

堤内基盤排水対策マニュアル (試行版)

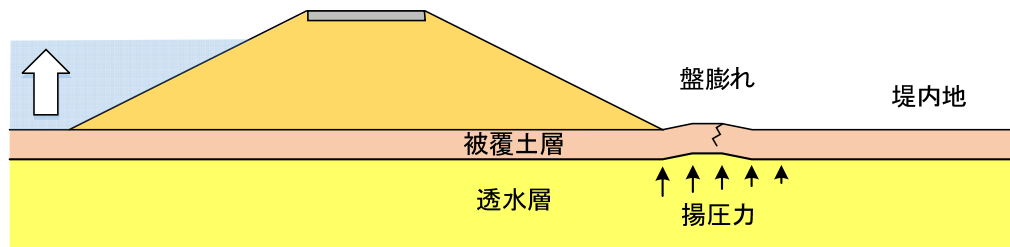
令和3年3月

(国研) 土木研究所

地質・地盤研究グループ土質・振動チーム

はじめに

河川堤防の基礎地盤の表層に透水性の低い被覆土層が堆積し、その下に透水層が存在する箇所では、洪水時に河川水位が上昇すると、透水層から作用する揚圧力により被覆土層が膨らむように変形（盤膨れ）し、さらには被覆土層を突き破り、水や土砂が噴出することがある。このような現象は基盤漏水の一種であり、最悪の場合には堤防決壊の原因にもなり得る。



我が国の河川の沿川では、古くから様々な河川で基盤漏水が生じており、そのうちの多くの箇所で堤防直下の透水層への水圧伝播や水の浸入を抑制するために、川表側に遮水矢板等を打設する川表遮水工法が一般的に実施されてきた。しかし、透水層が厚い、あるいは透水層が礫層等で固いと、遮水矢板等の打設が困難な場合もある。このような現場条件においても適用できる対策工法として、堤内地側のり尻付近に対策工を設置して、基盤透水層の水を穏やかに排水し、被覆土層に作用する揚圧力を低減する対策（以下、堤内基盤排水対策）がある。本マニュアルは、堤内基盤排水対策の設計、施工、維持管理の基本的考え方と手順を示すとともに適用にあたっての留意事項を整理したものである。実験結果等からは、適切な設計・施工ができていれば、対策工の目詰まりが進行した場合にも、対策工設置前よりも堤防が危険な状態になることはないと考えられる。一方で、堤内基盤排水対策の施工実績は少なく、現時点ではフィルター材やその周辺の透水層の目詰まりの進行、それに伴う対策効果への影響などが十分実証されているものではない。堤内基盤排水対策を実施した箇所においては、対策効果が維持されていることを確認するため、目詰まりの進行や目詰まりの進行による対策効果の低減に着目したモニタリングを継続的に実施することが重要である。

タイトルに“試行版”と付いているのは、このような状況を踏まえたものであり、本マニュアルを利用し、堤内基盤排水対策の検討を行う際には、土木研究所及び国土技術政策総合研究所に相談されたい。

なお、本マニュアルは、前田健一 名古屋工業大学教授を始め、小高猛司 名城大学教授、杉井俊夫 中部大学教授、竹下祐二 岡山大学教授、本城勇介 岐阜大学名誉教授などの有識者からご意見を頂きながら、作成したものである。この場を借りて謝意を表す。

本マニュアルは、平成 29 年 1 月に公表されたものから、その後に実施した模型実験の結果を踏まえ、流速による長期安定性の確認の閾値等を見直したものである。

目次

はじめに

1. 総 説	1
1.1 概要	1
1.2 対策の適用範囲	2
1.3 用語の定義	3
2. 構造の基本	5
2.1 構造	5
2.2 排水計画	6
3. 配置形式と選定	7
4. 設 計	9
4.1 基本方針	9
4.2 設計方法	10
5. 施 工	16
6. 維持・管理	17
6.1 維持管理の基本	17
6.2 モニタリング計画	17

1. 総説

1.1 概要

堤内基盤排水対策は、堤内地において透水層内の水を穏やかに排水することによって、河川水位の上昇に伴い被覆土層に作用する揚圧力を低減する盤膨れ対策である。

【解説】

洪水時に河川水位が上昇すると、堤内地の被覆土層が膨らむように変形（盤膨れ）し、さらには被覆土層を突き破り、水や土砂が噴出することがある。これは、河川水位の上昇に伴い透水層内の水圧が高まり、被覆土層を押し上げる力（以下、揚圧力）が作用したことになるものである。堤内基盤排水対策は、このような揚圧力を低減する浸透対策の1つである。

堤内基盤排水対策の設置例を図 1.1 に示す。堤内基盤排水対策を設置することによって、透水層内の水を穏やかに排水し、揚圧力を低減し、盤膨れを防止しようとするものである。

堤内基盤排水対策には、対策工の形状等に応じて、ウェルドレーン工法、トレンチ工法などと呼ばれるものが含まれる。類似の工法では動力を用いて強制排水を行うウェル工法等があるが、堤内基盤排水対策は動力を用いず自然排水を行うものであるため、強制排水を行う対策は本マニュアルの対象外である。

堤内基盤排水対策は、一般に経済性に優れ、適切に設計及び施工を行えば対策を実施しない場合に比べ確実に安全性は向上する。その一方で、適切に設計施工されていない場合には、本来堤防から離れた位置で噴き出すべき水が、堤防近傍で噴き出す（動水勾配が大きくなり、流速も大きくなるため）ことになるため、本工法の採用及び設計では十分な検討を行い、維持管理においては対策工の健全性や対策効果のモニタリングを適切に行わなければならない。

なお、本マニュアルに記載のない事項については、ドレーン工設計マニュアル¹⁾を参照するとよい。

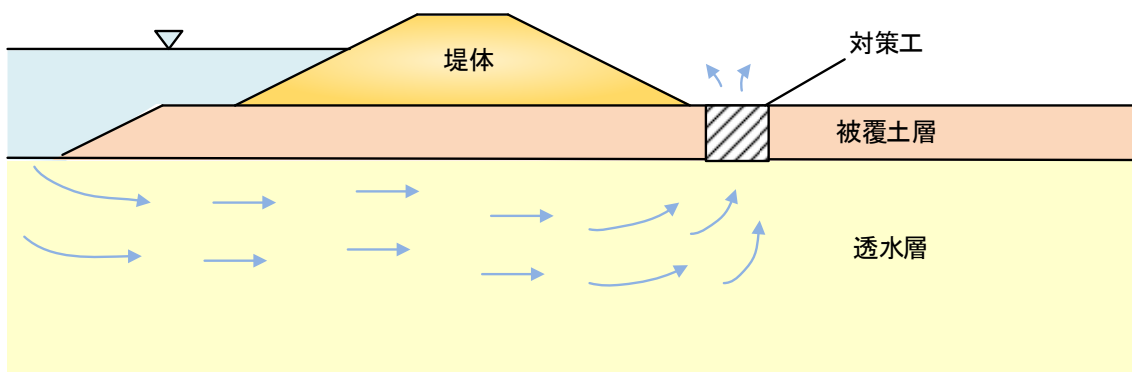


図 1.1 堤内基盤排水対策の概念図

1.2 対策の適応範囲

堤内基盤排水対策は、基礎地盤が透水層と被覆土層から構成され盤膨れが懸念される箇所または盤膨れが生じた箇所において堤内基盤排水対策以外の川表遮水工法やブラケット工法等の方法で対策が実施できない場合に適用する。

【解 説】

堤内基盤排水対策は、盤膨れ対策工法の1つであるため、盤膨れが懸念される箇所または過去の出水によって盤膨れが実際に生じた箇所において、適用することができる。

透水層と被覆土層の区別は各土層の土質区分に基づいて行う場合もあるが、礫質土と砂質土のように表層とその下の層の透水性が10倍から100倍(粒径では3倍から10倍程度)以上違えば、被覆土層と透水層として十分に機能する場合もあるため、透水係数の比にも着目し総合的に透水層と被覆土層を区分する必要がある。

堤内基盤排水対策は、初期の設置費用は小さいが、実証事例も少なく、現状では対策工の健全性や対策効果に係る継続的なモニタリングが必須である。膨大な延長の河川堤防の浸透対策としては、初期費用だけにとらわれず維持管理の負担が少ない対策を選択することや、対策効果の確実性の観点からも対策を選択することが重要であることから、まずは川表遮水工法(鋼矢板や粘土壁)やブラケット工法等による対策を検討しなければならない。川表遮水工法では、堤体からの浸透が多い場合には表のり面被覆工法との併用も考えられる。

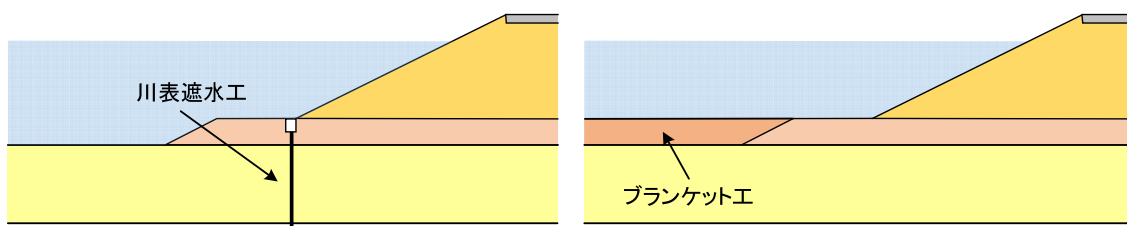


図 1.2 川表遮水工とブラケット工

川表遮水工法は透水層が厚い場合や固い礫層などの場合には遮水工の打設が困難な場合がある。また、地下水利用が多い地域においては、地下水阻害が問題となる場合がある。ブラケット工法も高水敷が狭い場合や透水層の透水性が非常に高い場合、行き止まり地盤の場合には十分な効果を発揮しない。このような川表遮水工法やブラケット工法等による対策が難しい場合に、堤内基盤排水対策の適用を検討することとなる。

本マニュアルでは、主に、被覆土層が存在し、盤膨れが懸念される箇所を念頭に置いた記述としているが、被覆土層がなく局所動水勾配で要対策となった箇所でも、透水層内の水を排水することで基盤漏水対策とする点では、ほぼ同じであることから、本マニュアルに準じ

て対策が可能である。なお、被覆土層が無いと見なされていた箇所でも、被覆土層の評価を上記の方法に基づいて実施すると、被覆土層有に変わる場合もある。

1.3 用語の定義

以下に本マニュアルで用いる用語の定義を示す。

(1) ドレーン

地表面または大気圧解放の状態となる表面から、縦に被覆土層を透水層まで貫く構造で、内部には碎石などの間詰材が充填されている部分

(2) フィルター

ドレーンと透水層の間に挟み、土砂の移動を妨げるが、水及び非常に細かい土粒子の移動は妨げない材料

(3) (堤内基盤排水) 対策工

ドレーンとフィルター、排水路から構成される

(4) 堤外地

堤防に挟まれて水が流れている側の区域

(5) 堤内地

堤防によって洪水氾濫から守られている住居や農地のある側の区域

(6) 堤内基盤

堤内地側の基礎地盤

(7) 基礎地盤

堤体より下部の地盤

(8) 透水層

透水性の高い地盤の層

(9) 被覆土層

透水層よりも難透水性で、透水層の上部を被覆する層

(10) 揚圧力

被覆土層下面に作用する水圧により被覆土層を押し上げる力

(11) 盤膨れ

被覆土層が揚圧力によって、膨れ上がる事

(12) 浸透水

堤体または基礎地盤を浸透する水

(13) パイピング

浸透水により、地盤の中にパイプ状の水みちができる現象

(14) 連続配置 (または、トレンチ)

堤内基盤排水対策の形式の一つで、のり尻部に溝状に縦断方向に連続する対策

工を設ける形式 (図 1.3)
(15) 離散配置 (または、ウエル)
堤内基盤排水対策の形式の一つで、のり尻部に井戸状の縦断方向に連続しない
離散的な対策工を設ける形式 (図 1.4)

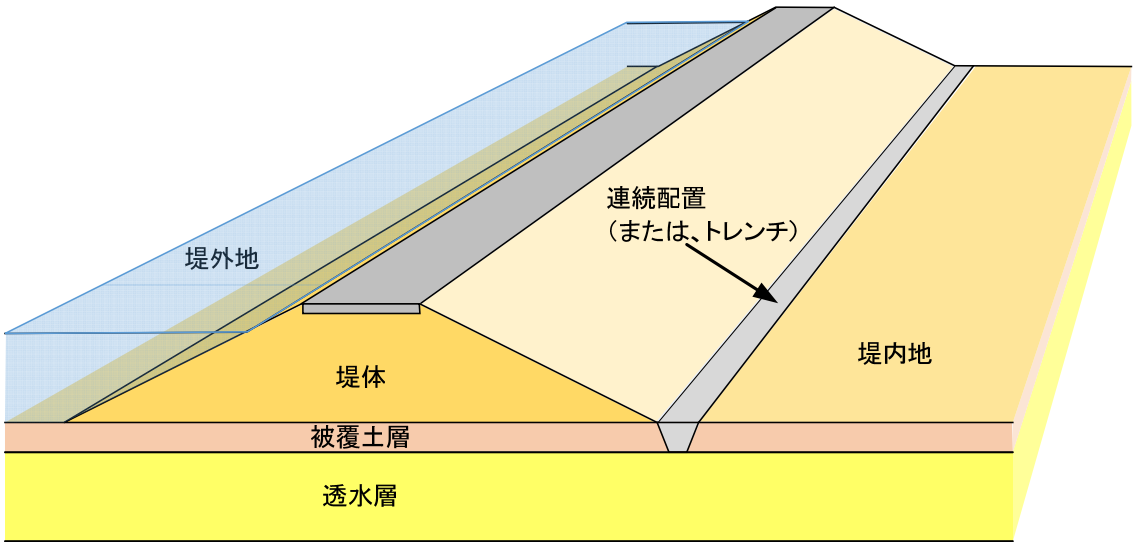


図 1.3 連続配置 (または、トレンチ) の概念図

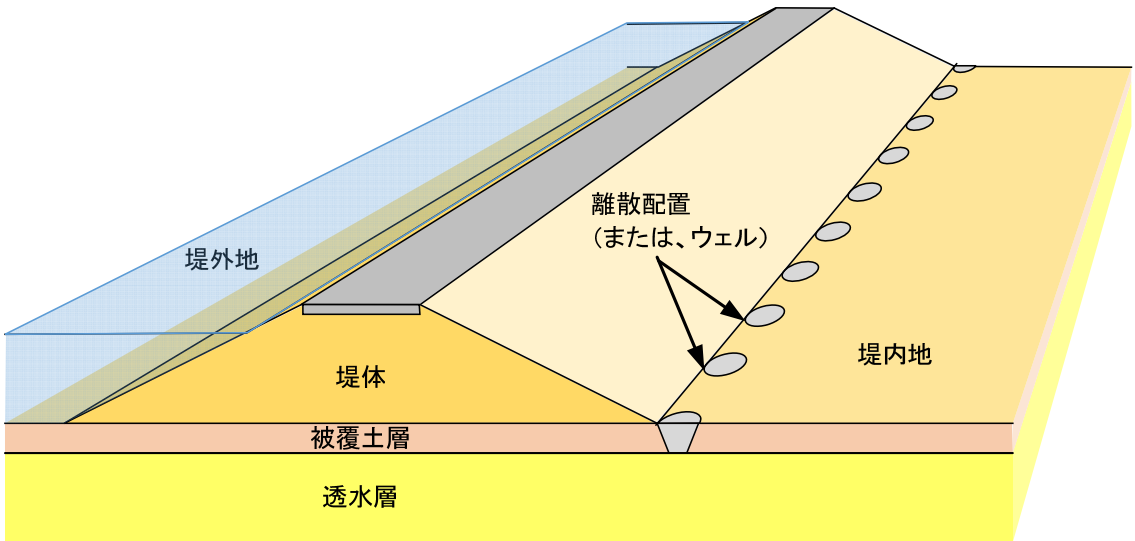


図 1.4 離散配置 (または、ウエル) の概念図

2. 構造の基本

2.1 構造

堤内基盤排水対策工の構造は、被覆土層を貫通し透水層の水を抜くドレーン、透水層の土砂がドレーンに混入することを防止するフィルターおよびドレーンから排水された水を適切に処理するための排水路から構成するものとする。ドレーンはのり尻直近に設置することを原則とする。ドレーンの内部には透水層より十分に透水性の高い間詰材を充填し、ドレーンと周辺地盤の間には隙間なくフィルターを敷き詰め、さらにフィルターと周辺地盤を密着させ不陸等による隙間が生じにくい構造とする。

【解説】

ドレーンの内部には、碎石など透水性が高い材料を充填する。透水層よりも十分に高い透水性を有していることが重要であり、透水層の透水性が高い場合には、単粒度碎石を用いる必要がある。また、穏やかに排水させるとは言え、流速が大きくなり易い位置であるため、安定性を確保する観点から土粒子密度の高い材料は望ましい。さらに、フィルターを周辺地盤に密着させるためにもある程度の重さがある方が有利である。フィルターと周辺地盤の間に隙間があると、隙間に高い流速が生じ、噴砂等が生じる恐れがあるため、できるだけ隙間が生じないように注意しなければならない。

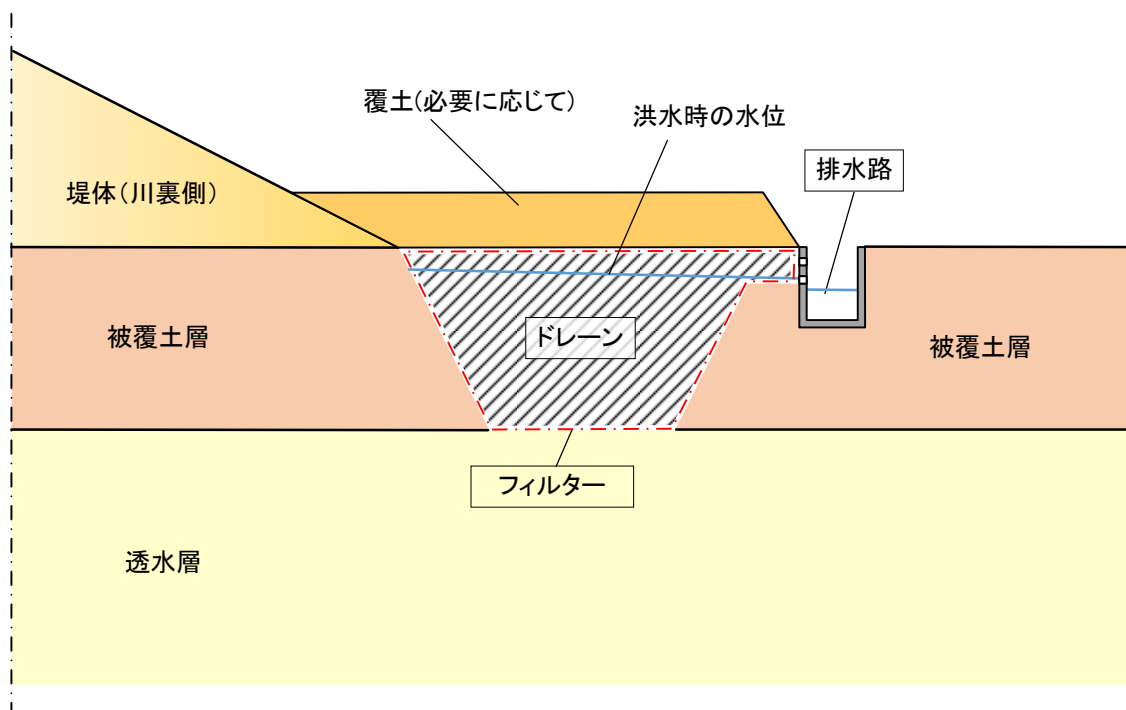


図 2.1 堤内基盤排水対策の構造の例（枠で囲ったドレーン、フィルター、排水路が堤内基盤排水対策を構成する要素）

被覆土層がある場合のパイピングに対する安全性は、被覆土層の重量 G と洪水時に被覆土層に働く揚圧力 W の比である G/W が 1 を上回るかを以て照査することになっている²⁾。この G/W が最も小さくなり易いのり尻の直近に対策を設置することが合理的である。堤体外に設定する場合に、ドレーンが露出していると、のり面を流れてきた土砂を含んだ水がドレーンに入り、目詰まりによる機能低下を助長する恐れもあるため、図のようドレーンの内部に土砂が流入しにくい構造としなければならない。

フィルター敷設の目的は、透水層に空洞や緩みが生じないよう透水層からの土粒子の流出を防止すること及びドレーンの内部への土砂の混入によるドレーンの目詰まりを防止することである。透水層からの土粒子の流出には、ドレーンの内部に流出することと、フィルターと周辺地盤の境界に沿って流出することの 2 つの形態が考えられる。そのため、隙間なくフィルターを敷き詰めるだけでなく、フィルターと周辺地盤が密着することが重要である。

2.2 排水計画

堤内基盤排水対策を計画する場合、ドレーンからの排水を受ける排水路の設置を計画しなければならない。

【解 説】

堤内基盤排水対策を計画する場合、降雨時等ドレーン上部に排水水が溜まらないような構造とし、ドレーンからの排水が速やかに堤脚水路や堤内地の排水路へ導かれるような流末処理まで含め計画しなければならない。また、排水路の断面は、ドレーンからの排水量と堤防における降雨の表面流出量等に対して必要な容量を確保できる断面とする必要がある。

3. 配置形式と選定

堤内基盤排水対策には、連続配置、離散配置などの配置形式があり、効果や施工性、経済性、信頼性などを総合的に検討し選定しなければならない。

【解説】

(1) 堤内基盤排水対策の配置形式とその特徴は以下のとおりである。

a) 連続配置 (図 3.1)

のり尻付近の基礎地盤に縦断的に連続する溝 (トレンチ) を掘削する。被覆土層が薄い場合には、小型バックホウ等で容易に施工が可能である。一方、掘削土量は深度の2乗に比例し、施工幅も深度に応じて増えるため、被覆土層が厚い場合には困難となる場合がある。

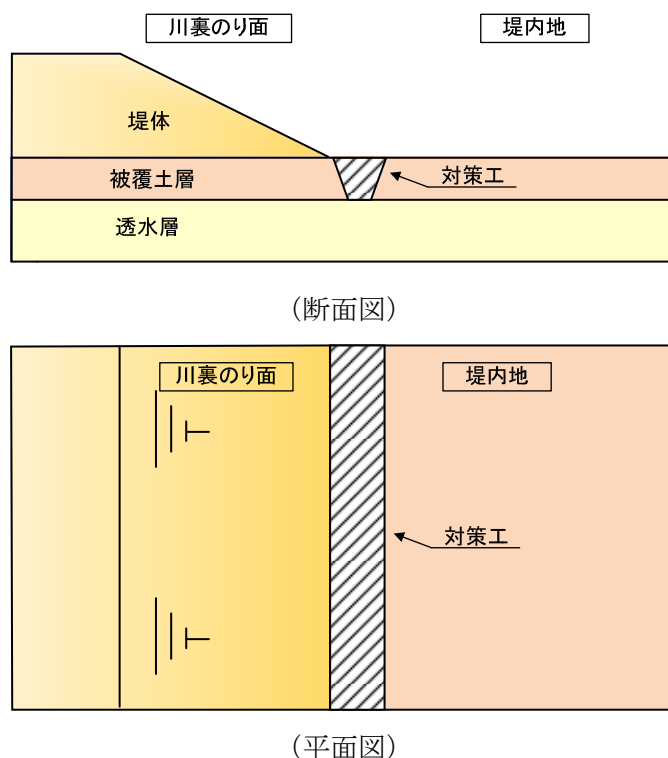


図 3.1 連続配置の例 (排水路は図面上省略)

b) 離散配置 (図 3.2)

のり尻付近の基礎地盤を円筒形等に掘削する。この中を円筒形等の縦型ドレーン (ウェル) とし、一定の間隔で配置する。円筒形に掘削するには重機 (ボーリングマシン、場所打ち杭施工機械など) が必要となる。

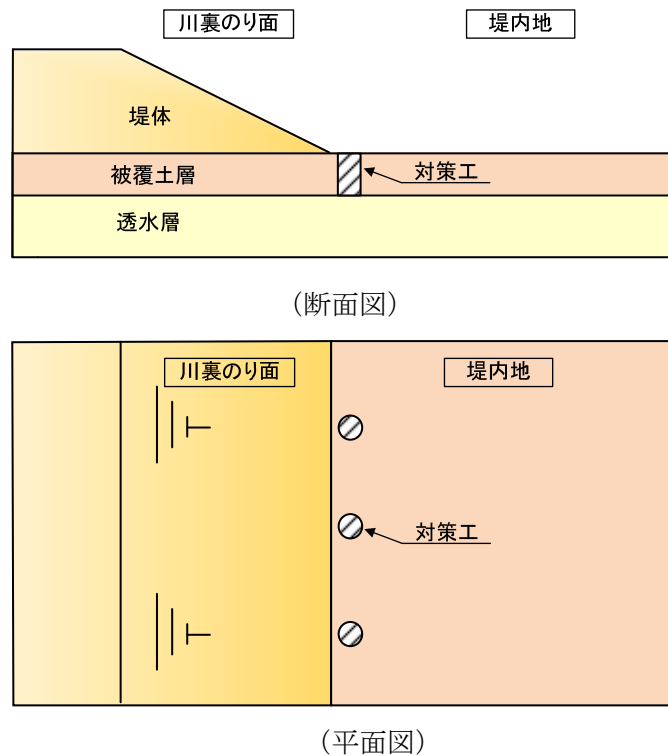


図 3.2 離散配置の例（排水路は図面上省略）

（２）堤内基盤排水対策には、連続配置、離散配置があり、必要な効果を発揮することができる対策工の施工性、経済性、信頼性を踏まえて選定する。信頼性については、現時点では施工事例を踏まえた評価ができていないが、連続配置が最も高いと考えられる。連続的に配置するので、排水能力が大きく、局所的な目詰まりに対しても冗長性が高く、局所的に形成される水みちに対しても確実性が高いと考えられる。また、施工時に透水層を目視で確認でき、側壁に勾配があることでフィルターを周辺地盤に密着させることも比較的容易である。これらのことから、連続配置が選定されることが多いことが推測される。

一方で、離散配置を選定する場合として、①被覆土層が厚くやむを得ない場合、②被災履歴等から漏水箇所が明確な場合が考えられる。

4. 設 計

4.1 基本方針

堤内基盤排水対策の設計では、堤防の盤膨れに対する安全性を確保するとともに、長期間にわたってその機能が保持されることにも留意しなければならない。

【解 説】

堤内基盤排水対策は、盤膨れ対策の 1 つであるから盤膨れに対する安全性を確保するのは当然であるが、その機能が長期間にわたって保持されること（長期安定性）も必要である。

洪水時には、堤内基盤排水対策に大量の水が流れるため、同様の構造であるドレーン工（堤体のり尻部の浸潤線を低下する目的）よりも長期機能維持に対して厳しい環境にある。ドレーン工は遮水性を期待して作られた堤防の中に設置されるものであるが、堤内基盤排水対策は透水層の水を排水するものであり、この違いをよく理解して設計しなければならない。

長期機能を低下させる事象としては以下の 3 つが想定される。

- ・ 透水層内の土砂移動に伴う対策工近傍の透水層内の目詰まり
- ・ 透水層内の土砂移動に伴うフィルターの目詰まり
- ・ フィルターの隙間やフィルターと地盤の隙間からの土砂流出によるドレーンの目詰まり、透水層内の空洞、緩みの形成

4.2 設計方法

堤防の盤膨れに対する安全性は、被覆土の重量と被覆土層下面に作用する揚圧力の比（G/W）に基づいて検討する。また、長期安定性は、透水層内の局所動水勾配または透水層内の流速に基づいて検討する。

【解 説】

基本方針を達成するための具体的な設計方法を現時点の技術水準に基づいて示したものである。

基本方針に対応する照査項目と関連する主な仕様の関係を表 4.1 に示す。地盤調査の不確実性や長期安定性については、設計で全てを担保することは難しく、モニタリングによって、効果の検証に加えて、継続的に機能が保持されていることを確認しなければならない。

表 4.1 基本方針と照査項目・仕様の関係

基本方針	照査項目	浸透流解析で用いる対策工の透水係数	関連する主な仕様
盤膨れに対する安全性の確保	安全性の確認（G/W）	透水層の 10 倍以下 （目詰まりした状態）	・ドレーン材の選定 ・排水計画
長期にわたる機能の保持	長期安定性の確認（局所動水勾配または流速）	透水層の 100 倍 （施工当初の状態）	・連続配置の選択 ・掘削のり勾配 ・フィルター材の選定 ・排水計画 ・その他（覆土等）

検討手順は図 4.1 に示すとおりで、先ず堤内基盤排水対策の配置形式を設定し、ドレーン材を選定して、洪水時の安全性を確認する。連続配置の場合には、2次元の浸透流解析を行い、離散配置を選定する場合は、3次元の浸透流解析による検討が必要となる。

安全性（G/W）や長期安定性を満足しない場合には、堤内基盤排水対策の形状や規模の見直し、その他の対策工との併用などを検討した上で、再度浸透流解析を行い安全性と長期安定性を再度確認する。

なお、本マニュアルに記載のない事項については、ドレーン工設計マニュアル¹⁾を参照するとよい。

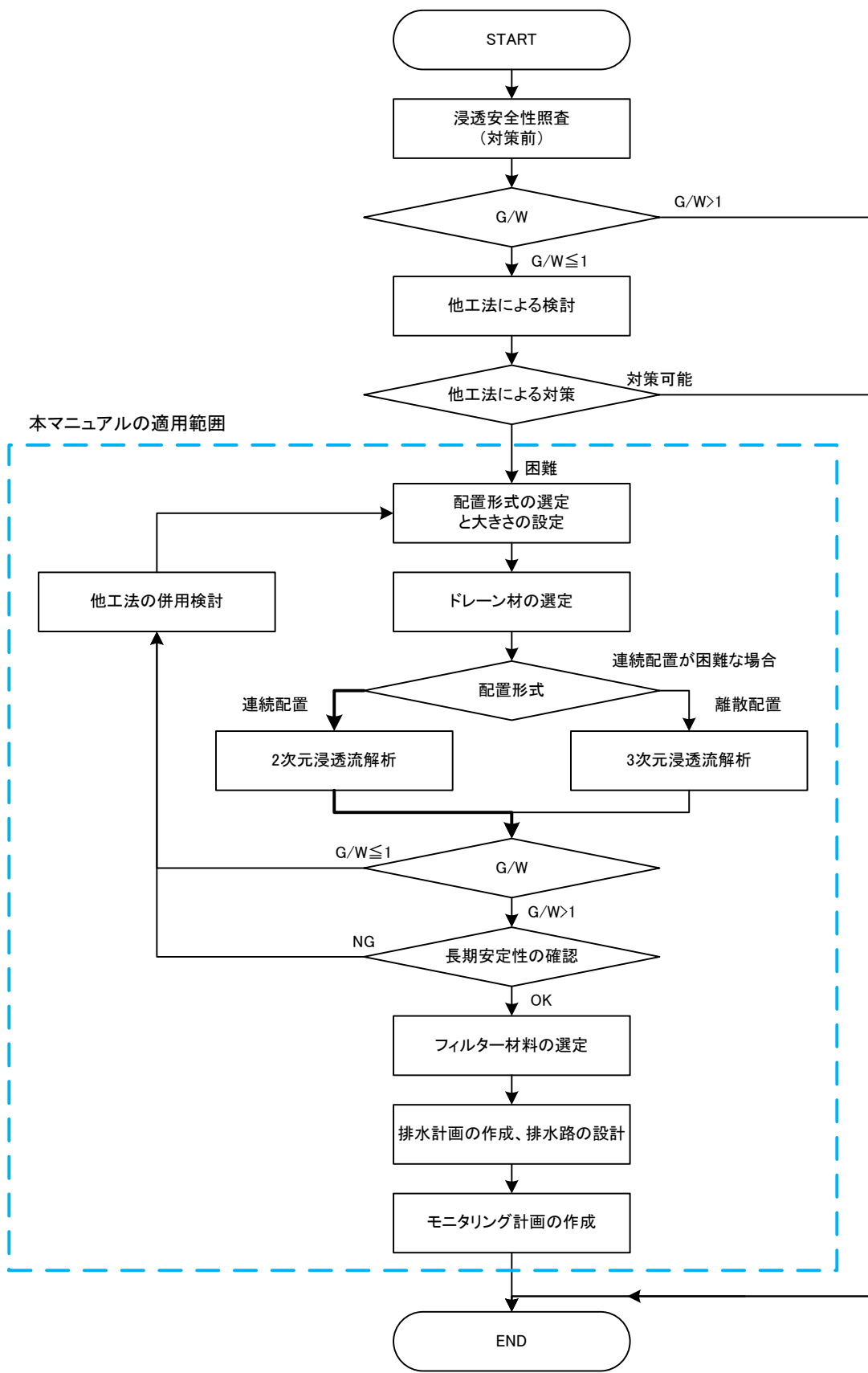


図 4.1 設計フロー

1) 断面形状の種類の設定と大きさの設定

被覆土層が厚く連続配置の選定が現実的でない場合を除き、当面、原則として、連続配置を選定しなければならない。3.の解説(2)に示した信頼性等を考慮したものである。離散配置の形状を選定する場合には、3.の解説(2)を参考に信頼性を担保するために施工等を工夫しなければならない。

ドレーンは少なくとも透水層上面まで入れることとし、施工の確実性を担保するため、若干の根入れも行うとよい。実際の透水層上面の高さは一定ではないため、ボーリング調査箇所の間をサウンディング調査で補完するとよい。それでも不確実性は残るため、設計においては一定の根入れを見込んでおけば、その範囲で透水層上面が変化しても施工で対応可能となる（変更の必要がない）。

また、ドレーン下面の幅は河川横断方向に 50cm 程度以上を基本とする。

連続配置の場合には、横断形状は逆台形を基本とし、のり勾配を最低 1:0.5 とるようにする。のり面に傾斜を持たせることによって、ドレーン材の重さでフィルターと周辺地盤を密着させ、土砂流出によるドレーンの目詰まり、透水層内の空洞、緩みの形成を防止するものである。

2) ドレーン材の選定

ドレーン材は、透水性が大きく、かつせん断強さが大きく、細粒化を生じない土粒子密度の高い材料が基本となる。また、透水層から速やかに排水できるよう透水層より 100 倍程度以上大きい透水係数（粒径では 10 倍程度以上）を持ち、概ね 40 度以上の内部摩擦角を有するのが良い。一般には、単粒度碎石を用いれば、上記の条件を満足することができる。せん断強さは対策後に作用する土圧等によって変形を起こさないためであり、土粒子密度は浸透流によって不安定化しないためである。

3) 安全性の確認

①連続配置の場合

2 次元の浸透流解析を行い安全性の確認をする。なお、浸透流解析は降雨を除き、河川水位を計画高水位として外力を与えた定常解析を行うのがよい。浸透流解析のうち、堤内基盤排水対策周辺のメッシュサイズは最低 0.5m 程度とする。透水層が河川に直接接しているのか、あるいは、川裏側は行き止まり地盤であるかなどの境界条件の影響を強く受ける。河川堤防関連以外の他機関が実施した地盤調査結果や地盤の成り立ちなども参考にして、透水層のつながりや行き止まりの状況を浸透流解析に反映するのがよい。調査結果が十分に集まらない場合などには、行き止まり地盤など安全側の設定を採用するのが良い。事前に、河川水位と川裏側のり尻付近の透水層の圧力の関係を把握しておくことで境界条件の設定の有力な根拠となる。

対策工の透水係数はドレーン材の選定が適切に行われることを前提に、長期安定

性も確認することから、安全性を評価する際には、透水層の透水係数の 10 倍として解析を行うものとする。この透水係数は、モニタリング計画の上の閾値となるため、対策規模を大きくし透水係数を小さく設定してもよい。

また、透水層の透水係数は、複数の現場透水試験の平均値を用いることを基本とする。透水層の透水係数に関して効果の感度が高く、できるだけ正確な透水係数を設定することが重要なためである。やむを得ず、室内透水試験や推定式を用いる場合には、10 倍程度大きな値を用いるのがよい。室内透水試験は現場透水試験に比べ平均的に 10 倍程度小さな透水係数を与えるためである。一方、推定式 (Creager の方法³⁾)は平均的には現場透水試験と同程度であるもののバラツキが大きいことである。特に、粒度分布の勾配が緩い (均等係数が大きい) 土は、試験方法によって得られる透水係数が大きく変わる場合があることから、現場透水試験を実施していない場合には、追加実施を検討する。

浸透流解析の結果、のり尻から堤防高さの 2 倍程度の範囲で $G/W > 1.0$ (G : 被覆土層の重量、 W : 被覆土層に働く揚圧力) となっていることを確認する。

②離散配置の場合

3 次元の浸透流解析を行い効果の確認をする。浸透流解析の次元は異なるが、それ以外の解析条件の考え方は連続配置と同じである。

揚圧力が大きくなる対策工と対策工の中間の、のり尻部から堤防高さの 2 倍程度の範囲で $G/W > 1.0$ となっていることを確認する。

4) 長期安定性の確認

長期安定性の評価に関しては、未解明な点も多いが、透水層の粒度分布の勾配が緩い (均等係数が大きい) 土は、目詰まりを起こしやすく長期安定性を確保することが難しいとされる。ここでは、浸透流解析の結果を用いて、①または②の長期安定性の確認を行うこととした。均等係数が大きい土では、②の方法を採用することが望ましい。基本的に安全性の評価と同じ解析条件とするが、対策工の透水係数は透水層の 100 倍として解析を行うものとする。対策工の透水性が高い方が長期安定性は安全側に評価されるが、100 倍以上大きな透水係数を与えても結果はほとんど変わらないためである。

①局所動水勾配

堤内基盤排水対策に接触する透水層の局所動水勾配 (境界面に直交する方向) が 0.5 未満となっていることを確認する。局所動水勾配を節点の圧力水頭から算出すると、メッシュサイズに応じて値が大きく変化するため、連続配置であれば、次式によって局所動水勾配を求めるのが良い。

$$i_l = \frac{Q}{Lk} < 0.5$$

ここに、

- i_l : 堤内基盤排水対策に接触する透水層の局所動水勾配
- Q : 単位奥行あたりの堤内基盤排水対策からの排水流量
- L : 堤内基盤排水対策と透水層の接する長さ
- k : 透水層の透水係数

堤内基盤排水対策を実施した場合に、透水層内で流速が最大となるのは堤内基盤排水対策と透水層の境界部分であり、ここで土粒子が大きく動かなければ長期機能を低下させる事象も起こりにくいと考えられる。

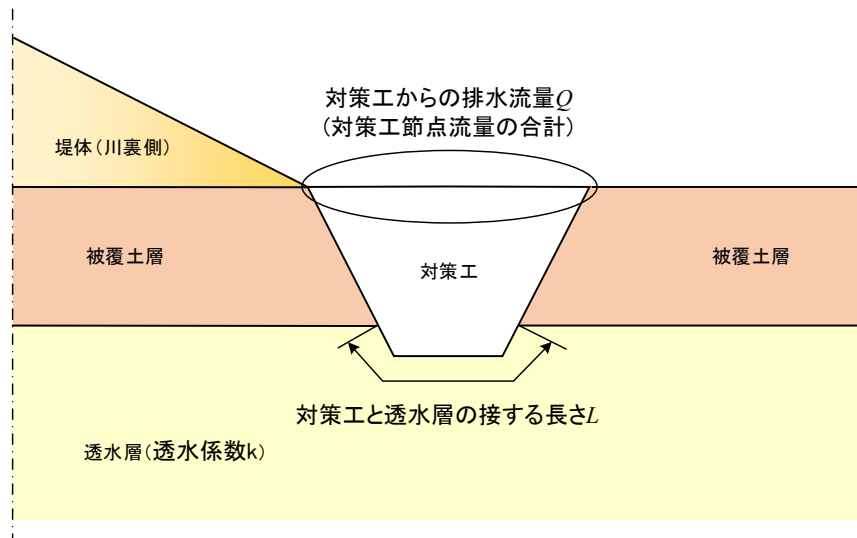


図 4.2 連続配置の場合のメッシュサイズに依らない局所動水勾配の求め方

②流速

堤内基盤排水対策に接触する透水層の流速が透水層の粒度の D_{50} に対する限界流速^{例えば 4)}の 1/10 以下となっていることを確認する。また、同じ流速が、透水層の粒度の D_{10} または Kenney の H/F による不安定領域の下限値⁵⁾のいずれか大きい方の粒径に対する限界流速以下になっていることを確認する。

地盤とフィルターの間隙があると、局所的に速い流れが生じることがある。できるだけ隙間が生じない構造を採用し、丁寧に施工することはもちろんであるが、隙間が生じた場合も想定した設計を行うものが D_{50} に係る検討である。1/10 は安全係数に相当するもので、土木研究所における関連する実験から設定したものである。

また、透水層の目詰まりを防止するための検討が D_{10} 及び Kenney の H/F に係る検

討である。

5) フィルター材料の選定

フィルター材料は、品質の長期的安定性、入手の難易、経済性、施工性を十分に検討して選定するものとする。

フィルター材料は、透水層の土粒子がドレーンへの移動流失を遮断し、目詰まりによる堤内基盤排水対策の効果の低下を防止する機能を有している。

フィルター材料は、材料の入手の容易さ、品質の安定性、および施工性を考慮すると、目詰まり防止材と称される以下の条件を満足する人工材料（いわゆるジオテキスタイル）を使用すればよい。透水層の粒度分布に応じて、使い分けることが望ましい。

①フィルター材の開孔径は、以下の範囲内であること

$$0.1\text{mm} \leq O_{95} \leq D_{85}$$

ここに、 O_{95} ：ジオテキスタイル 95%開孔径

D_{85} ：透水層の粒径加積曲線の通過重量 85%相当粒径

②長期的に目詰まりを生じないこと

③低動水勾配下（ $i \leq 0.1$ ）においても、透水係数は $1 \times 10^{-3} \text{m/sec}$ 以上

④材質の強度が高いこと

$$T_p \geq 2.0 \text{kN/m} \quad (T_p : \text{引張強度})$$

⑤化学的変質に対して安定であること

⑥親水処理が施されていること

6) 排水計画

堤内基盤排水対策に付帯する排水路は、ドレーンからの排水を速やかに堤脚水路、堤内地排水路へ流下するよう流末処理まで含め計画しなければならない。そのため、堤内基盤排水対策の敷高に留意して排水路を設置する必要がある。また、排水路断面は、ドレーンからの排水量および堤防における降雨の表面流出量等を考慮した断面積を確保する。

対策が機能していない時（常時や河川水位が上昇しない程度の降雨時）の排水路からドレーンへの水の流れについても留意しなければならない。排水路の水が濁っている場合には、ドレーンやフィルターの目詰まりを助長する可能性があるため、排水路とドレーンの間にフィルターを設置する等の検討を行う必要がある。

7) その他

ドレーンが露出していると、のり面を流れてきた僅かに土砂を含んだ水がドレー

ンに長期間にわたり流入し続けることとなる。このような土砂の流入によって、ドレーンやフィルターが目詰まりが助長される可能性がある。このため、土砂が流入しないよう覆土を行うなど、土砂が流入しにくい構造としなければならない。

また、内水が発生すると、ドレーンに土砂を含んだ内水が流入し、目詰まりの原因となることが想定される。このため、排水路とドレーンの間にフィルターを設置し、点検可能でかつ洗浄や交換が可能な構造とすることも必要である。

5. 施 工

施工は堤内基盤排水対策の成否を左右するものである。その目的や機能を十分理解した上で、適切かつ入念な施工を行わなければならない。

【解 説】

施工にあたり特に留意すべき事項は次のとおりである。

1) 掘削時の留意事項

堤内基盤排水対策の設置には、堤防や周辺地盤へ悪影響を及ぼさないよう留意しなければならない。被覆土層が軟弱で掘削深が深い場合には、安定性の検討を行うとともに、掘削延長が短くなるよう施工工程を工夫するのがよい。堤内基盤排水対策のり尻部に設置する場合、用地等の関係で止む無く堤体の掘削が必要となる場合は、その掘削断面は、不必要に堤防を掘削することのないよう必要最小限に留める必要がある。のり尻部より、堤内地側を掘削する場合においても、掘削箇所周辺のゆるみなどの影響が出ないように必要な対策をとる必要がある。

掘削深さは設計によって決定した深さが基本となるが、設計趣旨をよく理解し、被覆土層厚の増減に合わせて、掘削深さを現場で調整しなければならない。少なくとも対策工を設置する透水層を確認するまでは掘削する必要がある。

2) ドレーン設置時の留意事項

フィルター設置時には、フィルターを地山との間に隙間ができないよう密着させるよう設置する。また人工フィルター材料を用いる場合の接合部は、20cm程度重ね合わせ部を設ける。ドレーン材の粒度が大きい場合には重ね合わせ部を長く取るか、一回り小さな粒径の碎石を間隙に詰め、フィルターに弛みが生じないようにする。

ドレーン材は、振動または突固めによる締固めを行い、先に設置したフィルターが損傷しないよう丁寧に扱う。

3) 排水路設置時の留意事項

排水路は、排出水の速やかな誘導が目的のため、自然流下が損なわれないよう敷設高さには十分注意する必要がある。敷設後に沈下、不陸等が予想される地盤では、排水函設置前に沈下防止対策をする。

6. 維持・管理

6.1 維持・管理の基本

出水期前後、出水後などに点検を行い堤内基盤排水対策が機能していることを継続的に確認しなければならない。

【解説】

堤防の点検を行う際には、対策区間の前後区間を含む堤防や対策周辺の状況を念入りに点検し、対策の機能が低下している兆候がないか、あるいは機能低下の程度を確認しなければならない。機能が低下し、十分な効果が得られなくなった場合には、対策の更新を検討する必要がある。

堤内基盤排水対策は、実績がほとんどなく、その効果について十分に検証されているわけではない。そのため、効果を検証することも重要な着目点となる。

6.2 モニタリング計画

モニタリング計画を策定し、施工後は計画に沿って維持管理を継続しなければならない。

【解説】

点検項目の例を、表 6.1 に示す。点検項目や内容は、ドレーン工とほぼ同じである。

表 6.1 点検項目

項目	日常	出水時	着目点
①対策工の周囲の状況	●	●	植生状態
	●	●	沈下、陥没
	●	●	漏水
②排水路	●	●	障害物、水溜り
③排水状況	—	●	排水量、濁り
④土砂の流出	●	●	土砂の排出

施工直後及び施工後初のまとまった降雨、河川水位の上昇で、変状が生じる恐れが高いため、日常点検及び出水時の点検は念入りに行わなければならない。

特に排水路は施工直後に変状を起こしやすいので、降雨後の点検では水溜りなど排水を阻害する状態となっていないか確認する。

また、効果が継続的に発揮されているかを検証するために、当面、水位計などの計測機器を用いたモニタリングも一連区間の中の1箇所以上で実施することとする。計測機器によるモニタリング項目を表-6.2に、計測機器の配置の例を図-6.1に示す。計測機器による観測ではないが、フィルター及び透水層の目詰まりを確認するため、対策工内に仕切りを設けておき、仕切った内部に注水し、排水にかかる時間を定期的に測り変化を見るなどの簡易な方法も考えられる。

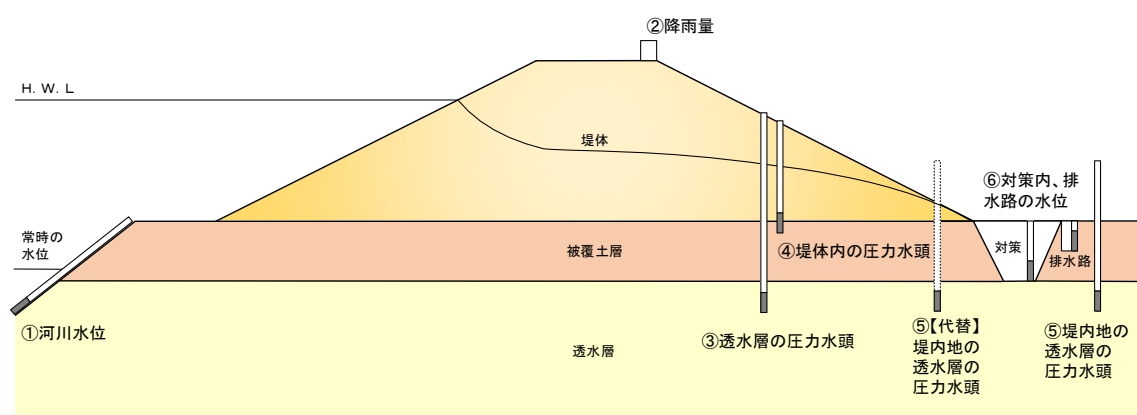


図-6.1 計測機器の配置の例

表-6.2 計測機器によるモニタリング項目

	項目	目的	備考
必須	①河川水位	外力の把握 (本対策では、水位の方が重要)	観測費用は低廉であるため、対策実施箇所では観測することが基本。ただし、近傍に観測施設があれば、利用することも可能。
推奨	②降雨量	外力の把握	近傍の観測施設を利用可能。
必須	③透水層の圧力水頭	対策から少し離れた位置における透水層の圧力水頭の把握（同じ外水位でも継続時間等によって、透水層への影響が異なるため、①と⑤の対比だけでは効果や機能低下を検証できない。また、透水層と河川水の接続状況や透水係数に係る検討を実施するため。）	透水層や被覆土層等の複雑さに応じて、追加が必要。
推奨	④堤体内の圧力水頭	堤体内の水位の推定（堤体内の水位によって、透水層の圧力が上昇する場合も考えられる）	大きな堤防では雨の影響を受けやすいため、設置することが望ましい。
必須	⑤対策近傍の透水層の圧力水頭	対策効果、機能低下の検証のために、対策近傍の透水層の圧力水頭を把握	観測孔から噴水が生じないように工夫が必要。堤内地に適地がなければ、対策の川側近傍でもよい。
必須	⑥対策内、排水路の水位	対策が機能しているか確認。内水等を含めた境界条件の把握。	

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：ドレーン工設計マニュアル，2013年6月
- 2) 国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），2012.
- 3) Creager, W. P., Justin, J. D. and Hinds, J.: Chap.16 soil tests and their utilization, in Engineering for dams, Earth, Rock-fill, Steel and Timber Dams, Vol. III, John Wiley and Sons, pp.645-654, 1944.
- 4) 杉井俊夫ら：浸透破壊の発生プロセスと土の非均質性，土と基礎，Vol.37, No.6, pp.17-22, 1989.

- 5) Kenney, T. C. and Lau, D.: Internal stability of granular filters, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 22, pp. 215-225, 1985.

