

設計編
第1章 河川構造物の設計
第4節 護岸・水制

目 次

第4節	護岸・水制	1
4.1	総説	1
4.1.1	適用範囲	1
4.1.2	用語の定義	1
4.2	機能	2
4.3	設計の基本	3
4.4	護岸の基本的な構造	9
4.4.1	構造形式・工種の設定	9
4.4.2	材質と構造	11
	（1）使用材料	11
	（2）主な構造	12
4.4.3	安全性能の照査等	15
	（1）設計の対象とする状況と作用	15
	（2）安全性能の照査	16
4.4.4	各部位の設計	18
	（1）のり覆工	18
	（2）基礎工	23
	（3）根固工	25
	（4）その他（天端工、天端保護工、すり付け工）	29
4.5	水制の基本的な構造	31
4.5.1	構造形式の設定	31
4.5.2	材質と工種	33
	（1）使用材料	33
	（2）主な工種	33
4.5.3	安全性能の照査等	34
4.5.4	各部位の設計	35
	（1）水制	35
	（2）方向	36
	（3）長さ、高さ及び間隔等	37

適用上の位置付け

河川砂防技術基準設計編は、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を分類している。

分類		適用上の位置付け	末尾の字句例
考え方	技術資料	●目的や概念、考え方を記述した事項。	「…ある。」「…いる。」 「…なる。」「…れる。」
必須	技術基準	●法令による規定や技術的観点から実施すべきであることが明確であり遵守すべき事項。	「…なければならない。」「…ものとする。」
標準	技術基準	●特段の事情がない限り記述に従い実施すべきだが、状況や条件によって一律に適用することはできない事項。	「…を標準とする。」 「…を基本とする。」 「…による。」
推奨	技術資料	●状況や条件によって実施することが良い事項。	「…望ましい。」 「…推奨する。」 「…務める。」 「…必要に応じて…する。」
例示	技術資料	●適用条件や実施効果について確定している段階ではないが、状況や条件によっては導入することが可能な新技術等の例示。 ●状況や条件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。	「…などの手法（事例）がある。」 「…などの場合がある。」 「…などが考えられる。」 「…の場合には…ことができる。」 「…例示する。」 「例えば…。」 「…事例もある。…もよい。」

関連通知等	関連する通知やそれを理解する上で参考となる資料
参考となる資料	例示等に示した手法・内容を理解する上で参考となる資料

第4節 護岸・水制

4.1 総説

4.1.1 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。

<関連通知等>

- 1) 河川管理施設等構造令及び同令施行規則の施行について、昭和51年11月23日、建設省河政発第70号、建設省河川局長通達。

4.1.2 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の堤防を、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

<関連通知等>

- 1) [河川砂防技術基準施設配置等計画編](#), 平成 30 年 3 月, 国土交通省水管理国土保全局.

<参考となる資料>

護岸・水制の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和 5 年 10 月, (財) 国土技術研究センター.
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成 15 年 6 月, (株) 山海堂

4. 2 機能**<考え方>**

河川においては、洪水時の流水の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。

<関連通知等>

- 1) [河川砂防技術基準施設配置等計画編](#)，平成 30 年 3 月，国土交通省水管理国土保全局。

<参考となる資料>

護岸・水制の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和 5 年 10 月，（財）国土技術研究センター。
- 2) 護岸・水制の計画・設計，平成 15 年 6 月，（株）山海堂

4.3 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、掘込河道にあっ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、「4.2 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で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形等の再設定により、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。

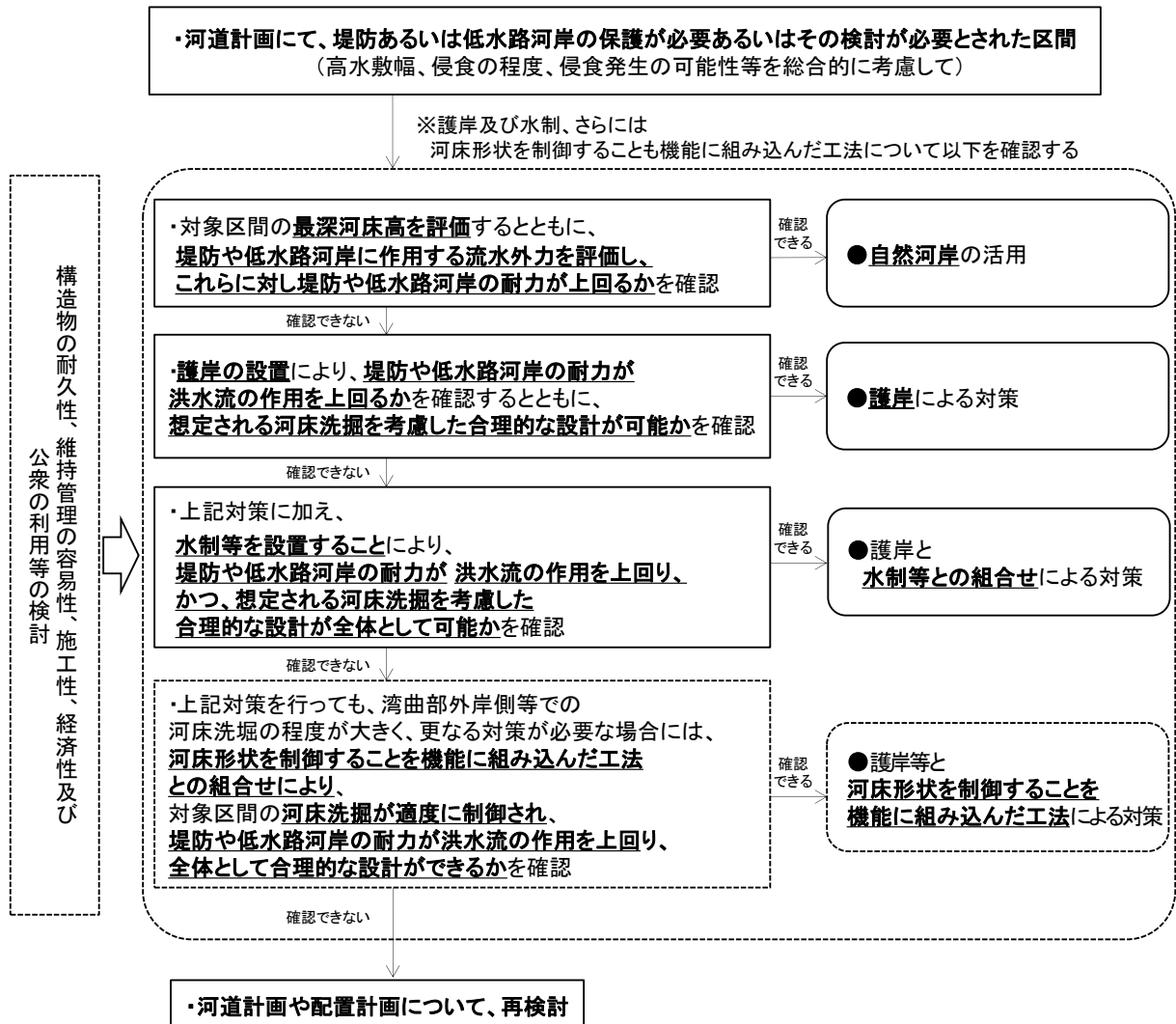


図 1-4-1 堤防の保護等を目的とする護岸及び水制の設計に当たり
工法選定を検討する際の基本的な考え方の流れ

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。

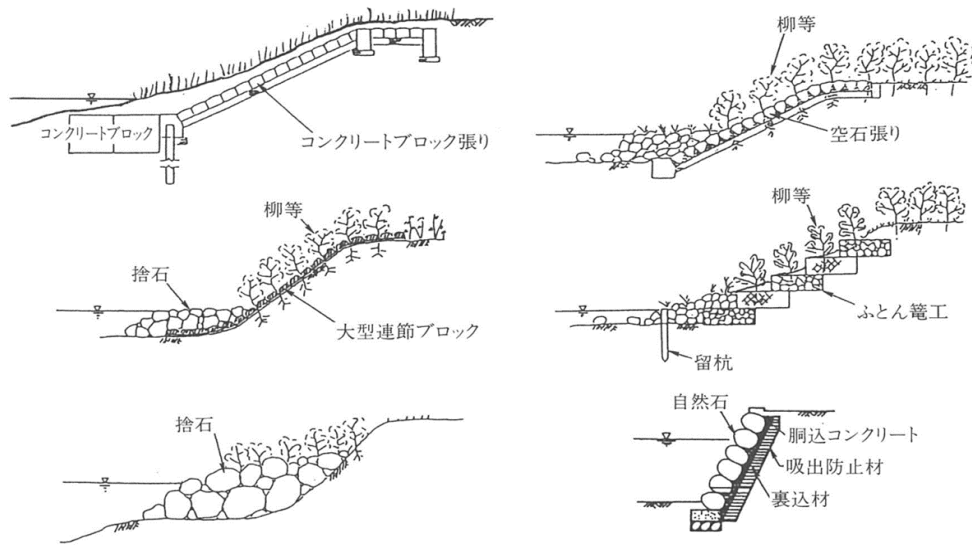


図 1-4-2 環境等に配慮した護岸の例

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、ワンド空間を意識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、確保水深を砂利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 1-4-1 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。

<関連通知等>

- 1) [美しい山河を守る災害復旧基本方針](#) (平成 30 年 6 月), 2018, 国土交通省水管理・国土保全局防災課.
- 2) [河川景観ガイドライン「河川景観の形成と保全の考え方」](#) (平成 18 年 10 月), 国土交通省河川局 河川環境課, 治水課, 防災課
- 3) [「多自然川づくり」の推進について](#), 平成 18 年 10 月 13 日, 国河環第 38 号, 国河治第 86 号, 国河防第 370 号, 国土交通省河川局長通達
- 4) [国土政策技術総合研究所資料, 景観デザイン規範事例集 \(河川・海岸・港湾編\)](#), 平成 20 年 3 月.
- 5) [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 9 日, 国河環第 30 号, 国河域第 7 号, 国河防第 174 号, 国土交通省河川局河川環境課長, 治水課長, 防災課長通達
- 6) [大河川における多自然川づくり～Q&A 形式で理解を深める～](#), 平成 31 年 3 月, 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課

<例 示>

「図 1-4-1 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）と組み合わせで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。

<参考となる資料>

護岸及び水制の設計に当たっては、下記資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和 5 年 10 月, (財) 国土技術研究センター.
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成 15 年 6 月, (株) 山海堂.

環境や景観に配慮した設計については、下記資料が参考となる。

- 3) 多自然川づくりポイントブックⅢ, (財) リバーフロント整備センター, 2011, 多自然川づくり研究会.

ベーン工の設計に当たっては、下記資料が参考となる。

- 4) 土木学会：水理公式集 2018 年版 平成 31 年 3 月

緩流河川の湾曲部にある水衝部の河岸侵食防止対策工として、ベーン工を配置し検証を実施した例としては、下記資料が参考となる。

- 5) 石田和典・東川敏・服部敦・福岡捷二：[阿賀野川灰塚地区におけるベーン工による水衝部対策の効果](#)，河川技術論文集，第 16 巻，2010。

脆弱な地層が分布する区間において、河床低下抑制を目的とした現地発生の玉石・砂礫による対策工を検討した例としては、下記資料が参考となる。

- 6) 松田龍朋・倉光宏一・木原恒二・柳田公司・服部敦・釜瀬明日香・倉吉一盛・伊藤寛之・岩谷栄林・長谷川清史：[脆弱な地層が分布する法線是正区間における河床低下抑制のための現地発生材使用による対策工法の提案](#)，河川技術論文集，第 22 巻，2016。

河道湾曲部において、上流内岸側に水制工、下流外岸側に帯工を組み合わせた河床変動対策を行い、河道法線形の修正と同等の、平面流況の制御の効果発現について検証を実施した例としては、下記資料が参考となる。

- 7) 福岡捷二・安部友則・西村達也：[信濃川小千谷・越路地区の河床変動対策—現地観測，模型実験，数値解析結果の比較—](#)，水工学論文集，第 44 巻，2000。

堤防と一体となった高水敷（寄り州）の侵食に対する耐力を補強し、できるだけ現況のままの河岸を維持することを目的として、環境に配慮しつつ河岸線の変動を許容した簡易的な河岸侵食対策工を検討した例としては、下記資料が参考となる。

- 8) 山本晃一・高橋晃・林正男：黒部川の河道特性と河道計画，土木研究所資料，第 3139 号，1993。

連続する護岸施工の途上で、護岸施工により洗掘が激しくなり、かえって河岸防御が困難になる区間において、巨石付き盛土砂州によりみお筋を滑らかに河道中央に寄せ、砂州の形状を整正することで河岸を防護した事例については、下記の資料が参考となる。

- 9) 長田健吾、福岡捷二、氏家清彦：急流河川における砂州を活かした治水と環境の調和した河道計画，河川技術論文集，Vol. 18，pp. 227-232，2012。
10) 北陸地方整備局河川部北陸急流河川研究会：治水と環境の調和した新たな河岸防護技術の手引き～巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工～，平成 25 年 3 月。

4. 4 護岸の基本的な構造

＜考え方＞

護岸及び水制は、「4.3 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て、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。

「4.4 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。

4. 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。

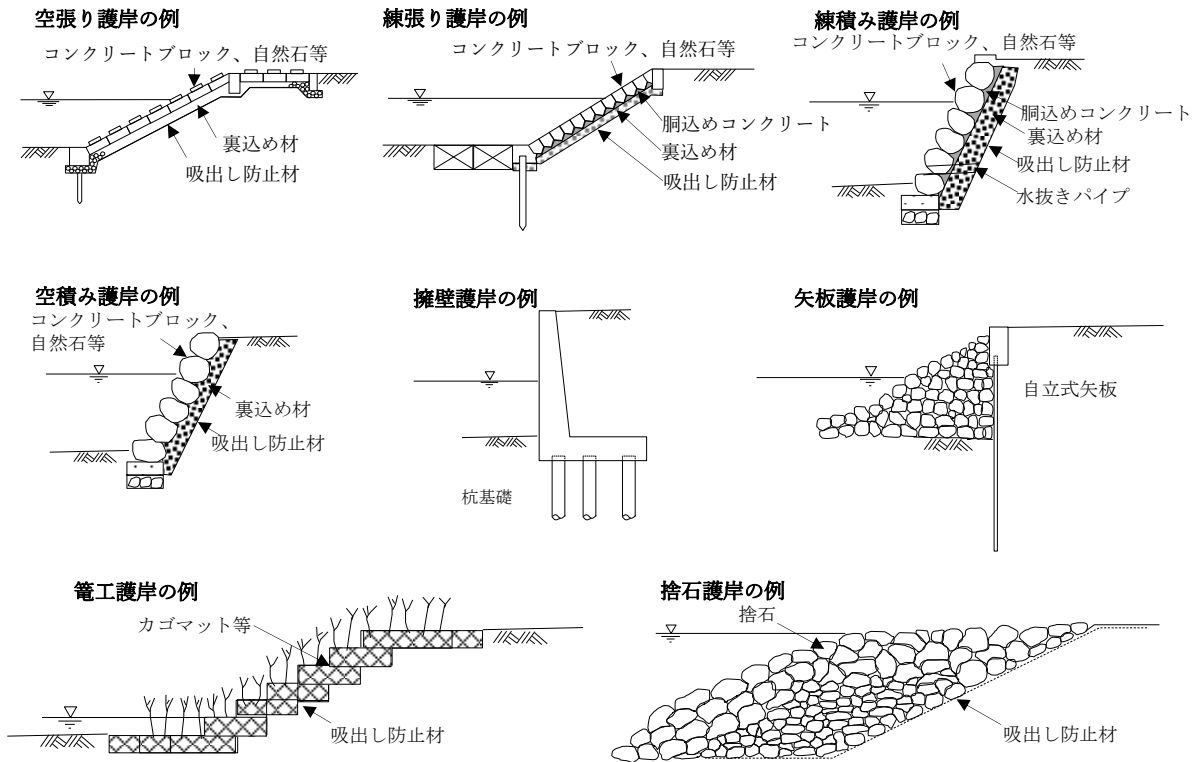


図 1-4-3 護岸の工種

<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。

<関連通知等>

- 1) 河川管理施設等構造令及び同令施行規則の施行について、昭和 51 年 11 月 23 日、建設省河政発第 70 号、建設省河川局長通達。
- 2) [河川砂防技術基準施設配置等計画編](#)、平成 30 年 3 月、国土交通省水管理国土保全局。
- 3) [美しい山河を守る災害復旧基本方針](#) (平成 30 年 6 月)、2018、国土交通省水管理・国土保全局防災課。
- 4) [河川景観ガイドライン「河川景観の形成と保全の考え方」](#) (平成 18 年 10 月)、国土交通省河川局 河川環境課、治水課、防災課
- 5) [「多自然川づくり」の推進について](#)、平成 18 年 10 月 13 日、国河環第 38 号、国河治第 86 号、国河防第 370 号、国土交通省河川局長通達

- 6) [国土政策技術総合研究所資料，景観デザイン規範事例集（河川・海岸・港湾編）](#)，平成 20 年 3 月。
- 7) [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 9 日，国河環第 30 号，国河域第 7 号，国河防第 174 号，国土交通省河川局河川環境課長，治水課長，防災課長通達

<参考となる資料>

護岸の構造形式の設定については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和 5 年 10 月，（財）国土技術研究センター。
- 2) 護岸・水制の計画・設計，平成 15 年 6 月，（株）山海堂。

環境や景観に配慮した設計については、下記の資料が参考となる。

- 3) 多自然川づくりポイントブックⅢ，平成 23 年 10 月，（財）リバーフロント整備センター。

4. 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。

<参考となる資料>

護岸の材質と構造については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和 5 年 10 月，（財）国土技術研究センター。
- 2) 護岸・水制の計画・設計，平成 15 年 6 月，（株）山海堂。

(2) 主な構造

<考え方>

護岸は、主のり覆工、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

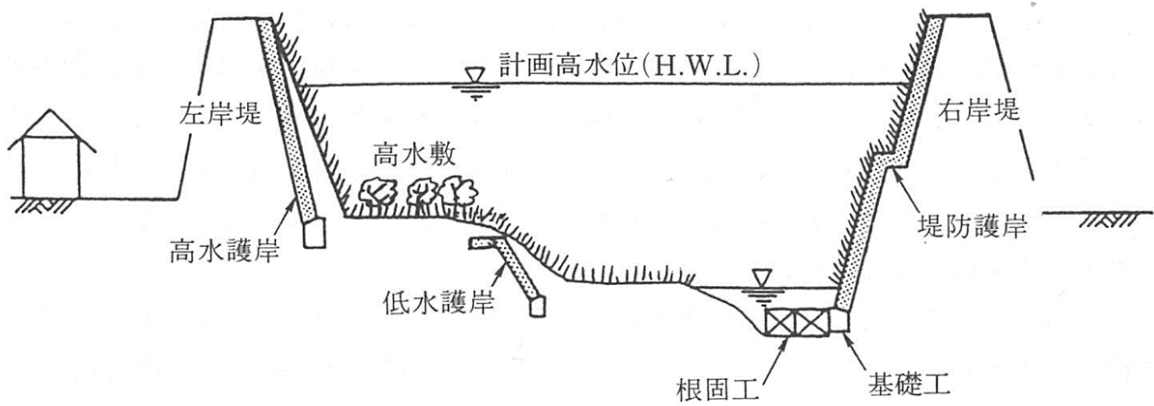


図 1-4-4 高水護岸、低水護岸、堤防護岸

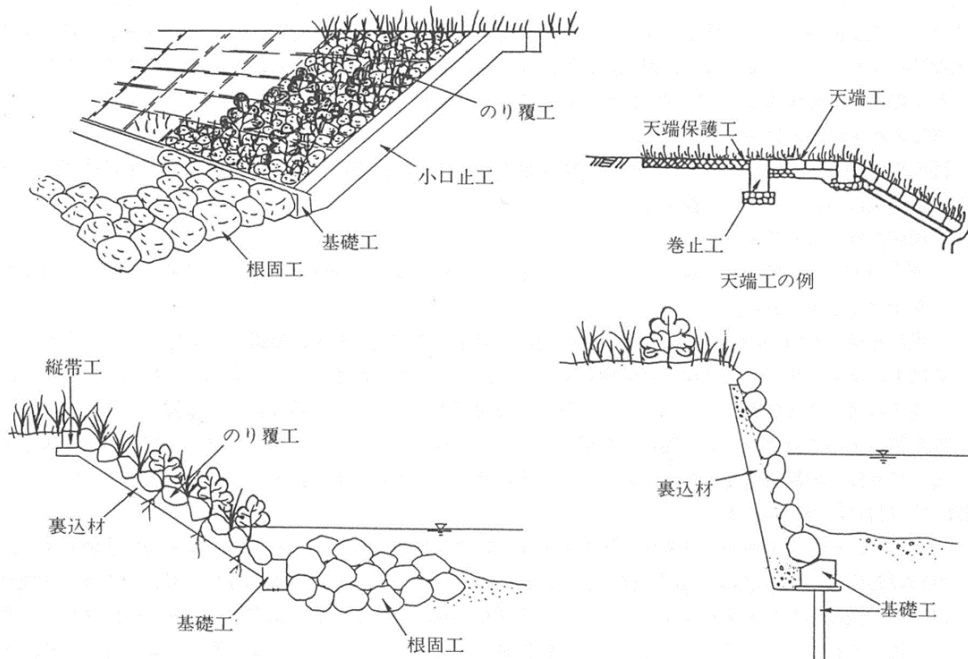


図 1-4-5 護岸の構成

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、伝統工法等に関しての過去の経験、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関しての試験施工・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縮減等の観点から、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とすることが必要である。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（調査編 10 章災害調査参照）。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、護岸ののり覆工の背面の裏込材の流失を招き、最悪の場合の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。

<参考となる資料>

護岸の主な構造については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和 5 年 10 月, (財) 国土技術研究センター.
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成 15 年 6 月, (株) 山海堂.

環境や景観に配慮した設計については、下記の資料が参考となる。

- 3) 多自然川づくりポイントブックⅢ, 平成 23 年 10 月, (財) リバーフロント整備センター.

護岸の明度及びテクスチャの計測手法及び評価手法については、下記資料が参考となる。

- 4) [大川における多自然川づくり～Q&A 形式で理解を深める～](#), 平成 31 年 3 月, 国土交通省 水管理・国土保全局河川環境課

護岸等の、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は、下記資料が参考となる。

- 5) 諏訪義雄：[河川構造物と堤内地の洪水応答特性と減災への反映](#)，中央大学博士論文，2021.3

4. 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 1-4-1 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

<参考となる資料>

護岸の設計の対象とする状況と作用については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和5年10月，（財）国土技術研究センター。
- 2) 護岸・水制の計画・設計，平成15年6月，（株）山海堂
- 3) 災害復旧工事の設計要領，令和4年8月，（公財）全国防災協会。
- 4) 鋼矢板二重式工法仮締切りマニュアル，平成13年5月，（財）国土技術研究センター。
- 5) 道路土工 擁壁工指針，平成24年7月，（公社）日本道路協会。

- 6) 道路土工 仮設構造物指針, 平成 11 年 3 月, (公社) 日本道路協会.
- 7) 道路橋示方書同解説 IV 下部構造編, 平成 29 年 11 月, (公社) 日本道路協会.
- 8) 水理公式集, 平成 31 年 3 月, (公社) 土木学会.
- 9) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説, 平成 30 年 8 月, (一社) 全国海岸協会.

(2) 安全性能の照査

<考え方>

護岸は、「4.4.3 (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的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、

$$V_0 = \alpha V_m \quad (1-4-1)$$

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。

$$V_m = \frac{1}{n} H_d^{\frac{2}{3}} I_e^{\frac{1}{2}} \quad (1-4-2)$$

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(1-4-2)で求まる V_m を補正する必要がある場合には、式(1-4-1)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「4.4.4 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、「4.4.3 (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。

＜参考となる資料＞

護岸の安全性能の照査については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和5年10月, (財)国土技術研究センター.
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成15年6月, (株)山海堂.

＜例示＞

海岸保全施設としての堤防に設置される護岸の性能の照査に当たっては、当該海岸における設計潮位、設計波、設計津波等を適切に設定し、波のうちあげ高若しくは越波流量又は設計津波の水位（護岸によるせり上がりを考慮した津波高さ）が所定の値（うちあげ高にあっては天端高、越波流量にあっては許容越波流量、設計津波の水位にあっては地震後の天端高）を上回らないことを確認することとされている。

＜参考となる資料＞

護岸の洪水時の安全性能については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和5年10月, (財)国土技術研究センター.
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成15年6月, (株)山海堂.
- 3) 水理公式集, 平成31年3月, (公社)土木学会.
- 4) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説, 平成30年8月, (一社)全国海岸協会.

4. 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、流体力により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り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、「4.4.4 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。

<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。

<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。

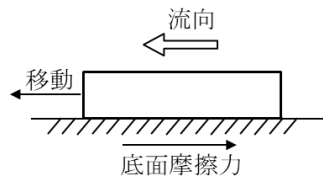


図 1-4-6 滑動による破壊形態

- 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等に生ずる。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。

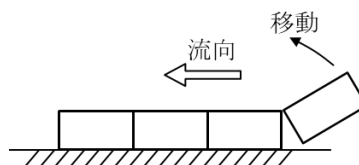


図 1-4-7 めくれによる破壊形態

- 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。

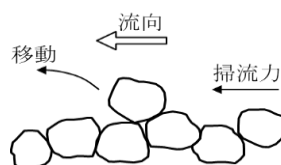


図 1-4-8 掃流による破壊形態

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 1-4-2 に示す。

表 1-4-2 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ので、一般には式(1-4-3)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。

$$\mu(W_w \cos \theta - L) \geq ((W_w \sin \theta)^2 + D^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$L = \frac{1}{2} \rho_w C_L A_b V_d^2 \quad (1-4-3)$$

$$D = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_D V_d^2$$

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(1-4-3)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(1-4-3)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(1-4-3)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、

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2} \rho_w C_L A_g V_d^2 \\ D &= \frac{1}{2} \rho_w C_D A_D V_d^2 \end{aligned} \quad (1-4-4)$$

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。

$$W_w \cos \theta \ l_b/2 \geq L \ l_L + D \ l_D \quad (1-4-5)$$

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。単体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。

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \ 2g \left[\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right]} V_0^2 \quad (m) \quad (1-4-6)$$

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(1-4-6)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。

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \phi}}} \quad (1-4-7)$$

5) 「掃流-一体性が強い」モデル

一体性が強いのに覆工とは、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。

$$\tau_{*sd} = \tau_{*d} \times \cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \phi}} \quad (1-4-8)$$

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。

$$D_m \geq V_0^2 / \{ [6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/k_s)]^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot S \cdot g \} \quad (1-4-9)$$

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、

$$\tau_{*d}=0.10 \text{ (籠の変形を許さない場合)}$$

$$\tau_{*d}=0.12 \text{ (籠の変形を多少許す場合)}$$

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(1-4-9)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。

<関連通知等>

- 1) 河川管理施設等構造令及び同令施行規則の施行について、昭和 51 年 11 月 23 日、建設省河政発第 70 号、建設省河川局長通達。

<参考となる資料>

のり覆工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和 5 年 10 月，(財)国土技術研究センター。
- 2) 護岸・水制の計画・設計，平成 15 年 6 月，(株)山海堂。
- 3) 災害復旧工事の設計要領，令和 4 年 8 月，(公財)全国防災協会。
- 4) 土木構造物標準設計第 2 巻手引き（擁壁類），平成 12 年 9 月，(一社)全日本建設技術協会。
- 5) 道路土工 擁壁工指針，平成 24 年 7 月，(公社)日本道路協会。
- 6) 水理公式集，平成 31 年 3 月，(公社)土木学会。
- 7) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説，平成 30 年 8 月，(一社)全国海岸協会。

(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、当該箇所にも最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。

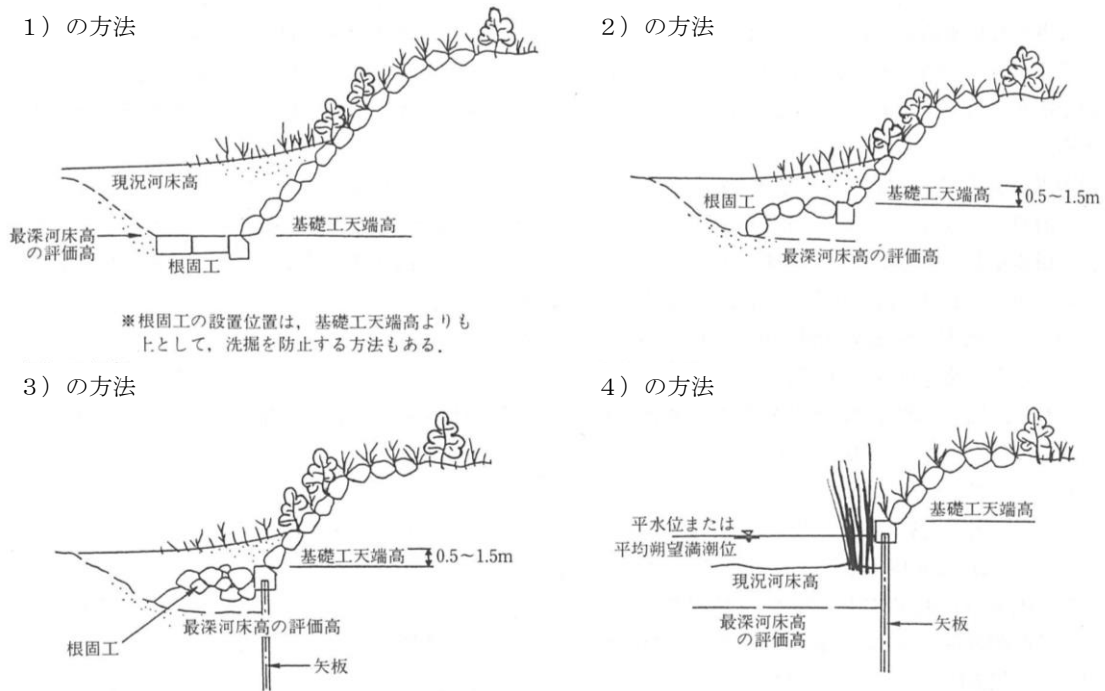


図 1-4-9 最深河床高の評価方法

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 1-4-10 に、基礎工の例を示す。

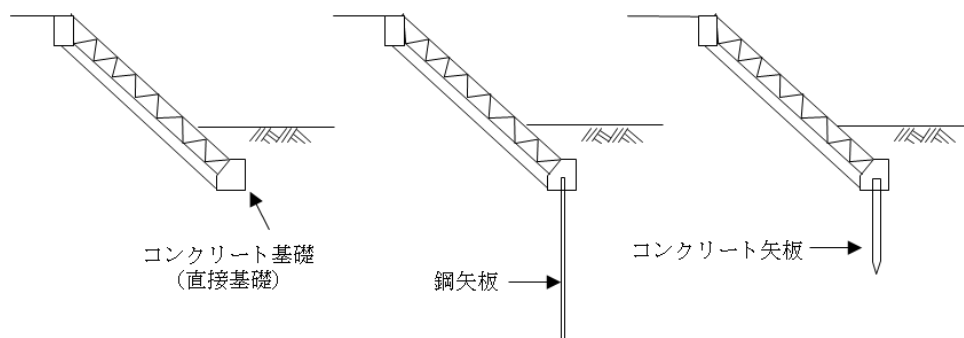


図 1-4-10 基礎工の例

<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に、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>

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、「4.4.4 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。

＜関連通知等＞

- 1) 河川工事における鋼矢板選定について、令和元年9月5日、国土交通省水管理・国土保全局治水課流域減災推進室長、防災課防災企画官、事務連絡。

＜参考となる資料＞

基礎工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和5年10月, (財)国土技術研究センター。
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成15年6月, (株)山海堂。
- 3) 災害復旧工事の設計要領, 令和4年8月, (公財)全国防災協会。
- 4) 鋼矢板二重式工法仮締切りマニュアル, 平成13年5月, (財)国土技術研究センター。
- 5) 道路土工 擁壁工指針, 平成24年7月, (公社)日本道路協会。
- 6) 道路土工 仮設構造物工指針, 平成11年3月, (公社)日本道路協会。
- 7) 水理公式集, 平成31年3月, (公社)土木学会。
- 8) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説, 平成30年8月, (一社)全国海岸協会。

(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1-4-11)

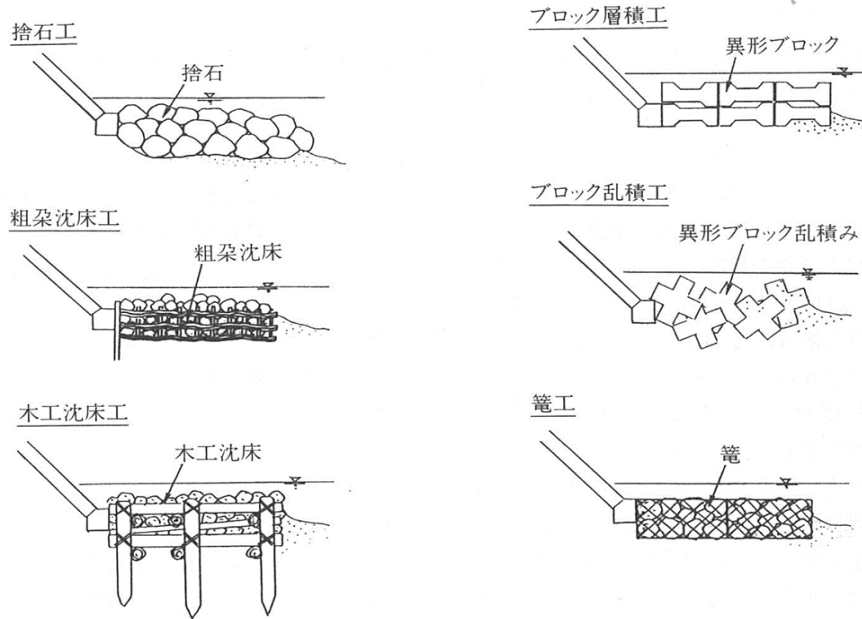


図 1-4-11 代表的な根固工

- 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

$$B = L_n + \Delta Z / \sin \theta \quad (1-4-10)$$

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。

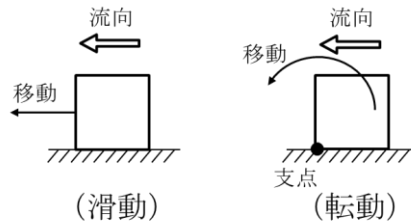


図 1-4-12 滑動、転動による破壊形態

- 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 1-4-3 に示す。

表 1-4-3 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。

$$W > a \left(\frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \frac{\rho_b}{g^2} \left(\frac{V_d}{\beta} \right)^6 \quad (1-4-11)$$

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 (2.3t/m³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 1-4-4 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 1-4-4 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場合、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。

<参考となる資料>

根固工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和5年10月, (財) 国土技術研究センター.
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成15年6月, (株) 山海堂.
- 3) 災害復旧工事の設計要領, 令和4年8月, (公財) 全国防災協会.
- 4) 日本の水制, 平成8年1月, (株) 山海堂.
- 5) 水理公式集, 平成31年3月, (公社) 土木学会.
- 6) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説, 平成30年8月, (一社) 全国海岸協会.

(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。

<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。

<参考となる資料>

天端工、天端保護工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#), 令和5年10月, (財)国土技術研究センター.
- 2) 護岸・水制の計画・設計, 平成15年6月, (株)山海堂.

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、めくれられないような工夫（上流先端部の地中への埋込み等）をすることが望ましい。

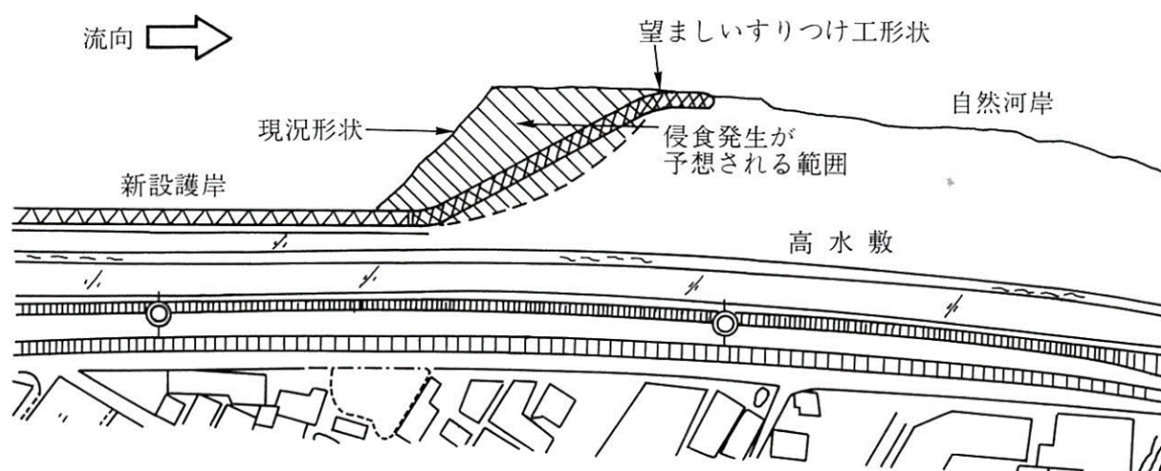


図1-4-13 すり付け工の形状形態

<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に構造とするものとする。

<参考となる資料>

すり付け工の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和5年10月，(財)国土技術研究センター。
- 2) 護岸・水制の計画・設計，平成15年6月，(株)山海堂。

4.5 水制の基本的な構造**<考え方>**

護岸及び水制は、「4.3 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。

「4.5 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。

4.5.1 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いだが、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。

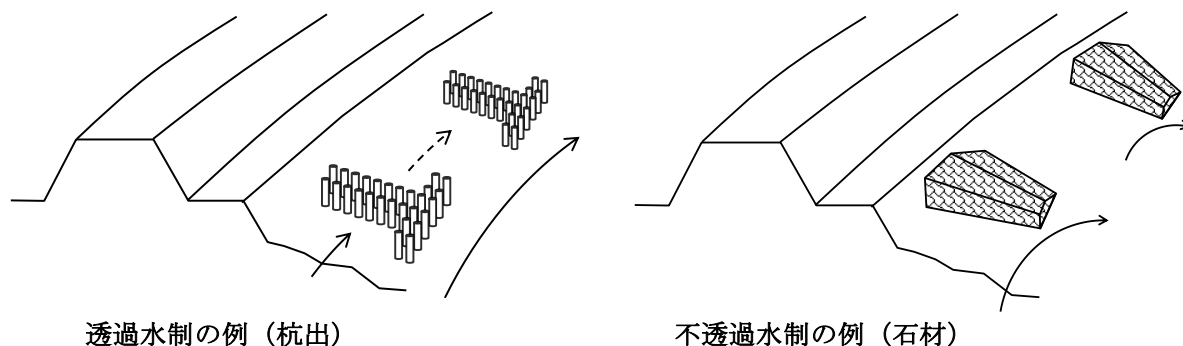


図 1-4-14 水制の構造形式の例

<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。

<関連通知等>

- 1) 河川管理施設等構造令及び同令施行規則の施行について，昭和 51 年 11 月 23 日，建設省河政発第 70 号，建設省河川局長通達。
- 2) [河川砂防技術基準施設配置等計画編](#)，平成 30 年 3 月，国土交通省水管理国土保全局。
- 3) [美しい山河を守る災害復旧基本方針](#)（平成 30 年 6 月），2018，国土交通省水管理・国土保全局防災課。
- 4) [河川景観ガイドライン「河川景観の形成と保全の考え方」](#)（平成 18 年 10 月），国土交通省河川局 河川環境課，治水課，防災課
- 5) [「多自然川づくり」の推進について](#)，平成 18 年 10 月 13 日，国河環第 38 号，国河治第 86 号，国河防第 370 号，国土交通省河川局長通達
- 6) [国土政策技術総合研究所資料，景観デザイン規範事例集（河川・海岸・港湾編）](#)，平成 20 年 3 月。
- 7) [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 9 日，国河環第 30 号，国河域第 7 号，国河防第 174 号，国土交通省河川局河川環境課長，治水課長，防災課長通達

<参考となる資料>

水制の構造形式の設定については、下記の資料が参考となる。

- 1) 護岸・水制の計画・設計，平成 15 年 6 月，（株）山海堂。
- 2) 水理公式集，平成 31 年 3 月，（公社）土木学会。

環境や景観に配慮した設計については、下記の資料が参考となる。

- 3) 多自然川づくりポイントブックⅢ，平成 23 年 10 月，（財）リバーフロント整備センター。

4. 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。

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。

<参考となる資料>

水制の使用材料については、下記の資料が参考となる。

- 1) 護岸・水制の計画・設計，平成15年6月，(株)山海堂.
- 2) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和5年10月，(財)国土技術研究センター.

(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（調査編第10章災害調査参照）。

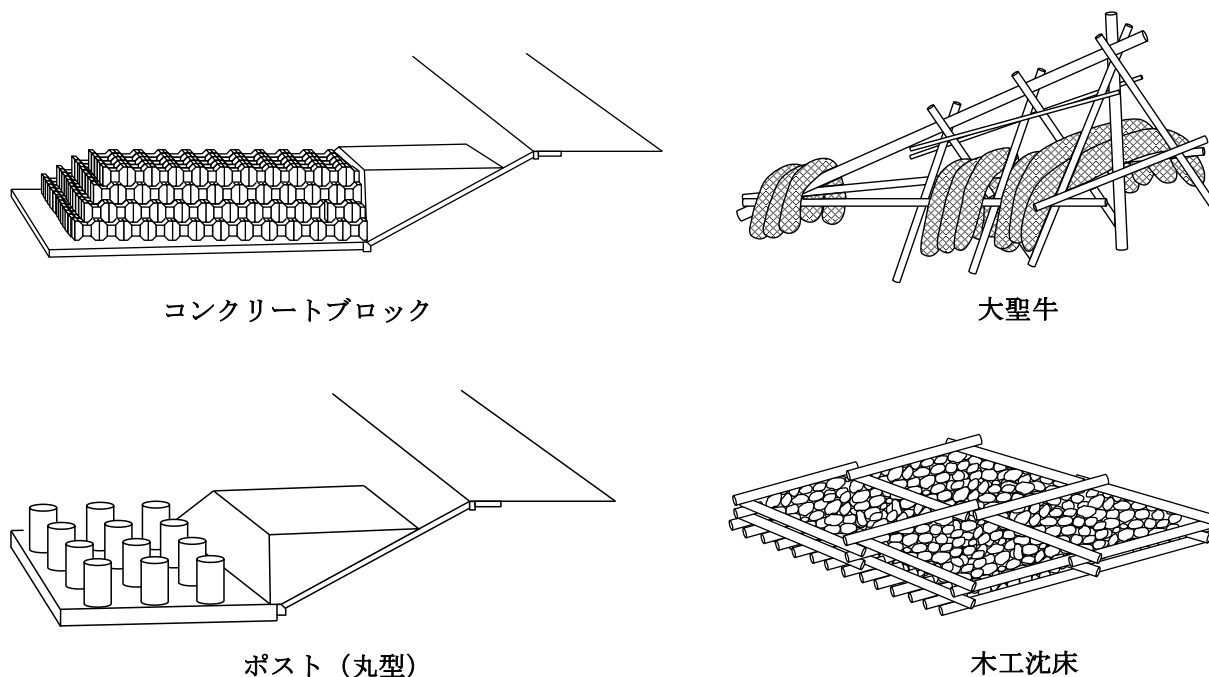


図 1-4-15 水制の工種の例

<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。

<参考となる資料>

水制の主な工種については、下記の資料が参考となる。

- 1) 護岸・水制の計画・設計，平成 15 年 6 月，(株)山海堂.
- 2) 災害復旧工事の設計要領，令和 4 年 8 月，(公財) 全国防災協会.

4. 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 1-4-5 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。

＜参考となる資料＞

水制の安全性能の照査等については、下記の資料が参考となる。

- 1) 護岸・水制の計画・設計，平成 15 年 6 月，(株) 山海堂.
- 2) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和 5 年 10 月，(財) 国土技術研究センター.
- 3) 水理公式集，平成 31 年 3 月，(公社) 土木学会.

4. 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関しての試験施工、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が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可能性があるため、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。

<参考となる資料>

水制の設計については、下記の資料が参考となる。

- 1) 護岸・水制の計画・設計，平成15年6月，（株）山海堂.
- 2) [改訂 護岸の力学設計法](#)，令和5年10月，（財）国土技術研究センター.
- 3) 水理公式集，平成31年3月，（公社）土木学会.

(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水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。

<参考となる資料>

水制の方向については、下記の資料が参考となる。

- 1) 護岸・水制の計画・設計，平成15年6月，(株)山海堂.
- 2) 水理公式集，平成31年3月，(公社)土木学会.

(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、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しうるので、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して考えられる。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。

<参考となる資料>

水制の長さ、高さ及び間隔については、下記の資料が参考となる。

- 1) 護岸・水制の計画・設計，平成15年6月，(株)山海堂.
- 2) 日本の水制，平成8年1月，(株)山海堂.
- 3) 水理公式集，平成31年3月，(公社)土木学会.