為を発見した場合には、迅速かつ適正な指導監督による対応を行うことを基本とする。砂利採取等に係る不法行為の対応に関する一般的な処理フローは図 5-2-3 を基本とする。

なお、砂利以外の河川の産出物には、土石、竹木、あし、かや等があるが、これらの採取についても同様の措置を行うことを基本とする。

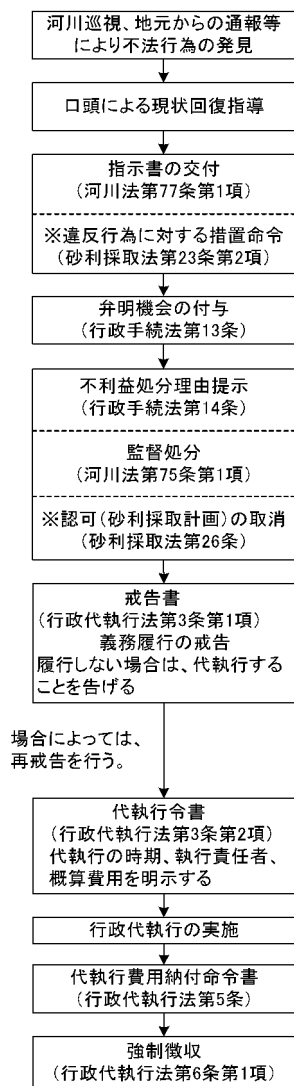


図 5-2-3 不法な砂利採取等行為の一般的な設置フロー（※は砂利採取の場合）

<推 奨>

悪質な不法砂利採取等に関しては、必要に応じて刑事告発を行う。

第3節 河川の適正な利用

3.1 基本

<考え方>

河川の適正な利用が為されるよう、河川巡視では、以下のような状況を把握する必要がある。

- ①危険行為等：危険な利用形態、不審物・不審者の有無、他の河川利用等へ悪影響を及ぼす迷惑行為
- ②河川区域内における駐車や係留等：河川区域内の駐車、係留・水面利用等の状況
- ③河川区域内の利用：イベント等の開催状況、施設の利用状況、河川環境に悪影響を及ぼす利用形態

<標 準>

河川利用は常時行われるものであり、日常の河川の利用状況の把握は河川巡視により行うことを基本とする。

<推 奨>

河川空間の利用に関する情報収集として、河川利用者数、利用形態等に関して特に把握が必要な場合には、重点的な目的別巡視や別途調査を実施することが望ましい。

3.2 河川の安全な利用

<考え方>

河川管理者は、関係行政機関や河川利用者等とともに、河川に内在する様々な危険や急な増水等による水難事故の可能性を認識した上で、必要な対応に努めることが必要である。

また、利用者の自己責任による安全確保とあわせて、河川利用の安全に資するため、安全利用点検に関する実施要領に基づいて関係施設の点検を行うものである。

<標 準>

占用地以外の河川利用に対する危険又は支障を認めた場合には、河川や地域の特性等も考慮して陥没等の修復、安全柵の設置、危険性の表示、情報提供、河川利用に伴う危険行為禁止等の教育・啓発の充実等の必要な対応を検討することを基本とする。

占用地については、利用者等に対する重大な危険又は支障があると認める場合において許可受者が詳細点検、対策検討、措置等を行うものであるが、許可受者から河川管理

者に対し、詳細点検や対策検討及び措置を共同で行うよう協議があった場合には、状況に応じて共同して必要な対応を検討することを基本とする。

3. 3 水面利用

<考え方>

船舶等の通航方法等の指定にあたっては、通航方法の指定に関する準則に則り関係者の意見を聴くとともに、他の関係機関とも協議を行うものである。また、海上交通法規及びいわゆる水上安全条例が施行されている場合、それらとの整合性を図るものである。

<標準>

河川管理を適正に行いつつ河川における舟運の促進を図る必要がある河川区域については、状況に応じて、船舶等が円滑に通航できるようにするための船舶等の通航方法等を指定することを基本とする。

通航方法を指定した場合には、通航標識に関する準則に則り通航の制限についての通航標識等を設置することを基本とする。

第6章 水防等のための対策

第1節 水防のための対策

1.1 水防活動等への対応

<考え方>

出水時の対応のため、所要の資機材を適切に備蓄し、必要に応じて迅速に輸送し得るよう、あらかじめ関係機関と十分協議しておくとともに、応急復旧時の民間保有機材等の活用体制を整備するよう努めることが重要である。

市町村等の水防管理団体が洪水時等に迅速、かつ適確な水防活動が実施できるよう、次の事項を行うものである。

<標準>

①重要水防箇所所周知

洪水等に際して水防上特に留意を要する箇所を定めて、その箇所を水防管理団体に周知徹底する。なお、重要水防箇所は、従来の災害の実績、河川カルテの記載内容等を勘案のうえ、堤防・護岸等の点検結果を十分に考慮して定めることを基本とする。

②水防訓練

関係者間の出水時における情報伝達が確実になされるよう、出水期前に訓練を行うことを基本とする。

<推奨>

重要水防箇所所周知に際しては、必要に応じて、出水期前等に水防管理者、水防団等と合同で河川巡視を実施する。

水防管理団体が洪水時等に迅速、かつ適確な水防活動が行えるよう水防管理団体等が実施する水防訓練に河川管理者も積極的に参加し、水防工法等の指導、助言に努める。

洪水や高潮、津波による出水時の対応のために、所要の資機材の確保等に努めるとともに、水防管理団体が行う水防活動等との連携に努める。

出水時には、異常が発見された箇所において直ちに水防団が水防活動を実施できるように、水防管理団体との情報連絡を密にし、水防管理団体を通じて水防団の所在、人員、活動状況等を把握するよう努める。

<愛知県基準>

愛知県では、重要水防箇所については、所要の事項を「愛知県水防計画」に作成しているのでこれを参考とするものとする。

1. 2 水位情報等の提供

<考え方>

出水時の水位情報あるいはその予測情報、洪水はん濫に関する情報は、水防活動、地域住民の避難行動、あるいは市町村長による避難勧告等の判断の基礎となるものである。そのため、河川管理者は、それらの活動に資するよう、水防法（昭和 24 年法律 193 号）第 10 条及び第 11 条に基づく洪水予報、同法第 12 条に基づく水位の通報、同法第 13 条に基づく水位情報の周知、及び同法第 14 条に基づく浸水想定区域の指定等を行い、適切な情報提供に努めることが必要である。

(1) 危険水位及び氾濫危険水位等について

危険水位は、原則として「洪水により相当の家屋浸水等の被害を生ずる氾濫の起こる恐れがある水位」であり、河川の箇所毎に設定するものである。

氾濫危険水位は、市町村長の避難指示の発令の目安、住民の避難判断の参考として設定されるものであり、箇所毎の危険水位を踏まえ、洪水予報を実施する観測所（以下、「洪水予報観測所という。」）の受け持つ区域において、氾濫危険情報を発表する水位であり、洪水予報観測所毎に 1 個又は複数個設定するものである。

水位の設定は設定要領に準じて行うものである。

また、洪水特別警戒水位は、洪水予報河川以外の河川のうち、洪水により重大又は相当な損害を生ずるおそれがあるものとして指定した河川（以下「水位周知河川」という）において、「警戒水位を超える水位であって洪水による災害の発生を特に警戒すべき水位」（水防法第十三条第一項）として定められる水位であり、基本的には危険水位に相当する水位（以下「危険水位相当水位」という）を、水位周知河川において洪水特別警戒水位を定める水位観測所（以下「水位周知観測所」という）において換算した水位（以下「危険水位相当換算水位」という）として設定されるものであり、これについても一般に「氾濫危険水位」と表示し、洪水予報河川における氾濫危険水位の運用と同様に、市町村長の避難指示の発令の目安等とするものである。

(2) 避難判断水位について

洪水予報河川の避難判断水位は、住民に対し氾濫発生の危険性についての注意喚起を開始する、あるいは避難に時間のかかる高齢者等の要配慮者が避難を開始の参考となる水位であり、避難行動との関係では市町村長が発令する高齢者等避難の発令の目安として設定されるものである。

水位の設定は設定要領に準じて行うものである。

(3) 氾濫注意水位（警戒水位）について

水防法第 12 条第 2 項では、都道府県の水防計画で定める量水標管理者は、都道府県知事が定める警戒水位を超えるときは、その水位の状況を、都道府県の水防計画の定めるところにより公表しなければならないと規定されている。氾濫注意水位は水防法上の警戒水位に相当する水位として一般に定められ、水防団の出動の目安として設定されるものである。水防団の出動の水位は、氾濫注意水位を基本とし、河川や地域の特性を考慮して設定すること

を基本とされている。また、河川管理者も河川管理施設等の保全を十分に行うために警戒水位を定めることとしており、水防法上の警戒水位と同一の観測地点及び水位であることが望まれている。

氾濫注意水位は水防活動と河川管理施設等の保全との関係で定めるものであるが、新たに定める場合には、以下のような設定の考え方を参考にして、水防活動の実情等を考慮して定めるものである。

- ① 計画高水流量の5割程度の流量時に達する水位
- ② 平均低水位から計画高水位までの低い方から6割の水位
- ③ 3年に1回程度生じる水位
- ④ 未改修部では平均低水位から計画堤防高までの5割程度の水位
- ⑤ 融雪出水の多い河川、急流河川では①～④より低く定めることが多い。

(4) 水防団待機水位（指定水位、通報水位）について

水防団待機水位は、水防団が出動のために待機する水位として設定し、一般に指定水位と同一の水位とされる。指定水位は、普通観測による水位観測が主であった時期に、洪水時毎時水位観測を開始すべき水位として定められてきた。その後、水防法第12条第1項に定められる通報水位（都道府県知事が定め、水防計画の定めるところにより関係者へ通報する水位）と多くの河川では同一の水位として運用がなされてきた。

水防団待機水位（指定水位）は水防活動との関係で定めるものであるが、新たに定める場合には、以下のような設定の考え方を参考にして、水防活動の実情等を考慮して定めるものである。

- ① 計画高水流量の2割程度の流量時に達する水位
- ② 大河川においては年に1回程度生じる水位
- ③ 中小河川においては年に5～10回程度生じる水位
- ④ ①②③の水位で、警戒水位に到達する時間を考慮して設定した水位

<愛知県基準>

(5) 愛知県の洪水予報河川及び水位周知河川の選定の考え方

愛知県では、愛知県の洪水予報河川及び水位周知河川の選定の考え方について、以下のとおりとしている。

- ① 洪水予報河川
 - ・ 流域面積が概ね100 km²以上で、想定氾濫区域内人口が5000人以上の河川
 - ・ 有堤河川で浸水実績の多い河川
- ② 水位周知河川
 - ・ 流域面積が概ね30 km²以上で、想定氾濫区域内人口が5000人以上の河川
 - ・ 有堤河川で浸水実績の多い河川

<必 須>

洪水予報河川、水位周知河川等の該当河川においては、出水時における水防活動、あるいは市町村及び地域住民における避難に係る活動等に資するよう、水防法等に基づいて適切に洪水予報あるいは水位に関する情報提供を行うものとする。

<標 準>

情報提供の基本となる河川の各種水位の設定については、危険水位等の設定要領等によることを基本とする。なお、これらの水位については、河川整備の状況等に応じて、その設定目的を踏まえて適宜見直しを行うことを基本とする。

<推 奨>

洪水予報河川等における、危険箇所を受け持つ水位観測所に換算した危険水位や氾濫開始相当水位の情報については、市町村長による避難情報の発令基準の設定に活用できることから、平時から必要な情報共有を図るよう努める。また、危険箇所を受け持つ水位観測所が、当該危険箇所よりも下流側の離れた位置にある場合は、氾濫開始相当水位への到達よりも氾濫の発生が先行することもあるため、活用にあたっては、注意が必要である。

第2節 水質事故対策

<考え方>

流域では通常の社会・経済活動が行われていることから、車両等からの油の流出、工場等からの有毒廃液や薬品類等の流出、不法投棄等の水質事故が発生する可能性がある。

河川法では、水質事故の原因者に水質事故処理等の河川の維持について行わせることができ（同法第18条）、又はその費用を負担させる（同法第67条）こととしていることから、原因者が判明した場合は、法令に従って処理することが必要である。

<必 須>

河川管理者は、河川等で水質事故が発生した場合は、事故発生状況に係る情報を速やかに収集し、関係機関に通報するとともに、関係機関と連携し、必要な対策を速やかに行うものとする。

<標 準>

突発的に発生する水質事故に対応するため、予め流域内の水質事故に係る汚濁源情報の把握に努めることを基本とする。また、河川管理者と関係機関で構成する水質汚濁防止に関する連絡協議会等による情報連絡体制を整備し、常時情報の交換を行い、夜間・休日を問わず、緊急事態が発生した場合に即応できるようにすることを基本とする。

さらに、関係機関の役割分担を明確にして、緊急事態が発生した場合に行う応急対策、水質分析、原因者究明のための調査、原因者への指導等を速やかに行うことができる体制を構築するとともに、緊急時の対策を確実かつ円滑に行えるよう、情報伝達訓練、現地対策訓練等を、必要に応じて、定期的に行うことを基本とする。

水質事故に係る対応は原因者が行うことが原則であるが、水質事故対応が緊急を要するものである場合や、事故による水質汚濁が広範囲に及ぶ場合等、原因者のみによる対応では迅速かつ効果的な対応ができない場合は、河川管理者は必要な措置を講じることを基本とする。

河川管理者は、過去に発生した水質事故を勘案の上、必要な水質事故対策資材の備蓄を行うほか、関係機関の備蓄状況についても把握するなど、事故発生時に速やかに資材等の確保を図ることを基本とする。

<愛知県基準>

愛知県では、環境局環境政策部水大気環境課を中心に、環境・水道・農業・河川・港湾等の県関係機関及び国・県・市の関係機関で構成する「公共用水域の水質汚濁に係る突発事故に対する緊急時連絡網」を構築しており、水質事故時には速やかな情報伝達、対応を行う必要がある。

また、直轄河川水系においては、水系ごとに水質汚濁防止対策連絡協議会を発足しており、それぞれの情報連絡体制を構築している。

- ・木曽川水系水質汚濁対策連絡協議会（木曽川上流河川事務所、木曽川下流河川事務所）
- ・庄内川水系水質汚濁対策連絡協議会（庄内川河川事務所）
- ・豊川・矢作川水系水質汚濁対策連絡協議会（豊橋河川事務所）
- ・天竜川水系水質汚濁対策連絡協議会（浜松河川国道事務所）

第7章 愛知県における留意事項

第1節 護岸修繕及び維持管理における袋詰玉石を使用する際の留意点

<愛知県補足>

護岸修繕及び維持管理において袋詰玉石を使用する際には、以下に留意するものとする。

1) 護岸修繕

①護岸が崩壊し、護岸修繕を行う際、根入れの深さは原則1m以上を確保するものとする。

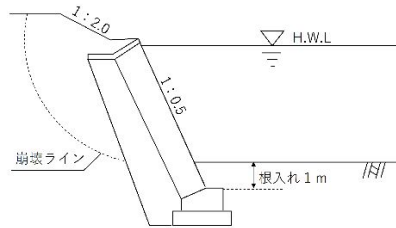


図 7-1-1 護岸修繕（根入れ1mの場合）

②上下流の河床状況や現場条件などから、やむを得ず、根入れ1m確保できない場合はコンクリートブロック等を設置するものとし、袋詰玉石は用いない。

※袋詰玉石は、形状が円形のため、隙間が多く、容易に変状することから、コンクリートブロック等に代わる使用はしない。

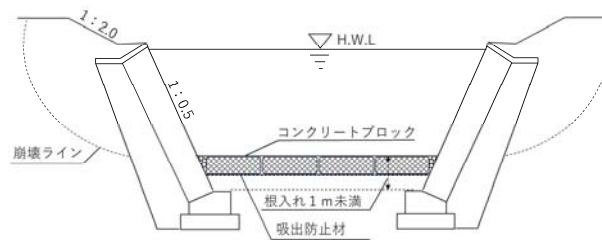
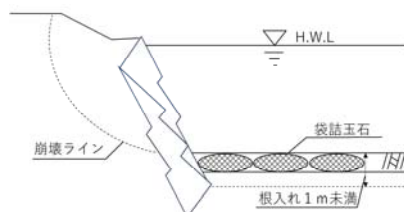


図 7-1-2 護岸修繕（根入れ1m未満の場合の例）

<袋詰玉石を用いることのできる例>

- ・仮設として用いる場合
- ・工事着手までに時間を要し、さらなる洗堀を防止するため、緊急的・応急的な措置として用いる場合



【袋詰玉石における吸出防止材の設置】

本設ではなく仮設のため、吸出防止材を設置しなくてもよいものとする。

図 7-1-3 袋詰玉石の設置例（緊急的・応急的な措置の場合）

2) 維持管理（袋詰玉石を用いた局所的な洗堀防止の考え方）

護岸が健全しており、一部洗堀している状況などにおいて、局所的な洗堀防止として袋詰玉石を設置する場合には、吸出防止材を設置しなくてもよいものとする。

なお、継続して洗堀される場合は、袋詰玉石を追加するなどして適切に対応するものとする。

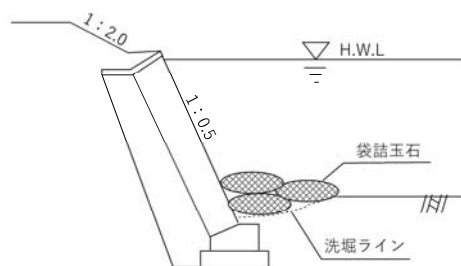


図 7-1-4 維持管理における袋詰玉石を用いた局所的な洗堀防止

第 2 節 河川に設置する標識

<愛知県基準>

愛知県が管理する河川に設置する標識については、「河川標識設置要領について（通知）」（平成 18 年 1 月、愛知県建設部）を参考とするものとする。

河川一覽表

河川一覧表 一級河川(指定区間)

令和5年4月時点

番号	水系名	No.	河川名	上流端(左岸)	(右岸)	下流端	全延長	指定区間外延長	流域面積
1	天竜川	1	天竜川	長野県岡谷市湊字城下3744番の1地先	同県同市湊字ナガレ田5187番の9地先		24,000m	(24,000m)	332.1km ²
2	天竜川	2	大千瀬川	中河内川の合流点		天竜川への合流点	20,727m		272.1km ²
3	天竜川	3	大入川	油戸川の合流点		大千瀬川への合流点	29,133m	(7,300m)	152.3km ²
4	天竜川	4	古真立川	船ノ川の合流点		大入川への合流点	7,854m	(3,400m)	38.1km ²
5	天竜川	5	間黒川	愛知県北設楽郡豊根村大字下黒川字胡桃島46番の5地先	同村同大字同字35番の1地先	古真立川への合流点	5,460m		12.8km ²
6	天竜川	6	小田川	愛知県北設楽郡豊根村大字下黒川字本洞4番地先	同村同大字同字5番の7地先	大入川への合流点	5,900m	(600m)	5.6km ²
7	天竜川	7	坂字場川	愛知県北設楽郡豊根村大字坂字場字向山19番の1地先	同村同大字同字御所平68番地先	大入川への合流点	10,158m		37.1km ²
8	天竜川	8	東園目川	笹川の合流点		大千瀬川への合流点	3,315m		8.1km ²
9	天竜川	9	御殿川	黒平川の合流点		大千瀬川への合流点	9,660m		30.5km ²
10	天竜川	10	鴨山川	界川の合流点		大千瀬川への合流点	8,700m		23.3km ²
11	天竜川	11	河内川	愛知県北設楽郡東栄町大字振草字古戸太和金1番地先	同町同大字同字6番の3地先	鴨山川への合流点	1,870m		8.8km ²
12	天竜川	12	漆島川	愛知県北設楽郡雷山村字広川原5番の5地先	同村字押出29番の4地先	天竜川への合流点	1,900m		21.7km ²
13	豊川	1	豊川	澄川の合流点			76,958m	(36,200m)	723.7km ²
14	豊川	2	朝倉川	豊橋市多米町字口田1番地先	同市同町字寺門13番の1地先	豊川への合流点	6,420m		17.9km ²
15	豊川	3	内山川	豊橋市岩崎町字森下37番地先	同市多米町字川添8番地先	朝倉川への合流点	760m		2.7km ²
16	豊川	4	神田川	長彦川の合流点		豊川への合流点	6,907m		20.5km ²
17	豊川	5	三輪川	豊橋市石巻町字寺前16番の1地先	同市同町字荒木5番地先	神田川への合流点	1,700m		5.5km ²
18	豊川	6	高山川	豊橋市嵩山町字公護86番地先	同市同町字同字87番の2地先	神田川への合流点	2,000m		3.5km ²
19	豊川	7	豊川放水路	豊川からの分派点			6,600m	(6,600m)	14.2km ²
20	豊川	8	善光寺川	豊川市正岡町字西深田315番地先	同市同町同字寺町314番地先	豊川放水路への合流点	2,500m		2.5km ²
21	豊川	9	江川	豊橋市横須賀町字玄宗25番地先	同市下五井町字甚太郎27番地先	豊川放水路への合流点	2,000m		5.5km ²
22	豊川	10	古川	豊川市当古町野中110番地先の県道橋下流端		豊川への合流点	1,400m		5.2km ²
23	豊川	11	馬越川	豊橋市石巻本町字本郷18番の3地先	同市同町同字18番の1地先	豊川への合流点	3,000m		1.8km ²
24	豊川	12	間川	豊橋市石巻萩平町字釜石1番の7地先	同市同町字猫藪103番の1地先	豊川への合流点	8,835m	(2,700m)	21.4km ²
25	豊川	13	安川	豊橋市石巻中山町字神子浦2番の1地先	同市同町字白イ11番地先	間川への合流点	4,550m		5.4km ²
26	豊川	14	境川	新城市川田字下側41番地先	愛知県宝飯郡一宮町大字東上字東京寺14番の2地先	豊川への合流点	450m		7.7km ²
27	豊川	15	宇利川	権現川の合流点		豊川への合流点	12,000m		30.4km ²
28	豊川	16	野田川	新城市稲木字坊ヶ谷1244番地先	同市稲木字烏帽子滝沢西1233番の14地先	豊川への合流点	4,300m		13.1km ²
29	豊川	17	大入川	新城市吉川字新井田18番地先の根引橋		豊川への合流点	6,000m		13.4km ²
30	豊川	18	宇連川	愛知県北設楽郡設楽町大字川合字岩井沢1番の2地先の宇連橋		豊川への合流点	19,717m		176.3km ²
31	豊川	19	黄柳川	一ノ瀬川の合流点		宇連川への合流点	9,897m		39.5km ²
32	豊川	20	亀淵川	愛知県新城市池場字姥ヶ塚13番の3地先	同市池場同字2番の5地先	宇連川への合流点	2,150m		12.5km ²
33	豊川	21	海老川	稲目川の合流点		豊川への合流点	10,593m	(300m)	31.4km ²
34	豊川	22	巴川	愛知県新城市大字清岳字ムムガタ3番の3地先	同市同大字字ムカイ110番の1地先	豊川への合流点	26,771m		88.1km ²
35	豊川	23	島田川	大和田川の合流点		巴川への合流点	3,273m		25.2km ²
36	豊川	24	当貝津川	細野川の合流点		豊川への合流点	9,164m		51.3km ²
37	豊川	25	栗島川	落目川合流点		当貝津川への合流点	1,418m		15.3km ²
38	豊川	26	田町川	新城市片山字山下115番地	同市片山同字113番1地先	豊川への合流点	2,600m		3.3km ²
39	豊川	27	大島川	愛知県南設楽郡鳳来町七郷一色字夏明99番の3地先	同町七郷一色字西貝津63番の1地先	宇連川への合流点	5,300m		18.4km ²
40	豊川	28	境川	北設楽郡設楽町八橋字西知生14番1地先	同町同大字大野17番2地先	豊川への合流点	7,030m	(7,030m)	
41	豊川	29	江ヶ沢川	北設楽郡設楽町清崎字下ノ沢10番1地先	同町同字狐洞17番1地先	豊川への合流点	1,110m	(1,110m)	
42	豊川	30	鹿島川	北設楽郡設楽町田口字西貝津71番1地先	同町同字小貝津42番3地先	豊川への合流点	570m	(570m)	
43	矢作川	1	矢作川	長野県下伊那郡根羽村字フナ立3370番の1地先	同村字小戸山3343番の1地先		100,968m	(51,200m)	1,426.2km ²
44	矢作川	2	鹿乗川	岡崎市宇頭町字法花1番地先	同市同町字仏坊3番地先	矢作川への合流点	16,066m		50.7km ²
45	矢作川	3	西鹿乗川	安城市尾崎町蔵地13番地先	同市同町蔵地12番地先	鹿乗川への合流点	7,305m		12.0km ²
46	矢作川	4	矢作古川	矢作川からの分派点			14,276m		103.8km ²
47	矢作川	5	広田川	琴沢川の合流点		矢作古川への合流点	19,417m		101.8km ²
48	矢作川	6	須美川	北ノ入川の合流点		広田川への合流点	5,768m		11.9km ²
49	矢作川	7	安藤川	赤沢川の合流点		広田川への合流点	8,779m		23.4km ²
50	矢作川	8	占部川	江川の合流点		広田川への合流点	5,027m		11.3km ²
51	矢作川	9	砂川	岡崎市若松町字向山55番の4地先	同市同町字山田下2番の3地先	広田川への合流点	4,160m		3.7km ²
52	矢作川	10	柳川	愛知県額田郡幸田町大字坂崎字霞添40番の4地先の町道橋		広田川への合流点	2,500m		2.5km ²
53	矢作川	11	相見川	愛知県額田郡幸田町大字長嶺字屋下4番地先	同町同大字字神宮司35番地先	広田川への合流点	3,361m		16.3km ²
54	矢作川	12	尾浜川	光明寺川の合流点		相見川への合流点	1,398m		5.0km ²
55	矢作川	13	赤川	愛知県額田郡幸田町大字野場字山本6番の1地先	同町同大字字川瀬45番地先	広田川への合流点	1,736m		4.5km ²
56	矢作川	14	乙川	入川の合流点		矢作川への合流点	33,964m		258.0km ²
57	矢作川	15	伊賀川	猫沢川の合流点		乙川への合流点	5,233m		11.4km ²

番号	水系名	No.	河川名	上流端(左岸)	(右岸)	下流端	全延長	指定区間外延長	流域面積
58	やほぎ矢作川	16	山綱川	羽葉川の合流点		乙川への合流点	6,520m		23.8km ²
59	やほぎ矢作川	17	龜泉寺川	岡崎市桑谷町字一斗目36番の2地先	同市同町字杜宮神71番の7地先	山綱川への合流点	4,770m		10.8km ²
60	やほぎ矢作川	18	鉢地川	岡崎市本宿町字後田2番の1地先の国道橋下流端		乙川への合流点	7,156m		13.6km ²
61	やほぎ矢作川	19	男川	室河内川の合流点		乙川への合流点	17,173m		110.0km ²
62	やほぎ矢作川	20	夏山川	愛知県額田郡額田町大字夏山字殿カイト2番の2地先	同町同大字字惣礼64番の1地先	男川への合流点	4,820m		14.0km ²
63	やほぎ矢作川	21	鳥川	大原川の合流点		男川への合流点	3,200m		2.2km ²
64	やほぎ矢作川	22	乙女川	愛知県額田郡額田町大字大代字落合9番の1地先	同町大字雨山字ソゾジ5番の7地先	男川への合流点	3,600m		23.0km ²
65	やほぎ矢作川	23	雨山川	愛知県額田郡額田町大字雨山字ドロキ38番の6地先の砂防堰堤下流端		乙女川への合流点	4,000m		7.1km ²
66	やほぎ矢作川	24	冢下川	豊田市鶯鴨町上殿地49番の3地先の明治用水路		矢作川への合流点	4,400m		8.0km ²
67	やほぎ矢作川	25	青木川	小丸川の合流点		矢作川への合流点	9,140m		42.8km ²
68	やほぎ矢作川	26	真福寺川	岡崎市岩津町大字駒立字ドウシタ34番地先	同市同町同大字字東カイト47番地先	青木川への合流点	7,777m		10.1km ²
69	やほぎ矢作川	27	巴川	愛知県南設楽郡作手村大字田原字朴木橋33番の4地先の堤橋		矢作川への合流点	56,437m		351.1km ²
70	やほぎ矢作川	28	郡界川	愛知県東加茂郡下山村大字蘭村字神田17番の2地先	同村大字東蘭字上屋敷3番地先	巴川への合流点	23,709m		37.2km ²
71	やほぎ矢作川	29	滝川	寒ヶ入川の合流点		巴川への合流点	5,164m		9.8km ²
72	やほぎ矢作川	30	仁王川	路嶺川の合流点		巴川への合流点	6,520m		13.8km ²
73	やほぎ矢作川	31	足助川	百々川の合流点		巴川への合流点	11,308m		41.9km ²
74	やほぎ矢作川	32	神越川	田尻川の合流点		巴川への合流点	8,485m		46.6km ²
75	やほぎ矢作川	33	大見川	高野川の合流点		神越川への合流点	5,577m		16.0km ²
76	やほぎ矢作川	34	野原川	仏供田川の合流点		巴川への合流点	5,636m		22.3km ²
77	やほぎ矢作川	35	大桑川	愛知県東加茂郡下山村大字黒板字下1番の1地先	同村同大字字城田37番地先	巴川への合流点	4,873m		21.4km ²
78	やほぎ矢作川	36	菅沼川	愛知県南設楽郡作手村大字菅沼字蔵前1番地先	同村同大字字経蔵87番の1地先	巴川への合流点	3,780m		17.0km ²
79	やほぎ矢作川	37	黒瀬川	愛知県南設楽郡作手村大字中河内字上切21番の1地先	同村同大字同字29番地先	巴川への合流点	3,350m		4.5km ²
80	やほぎ矢作川	38	中川	愛知県南設楽郡作手村大字中河内字小日影78番地先	同村同大字同字68番地先	巴川への合流点	4,000m		6.8km ²
81	やほぎ矢作川	39	安永川	豊田市下林町五丁目19番地先	同市同町五丁目6番地先	矢作川への合流点	3,720m		7.0km ²
82	やほぎ矢作川	40	加茂川	豊田市東山町3丁目887番地先	同市京ヶ峯1丁目73番地先	矢作川への合流点	4,200m		4.7km ²
83	やほぎ矢作川	41	市木川	豊田市岩滝町滝ノ上436番地先	同市同町滝ノ上588番地先	矢作川への合流点	4,884m		7.9km ²
84	やほぎ矢作川	42	籠川	豊田市猿投町瀬戸10番の1地先の市道橋下流端		矢作川への合流点	11,653m		55.3km ²
85	やほぎ矢作川	43	水無瀬川	豊田市井上町12丁目1番地先	同市同町13丁目1番地先	籠川への合流点	1,250m		2.5km ²
86	やほぎ矢作川	44	伊保川	割田川の合流点		籠川への合流点	8,816m		27.1km ²
87	やほぎ矢作川	45	広見川	豊田市広幡町割石9番地先	同市同町割石8番地先	伊保川への合流点	2,400m		4.5km ²
88	やほぎ矢作川	46	加納川	豊田市加納町炭焼10番地先の市道橋		籠川への合流点	2,300m		7.4km ²
89	やほぎ矢作川	47	御船川	中山川の合流点		矢作川への合流点	2,364m		12.9km ²
90	やほぎ矢作川	48	力石川	豊田市中金町塚ノ本125番の3地先	同市同町村先72番の4地先	矢作川への合流点	5,000m		11.3km ²
91	やほぎ矢作川	49	飯野川	屋敷川の合流点		矢作川への合流点	10,060m		23.2km ²
92	やほぎ矢作川	50	大伏川	愛知県西加茂郡小原村大字大草字尾崎857番の1地先	同村同大字同字407番の4地先	矢作川への合流点	12,626m		60.9km ²
93	やほぎ矢作川	51	木瀬川	愛知県西加茂郡藤岡町大字三箇字下山5番の12砂防ダム下流端		大伏川への合流点	7,200m		26.7km ²
94	やほぎ矢作川	52	大平川	宮前川の合流点		大伏川への合流点	5,200m		9.1km ²
95	やほぎ矢作川	53	伊摺川	鳥巢川の合流点		矢作川への合流点	10,504m		39.8km ²
96	やほぎ矢作川	54	李川	愛知県西加茂郡小原村大字鍛冶屋敷字西ノ洞621番地先	同村同大字同字634番地先	矢作川への合流点	4,800m		6.6km ²
97	やほぎ矢作川	55	田代川	神明川の合流点		矢作川への合流点	10,595m		22.2km ²
98	やほぎ矢作川	56	芥木川	日下部川の合流点		矢作川への合流点	5,960m		22.0km ²
99	やほぎ矢作川	57	阿妻川	愛知県西加茂郡小原村大字大ヶ蔵連字竹ノ平819番地先	同村同大字同字818番の7地先	矢作川への合流点	10,100m		15.5km ²
100	やほぎ矢作川	58	赤羽根川	愛知県西加茂郡小原村大字苅萱字ラコキバ574番地先	同村同大字同字410番地先	阿妻川への合流点	1,000m		0.8km ²
101	やほぎ矢作川	59	丸草川	岐阜県恵那郡明智町阿妻字柿ノ木平24番の1の4の2地先	同町阿妻同字24番の9地先	阿妻川への合流点	250m		0.1km ²
102	やほぎ矢作川	60	明智川	岐阜県恵那郡明智町字小畑1767番の3地先	同町字大庭46番の1地先	矢作川への合流点	2,111m		1.5km ²
103	やほぎ矢作川	61	段戸川	谷川の合流点		矢作川への合流点	16,473m	(3,000m)	48.0km ²
104	やほぎ矢作川	62	小田木川	井戸川の合流点		段戸川への合流点	5,155m		15.9km ²
105	やほぎ矢作川	63	富永川	愛知県北設楽郡福武町大字小田木字マムシガ洞1番の1地先	同町大字富永字所畑18番の1地先	小田木川への合流点	1,900m		1.8km ²
106	やほぎ矢作川	64	倉川	愛知県北設楽郡福武町大字川向字繩手下5番の1地先	同町同大字字法花場6番地先	矢作川への合流点	22,297m	(200m)	92.1km ²
107	やほぎ矢作川	65	入山川	愛知県北設楽郡福武町大字御所具津字ソゾゲ20番の6地先	同町同大字字崩沢12番の2地先	名倉川への合流点	1,200m		2.3km ²
108	やほぎ矢作川	66	黒田川	愛知県北設楽郡設楽町大字西納庫字駒ヶ原92番地先	同町同大字同字158番地先	名倉川への合流点	8,899m		21.0km ²
109	やほぎ矢作川	67	平林境川	愛知県北設楽郡福武町大字大野瀬字フカダフ1番の1地先	同町大字押山字平林288番の2地先	矢作川への合流点	600m		1.1km ²
110	やほぎ矢作川	68	野入川	小沢川の合流点		矢作川への合流点	6,791m		18.8km ²
111	きそ木曾川	1	木曾川	長野県木曾郡木祖村鉢伏国有林			51,303m	(51,303m)	67.9km ²
112	きそ木曾川	2	長良川	岐阜県郡上郡高鷲村大字西洞字中川原3715番地先	同村同大字字喰新2771番地先	揖斐川への合流点	829m	(829m)	0.1km ²
113	きそ木曾川	3	鍋田川	木曾川からの分派点		木曾川への合流点	3,610m		6.0km ²
114	きそ木曾川	4	鍋田川東支川	愛知県海部郡弥富町大字芝井字流作954番の1地先	同町大字森津字九拾間558番の6地先	鍋田川への合流点	760m		3.2km ²

河川一覧表 一級河川(指定区間)

令和5年4月時点

番号	水系名	No.	河川名	上流端(左岸)	(右岸)	下流端	全延長	指定区間外延長	流域面積
115	木曾川	5	南派川	木曾川からの分派点		木曾川への合流点	9,186m	(9,186m)	7.1km ²
116	木曾川	6	郷瀬川	犬山市大字塔野地字東屋敷6番の1地先	同市同大字同字7番の1地先	木曾川への合流点	4,161m		54.7km ²
117	木曾川	7	新郷瀬川	幼川の合流点		郷瀬川への合流点	6,743m		44.3km ²
118	庄内川	1	庄内川	恵那市三郷町野井字法仙寺141番の1地先	同市同町野井川上209番地先		52,697m	(52,697m)	602.6km ²
119	庄内川	2	矢田川	海上川の合流点		庄内川への合流点	23,709m	(7,000m)	108.0km ²
120	庄内川	3	守山川	名古屋市守山区菱地町814番地先	同市同区同町1108番地先	矢田川への合流点	2,708m		2.6km ²
121	庄内川	4	香流川	前熊川の合流点		矢田川への合流点	8,785m		29.3km ²
122	庄内川	5	隅除川	名古屋市守山区御膳洞101地先	同市同区弁天が丘1409番地先	矢田川への合流点	1,686m		3.6km ²
123	庄内川	6	天神川	平池からの流出点		矢田川への合流点	4,326m		9.6km ²
124	庄内川	7	瀬戸川	古瀬戸川の合流点		矢田川への合流点	9,344m		15.9km ²
125	庄内川	8	新川	庄内川からの分派点			24,278m		245.4km ²
126	庄内川	9	大山川	狐洞川の合流点		新川への合流点	15,164m		52.1km ²
127	庄内川	10	西行堂川	小牧市大字下末字山ノ田970番地先の入鹿用水路交点		大山川への合流点	4,608m		9.2km ²
128	庄内川	11	池田川	小牧市大字小牧原新田字鷹之橋644番の1地先の朝日用水路下流端		大山川への合流点	3,500m		2.2km ²
129	庄内川	12	外堀川	小牧市大字東田中文字金井戸620番の1地先	同市同大字同字619番の1地先	大山川への合流点	2,550m		2.3km ²
130	庄内川	13	薬師川	犬山市高根洞7番地先	同市同字8番の28地先	大山川への合流点	7,561m		8.8km ²
131	庄内川	14	新造川	小牧市大字池之内字新造107番の1地先の県道橋下流端		大山川への合流点	1,420m		1.5km ²
132	庄内川	16	合瀬川	犬山市大字橋爪字榎坪39番の1地先	同市同大字大橋31番地先	新川への合流点	16,714m		22.5km ²
133	庄内川	17	中江川	小牧市多気東町127番地先	同市同町112番地先	合瀬川への合流点	2,690m		6.7km ²
134	庄内川	18	新中江川	小牧市多気西町263番地先の農道橋下流端		中江川への合流点	1,550m		0.8km ²
135	庄内川	19	原川	小牧市大字岩崎字本田1319番の1地先の市道暗渠下流端		合瀬川への合流点	3,100m		2.8km ²
136	庄内川	20	鵜田川	愛知県西春日井郡師勝町大字井瀬木字南五反地422番の上流端を示す標柱		新川への合流点	3,000m		7.1km ²
137	庄内川	21	水場川	愛知県西春日井郡西春町大字法成寺字水戸422番地先	同町同大字同字408番地先	新川への合流点	5,960m		10.1km ²
138	庄内川	22	五条川	犬山市西片草48番の1地先の五条川分流樋門		新川への合流点	28,205m		114.8km ²
139	庄内川	23	青木川	犬山市大字上野字南向1. 100番の1地先の農道橋下流端		五条川への合流点	20,854m		51.8km ²
140	庄内川	24	緑葉川	一宮市あずら1丁目1番の1地先	同市丹陽町猿海道字浪寄795番の3地先	青木川への合流点	1,420m		1.7km ²
141	庄内川	25	巾下川	愛知県丹羽郡大口町大字河北字巾上2295番地先	同町同大字伊賀田2234番の1地先	五条川への合流点	9,183m		23.2km ²
142	庄内川	26	矢戸川	愛知県丹羽郡大口町大字秋田字西郷前27番地先	同町大字豊田字藤ノ木1番地先	巾下川への合流点	5,716m		10.4km ²
143	庄内川	27	境川	愛知県丹羽郡大口町大字外坪大長170番地先	同町同大字1680番地先	巾下川への合流点	6,434m		2.1km ²
144	庄内川	28	半之木川	犬山市大字羽黒字荒神洞1番の2地先	同市同大字前原字西荒神洞4番の1地先	五条川への合流点	2,530m		2.2km ²
145	庄内川	29	堀川	庄内川からの分派点			12,581m		67.0km ²
146	庄内川	30	新堀川	名古屋市中区千代田一丁目101番地先の上流端を示す標柱		堀川への合流点	5,800m		23.4km ²
147	庄内川	31	八田川	小牧市大字大草字大良3400番地先	同市同大字同字3325番地先	指定区間外の上流端を示す標柱	11,574m		16.5km ²
148	庄内川	32	生地川	小牧市大字大草字角68番の1地先	春日井市下原町字平橋2313番の35地先	八田川への合流点	2,398m		4.7km ²
149	庄内川	33	地藏川	春日井市下市場町字山岸1675番の1地先	同市金ヶ口町字山岸1671番の1地先	庄内川への合流点	9,525m		18.6km ²
150	庄内川	34	新地藏川	地藏川からの分派点		新川への合流点	4,341m		8.2km ²
151	庄内川	35	内津川	春日井市内津町字南山442番の2地先		庄内川への合流点	13,945m		25.0km ²
152	庄内川	36	大谷川	宮東川の合流点		内津川への合流点	2,891m		5.5km ²
153	庄内川	37	長戸川	名古屋市守山区大字下志段味字長根1518番地先	同市同区同大字字西乙原603番地先	庄内川への合流点	1,288m		3.0km ²
154	庄内川	38	野添川	名古屋市守山区大字下志段味字東谷2082番の2地先	同市同区同大字同字2083番の1地先	庄内川への合流点	1,806m		4.9km ²
155	庄内川	39	繁田川	春日井市気頃町字川中1522番の1地先	同市同町字川西1118番の1地先	庄内川への合流点	700m		1.6km ²
156	庄内川	40	新繁田川	山谷川の合流点		庄内川への合流点	1,950m		3.7km ²
157	庄内川	41	水野川	瀬戸市上品野町749番地先	同市白岩町7番地先	庄内川への合流点	12,374m		39.4km ²
158	庄内川	42	蔵川	柳川の合流点		庄内川への合流点	4,207m		9.7km ²
159	庄内川	15	新境川	小牧市大字市之久田字東出738番の1地先の市道橋		大山川への合流点	2,567m		2.3km ²

※当資料は平成8年4月に作成した「愛知県河川一覧表」を一部更新したものである。

番号	水系名	No.	河川名	上流端(左岸)	(右岸)	下流端	河川延長
1	てんりゅう 天竜川	1	てんりゅう 天竜川	伊那市大字福島字河原45番地先の村道橋			24,000m
2	てんりゅう 天竜川	2	おおにゅう 大入川	愛知県北設楽郡豊根村大字下黒川字下々24番の2地先	同村同大字字葎ノ平12番の5地先	備考のとおり	7,300m
3	てんりゅう 天竜川	3	こまだて 古真立川	愛知県北設楽郡豊根村大字古真立字八森3番の2地先	同村同大字字僧光寺9番の18地先	大入川への合流点	3,400m
4	てんりゅう 天竜川	4	こだ 小田川	愛知県北設楽郡豊根村大字古真立字浅草入6番の4地先	同村同大字字浅草山28番の3地先	大入川への合流点	600m
5	とよ 豊川	1	とよ 豊川	新城市庭野字萩野16番の3地先の新城橋			27,400m
5	とよ 豊川	1	とよ 豊川	愛知県南設楽郡鳳来町玖老勢字横手16番の6地先の取水堰堤下流端		備考のとおり	1,900m
5	とよ 豊川	1	とよ 豊川	愛知県北設楽郡設楽町大字名倉字新蔵29番の1地先	同町同字鼻岩8番1地先	備考のとおり	6,900m
6	とよ 豊川	2	とよかわほうすいり 豊川放水路	豊川からの分派点			6,600m
7	とよ 豊川	3	あいだ 間川	豊橋市賀茂町大字坂井字大養治1523番地先	同市同町同大字字新田下26番の2地先	豊川への合流点	2,700m
8	とよ 豊川	4	えび 海老川	愛知県南設楽郡鳳来町玖老勢字大向貝津1番地先の取水堰堤下流端		豊川への合流点	300m
9	とよ 豊川	28	え さわ 江ヶ沢川	北設楽郡設楽町清崎字下ノ沢10番1地先	同町同字狐洞17番1地先	豊川への合流点	1,110m
10	とよ 豊川	29	かしま 鹿島川	北設楽郡設楽町田口字西貝津71番1地先	同町同字小貝津42番3地先	豊川への合流点	570m
11	とよ 豊川	30	さかい 境川	北設楽郡設楽町八橋字西知生14番1地先	同町同字大野17番2地先	豊川への合流点	7,030m
12	やはぎ 矢作川	1	やはぎ 矢作川	豊田市川田町三丁目7番地先	同市猿投町大字荒井字松蔭273番の2地先		43,661m
12	やはぎ 矢作川	2	やはぎ 矢作川	愛知県北設楽郡稲武町大字押山字日向228番の8地先	岐阜県恵那郡上矢作町大字小田子字羽根326番の1地先	備考のとおり	7,539m
13	やはぎ 矢作川	3	だんど 段戸川	愛知県東加茂郡旭町大字日下部字長根尻1番の3地先	同町大字牛地字明ヶ沢2番の8地先	矢作川への合流点	3,000m
14	やはぎ 矢作川	4	なぐら 名倉川	愛知県北設楽郡稲武町大字川手字前田21番の1地先	同町大字押山字ススベ84番の4地先	矢作川への合流点	200m
15	しょうない 庄内川	1	しょうない 庄内川	土岐市肥田町浅野字トチモ807番の3地先の市道橋			52,697m
16	しょうない 庄内川	2	やだ 矢田川	名古屋市長区大幸町10丁目7番の8地先の市道橋		庄内川への合流点	7,000m
17	きそ 木曽川	1	きそ 木曽川	可児市川合字西野2793番の21地先	美濃加茂市御門町二丁目字村上30番の2地先		51,303m
18	きそ 木曽川	2	ながら 長良川	岐阜市日野中石川原3965番の100地先	同市古津小島山919番の11の1地先	揖斐川への合流点	829m
19	きそ 木曽川	3	みなせ 南派川	木曽川からの分派点		木曽川への合流点	9,186m

※当資料は平成8年4月に作成した「愛知県河川一覧表」を一部更新したものである。

河川一覧表 二級河川

令和5年4月時点

番号	水系名	No.	河川名	上流端(左岸)	(右岸)	下流端	河川延長	流域面積
1	いけり 池尻川		いけり 池尻川	渥美郡赤羽根町大字赤羽根字田島4番の3地先	同町同大字字上八反田25番の1地先	池尻川樋門	1,723m	9.4km ²
2	しょうじん 精進川		しょうじん 精進川	渥美郡赤羽根町大字若見字猿渡16番地先	同町同大字同字18番の2地先	精進川樋門	809m	5.7km ²
3	てんぱく 天白川		てんぱく 天白川	渥美郡渥美町大字亀山字大辻16番地先	同町大字保美字西原124番地先		5,118m	6.3km ²
4	めめだ 免々田川		めめだ 免々田川	八幡川合流点(渥美郡渥美町大字山田字内田)	(同町同大字字八幡前)		3,747m	8.0km ²
5	しんぼり 新堀川		しんぼり 新堀川	渥美郡渥美町大字村松字南郷中17の4番	同町同大字字おん不田51の2番地先	海岸防潮樋門	2,230m	6.3km ²
6	いまほり 今堀川		いまほり 今堀川	陣屋川合流点(渥美郡渥美町大字八王子字道下4の3番)	(同町同大字字川向59番地先)	海岸防潮樋門	2,100m	5.6km ²
7	いまいけ 今池川		いまいけ 今池川	渥美郡田原町大字野田字新屋敷、巻田字界	同町同大字字道亀、坂下字界		4,280m	12.5km ²
8	しお 汐川	1	しお 汐川	渥美郡赤羽根町大字高松字広子村105番地先	同町同大字字岩ヶ下112番地先		8,876m	37.3km ²
9	しお 汐川	2	せや 清谷川	渥美郡田原町大字田原字大谷下42番地先	同町同大字字西藤七原19番の3地先	汐川への合流点	2,517m	10.0km ²
10	しお 汐川	3	しょうじ 庄司川	渥美郡田原町大字田原字庄司川19番地先	同町同大字字五貫地20番地先	清谷川への合流点	680m	1.2km ²
11	しお 汐川	4	みや 宮川	渥美郡田原町大字加治字前恩中33番の3地先	同町同大字同字23番の1地先	汐川への合流点	1,500m	1.0km ²
12	しお 汐川	5	あおつ 青津川	渥美郡田原町大字神戸字力子イバ26番の6地先	同町同大字同字26番の9地先	汐川への合流点	1,140m	3.9km ²
13	しお 汐川	6	だいいち 大日川	渥美郡赤羽根町大字高松字長間37番	同町同大字同字34番地先	汐川への合流点	1,860m	2.9km ²
14	しじみ 蛸川		しじみ 蛸川	前畑川合流点(渥美郡田原町大字六連字前畑)	(同町同大字字前田)		3,729m	6.8km ²
15	かみだ 紙田川		かみだ 紙田川	庄兵卫川合流点(豊橋市東赤沢町字神田)	(同市同町字原山)		3,908m	13.2km ²
16	さかい 境川		さかい 境川	豊橋市老津町字新池209番の1地先の山田放水口下流端			1,900m	3.7km ²
17	うめだ 梅田川	1	うめだ 梅田川	静岡県界(豊橋市雲谷町字アラタ)	(同市中原町字東山)		14,032m	86.6km ²
18	うめだ 梅田川	2	うちほり 内張川	豊橋市曙町字宮前1番地先の市道弥生町・畑ヶ田町49号線豊栄橋下流端		梅田川への合流点	4,120m	3.1km ²
19	うめだ 梅田川	3	にの 西ノ川	旧高豊村界(豊橋市野依町字八重八敷)	(同市同町字井ノ下)	梅田川への合流点	4,185m	10.5km ²
20	うめだ 梅田川	4	はまだ 浜田川	豊橋市東七根町字稲場192番の3地先	同市同町字宝地109番地先	梅田川への合流点	4,236m	16.7km ²
21	うめだ 梅田川	5	つぼち 坪口川	豊橋市天伯町字東沢109番の1地先の市道橋下流端		梅田川への合流点	1,700m	2.5km ²
22	うめだ 梅田川	6	おちあい 落合川	豊橋市細谷町字坂東堀88番の1地先の県道橋下流端		梅田川への合流点	4,853m	9.2km ²
23	うめだ 梅田川	7	しょうじん 精進川	豊橋市東細谷町字西笹田33番の1地先の市道橋下流端		梅田川への合流点	1,700m	2.7km ²
24	うめだ 梅田川	8	さかい 境川	豊橋市細谷町字深田67番地先	静岡県湖西市字宿南2593番地先	梅田川への合流点	4,700m	1.4km ²
25	うめだ 梅田川	9	はん尻 半尻川	豊橋市雲谷町字ナベ山10番地先	同町字山ミチ17番地先	静岡県境	1,400m	0.9km ²
26	やぎゅう 柳生川	1	やぎゅう 柳生川	山中川合流点(豊橋市佐藤町字平子)	(同市向山町字水車)		5,307m	27.8km ²
27	やぎゅう 柳生川	2	とのた 殿田川	豊橋市飯村町字高山10番の12地先	同町同字10番の101地先	柳生川への合流点	3,260m	3.7km ²
28	やぎゅう 柳生川	3	やまなか 山中川	豊橋市飯村町字安西山6番の9地先	同市三ノ輪町3丁目9番地先	柳生川への合流点	700m	6.0km ²
29	さな 佐奈川	1	さな 佐奈川	豊川市千両町字上蛇穴	同市同町字真河		14,429m	35.1km ²
30	さな 佐奈川	2	おび 帯川	西山川合流点(宝飯郡一宮町大字足山田字八ツ田)	(同町同大字同字)	佐奈川への合流点	4,963m	9.9km ²
31	おとわ 音羽川	1	おとわ 音羽川	千東川合流点(宝飯郡音羽町大字長沢字雁又)	(同町同大字字五反田)		12,477m	63.7km ²
32	おとわ 音羽川	2	しら 白川	奥ノ山川合流点(豊川市平尾町字沢田)	(同市同町字寺貝津)	音羽川への合流点	10,829m	24.2km ²
33	おとわ 音羽川	3	さいこせ 西古瀬川	白川合流点(豊川市平尾町丸田47番の3地先)	(同市同町門田89番の1地先)	白川への合流点	7,078m	7.4km ²
34	おとわ 音羽川	4	あんどう 安藤川	宝飯郡御津町大字下佐脇字村上42番地先	同町同大字字鎌田45番の1地先	音羽川への合流点	400m	2.0km ²
35	おとわ 音羽川	5	やまかげ 山陰川	千鳥川合流点(宝飯郡音羽町大字萩字前田)	(同町同大字字中丸)	音羽川への合流点	3,735m	12.2km ²
36	みと 御津川		みと 御津川	青木川の合流点			4,336m	8.9km ²
37	むらさき 紫川		むらさき 紫川	蒲郡市相楽町五月田29番の1地先	同市同町小畑ヶ1番の4地先		2,400m	2.5km ²
38	にしだ 西田川	1	にしだ 西田川	蒲郡市五井町西郷99番の3地先	同市清田町橋詰45の2番地先		2,700m	12.3km ²
39	にしだ 西田川	2	ちから 力川	蒲郡市豊岡町平田門36番の2地先	同市同町殿岡23番地先	西田川への合流点	1,300m	5.6km ²
40	おちあい 落合川		おちあい 落合川	蒲郡市水竹町西清水川31の1番	同市神ノ郷町東川原36の2番地先		2,500m	7.8km ²
41	ひみし 拾石川		ひみし 拾石川	額郡幸田町大字逆川字引手30番地先	同町同大字字仍川34番の2地先		6,833m	11.1km ²
42	やわた 八幡川		やわた 八幡川	奥山川の合流点			2,000m	4.4km ²
43	とば 鳥羽川		とば 鳥羽川	幡豆郡幡豆町大字鳥羽林13番の2地先 町道橋下流端			900m	3.5km ²
44	やぎき 矢崎川		やぎき 矢崎川	大字宮迫界(幡豆郡吉良町大字津平字文道野)	(同町同大字字一本松)		8,055m	16.7km ²
45	きたはま 北浜川	1	きたはま 北浜川	水路合流点(西尾市道光寺町天王下46番の2地先)	(同市同町西縄24番の1地先)		7,118m	21.1km ²
46	きたはま 北浜川	2	に 二の沢川	西尾市亀沢町368番の8地先 市道橋下流端		北浜川への合流点	1,800m	5.3km ²
47	しじみ 蛸川		しじみ 蛸川	碧南市大字伏見屋字東新六下1番の2地先	同市同大字同字2番の1地先		5,165m	4.8km ²
48	たかはま 高浜川	1	たかはま 高浜川	油ヶ淵(碧南市字丸ヶ鶴)	安城市大字西端字芦原		2,400m	60.1km ²
49	たかはま 高浜川	2	ひえだ 稗田川	安城市大字高棚字申畑195番の1地先	同市同大字同字下手20番の1地先	高浜川への合流点	5,367m	15.7km ²
50	たかはま 高浜川	3	あぶら 油ヶ淵	碧南市、安城市。(旧碧海郡旭村、新川町)町内			7,855m	5.8km ²
51	たかはま 高浜川	4	しん 新川	油ヶ淵(碧南市大字鷺塚字名古屋崎)	(同市同大字字東山下)		2,547m	1.0km ²

河川一覧表 二級河川

令和5年4月時点

番号	水系名	No.	河川名	上流端(左岸)	(右岸)	下流端	河川延長	流域面積
52	たかはま高浜川	5	おさだ長田川	安城市桜町20番の9地先	同市同町20番の1地先	油ヶ淵への合流点	9,030m	17.8km ²
53	たかはま高浜川	6	はんば半場川	安城市大字赤松字山ノ神	同市同大字同字115番の13地先	油ヶ淵への合流点	11,520m	20.7km ²
54	たかはま高浜川	7	ちようせん朝鮮川	安城市桜井町咽首66番の1地先 県道橋下流端		半端川への合流点	7,146m	8.0km ²
55	たかはま高浜川	8	ひがしすみだ東隅田川	安城市赤松町恋塚81番の1地先	同市同町同82番の1地先	半端川への合流点	1,010m	0.8km ²
56	まえ前川	1	まえ前川	刈谷市大字小垣江字下半ノ木、上半ノ木界	同市同大字字鴻田		1,556m	4.9km ²
57	まえ前川	2	えぞ江添川	高浜市吉浜町砲六46番の2地先 市道橋下流端		前川への合流点	900m	0.3km ²
58	さわたり猿渡川	1	さわたり猿渡川	豊田市西田町大風1番の34地内	同市同町池下1番地先		17,077m	69.2km ²
59	さわたり猿渡川	2	さがまつ下り松川	猿渡川分流点(刈谷市大字半城土)	(同市大字重原)		3,308m	4.0km ²
60	さわたり猿渡川	3	ふせと吹戸川	安城市井杭山町井杭山74番の1地先	同市同町同72番の1地先	猿渡川への合流点	4,332m	7.5km ²
61	さわたり猿渡川	4	われめ割目川	知立市八ツ田町池谷100番地先 農道橋下流端		吹戸川への合流点	1,700m	2.0km ²
62	さわたり猿渡川	5	もりまえ森前川	刈谷市野田町馬池43番の1地先	同市同町同42番の1地先	猿渡川への合流点	2,200m	1.8km ²
63	さわたり猿渡川	6	いしだ石田川	安城市住吉町長根1番の1地先	同市同町1丁目29番地先	猿渡川への合流点	1,100m	1.9km ²
64	さかい境川	1	さかい境川	豊田市田畑町字境川640番の2地先	西加茂郡三好町大字黒笹字小持松1270番の1地先		39,829m	223.6km ²
65	さかい境川	2	あいつま逢妻川	逢妻女川、逢妻男川合流点(知立市逢妻町金山)			10,273m	94.5km ²
66	さかい境川	3	おんだ恩田川	恩田橋(刈谷市大字小山字恩田前)	(同市大字同字同)	逢妻川への合流点	2,465m	4.8km ²
67	さかい境川	4	ほづくい堯杭川	刈谷市大字東境町字町谷67番の9地先	同市同大字字奥町谷2番の1地先	逢妻川への合流点	7,082m	7.8km ²
68	さかい境川	5	うしろ後川	刈谷市築地町荒田9番の1地先	同市同町地内61番の1地先	逢妻川への合流点	500m	1.7km ²
69	さかい境川	6	なが流れ川	刈谷市一里山町家下1番の1地先 市道橋下流端		逢妻川への合流点	900m	0.8km ²
70	さかい境川	7	みず干水干川	知立市西町宮腰78番の1地先	同市同町本田62番の1地先	逢妻川への合流点	3,600m	4.2km ²
71	さかい境川	8	あいつまお逢妻男川	豊田市元町237番2地先	同市同町57番5地先	逢妻川への合流点	11,698m	23.2km ²
72	さかい境川	9	あいつまお逢妻女川	砂川合流点(豊田市逢妻町4番の17地先)	(同市同町1番の38地先)	逢妻川への合流点	15,737m	43.6km ²
73	さかい境川	10	ほてご布袋子川	西加茂郡三好町大字福谷字上三戸口34番地先	同町同大字字下り松1番の37地先	逢妻女川への合流点	2,460m	3.5km ²
74	さかい境川	11	おかだ岡田川	知多郡東浦町大字森岡字一ツ池、二ツ池字界	同町大字緒川字又二区5番地先	五箇村川への合流点	2,527m	12.5km ²
75	さかい境川	12	ごかそん五箇村川	豊明市阿野町正戸51番地先	同市同町正戸50番1地先	海に至る	7,312m	5.7km ²
76	さかい境川	13	いしがせ石ヶ瀬川	大府市吉田町何虎山17番の1地先	同市同町八百目南107番の1地先	境川への合流点	6,210m	26.8km ²
77	さかい境川	14	くらなが鞍流瀬川	大府市共和町敷南36番の1地先	名古屋市緑区有松町大字桶狭間字野末34番の1地先	石ヶ瀬川への合流点	5,063m	16.8km ²
78	さかい境川	15	す砂川	大府市横根町平子、平地字界	同市同町狐山、羽根山字界	境川への合流点	1,178m	1.5km ²
79	さかい境川	16	みょうじん明神川	大府市横根町石丸、下塚字界	同市同町中村、惣作字界	境川への合流点	345m	0.5km ²
80	さかい境川	17	みなせ皆瀬川	豊明市前後町五軒屋1518番地先 市道橋下流端		境川への合流点	4,327m	8.1km ²
81	さかい境川	18	しょうど正戸川	逢妻井川合流点(豊明市大字東阿野字逢井)	(同市同大字同字)	境川への合流点	2,382m	7.0km ²
82	さかい境川	19	いせき井堰川	豊明市沓掛町下高根143番地先	同市同町広坪58番の2地先	境川への合流点	1,817m	5.1km ²
83	さかい境川	20	ちかや茶屋川	西加茂郡三好町大字明知字下田7番の1地先	同町同大字字柿ノ木31番地先	境川への合流点	3,238m	7.2km ²
84	さかい境川	21	じやくおうじ若王子川	重田川合流点(豊明市大字沓掛字水白)	(同市同大字同字)	境川への合流点	1,824m	4.6km ²
85	さかい境川	22	まえ前川	愛知郡東郷町大字諸輪字片平山6番地先	同町同大字字車坂48番地先	境川への合流点	2,144m	7.1km ²
86	さかい境川	23	こいし小石川	西加茂郡三好町大字黒笹字大力池下28番地先	日進市大字米野木字南山997番の1地先	境川への合流点	2,800m	3.8km ²
87	さかい境川	24	いもり井守川	西加茂郡三好町大字福谷字下り松1番の5地先	同町同大字字井守下52番の2地先	境川への合流点	560m	0.5km ²
88	さかい境川	25	しんくらだ新寺田川	西加茂郡三好町大字訪生字舟ヶヶ15番の1地先	同町同大字同字13番地先	境川への合流点	770m	0.8km ²
89	さかい境川	26	あのア野川	豊明市阿野町稲葉67番の7地先	同市同町同67番の8地先	正戸川への合流点	260m	3.8km ²
90	さかい境川		みょうとくじ明徳寺川	知多郡東浦町大字緒川字東高組、西高組字界	同町同大字字大藪一区18番地先	五箇村川への合流点	3,022m	6.0km ²
91	まめつき豆搦川		まめつき豆搦川	知多郡東浦町大字石浜字三本松、井ノ口字界	同町同大字入海田1番地先		2,246m	3.6km ²
92	すが須賀川		すが須賀川	知多郡東浦町大字藤江字守宮地、大字生路字猪字界	同町同大字字カガリ1番地先		1,955m	3.8km ²
93	ひえだ稗田川		ひえだ稗田川	無名川(半田市庚申町3丁目100番地先)	(同市西徳田町105番地先)	防潮樋門	2,900m	6.7km ²
94	あくい阿久比川	1	あくい阿久比川	鎌池川合流点(知多市八幡字田淵)	(同市同同字)		9,965m	31.0km ²
95	あくい阿久比川	2	やがち矢勝川	知多郡阿久比町大字植大字下折戸3番地先	半田市字矢勝谷、逢坂字界	阿久比川への合流点	5,040m	8.5km ²
96	あくい阿久比川	3	あえだ前田川	知多郡阿久比町大字矢高字檢前28番の1地先(矢高橋)	同町同大字字亀崎山19番地先	阿久比川への合流点	2,620m	2.6km ²
97	あくい阿久比川	4	ぶくやま福山川	知多郡阿久比町大字板山字本郷60番の1地先	同町同大字北反田5番の1地先	阿久比川への合流点	1,414m	4.1km ²
98	あくい阿久比川	5	くさき草木川	知多郡阿久比町大字草木字上鶴若28番の2地先	同町同大字同字28番の6地先	阿久比川への合流点	3,000m	5.3km ²
99	じゅつか十ヶ川	1	じゅつか十ヶ川	知多郡阿久比町大字卯坂字二反田88番の1地先	同町同大字同字87番の1地先	半田市東本町1丁目29番の1地先樋門吐	5,250m	8.6km ²
100	じゅつか十ヶ川	2	えび英比川	知多郡阿久比町大字横松字清水101番地先	同町同大字同字133番地先	十ヶ川への合流点	400m	1.6km ²
101	ごうど神戸川		ごうど神戸川	半田市板山町10丁目82番地先	同市同町13丁目15番地先		4,471m	12.1km ²
102	いし石川		いし石川	蛇ヶ谷川合流点(知多郡武豊町字梨子ノ木)	(同町字一丁田)		2,615m	5.1km ²

河川一覧表 二級河川

令和5年4月時点

番号	水系名	No.	河川名	上流端(左岸)	(右岸)	下流端	河川延長	流域面積
103	ほり堀川		ほり堀川	知多郡武豊町大字若殿町55番の6地先	同町同字56番の43地先		3,100m	4.2km ²
104	しん新川		しん新川	知多郡武豊町大字富貴字新砂26の3県道布土、西浦線	同町同大字唐木12の1地先		2,547m	4.3km ²
105	ふつと布土川		ふつと布土川	知多郡美浜町大字布土字志洞24地先	同町同大字字砂ノ下14番の1地先		1,500m	4.4km ²
106	しんえ新江川		しんえ新江川	知多郡美浜町大字北方字土海道36番の1地先	同町同大字河和字岡の脇1番の1地先		1,150m	7.8km ²
107	おお大川		おお大川	八反田川合流点(知多郡美浜町大字古布字猿子松)	(同町同大字字九条)		1,977m	3.2km ²
108	ごほう五宝川		ごほう五宝川	知多郡美浜町大字豊丘字間戸2728番地先	同町同大字字宮ノ脇70番地先		2,670m	3.5km ²
109	やまやま山海川		やまやま山海川	知多郡南知多町大字山海字清水9番の1地、清水、苗代字界	同町同大字字大坪75番の1、大坪、苗代字界		1,142m	3.9km ²
110	うつみ内海川		うつみ内海川	瀬木田川合流点(知多郡南知多町大字内海字奥遠廻間5番地先)	(同町同大字字瀬木田127番の1地先)		2,877m	11.3km ²
111	さんのう山王川		さんのう山王川	広見川合流点(知多郡美浜町大字奥田字奥田前67番地先)	(同町同大字字鎌山70番地)		2,420m	7.1km ²
112	いなほ稲早川	1	いなほ稲早川	常滑市大字坂井字札方51番の1地先	同市同大字字角田10番の1地先		2,760m	7.0km ²
113	いなほ稲早川	2	ういけ鶴の池川	知多郡美浜町大字上野間字上矢田1番地先	同町同大字同字2番地先	稲早川への合流点	1,950m	2.8km ²
114	やだ矢田川	1	やだ矢田川	常滑市矢田字池下28番地先	同市同字同29番地先		6,198m	16.2km ²
115	やだ矢田川	2	まへやま前山川	常滑市金山字汐見、乗田字界	同市同字同28番地先	矢田川への合流点	2,400m	4.9km ²
116	ひなが日長川	1	ひなが日長川	釜谷川合流点(知多市岡田字西無常堂2番の4地先)	(同市同同字2番の6地先)		5,241m	11.5km ²
117	ひなが日長川	2	かじや鍛冶屋川	知多市金沢字広見127番地先	同市大興寺字長根86番の1地先	日長川への合流点	2,600m	4.3km ²
118	しなの信濃川	1	しなの信濃川	知多市佐布里字山田前34番地先	同市同同字1番の1地先		5,783m	11.4km ²
119	しなの信濃川	2	よこすかしん横須賀新川	東海市高横須賀町公土2番地先	同市養父町野崎1番地先	信濃川への合流点	1,151m	2.3km ²
120	おおた大田川	1	おおた大田川	七本松川合流点(東海市加木屋町辻花)	(同市同町円畑)		3,851m	18.9km ²
121	おおた大田川	2	わたうち渡内川	東海市荒尾町字向前田74番地先	同市同町同字1番地先	大田川への合流点	2,100m	3.0km ²
122	おおた大田川	3	なか中川	東海市荒尾町字登立12番の1地先	同市同町同字11番の1地先	渡内川への合流点	830m	1.8km ²
123	てんぱく天白川	1	てんぱく天白川	日進市大字三本木字大根、大字大野木界	同町同大字字川田、大字大野木界		22,740m	101.8km ²
124	てんぱく天白川	2	おおき扇川	名古屋市区緑区鳴海町字白土11番地先	同市同区同町同字10番の1地先	天白川への合流点	11,810m	30.8km ²
125	てんぱく天白川	3	おおたか大高川	名古屋市区緑区大高町字水主ヶ池、山ノ田1番地先字界	同市同区同町同字界	扇川への合流点	2,880m	7.3km ²
126	てんぱく天白川	4	せき瀬木川	名古屋市区緑区大高町字銭瓶谷50番1地先	同市同区同町同字西峡20番1地先	大高川への合流点	1,040m	2.3km ²
127	てんぱく天白川	5	てこし手越川	名古屋市区緑区鳴海町字米塚45番の3地先	同市同区同町同字44番の1地先	扇川への合流点	2,035m	4.1km ²
128	てんぱく天白川	6	ふじ藤川	名古屋市区緑区古鳴海一丁目1番地先	同市天白区野並三丁目406番地先	天白川への合流点	720m	6.2km ²
129	てんぱく天白川	7	うさだ榎田川	名古屋市区東区猪高町大字高針字前田、字北島字界	同市同区同町同大字字大廻間、字北島字界	天白川への合流点	4,786m	20.1km ²
130	てんぱく天白川	8	はんもり繁盛川	日進市大字赤池字モチロ61番の84地先	同市同大字同字61番の82地先	天白川への合流点	2,900m	2.3km ²
131	てんぱく天白川	9	いわさき岩崎川	日進市大字岩藤新田字一ノ井899番の1地先堰堤	同市同大字字一ノ廻間929番の1	天白川への合流点	4,013m	10.9km ²
132	やまぎ山崎川		やまぎ山崎川	名古屋市区千種区東山通1丁目1番地先	同市同区末盛通5丁目13番の5地先		11,573m	28.2km ²
133	にっこう日光川	1	にっこう日光川	江南市大字前飛保字宮西47番の1地先	同市同大字字河原8番の1地先		41,244m	296.2km ²
134	にっこう日光川	2	とだ戸田川	服部川合流点(名古屋市中川区富田町大字服部字鶴ノ首)	(同市同区同町同大字字上山田)	日光川への合流点	6,911m	13.7km ²
135	にっこう日光川	3	たから宝川	築留(海部郡十四山村大字四郎兵衛新田字山起)	(同村同大字字両掛)	日光川への合流点	1,055m	18.2km ²
136	にっこう日光川	4	ぜんた善太川	津島市埋田町2丁目3番地先	同市橋町3丁目28番地先	日光川への合流点	11,960m	15.1km ²
137	にっこう日光川	5	ふくた福田川	稲沢市小池正明寺町東川田4079番の1地先	同市同町下川田2746番の1地先	日光川への合流点	15,875m	37.3km ²
138	にっこう日光川	6	かにえ蟹江川	海部郡美和町大字金岩字枝村4番地先	同町同大字字江西上8番地先	日光川への合流点	9,742m	31.3km ²
139	にっこう日光川	7	おきりど小切戸川	あま市七宝町秋竹新所69番79地先	同市同町遠島七台1140番2地先	蟹江川への合流点	4,650m	2.7km ²
140	にっこう日光川	8	むくい目比川	稲沢市野崎町三反地1番地先	同市同町手ヶ島44番の1地先	日光川への合流点	4,700m	16.2km ²
141	にっこう日光川	9	みやげ三宅川	稲沢市稲沢町北島68番地先	同市同町同70番地先	日光川への合流点	10,544m	18.2km ²
142	にっこう日光川	10	りょうない領内川	尾西市上祖父字北三ツ星44番地先	同市同同字84番地先	日光川への合流点	13,689m	32.4km ²
143	にっこう日光川	11	しんほり新堀川	津島市城山町1丁目1番地先	同市上之町2丁目7番地先	領内川への合流点	2,152m	4.2km ²
144	にっこう日光川	12	こうどう光堂川	水繩川合流点(一宮市萩原町大字東宮重字中島1006番地先)	(同市同町同大字同字長原516番地先)	日光川への合流点	4,913m	15.9km ²
145	にっこう日光川	13	のぶ野府川	葉栗郡木曾川町大字黒田字北古川50番地先	同町同大字字三ツ股74番地先	日光川への合流点	7,340m	21.2km ²
146	にっこう日光川	14	きたふる北古川	一宮市北方町北方字西金丸41番地先	同市同町同同字68番地先	野府川への合流点	2,175m	1.0km ²
147	にっこう日光川	15	にしほおきりど西條小切戸川	海部郡大治町大字西條字苅屋橋25番1地先	同町同大字字笠見立59番の1地先	福田川への合流点	800m	
148	いなかた筏川		いなかた筏川	鍋田大橋(海部郡飛島村大字重宝字藤野327の1番地先)	(同郡弥富町大字福元字狐地割281番地先)	海岸保全区域	4,220m	37.4km ²

※当資料は平成8年4月に作成した「愛知県河川一覧表」を一部更新したものである。

河川設計等の手引き

編集・発行 愛知県建設局河川課
令和6年2月

愛知県建設局河川課
〒460-8501 愛知県名古屋市中区三の丸三丁目1番2号
TEL 052-954-6550

Copyright©River Division,Bureau of Construction, Aichi Prefectural Government Official

