

ため池ベントナイトシート工法
設計・施工マニュアル

令和7年5月

農研機構農村工学研究部門
神戸大学大学院農学研究科

目 次

第1章 共通編	1
1.1 趣旨	1
1.2 適用範囲	2
(1) 堤高・規模等	
(2) ため池の重要度区分	
1.3 用語の説明	3
第2章 設計編	5
2.1 設計の基本事項	5
2.2 ベントナイト系遮水シートに要求される特性	6
(1) ベントナイト系遮水シートの性能に関する条件	
(2) ベントナイト系遮水シートの選定	
(3) 品質	
2.3 ベントナイト系遮水シートを設置する基盤及び基層	8
(1) 支持力	
(2) 平滑性	
(3) その他	
2.4 ベントナイト系遮水シートの設置位置	9
(1) 根入れ長さと深さ	
(2) シート頂部の位置	
(3) ベントナイト系遮水シートの敷設勾配と段切り	
(4) 必要土被り（シート上流側の覆土の安定計算）	
(5) 構造物との接続部及び地山との取付部の設計	
(6) 止水壁の設置	
2.5 ベントナイトシート工法を用いたため池堤体の浸潤線	27
2.6 ベントナイトシート工法を用いたため池堤体の安定計算方法	32
2.7 ベントナイト系遮水シート背面の圧力（湧水等）対策	32
第3章 施工編	34
3.1 施工手順	34
3.2 基盤整形	35
3.3 湧水対策・排水処理	36
3.4 シート搬入及び運搬、保管方法	37
(1) 搬入、保管	
(2) 現場内での運搬	
3.5 ベントナイト系遮水シートの敷設	37
(1) 敷設方法	

(2) 切断方法	
(3) 接合部処理	
3.6 構造物との接続部、端部の処理	39
(1) 構造物との接続部	
(2) 底樋周りの処理	
(3) パイプ等貫通部周りの処理	
(4) 端部の保護	
3.7 覆土の施工	46
3.8 ベントナイト系遮水シートの施工状態の確認と補修及び補強方法	46
3.9 ベントナイトシート工法の施工管理基準	47
(1) チェックシート	
(2) 出来形管理	
3.10 ベントナイト系遮水シートの施工後の維持管理	51
(1) 維持管理時の観測項目	
(2) 観測頻度について	
第4章 参考資料	56
4.1 添付資料	56
4.2 特記仕様書案	68
4.3 覆土部のセメント改良土の量について	73
4.4 学術論文等（引用文献）	74
4.5 参考歩掛	76
4.6 よくあるお問い合わせ	80

第1章 共通編

1.1 趣旨

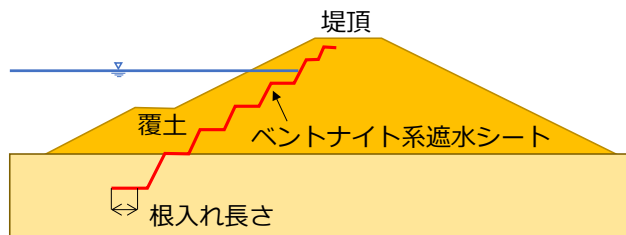
本マニュアルは、ため池整備に用いるベントナイト系遮水シートを、安全かつベントナイト系遮水シートの品質及び耐久性を確保した統一的な設計・施工を行うために、全国のため池で適用可能なベントナイトシート工法の設計・施工マニュアルとして作成したものである。なお、ベントナイトシート工法の採否は、改修工法の施工性及び経済性について、完成後の維持管理も含め総合的な比較検討に基づき決定する必要がある。なお、本マニュアルはベントナイト系遮水シートがため池堤体に適用できるように農研機構と神戸大学が、農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究「ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強技術の開発」において、作成したものである。

豪雨や地震発生時のため池決壊時に周辺区域に被害を及ぼすおそれのある防災重点農業用ため池は約53,000箇所存在し、ため池の防災・減災対策として、防災重点農業用ため池に係る防災工事等を集中的かつ計画的に進めることを目的に、「防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法」が令和2年から施行されている。ため池改修では、従来の前刃金工法で必要な良質な粘性土が近年枯渇しており、遮水性材料（購入土）の調達が難しく、急な設計変更を強いられる事例が発生している。また、今後長期にわたりため池改修工事が継続されることを想定すると、代替工法の確立が喫緊の課題である。

このような中、ため池整備を集中的かつ計画的に進めるために、代替工法としてベントナイトシート工法が着目されている。当工法に用いられるベントナイト系遮水シートは、廃棄物最終処分場等において世界的に利用され、高い信頼を得ている。また、大型ダンプでの土の搬入が困難な現場でもベントナイトシートは、軽量かつ容積が小さいことから搬入が容易である。ベントナイトシート工法によるため池堤体の耐震性については、平成26年度から神戸大学、防災科学技術研究所、兵庫県農村環境室及び防災企画課が連携を図り、実物大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を利用した実証実験を実施してきた。その結果、レベル1、レベル2地震動に対する、堤高3mのモデルの一定の安全性が確認された¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。全国各地のため池改修において、ベントナイトシート工法が採用され、施工実績は増えているものの、統一的な設計施工のルールが確立されていない現状にある。

そこで、今後のベントナイトシート工法の採用増加を見込み、計画的にため池改修を進めるため、設計手法や施工管理手法等について標準的な考え方を示すことを目的に、ため池ベントナイトシート工法設計・施工マニュアルを策定することとする。

なお、兵庫県ため池ベントナイトシート工法設計・施工マニュアルが兵庫県から発刊されているが、本マニュアルは、これを全国の都道府県で利用可能なマニュアルに改良することを目的とした。兵庫県で、「兵庫県土地改良技術基準」が引用されている項目については、土地改良事業設計指針「ため池整備」に準じた内容に変更した。また、参考資料として「覆土部のセメント改良土の利用について」や「よくあるお問い合わせ」などの情報を追加した。



(a) 断面図



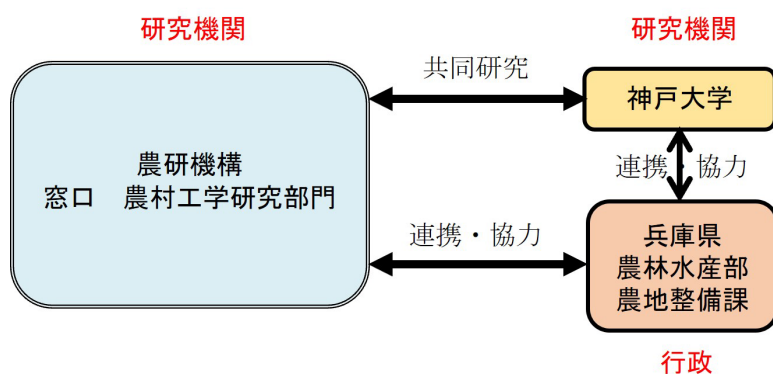
(b) ベントナイト系遮水シート敷設状況

参図-1.1.1 ベントナイトシート工法の概要

本マニュアルでは次の事項を定める。

- ・ため池の本来の機能として遮水性を確保するためのベントナイト系遮水シートに要求される特性
- ・ベントナイト系遮水シートの機能を発揮させるための基盤及び基層の考え方
- ・遮水性を確保するためのベントナイト系遮水シートの設置位置、設置方法
- ・構造上の安全性、耐震性能を確認するための安定計算方法及びその際の浸潤線の設定方法
- ・ベントナイトシート工法の施工方法、施工管理基準及び施工時の留意点
- ・ベントナイトシート工法の維持管理方法
- ・その他工事特記仕様書例、施工事例等の参考資料

なお、本マニュアルの作成に係る研究開発体制は、参図-1.1.2の通りである。また、農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究「ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強評価技術の開発」における研究結果の内容も踏まえ取りまとめている。



参図-1.1.2 本マニュアル策定に当たっての役割分担

1.2 適用範囲

(1) 堤高・規模等

本マニュアルは、堤高が10m未満のため池の改修に適用する。

「土地改良事業設計指針 「ため池整備」」⁸⁾（以下、「ため池整備指針」）の適用は、堤高15m未満のフィルタイプのため池とされている。しかし、堤高10m以上のため池でのベントナイトシート工法の採用事例が少ないこと、耐震性についての一連の実験や検証が10m未満のモデルを適用していることから、堤高10m以上のため池での適用は今後のさらなる研究などを待つこととし、現時点では堤高10m未満のため池に適用するものとした。

(2) ため池の重要度区分

本マニュアルは、基本的に、「ため池整備指針」に記載されている重要度区分の内、AA種、A種、B種のため池の常時及びレベル1地震動を対象とするため池改修工事に適用する。

ため池は、地域ごとに様々な配置条件や形状等があることから、具体的な数値指標を定義することは困難であるが、例えば「中央防災会議等の推定震度が震度6弱以上と想定されている地域の中で、下流への影響が大きく（貯水量が10万m³以上）、地震の増幅度が大きい（堤高が10m以上）ため池のうち、強度低下が起きやすい（堤体材料が砂質土）もの」をひとつの目安としてAA種に設定する。重要度がAA種に該当するため池はレベル2地震動の検討が必要となる。ベントナイトシート工法で補強したため池について、レベル2地震動における照査手法は既往研究において未確立であり、堤高が10m未満で重要度がAA種であるため池については、本マニュアルでは規定していない（レベル2地震動に対する検討方法については、参考資料4.6 よくあるお問い合わせを参照）。

1.3 用語の説明

ベントナイトシート工法	ベントナイトシート工法とは、ため池堤体改修工法のうち、ベントナイト系遮水シートにより遮水を行う工法とする。
ベントナイト系遮水シート	ベントナイト系遮水シートは海外ではGCL（ジオシンセティッククレイライナー）と呼ばれているもので、米国では1984年に開発され、1986年から施工実績がある。GCLは米国で一般的に用いられている粘土層（CCL：コンパクテッド・クレイ・ライナー）の代用としての研究が進み、厚さ50cm、透水係数 $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 以下の粘土層と同等以上の遮水性があるものとして米国EPA（環境保護局）に認められている。 ベントナイト系遮水シートは、基本的に無機系の天然粘土鉱物であるベントナイト（粉・粒）で遮水能力を発揮するもので、長期耐久性に優れており、数万年単位の耐久性があると示す研究成果も公表されている。各製品で構造やベントナイト形状等の違いがあり、ベントナイトを織布・不織布あるいは高密度ポリエチレン樹脂（HDPE）によって、ニードルパンチ、ステッチボンド、接着剤等で相互に保持された遮水シートで、工場で生産される。
副資材ベントナイト	ベントナイト系遮水シートを敷設する際のシート接合箇所、シートと構造物等との接続箇所の遮水補強を行うために散布するベントナイトを主材とした材料。 本マニュアルでは、緩勾配（1:nの勾配で $n \geq 2.0$ ）や水平部に散布する乾燥ベントナイトをいう。
ベントナイトペースト	ベントナイト系遮水シートを敷設する際のシート接合箇所、シートと構造物等との接続箇所のうち、急勾配部（1:nの勾配で $n < 2.0$ ）や直壁部にベントナイト系遮水シートを敷設する際に用いるベントナイトを主材とした材料。乾燥ベントナイトと水を混合してペースト状にしたものやあらかじめ

	ペースト状に調製された製品などがある。
遮水性ゾーン	堤体盛土のうち、遮水を主たる目的とする部分をいう。材料を示す場合は、遮水性材料という。
ランダム	堤体盛土のうち、遮水性ゾーン以外の部分をいう。材料を示す場合は、ランダム材という。

第2章 設計編

2.1 設計の基本事項

ベントナイトシート工法によるため池改修においては、「ため池整備指針」に基づき次に示す基本的要件を考慮し設計するものとする。

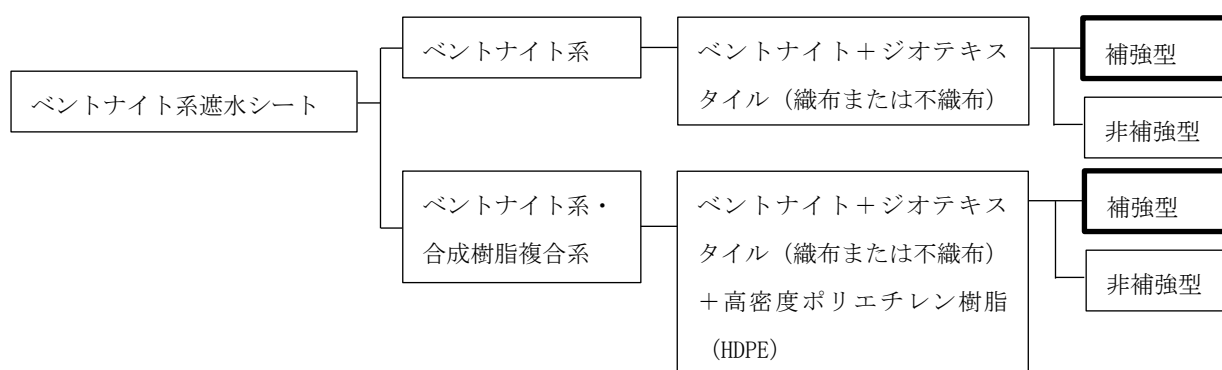
- ①ため池本来の機能（貯水機能・取水機能）が確保されること。
- ②施設として構造上安全であること。
- ③施工が容易で、かつ、経済的であること。
- ④施工後の維持管理を考慮したものであること。
- ⑤環境との調和に配慮したものであること。
- ⑥重要度区分に基づく耐震性能を有したものであること。

上記を踏まえ、ベントナイトシート工法を設計する場合は、遮水性、水圧、揚圧力、地震力、施工後の沈下などの長期変形、維持管理の容易さ及び植物等による遮水シート材料の損傷に対する安全性などを考慮しなければならない。

ベントナイトシート工法に用いるシートには、ベントナイト系遮水シート及びベントナイト系と合成樹脂との複合系遮水シート等があり、その選定に当たっては、それぞれの特長、特性などを十分に考慮して、使用する現場条件に応じた材料とする必要がある。また、それぞれのタイプに、ベントナイトとシートや合成樹脂を一体化するために、ニードルパンチやステッチボンドで加工したタイプと、一体化させずにベントナイトとシートや合成樹脂を糊付けして接着したタイプがある。シート内のベントナイトにせん断応力が働いた場合、縦方向に一体化していないタイプはせん断応力が働く場合の強度が期待できないことから、一体化したタイプを補強型、一体化はせず糊付けで接着したタイプを非補強型として分類する。なお、合成樹脂を一体化したタイプは、湧水や地下水位が高い現場、降雨による影響が大きい現場などでベントナイトの保護や遮水性向上を目的とする場合に使用される。

ベントナイト系遮水シートの材料の分類例を示すと、**参図-2.1.1**のとおりである。

「2.2(2)」で規定するように、本マニュアルではベントナイト補強型の材料を選定する。また、「4.1」の添付資料①に、補強型に該当する各メーカーの製品一覧表を示す。



参図-2.1.1 ベントナイト系遮水シート材料の分類例

2.2 ベントナイト系遮水シートに要求される特性

ベントナイト系遮水シートは工場で製造されたシート成形品で、安定性、耐久性、遮水性、経済性、施工性、及びその他の要求条件を満足するものでなければならない。

(1) ベントナイト系遮水シートの性能に関する条件

安定性：使用現場において、適切な基盤条件・覆土による拘束がされている条件下では、想定される水圧に十分耐え、かつ覆土の土圧、想定される地震力、堤体の長期的な変形による引張り力にも切断が生じない強さや柔軟性を有さなければならない。また、使用環境において受ける最高、最低温度時においても柔軟性を失うことがなく、下部構造の変化（不同沈下など）にも十分順応するものでなければならない。

耐久性：ベントナイト系遮水シートは、土中での使用時において耐久性のあるものでなければならない。

遮水性：ベントナイト系遮水シートは、それ自体十分な遮水性を有するとともに、接合部においても同等以上の遮水性を有さなければならない。

経済性：高度の遮水性が要求されるとはいえ、その工事費、及び効果はほかの工法に比較して、同等以上の経済性を有さなければならない。

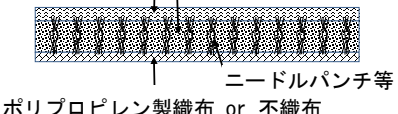
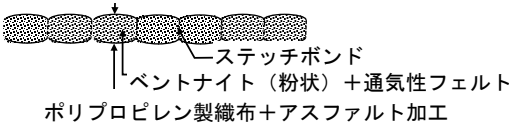
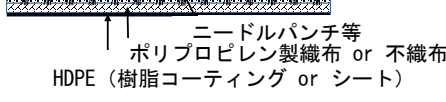
施工性：敷設面積の大小、及び施工場所のいかににかかわらず、簡易かつ迅速に施工できるものでなければならない。また、施工時の補修及び修理についても容易でなければならない。

その他：ベントナイト系遮水シートは、貯水を変質（有害、有臭）させるものであってはならない。

上記の要求条件を満たすものとして、ベントナイト系シートの種類、品質を次の(2)、(3)に規定する。

(2) ベントナイト系遮水シートの選定

ベントナイト系遮水シート材料は前項に示したように各種あるが、せん断応力の発生を考慮し、**参図-2.2.1**に示すような、ニードルパンチやステッチボンドで補強したベントナイト補強型の材料を選定する。

名称	特徴	参考図（断面図）
ベントナイト+ジオテキスタイル（織布または不織布）タイプ 補強型	粉状または粒状のベントナイトを不織布や織布で挟み、ニードルパンチで一体化し補強したもの。この補強によりベントナイトがシート内部に拘束され、また切断面などの端部からベントナイトの流出が少ない。	 ポリプロピレン製不織布 or 織布 ベントナイト（粉状 or 粒状） ニードルパンチ等 ポリプロピレン製織布 or 不織布
	通気性フェルトに粉状のベントナイトを充填し、2枚の織布で挟んで縫合接合（ステッチボンド）したシート。表面がアスファルト加工されており、施工時の防水効果がある。	 ポリプロピレン製織布+アスファルト加工 ステッチボンド ベントナイト（粉状）+通気性フェルト ポリプロピレン製織布+アスファルト加工
ベントナイト+ジオテキスタイル（織布または不織布）+高密度ポリエチレン樹脂（HDPE）タイプ 補強型	最上段のものにさらに、片面にベントナイトの保護及び遮水性向上を目的としたHDPE製のシートまたは樹脂を接着したもの。湧水や地下水位が高い現場、降雨による影響が大きい現場などで用いられる。	 ポリプロピレン製不織布 or 織布 ベントナイト（粉状 or 粒状） ニードルパンチ等 ポリプロピレン製織布 or 不織布 HDPE（樹脂コーティング or シート）

参図-2.2.1 ベントナイト系遮水シート（補強型）の材料

(3) 品質

ベントナイト系遮水シートの性能は次に示す品質を満たすものとするとともに、日本遮水工協会 製品認定審査証明を取得したものでなければならない。

- (a) ベントナイト系遮水シートの主成分はナトリウム型ベントナイトで、これと織布あるいは織布と不織布等のジオテキスタイル等を複合化したものである。
- (b) ベントナイト系遮水シート厚は使用するベントナイト粒の大きさや織布等の厚さにより異なるが、遮水性の点からベントナイト系遮水シートに含まれるベントナイトの質量を、原則として4 kg/m²以上とする。
- (c) ベントナイト系遮水シートの物理的性質は、**参表-2.2.1**のとおりとする。

参表-2.2.1 ベントナイト系遮水シートの主な物理的性質¹⁰⁾

項目	試験方法	規格値
ベントナイト質量	ASTM D 5993	4 (kg/m ²) 以上
膨潤力	JBAS-104-77	20 (ml/2g) 以上
透水係数	ASTM D 5887 及びJGS0312	5×10 ⁻² (nm/s) 以下 (5×10 ⁻¹¹ (m/s) 以下)
引張強度	JIS L 1096	タテ 9.5 (kN/m) 以上 ヨコ 9.0 (kN/m) 以上
安全性（溶出濃度）	環境庁告示第13号及び 排水基準総理府令35号 (https://www.env.go.jp/hourei/11/000178.html)	基準値以下

(参考) ベントナイト系遮水シートの耐用年数

※ため池の施工では、1999年から採用されており、23年の施工実績（※2015年以降の主要メーカーでの施工実績は300箇所以上）があるが、現時点で堤体の決壊や漏水の増大などの問題は報告されていない。

最終処分場においては、40年程度の実績がある。

ベントナイト系遮水シートの遮水材であるベントナイトは自然由来の材料であり、その耐用年数は半永久的とされている。一方で、ベントナイトの流出などを保護する不織布や織布の耐用年数がベントナイト系遮水シートの耐用年数を左右すると考えられている。そのため、ポリプロピレンの不織布の耐用年数に関する様々な研究が行われているが、水分による耐性、耐化学性、浸出水による耐性、生分解性、湿度耐久性、紫外線による耐久性、施工時の耐久性等を踏まえ、覆土状況下では200年程度の耐用年数が期待できるとされている（参考：SI Corporation(1996)：The Durability of Polypropylene nonwoven geotextiles for waste containment applications⁹⁾ ※本報告書は、不織布製造メーカーによる報告書であるが、各種論文をもとに考察されており、不織布の耐久性について端的かつ客観的に取りまとめられているため、参考として示す。）。)

このため、ため池に用いたベントナイト系遮水シートの耐用年数は、ため池の費用対効果分析の標準年数である80年を十分に超えていると考えられる。

2.3 ベントナイト系遮水シートを設置する基盤および基層

ベントナイト系遮水シートの基盤は、施工時に必要な支持力と平滑性を有するものでなければならない。施工時の必要な支持力と平滑性を得るため、基盤整形及び転圧を行い、必要に応じて安定処理層や基層を設ける。

(1) 支持力

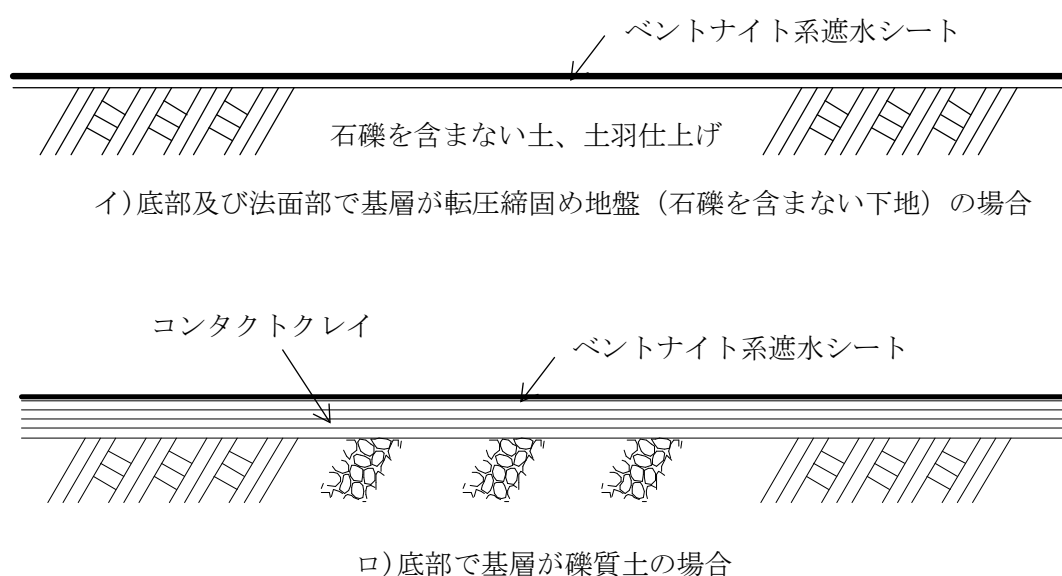
ベントナイト系遮水シートは基盤と一体となって初めて遮水機能が発揮できるものであるため、外圧に対するベントナイト系遮水シート自体の抵抗性は考慮すべきではない。ベントナイト系遮水シートの基盤は外力によって大きく変形するものであってはならない。このため、基盤は最低でも掘削機械や締固め機械の走行に必要な支持力が確保されていなければならない。多くの場合、目安としてはポータブルコーン貫入試験で得られるコーン貫入抵抗 q_c が500 kN/m²程度必要としている。

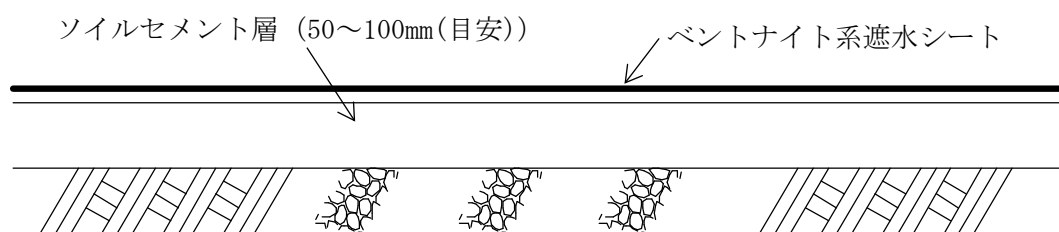
斜面部については、法面の変形、法尻部の崩れ等が起きないように、切土、盛土の土質条件に応じた法勾配を設定し、締固めに十分配慮しなければならない。

(2) 平滑性

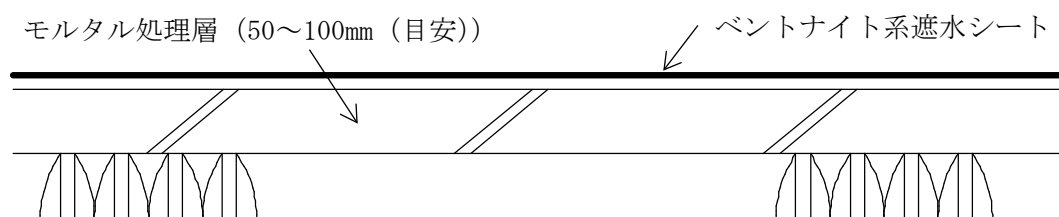
ベントナイト系遮水シートは、伸縮性を有するものの、ある程度の不同沈下への追従性はあるが、基盤表面に石礫、切株等の突起物や、凹凸部がある場合には局所的に伸ばされ破損するおそれがある。このため、基盤整形、締固めのみで、適切な平滑性が得られない場合には、安定処理層や緩衝層を設置する。一般に安定処理層や緩衝層には、コンタクトクレイ、ソイルセメント、モルタル等が用いられる。基盤、基層の施工例を参図-2.3.1に示す。

また、対策が必要な基盤の事例を「4.1」の添付資料②に示す。平滑性の目安はベントナイト系遮水シートを設置した場合にベントナイト系遮水シートの背面に隙間が生じるような凹凸がないこととし、目安としては概ね凹凸部の最大差（参図-2.3.2の ΔH ）が50mm～100mmとするが、これ以下でも隙間が生じる場合は基盤処理を行う必要がある。



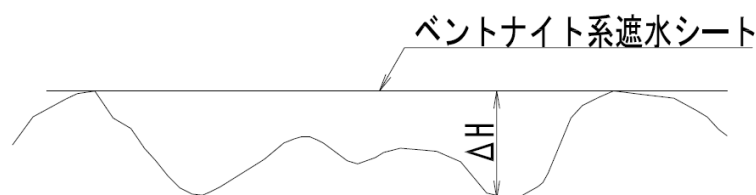


ハ) 法面部で基層が礫質土層の場合



ニ) 底部や法面部で基層が岩盤の場合

参図-2.3.1 ベントナイト系遮水シート基盤、基層例



参図-2.3.2 (参考) 凹凸部の最大差

(3) その他

凍結のおそれがある地域では、法肩部下地が凍上作用を受けて変形する場合があります、そのことに対する対策（浸透水の遮断やブルーシート等による養生等）の検討が必要である。

2.4 ベントナイト系遮水シートの設置位置

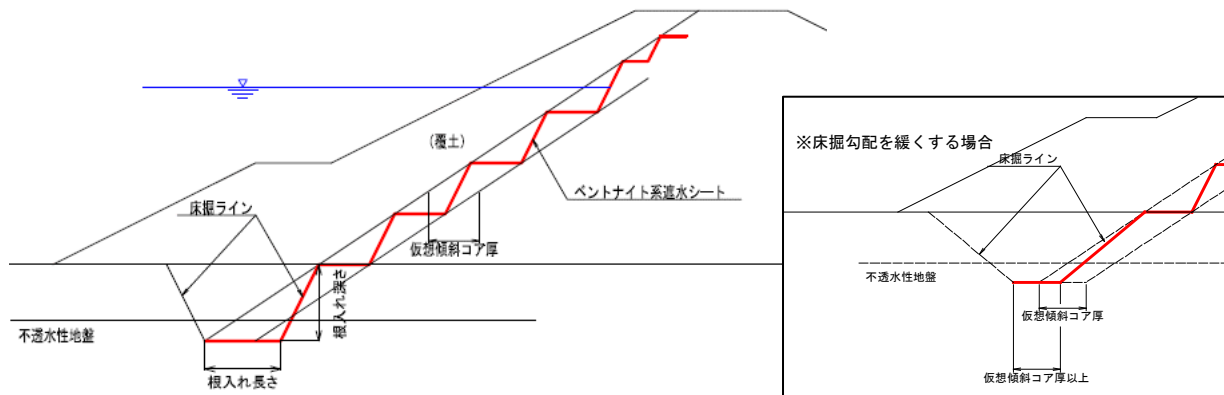
ベントナイト系遮水シートの設置位置として、根入れ長さと深さ、頂部の位置、シートの敷設勾配と段切り、必要土被り、構造物や地山との接続方法、止水壁の設置について規定する（参図-2.4.1）。この中で、シートの敷設勾配や必要土被りについてはシートより上流側の覆土の円弧すべりやシート敷設面に沿った直線上のすべりに対する安定性を確保することが必要であるため、設計に際しては堤体全体の安定計算に先立ち検討する必要がある。

(1) 根入れ長さと深さ

ベントナイト系遮水シートの根入れ深さは、堤体基礎地盤を浸透する流水を抑制し、堤体裏法面の法尻や基礎地盤の浸透破壊を防止するため、十分な長さと深さを確保しなければならない。

① ベントナイト系遮水シートの根入れ長さの考え方（浸透路長の考え方）

ベントナイト系遮水シートの根入れ長さは、②に示す不透水性地盤にシートを挿入する場合には、「2.5」に示す浸潤線の計算に用いる仮想傾斜遮水性ゾーンの厚みを確保できる水平距離を確保する（参図-2.4.1）。また、不透水性地盤にシートを挿入できない場合には、人工ブランケット工法の考え方に準拠し、参図-2.4.2に示す計算方法により水平長（ X_r ）を計算により求める。



参図-2.4.1 ベントナイト系遮水シートの根入れ長さの考え方

(a) 自然ブランケット

透水性地盤の表層に不透水性土が堆積して、自然ブランケットを形成している場合、ブランケットによって生ずる有効浸透路長 x_r は、式(3.3.1)により与えられる。

$$x_r = \sqrt{\frac{t \cdot d \cdot k}{k_1}} \quad \dots\dots\dots(3.3.1)$$

ここに、

t : ブランケットの厚さ(m)、 d : 透水性地盤の厚さ(m)

k_1 : ブランケットの鉛直方向の透水係数(m/s)

k : 基礎地盤の透水係数(m/s)

また、 x_r は図-3.3.4 に示したように、損失水頭(Δh_b)を生じさせるのに必要なブランケットの水平距離である。このブランケットによる損失水頭は、ため池上流に完全不透水性板を水平に x_r だけ敷いたのと同じことを意味する。なお、基礎地盤中の浸透量 q_f は、式(3.3.2)で求める。

$$q_f = \frac{k \cdot h \cdot d}{x_r + x_d} \quad \dots\dots\dots(3.3.2)$$

ここに、

q_f : 基礎地盤中の浸透量(m³/s)、 h : 貯水位と下流水位との差(m)

x_r : 有効浸透路長(m)、 x_d : 堤体の底幅(m)

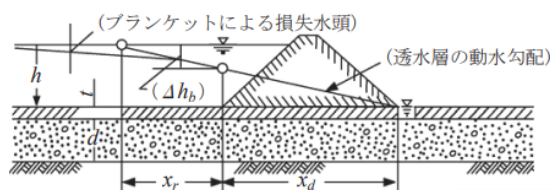
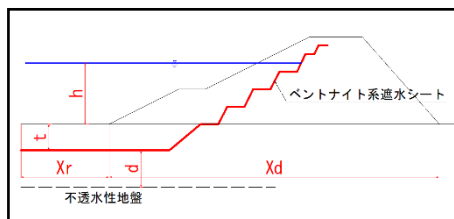


図-3.3.4 自然ブランケット (不透水性)



(b) 人工ブランケット

人工ブランケットの必要長さ x は、式(3.3.3)で計算する。

$$x_r = \frac{e^{2ax} - 1}{a(e^{2ax} + 1)} \quad \dots\dots\dots(3.3.3)$$

$$\text{ここに、} a = \sqrt{\frac{k_1}{t \cdot k \cdot d}}$$

x : ブランケットの必要長さ(m)

x_r : 有効浸透路長(m)

q_f を貯水池の許容漏水量から決定し、これに対する x_r を式(3.3.1)で求めて、式(3.3.3)に代入してブランケットの必要長さ x を求める。

厚さは、水圧の 1/10 を標準とする。普通 1.0~3.0m が多く、堤体の近くほど厚く、上流にいくほど薄くする。

しかし、水平方向の透水係数の大きい地盤では、ブランケットの施工のみで必ずしもパイピングに対する十分な抵抗性を得ることができない場合があることに注意する。

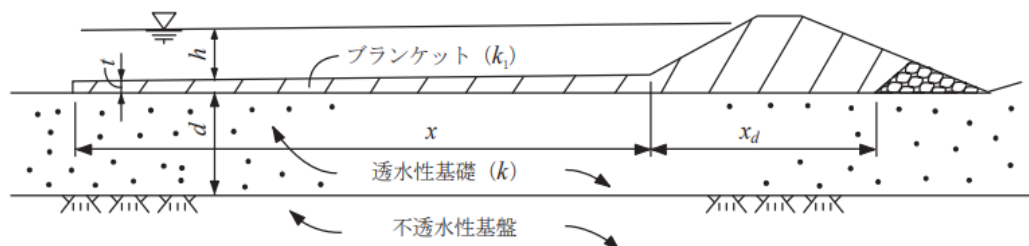


図-3.3.5 人工ブランケットの設計法

②ベントナイト系遮水シートの根入れ深さの考え方

ベントナイト系遮水シートの根入れ深さは、基礎地盤の地質、層厚等の状況を確認し、堤体の安定性と遮水性に対して適切な深さを確保する。一般的には遮水ゾーン型工法におけるカットオフ深さに準じた深さの確保が一つの目安となる。根入れ深さの参考値を、参表-2.4.1に示す。

なお、「ため池整備指針」で規定されている堤体の基礎地盤は、支持力として機械施工が可能なポータブルコーン貫入試験で得られるコーン貫入抵抗 $qc=500\text{ kN/m}^2$ 程度が求められ、透水係数は $1\times 10^{-4}\text{cm/s}$ ($1\times 10^{-6}\text{m/s}$) 以下が望ましいとされており、透水層が厚い場合にはブランケット工法等の透水性地盤に対する処置を検討するなど、地盤状況に応じて総合的に検討する。

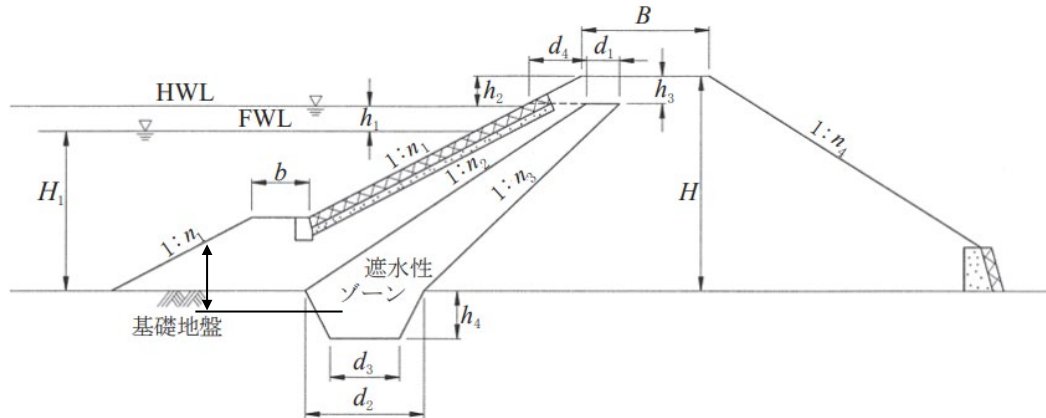
参表-2.4.1 遮水シートの根入れ深さの参考値⁸⁾

堤高 H	根入れ深さ h_s
5 m 以下	1.1~1.3 m
5~10 m 以下	1.3~2.1 m
10~15 m	2.1~3.2 m

(2) シート頂部の位置

ベントナイト系遮水シート頂部の位置は、現地に応じた適切な設計が必要である。

堤体の遮水性を確保するため、遮水ゾーン型工法における遮水ゾーンの高さまでベントナイト系遮水シートを設置することとし、必要堤頂高より0.5mの深さまでシートを設置する。参考として、参図-2.4.3に「ため池整備指針」に規定された傾斜遮水ゾーン型工法の設計諸数値の一般値を示す。また、これを踏まえ、参図-2.4.4に標準的な頂部の一般図を示す。



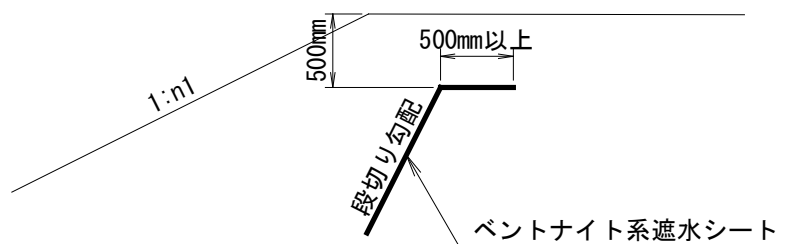
堤高 $H(\text{m})$	貯水深 $H_1(\text{m})$	計画越 流水深 $h_1(\text{m})$	余裕高 $h_2(\text{m})$	堤頂幅 $B(\text{m})$	遮水性ゾーン								後法 勾配 $n_4(\text{割})$
					前 法	勾配 $n_1(\text{割})$	小段幅 $b(\text{m})$	堤頂から の距離 $h_3(\text{m})$	天端幅 $d_1(\text{m})$	前法から の距離 $d_4(\text{m})$	遮水性ゾ ーン 下端幅 $d_2(\text{m})$	床掘り 下幅 $d_3(\text{m})$	床掘り 深さ $h_4(\text{m})$
5	3.3	0.5	1.2	3.0	1.5	0	0.3	1.5	1.5			1.1	1.5
5	3.3	0.5	1.2	3.0	1.8	1.5	0.5	1.8	1.5			1.3	1.8
10	7.8	0.8	1.4	4.0	2.1	1.5	0.5 以上	2.4	1.5			2.1	2.1
10	7.8	0.8	1.4	4.0	2.1	2.0	0.5 以上	2.4	1.5			2.1	2.1
15	12.2	1.2	1.6	5.0	3.0		0.5 以上	3.5	1.5			3.2	2.5
摘要	堤高から仮 定	地質条件や 洪水量に応 じて決定。	式(3.3.5)、 (3.3.6)に よる。	式(3.3.7) による。	1.5～ 3割	小段を設 ける場合 は最小1 m	0.3m 以上	1.5～ 3.5m	1.5m 以上	$n_2 =$ $n_1 - 0.1$ $n_3 =$ $n_2 - 0.2$ より算定	$d_2 \geq$ $1/2 d_1$	基礎地盤の 土質の状況 による。 数値は参考	1.5～ 2.5割

注1) 現場条件によってはドレーンの施工を検討する。

注2) 床掘部の掘削勾配は基礎地盤の性状や強度に応じ、掘削斜面の安定を考慮して決定する。

注3) 小段は、斜面保護工の基礎スペースや安定計算上必要な場合において設置する。

参図-2.4.3 傾斜遮水ゾーン型工法の設計諸数値⁸⁾



参図-2.4.4 頂部一般図

なお、シート設置位置の検討における設計堤体センターラインについては、直線形状や曲線形状を制約するものではないが、曲線形状にするとシートの割付上重ね範囲が広くなり、ロスが大きくなって施工費が増大する可能性があることに留意する。

(3) ベントナイト系遮水シートの敷設勾配と段切り

ベントナイト系遮水シートの敷設に当たっては、施工時に極力引張応力が作用することを避けること、上部と下部のシートの重ね代確保が容易など、施工性が有利であること等から、段切りを行うことを原則とする。

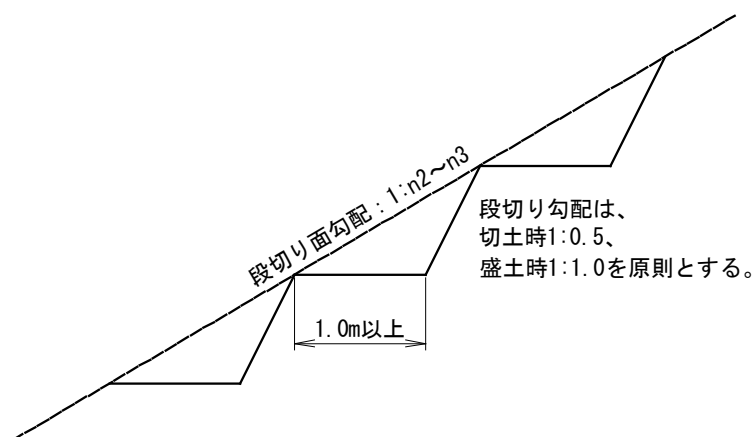
なお、現場の施工条件などを考慮して、段切りを行うことが適当でない場合は、ベントナイト系遮水シートを直線状に敷設することも例外的に認められるが、(4)の②に示すとおり、摩擦係数の設定に際して、土と膨潤したシートの境界面でのせん断試験を別途行う必要がある。

また、段切り面の勾配は、(4)の①～③を満たす必要土被りを確保した位置に、傾斜遮水ゾーン型工法における遮水性ゾーン前面勾配（参図-2.4.3における n_2 ）から遮水性ゾーン背面の勾配（参図-2.4.3における n_3 ）の範囲で、現況堤体形状を踏まえて設定するものとする。この際、段切り面の勾配を緩くするほどシートの面積は大きく、急にするほど小さくなるが、急にするほど掘削量が増大する可能性があり、現況堤体形状を踏まえ、掘削量とシートの面積の関係から経済性を考慮し、勾配を決定することとする。

段切りは、水平幅1.0m以上の段切りを行う（参図-2.4.5参照）。段切り勾配は、切土時は1:0.5、盛土時は1:1.0を標準とし、土質に応じて安全な勾配とする。なお、底樋開削面などは盛土となるが、周辺が切土面となる場合は切土勾配に合わせて原則1:0.5で整形する（参図-2.4.11の手順7参照）。この時、1:0.5の勾配で安定しない場合は、部分的に改良土を利用するなどして安定を図るものとする。

参考として、標準的な床掘時の切土法面勾配を参表-2.4.1に、盛土時の盛土勾配を参表-2.4.2に示す。

※参表-2.4.2では、最急盛土勾配は1:1.5となるが、段切り用の仮設盛土であり、盛土高も低いため、1:1.0を標準として規定した。土質に応じて適切な勾配を設定すること。



参図-2.4.5 段切り形状

参表-2.4.2 段切り勾配（土質別切土法面勾配）¹¹⁾

法 高 地 質	2m未満	2m以上 5m未満	5m以上
岩又は堅い粘土	0 ～0.1	0 ～0.3	0.3～
粘 性 土	0 ～0.3	0.2～0.5	0.6～
シ ル ト	0.2～0.4	0.3～0.6	1.0～
砂 質 土	0.4～0.6	0.5～1.2	1.2～
砂	1.5	1.5～	－
礫及び礫質土	0.3～0.8	0.6～1.5	－
ゆるんだ地山	1.0	－	－

(適用条件)

1. 地質区分は、土木工事共通仕様書（農林振興局）第3章 第3節 3-3-1の分類による。
2. 本表は、パイプライン、水路等の工事で作業幅が限定される箇所に適用する。
3. 過去の施工実績がある場合、法面の含水状態、湧水状態及び地表面の状態（水田、沢等）によって、本表の値を適宜増減できる。
ただし、労働安全衛生規則の下限を下回ってはならない。
4. 掘削法面に奥行きが2m以上の水平な段があるときは、当該段により法面高さを算定できる。
(労働安全衛生規則の考え方による)

参表-2.4.3 段切り勾配（土質別盛土法面勾配）¹²⁾

盛土材料	盛土高 (m)	勾 配	摘 要
粒度の良い砂(S), 礫及び細粒分混じり礫(G)	5 m以下	1:1.5～1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、5章に示す締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
	5～15m	1:1.8～1:2.0	
粒度の悪い砂(SG)	10m以下	1:1.8～1:2.0	
岩塊(ずりを含む)	10m以下	1:1.5～1:1.8	
	10～20m	1:1.8～1:2.0	
砂質土(SF), 硬い粘質土, 硬い粘土(洪積層の硬い粘質土, 粘土, 関東ローム等)	5 m以下	1:1.5～1:1.8	
	5～10m	1:1.8～1:2.0	
火山灰質粘性土(V)	5 m以下	1:1.8～1:2.0	

注) 盛土高は、のり肩とのり尻の高低差をいう（解図 4-3-2 参照）。

(4) 必要土被り（シート上流側の覆土の安定計算）

階段状にベントナイト系遮水シートを設置したため池堤体を実大規模で振動実験を行った結果²⁾、ベントナイト系遮水シートを境界として上流側堤体と下流側堤体の振動特性が異なることが明らかとなっている。このため、ベントナイト系遮水シートの上流側覆土の厚さ（シートの土被り）を決定するに当たって、シート上流側の覆土の安定計算を行う必要がある。

必要土被りは各種文献を踏まえ、次の3点を満足する土被りを確保するものとし、その方法を示す。

なお、堤体全体の安定計算については、「2.6」に示すとおりシートを無視して円形すべり面スライス法により行うこととする。

- ①ベントナイト系遮水シートの上流側の覆土について、円形すべり面スライス法によりレベル1地震動に対する安全率が1.2以上を確保すること。

②ベントナイト系遮水シートの上流側の覆土の安定性が、シート上部の潜在すべり面の摩擦抵抗、覆土下部の受働土塊による抵抗を考慮したとき、確保されていること⁷⁾。

③水位急降下時に、ベントナイト系遮水シートの上流側の覆土が浮き上がらないこと¹³⁾。

①については、遮水シートを境界として上流側堤体と下流側堤体の振動特性が異なることが明らかとなっているため、シートの上流側の覆土について、円形すべり面スライス法による地震時安定性が所定の安全率を上回ることを確認するように規定した。

また、円形すべりの安全率を満足することに加え、実験ではシート面に沿って土塊がすべり落ちるような現象が見られたことから、シート面を境界として、その境界に生じる摩擦抵抗と下部の受働土塊による抵抗を考慮した際、シート面上流側の土塊がすべり落ちないようにする必要もあり、②にそれを規定した。

③については、ため池では地震時などの点検用に緊急放流孔を設置することになっているが、ベントナイト系遮水シートは透水性が低いため、シート背面に水位が残った状態でシート前面の水位が低下する可能性がある。このとき、シート背面に残る水位による間隙水圧により、シートが浮き上がる可能性があるために、これを規定することとした。なお、浸潤線については、「2.5」に示すように、シート背面はシートに沿って浸潤線が低下し、通常時であれば水位急降下により過剰間隙水圧が発生することはないが、降雨時など一時的に堤体内水位が上昇している場合もあり、安全側の検討となること、また、シート保護のためにある程度の土被りを確保することを目的として、この規定を設定した。

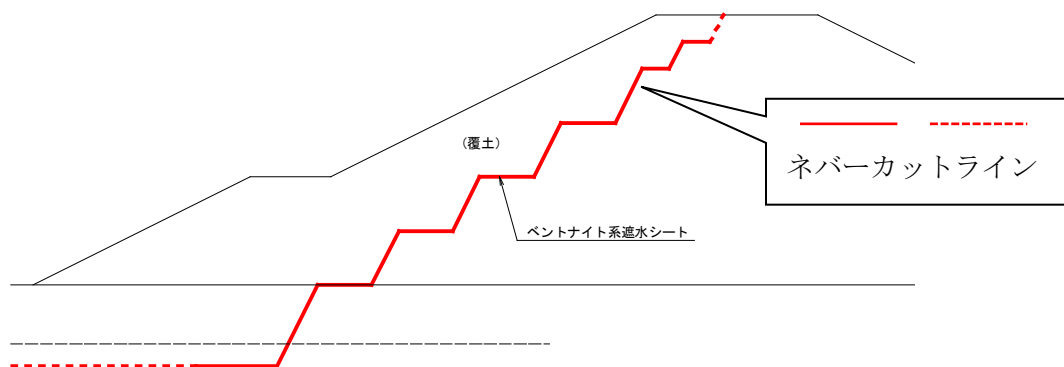
なお、最小土被りや最小施工幅の設定は本マニュアルでは行わない。シート前面の施工幅が狭いと、小型重機や人力による締固めが必要となり施工費が増大する可能性があるため、必要土被りと経済性を考慮して土被りを決定することが必要となる。

次にそれぞれの検討手法を示す。

①ベントナイト系遮水シート上流側の覆土の円形すべり面スライス法による地震時等の安定性について

通常の円形すべり面スライス法で安定計算を行う。円形すべり面スライス法による安定計算の詳細な手法は「ため池整備指針」に準拠する。

ベントナイト系遮水シートの上流側覆土のすべり安全率を確認するため、シートの段切り形状をモデル化し、段切り形状部及びそこからつながる池底をネバーカットライン（不可切断線：円弧が通らないような条件とした線）として設定（参図-2.4.6）し、シートを通るすべりを無視して、シート上流側覆土のみの安全率を計算する。その安全率が地震時1.2を上回る覆土厚を確保する。計算ケースは「ため池整備指針」に準拠し、設計洪水位時（設計震度なし）、常時満水位時（設計震度100%）、完成直後（設計震度50%）、水位急降下時（設計震度50%）とし、設計震度を参表-2.4.4に示す。必要安全率は1.2とする。なお、堤体全体の安全計算は、「2.6」で検討する。



参図-2.4.6 ネバーカットラインの設定

参表-2.4.4 設計震度の基準⁸⁾

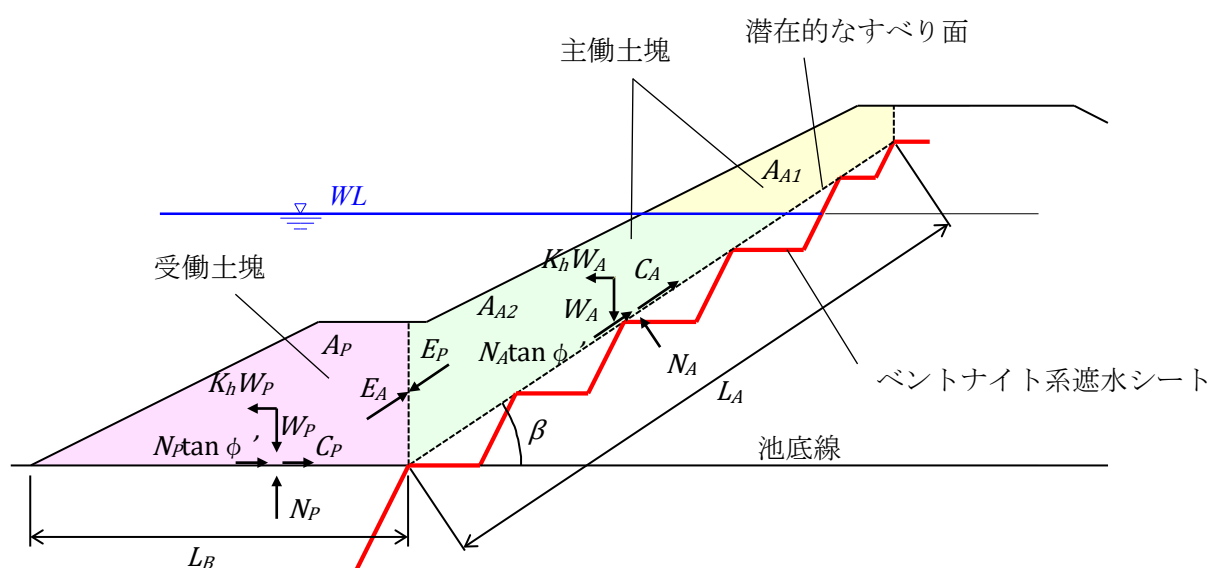
地域区分		強震帯地域	中震帯地域	弱震帯地域
ため池	堤体がおおむね均一の材料によるもの	0.15	0.15	0.12
	その他のもの	0.15	0.12	0.10

注) 「その他のもの」とは、ロック材や遮水壁（地盤材料以外）等でゾーニングされたものをいう。

②ベントナイト系遮水シート上流側の覆土のシート面に沿ったすべり安定性について

ベントナイト系遮水シート上流側の覆土の安定性については、既往研究⁷⁾から、シート上流側の覆土部で直線状にすべるものと考え、次に示す計算式で安全率を求めるものとする。

参図-2.4.7の検討模式図に示すように、天端にクラックが生じ、破線で示すようなシートの覆土部分で潜在的なすべりを想定する。土塊は法先部分の受働土塊と、それより上部にある主働土塊に分けられる。これらのすべろうとする力と内部摩擦角による抵抗、粘着力による抵抗を考慮し、安全率を定める。なお、段切り状にシートを敷設する場合は、参図-2.4.7に示すとおり土の内部に潜在的なすべり面があるため、土の有効応力表示による内部摩擦角 ϕ' をもとに摩擦係数を $\tan \phi'$ で定めるが、シートを直線状に敷設する場合は、土と膨潤したシートの境界面でのせん断試験¹⁵⁾をもとに摩擦係数を求める必要がある。



参図-2.4.7 シート上流側のすべり検討模式図

参図-2. 4. 7の図中及び下式の文字に関して、次の通り定義する。

W_A , W_P : 主働土塊, 受働土塊の総重量 (kN/m)

$$W_A = \gamma_t \times A_{A1} + \gamma' \times A_{A2} \text{ (kN/m)} \quad (2. 4. 1)$$

$$W_P = \gamma' \times A_P \text{ (kN/m)} \quad (2. 4. 2)$$

A_{A1} , A_{A2} : 主働土塊の水位より上、下の面積 (m²)

A_P : 受働土塊の面積 (m²)

γ_t : 土の湿潤単位体積重量 (kN/m³)

γ' : 土の水中単位体積重量 (kN/m³)

N_A , N_P : 主働土塊, 受働土塊での破壊面に対する垂直抗力 (kN/m)

K_h : 水平震度 (レベル 1 地震動に対して 0.15)

L_A : ベントナイト系遮水シート覆土における潜在的な破壊面の長さ (m)

L_B : 受働土塊の潜在すべり面での粘着力が働く延長 (m)

β : 潜在的なすべり面角度 (°)

ϕ' : 土の有効応力表示による内部摩擦角 (°)

C_A , C_P : 主働土塊, 受働土塊の潜在すべり面での見かけの粘着力の総和 (kN/m)

c' : 潜在すべり面での土の有効応力表示による見かけの粘着力 (kN/m²)

E_A : 受働土塊から主働土塊に作用する内力 (kN/m) (E_A の傾きは β と仮定する)

E_P : 主働土塊から受働土塊に作用する内力 (kN/m) (E_P の傾きは β と仮定する)

F_S : 潜在すべり面での覆土の滑りに対する安全率

次の式により安全率を求める。計算ケースは「ため池整備指針」に準拠し、設計洪水位時（設計震度なし）、常時満水位時（設計震度100%）、完成直後（設計震度50%）、水位急降下時（設計震度50%）とし、設計震度を参表-2. 4. 4に示す。必要安全率 F_S は1.2とする。なお、水位急降下時は、緊急放流時計画水位から常時満水位の間の土の重量を飽和重量で算出すること。

(主働土塊に関して)

$$N_A = W_A \cos \beta - K_h W_A \sin \beta \quad (2. 4. 3)$$

$$C_A = c' L_A \quad (2. 4. 4)$$

(受働土塊に関して)

$$N_P = W_P + E_P \sin \beta \quad (2. 4. 5)$$

$$C_P = c' L_B \quad (2. 4. 6)$$

主働土塊に関する水平方向の力のつりあい式より、

$$E_A \cos \beta + \frac{(N_A \tan \phi' + C_A) \cos \beta}{F_S} = K_h W_A + N_A \sin \beta$$

$$\rightarrow E_A = \frac{F_S (K_h W_A + N_A \sin \beta) - (N_A \tan \phi' + C_A) \cos \beta}{F_S \cos \beta}$$

受働土塊に関する水平方向の力のつりあい式より、

$$E_P \cos \beta + K_h W_P = \frac{C_P + N_P \tan \phi'}{F_S}$$

$$\rightarrow E_p = \frac{C_p + W_p \tan \phi' - Fs K_h W_p}{Fs \cos \beta - \sin \beta \tan \phi'}$$

$E_A = E_p$ より、 Fs を変数とした恒等式に整理する。

$$a(Fs)^2 + b(Fs) + c = 0$$

$$a = (K_h W_A + N_A \sin \beta + K_h W_p) \cos \beta$$

$$b = -(K_h W_A + N_A \sin \beta) \sin \beta \tan \phi' - (N_A \tan \phi' + C_A) \cos^2 \beta - (C_p + W_p \tan \phi') \cos \beta$$

$$c = (N_A \tan \phi' + C_A) \cos \beta \sin \beta \tan \phi'$$

以上の式を解き、 Fs は次のようになる。この Fs が 1.2 以上となることを確認する。

$$Fs = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (2.4.7)$$

③水位急降下時のベントナイト系遮水シート上流側の覆土の浮上に対する安全性について

ゴムシート等の表面遮水工法では、「ため池整備指針」p. 218の「2.1.7 遮水シートの背面对策工」に示されるようなドレーン工による背圧対策工によって間隙水圧対策とするが、ベントナイトシート工法ではシートは完全不透水ではないため、ドレーンは設置しない。一般的には「2.5」に示すように浸潤線はシートに沿って低下するが、ドレーンを設置しないため、降雨時等に堤体内水位が上昇する場合もある。このため、安全側に考え、ドレーンに代わり、水位急降下時の背面間隙水圧に相当するカウンターウェイトとして必要な覆土厚を設定するものとする。

覆土厚は参図-2.4.8に示す間隙水圧による浮き上がりを防止するため、下式により決定する。なお、安全率は浮上防止の観点から1.2とした（「設計基準 水路工」¹⁵⁾ p. 429に示される浮上の検討の安全率1.1～1.2の内、安全側に設定した。）。

$$d \geq Fs \times P / \gamma_t \quad (2.4.8)$$

ここに、 d : 覆土厚(m)

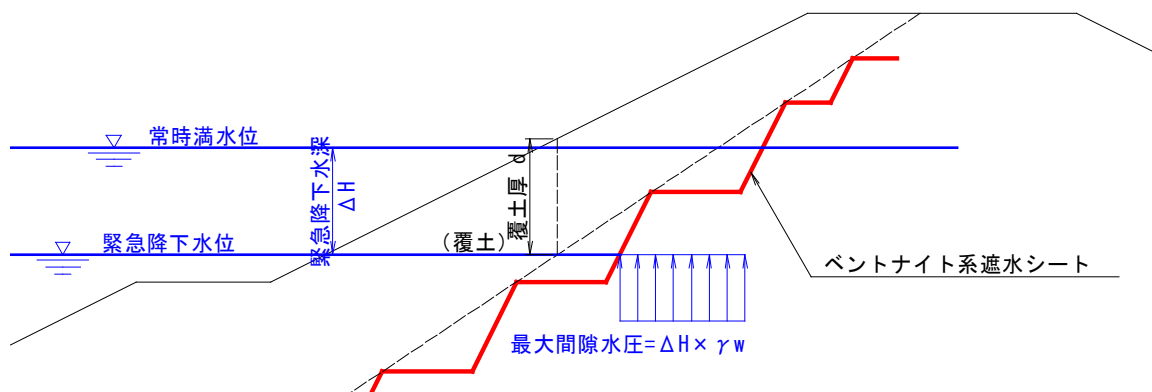
Fs : 浮上に対する安全率=1.2

P : 最大間隙水圧 $P = \Delta H \times \gamma_w$ (kN/m²)

ΔH : 緊急降下水位(m)

γ_w : 水の単位体積重量=9.8 (kN/m³)

γ_t : 覆土の湿潤単位体積重量 (kN/m³)



参図-2.4.8 水位急降下時の覆土厚検討模式図

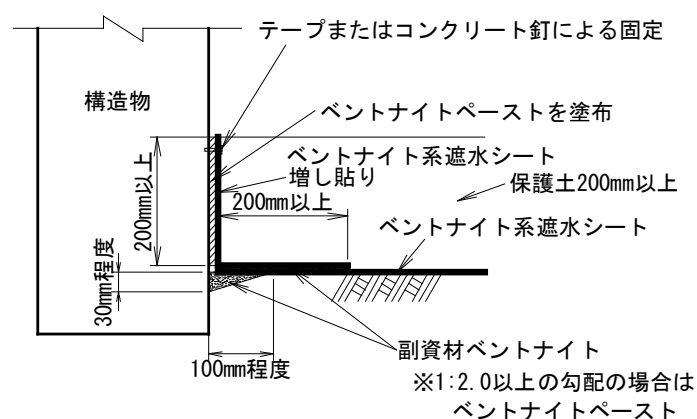
(5) 構造物との接続部及び地山との取付部の設計

根入れ形状は(1)に、頂部形状は(2)に示したが、ここでは洪水吐や取水施設等の構造物との接続部及び端部地山との取付部の設計方法について記述する。

①構造物との接続部

a. 構造物の側面との接続

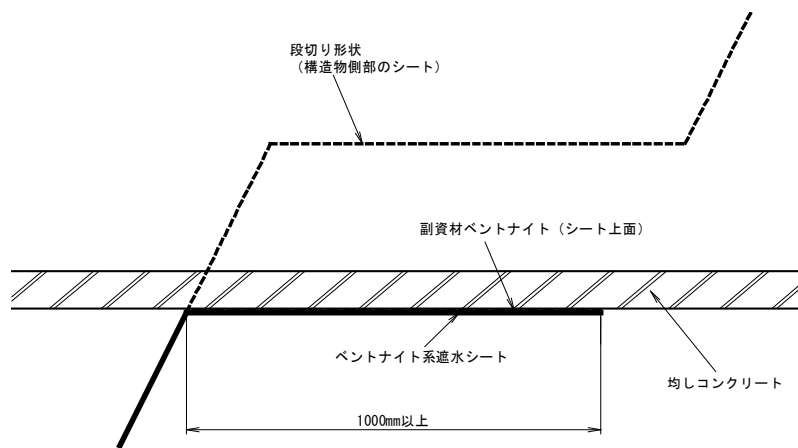
洪水吐や取水施設等の構造物との接続部（側面）については、構造物面（鉛直方向）に200mm以上の増し貼りを行い、構造物面にベントナイトペーストを塗布し、密着させる。土砂側については、構造物面まで敷設したベントナイト系遮水シートの下面、上面に副資材ベントナイトを散布（1:2.0より急勾配の面ではベントナイトペーストを塗布）し、200mm以上の重ね代を設け設置する。参図-2.4.9に一般図（参考図）を示す。接続部については、これら接続部の保護のために、保護土として厚さ200mm以上（転圧後厚さ）以上確保した上に重機を乗せること。副資材ベントナイト及びベントナイトペーストは200mmの重ね部全面に散布する。1m²当たりの散布量は、シートの種類によって異なるため、各製品の規定値に従うものとする（参考：「4.1」添付資料①）。



参図-2.4.9 構造物との接続部（側面）一般図（参考図）

b. 底面の接続

洪水吐や取水施設等の構造物との接続部（底面）については、構造物下に1000mm以上のベントナイト系シートを設置し、シートの上面に副資材ベントナイトを散布する。その上に均しコンクリートを打設し、構造物を築造する。参図-2.4.10に一般図（参考図）を示す。副資材ベントナイト及びベントナイトペーストは1000mmの重ね部全面に散布する。1m²当たりの散布量は、シートの種類によって異なるため、各製品の規定値に従うものとする（参考：「4.1」添付資料①）。

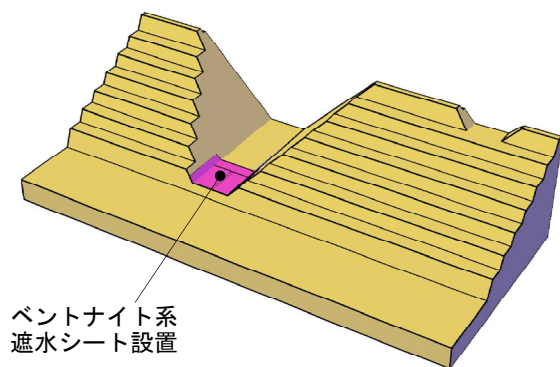


参図-2.4.10 構造物との接続部（底面）一般図（参考図）

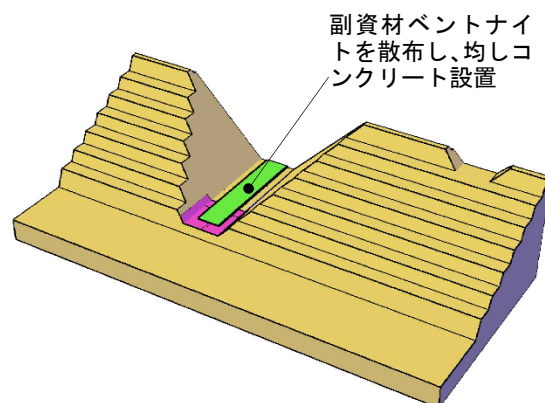
c. 構造物（洪水吐、取水設備）との接続（参考）

ため池における具体的な構造物として、a, bを踏まえ、洪水吐、取水設備との接続について参図-2.4.11に示す。底樋管に二次製品を用いる場合は、図に示すように切り込みを入れた増し貼り用シートを用いて、シートと構造物との間に隙間が残らないように増し貼りを行う。増し貼り部の詳細はa. 側面、b. 底面と同様で副資材ベントナイトやベントナイトペーストを散布・塗布の上、重ねる。

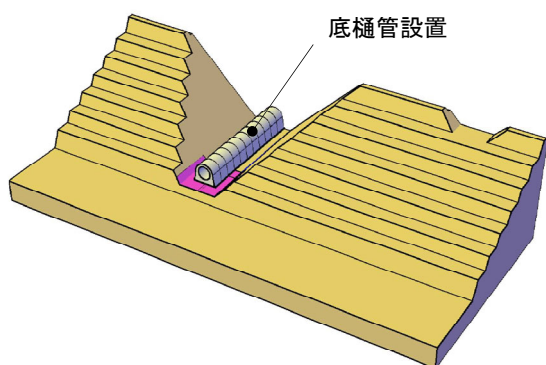
手順1：整形基盤上にベントナイト系遮水シートを設置（底部重ね幅1.0m以上）



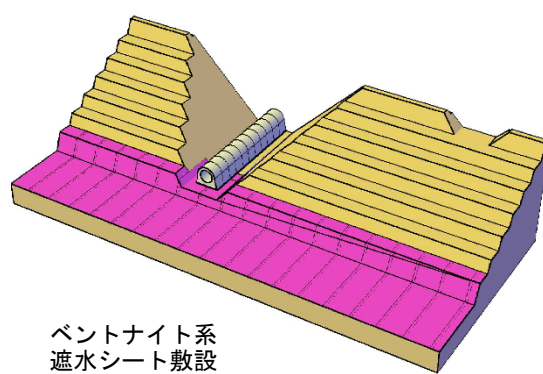
手順2：ベントナイト系遮水シート上部に副資材ベントナイトを散布し、均しコンクリート設置（底面の接続参照）



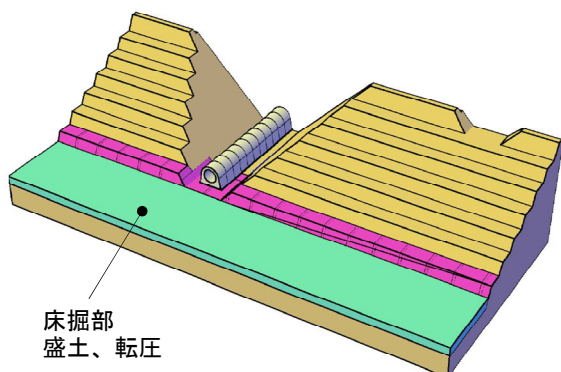
手順3：底樋管設置（図は二次製品。
現場打ちの場合は現場打ちで底樋管施工）



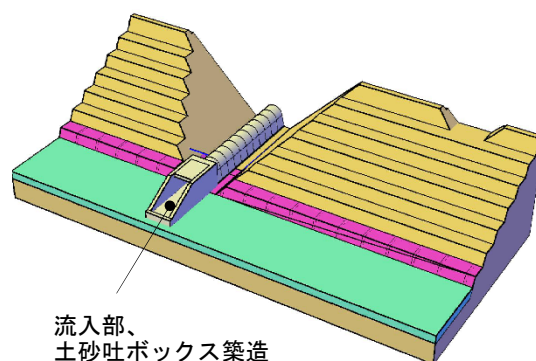
手順4：本体部のベントナイト系遮水シート敷設



手順5：床掘部の盛土施工

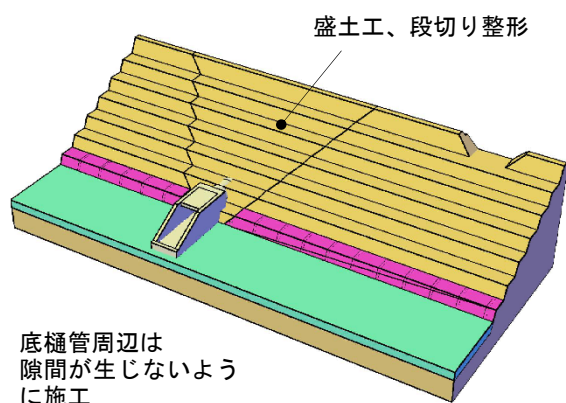


手順6：流入部、土砂吐ボックス築造

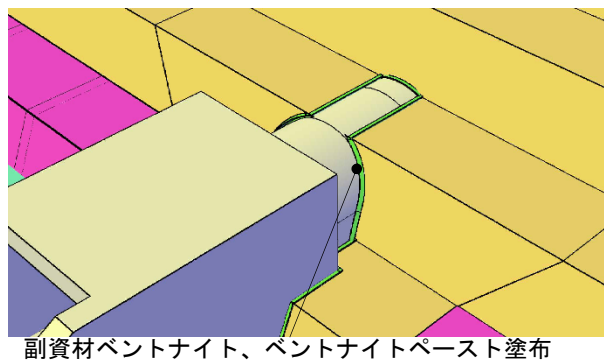


参図-2.4.11(1) 構造物（洪水吐、取水設備）との接続方法（参考図）

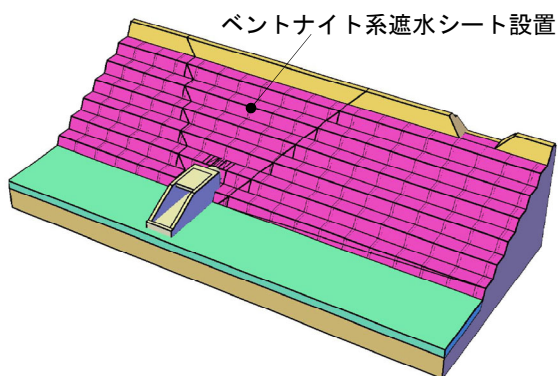
手順7：開削部盛土工、埋戻部段切り整形



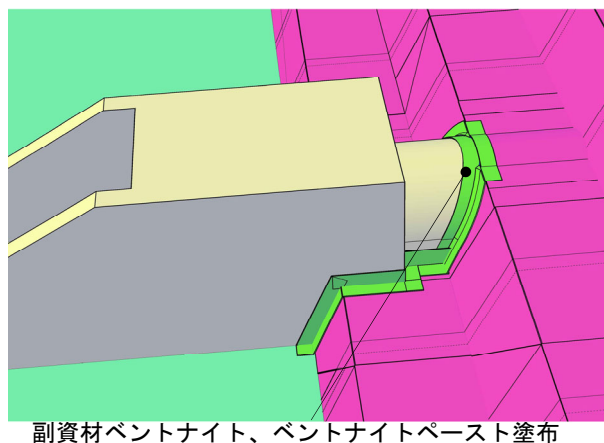
手順8：底樋部と盛土の境部に副資材ベントナイト、ベントナイトペーストを塗布



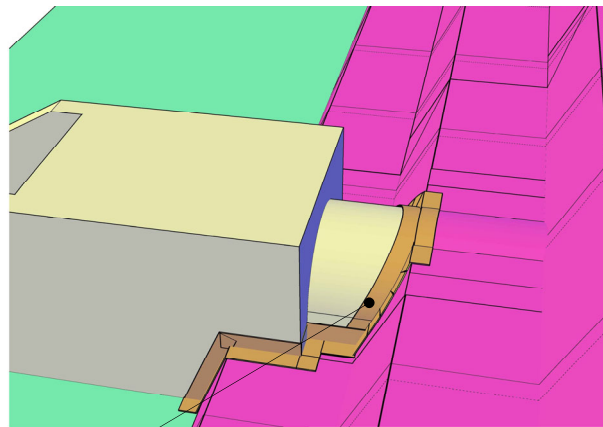
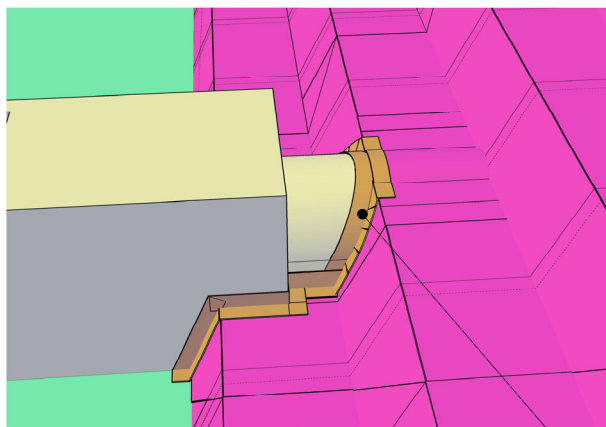
手順9：段切り部にベントナイト系遮水シート設置



手順10：構造物との取付として副資材ベントナイト、ベントナイトペースト塗布



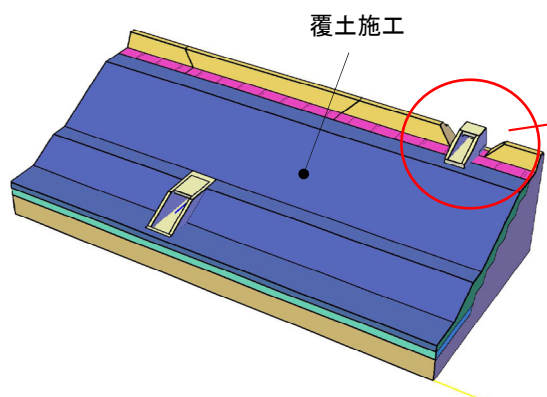
手順11：増貼りシート設置



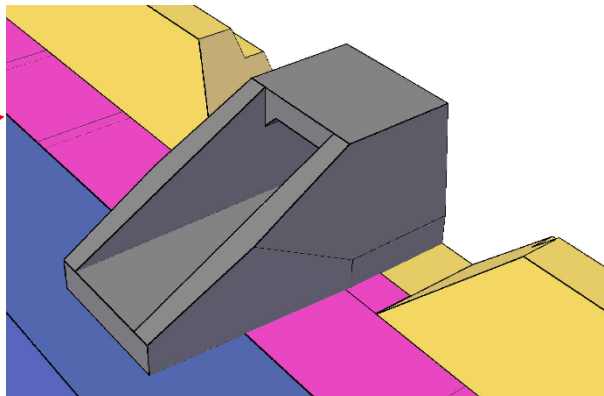
増貼りシート設置（切り込みを入れた増貼り用シートを設置）

参図-2.4.11(2) 構造物（洪水吐、取水設備）との接続方法（参考図）

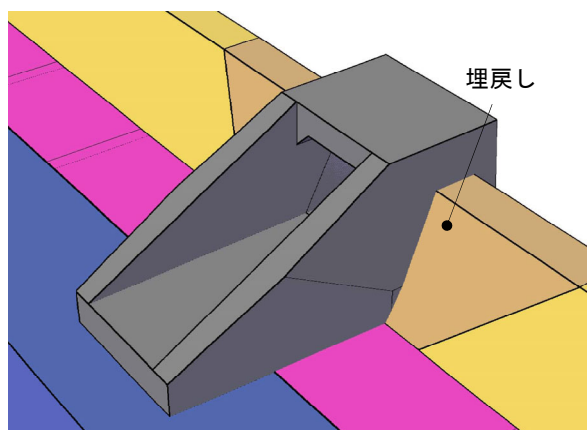
手順12：洪水吐下面まで覆土施工し、洪水吐設置



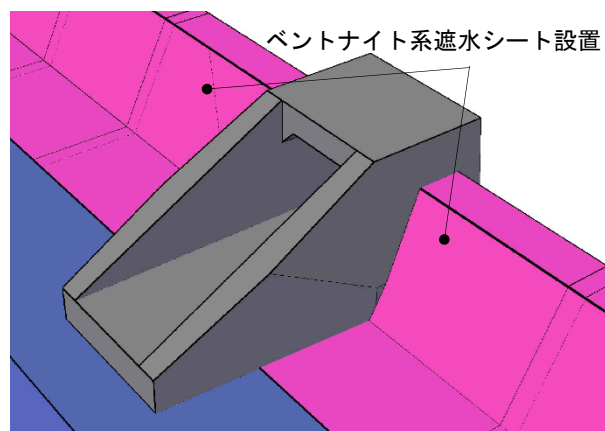
(洪水吐部拡大図)



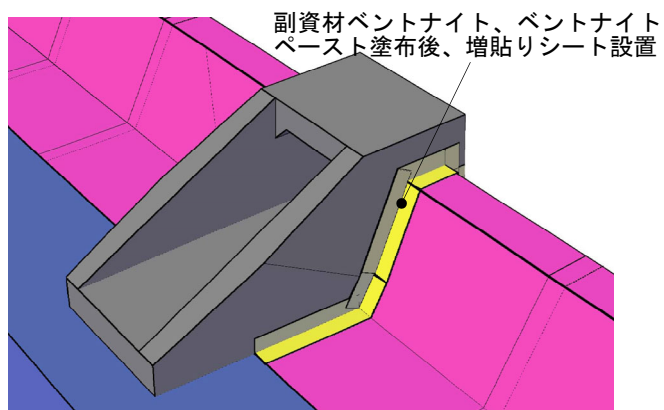
手順13：洪水吐部埋戻し



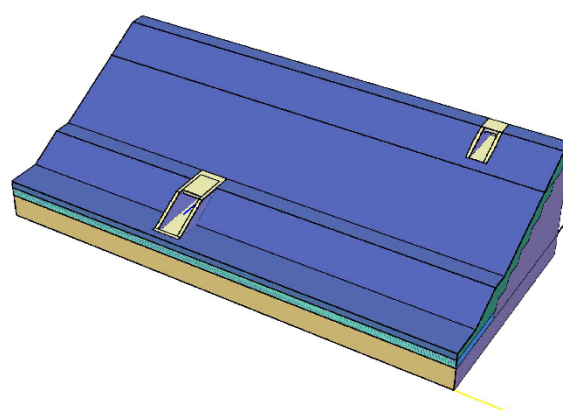
手順14：ベントナイト系遮水シート設置



手順15：副資材ベントナイト、ベントナイトペースト塗布後、増貼りシート設置



手順16：最終盛土（完了）



参図-2.4.11(3) 構造物（洪水吐、取水設備）との接続方法（参考図）

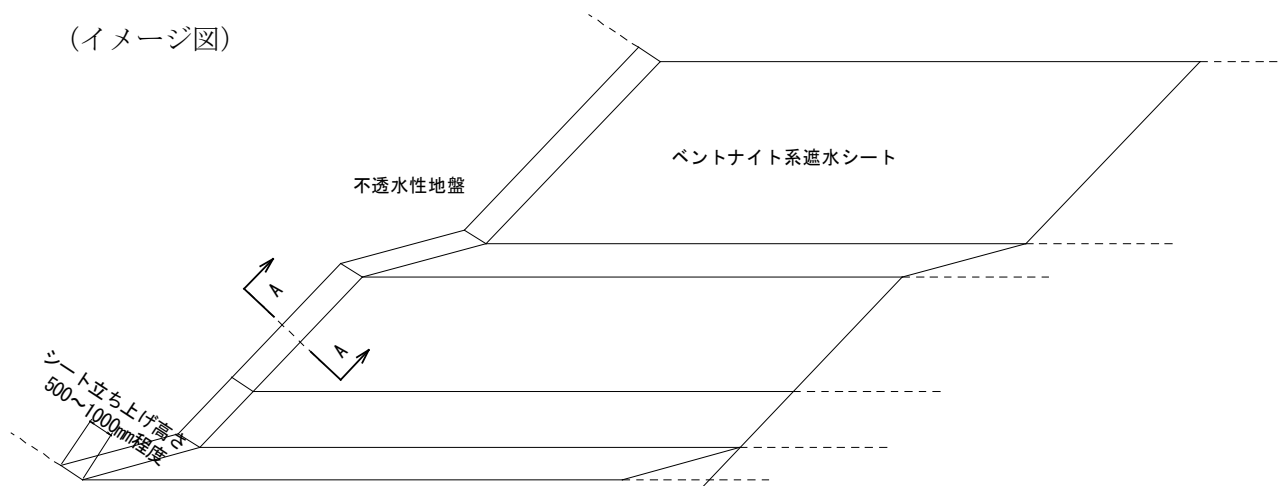
②地山との接続部

地山との接続部は、傾斜遮水ゾーン型工法と同様の考え方とし、次のとおりとする。皿池などで堤体を部分的に改修し、周辺が傾斜遮水ゾーン型工法や均一型工法の場合でもこの考え方と同様の考え方とする。

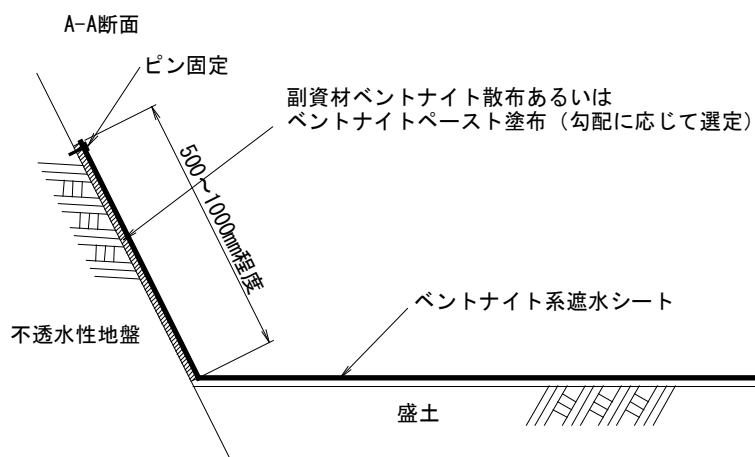
a. 地山の透水性が低い場合（透水係数が $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ 以下）

参図-2.4.12に示すように、ベントナイト系遮水シートを立ち上げ、地山（不透水地盤）にすりつける。立ち上げの長さは500～1000mmとする。

（イメージ図）



参図-2.4.12(1) ベントナイト系遮水シートと地山との取付一般図

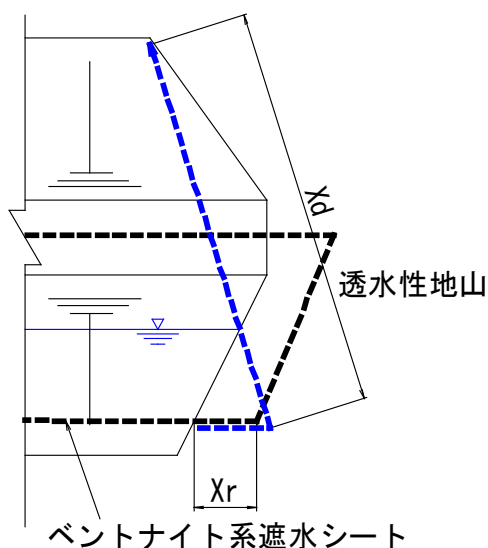


参図-2.4.12(2) ベントナイト系遮水シートと地山との取付一般図

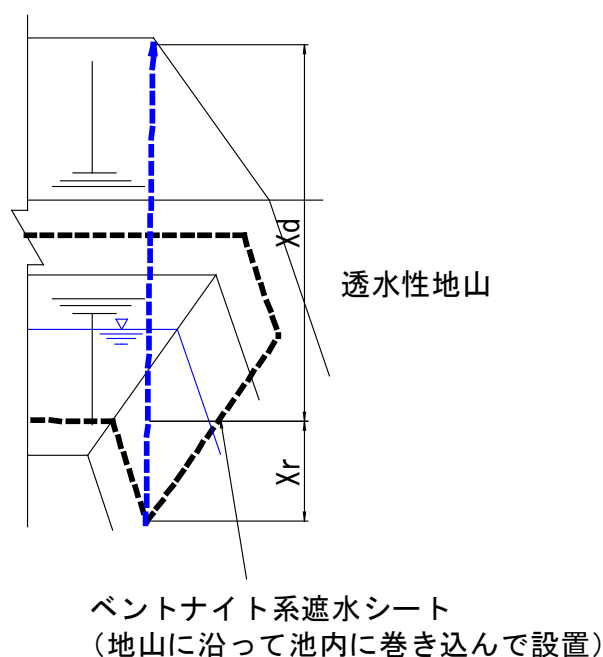
b. 地山が透水性地盤の場合（透水係数が $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ より大きい）

「ため池整備指針」によるブランケットの必要長さを現地地盤条件から求め、必要な浸透路長を地山に埋め込む。用地制約があり、地山に埋め込むことができない場合は、上流側にシートを巻き込み、浸透路長を確保する。参図-2.4.13に参考図を示す。図中の X_d , X_r は、人工ブランケットの必要長さの算出の際に用いる記号で、「2.4(1)」参照。

(用地制限がない場合)



(用地制限がある場合)



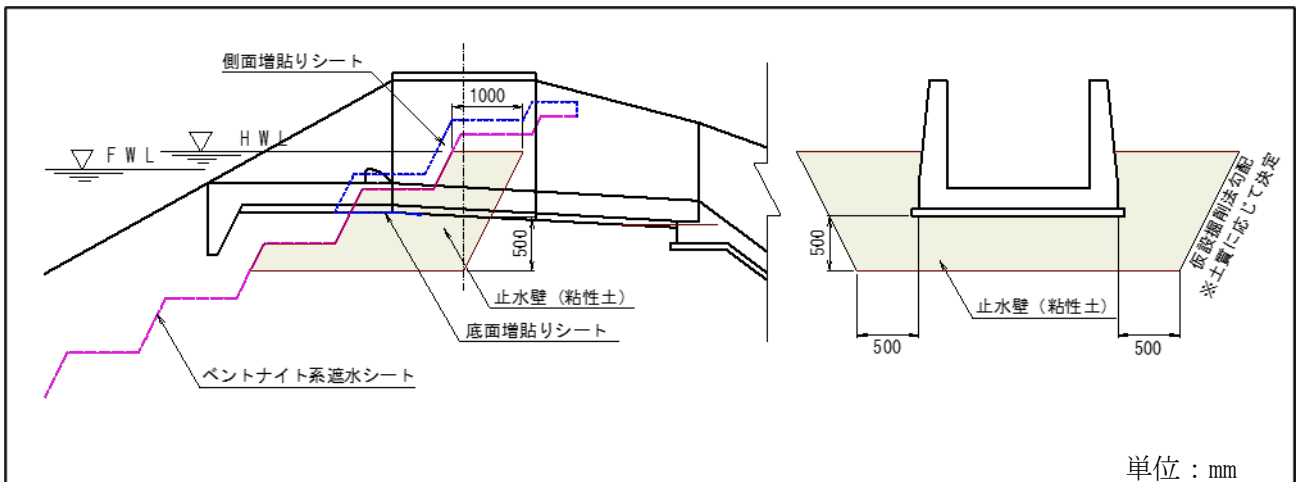
参図-2.4.13 地山が透水性地盤の場合のベントナイト系遮水シート設置方法

なお、現地地盤条件で極端に透水性が高い場合は、浸透によりベントナイト系遮水シートが破損（ベントナイトの流亡など）したり、浸透水が許容値を超えたり、浸潤線が下がらず下流側の地震時の安定性が低下する問題が生じたりと様々な不具合が発生するおそれがある。このため、参図-2.4.13に示すような浸透路長が確保できない場合は、ベントナイト系遮水シートと地山の取付部に止水グラウトによる地盤改良などを行うことも検討する。

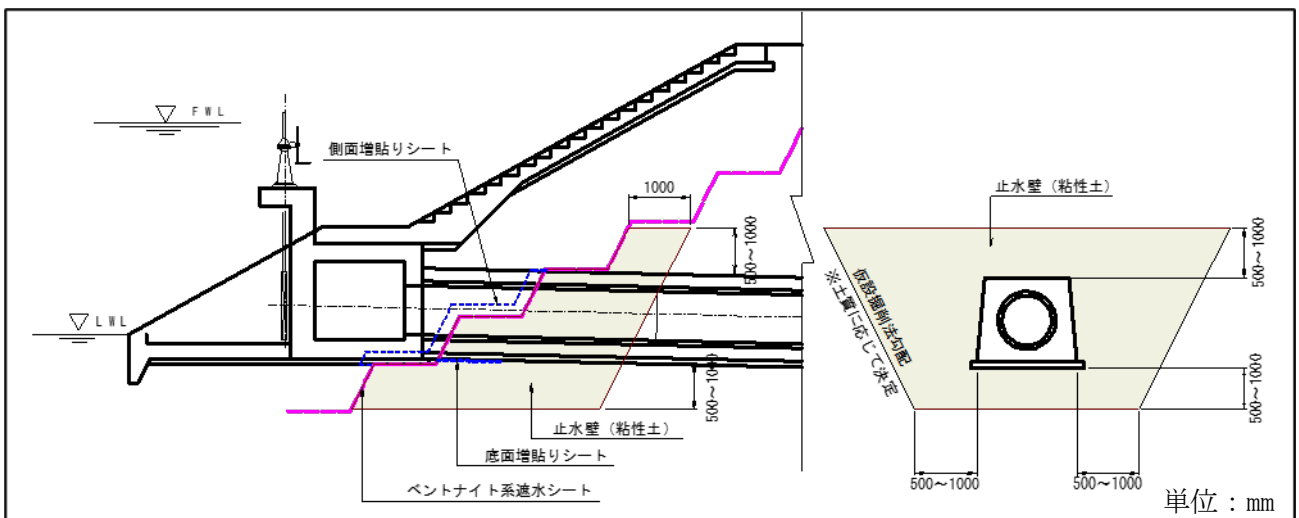
(6) 止水壁の設置

ベントナイト系遮水シートと取水設備や洪水吐等の構造物との接続により、傾斜遮水ゾーン型工法のような土とコンクリートの接続面は生じないため、設計上、構造物沿いの浸透は生じない。また、ベントナイト系遮水シートとコンクリート製止水壁との接続手間等の施工性や、コンクリート製止水壁と周辺盛土の剛性の違いによる地震時挙動の相違から隙間が発生する可能性¹⁶⁾や供用中の底樋を対象とした調査で止水壁近傍での漏水や損傷が多いことが報告されていること¹⁷⁾から、洪水吐、取水設備いずれにもコンクリート製止水壁を設けないものとする。ただし、施工上、シートと構造物との接合部の接着部の部分的な剥がれ等が生じるリスクを完全には排除できないため、「ため池整備指針」に示された粘性土タイプの止水壁を設けることとし、参図-2.4.14にその参考図を示す。なお、止水壁に用いる粘性土は遮水性材料相当とする。構造物から止水壁の飛出し幅は、「ため池設計指針」のコンクリート止水壁の大きさに準拠し、水圧の小さい洪水吐部は500mm、水圧の大きい取水設備部は500～1000mmとする。取水設備部での飛出し幅は堤高に応じて適宜設定するものとする。また、粘性土タイプの止水壁とランダム境界部からは比較的浸透水が浸透しやすいため、二次製品底樋管のジョイント部や、現場打ち底樋管の目地が重なると浸透水が底樋管内に湧出するおそれがあるため、これらが重ならないように留意すること。

・洪水吐部



・取水設備部



参図-2.4.14 洪水吐、取水設備との接続（粘性土による止水壁）

2.5 ベントナイトシート工法を用いたため池堤体の浸潤線

ベントナイト系遮水シートを用いたため池堤体の浸潤線は、①修正した福田の式または、②2次元飽和不飽和浸透流解析により設定する。

① 修正した福田の式について

ベントナイト系遮水シートを用いたため池堤体の浸潤線は既往研究^{18), 19)}より、傾斜遮水ゾーン型工法と同じ、福田の式²⁰⁾により求める。ただし、福田の式は、遮水性材料とランダム材の透水係数比 k_c/k_r の感度が高すぎ、特にベントナイトシート工法のように遮水材料の透水係数が低い場合、浸潤線が低く出すぎる傾向があり、また、基礎地盤内の浸透流が堤体内浸潤線に及ぼす影響が考慮されていないなどの課題がある。このため、これらの課題を解決した浸潤線の設定手法²¹⁾が示されており、この手法を採用する。

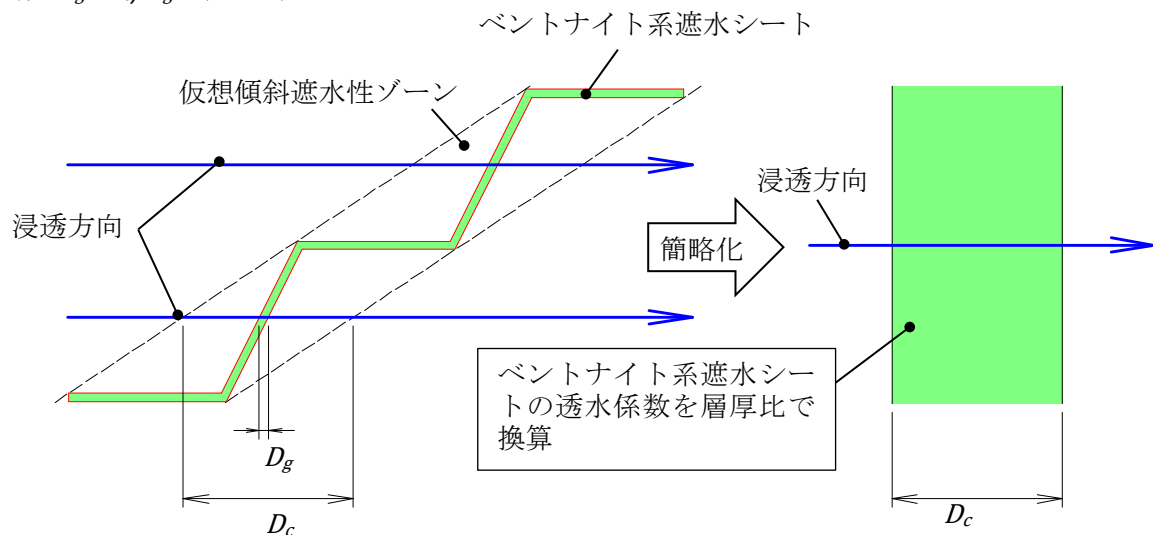
このとき、ベントナイト系遮水シートを仮想傾斜遮水性ゾーンとして見立て、現行の傾斜遮水ゾーンに対する式を適用する。仮想傾斜遮水性ゾーンは、基礎地盤より上部のベントナイト系遮水シートに対して、段切り部の幅分の水平厚みを持つゾーンと定義する。仮想傾斜遮水性ゾーンの透水係数 k_{vc} は、ベ

ントナイト系遮水シートの透水係数 k_g 及びベントナイト系遮水シートの厚さ D_g 、仮想傾斜遮水性ゾーンの厚み D_c として式(2.5.1)により表すものとする。なお、仮想傾斜遮水性ゾーンの厚み D_c は参図-2.5.1により設定する。この k_{vc} を設計透水係数として堤体1m当たりの浸透量 q (m^3/s)を式(2.5.2)により算出し、この q を用いて式(2.5.3)及び式(2.5.4)で堤体下流側の浸潤線を求める。なお、ベントナイト系遮水シートの透水係数 k_g はシートの物理的性質(参表-2.2.1)より、 $5 \times 10^{-11} \text{m/s}$ 、シートの厚み D_g は各メーカーにより異なるが、安全側に考え、 k_{vc} が大きくなるように設定するものとし、各製品の中の最小厚である6mmとする。

なお、仮想傾斜遮水性ゾーンの透水係数 k_{vc} とランダム透水性係数 k_r について $k_r/k_{vc} < 10$ の場合は、均一型と考えて浸潤線を設定する。 $k_r/k_{vc} \geq 10$ の場合でも求めたシートより上流側の浸潤線がFWLを超えてくるような場合があり、その場合も均一型と考えて浸潤線を設定する。均一型として設定する場合は、基礎からの浸透量は見込まず、均一型の浸潤線の計算方法であるA.Casagrandeの方法で設定する。

なお、ボーリング調査結果から現況堤体土が不均一で透水係数のばらつきが大きいと判断される場合の本手法の適用性については未検証であり、今後の研究において上記の内容について検証して適宜マニュアルを更新する。そのため、上記の内容が設計時に懸念事項として考えられる場合は②2次元飽和不飽和浸透流解析により浸潤線を設定する。

$$k_{vc} = k_g \times D_c / D_g \quad (2.5.1)$$



参図-2.5.1 仮想傾斜遮水性ゾーンの厚み

$$q = \frac{(H_1 - h/2)}{(b + \overline{CM})/2} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{H_1}{\sin \theta_1} + \frac{h}{\sin \theta_2} \right) \cdot k_{vc} \quad (2.5.2)$$

q : 堤体1m当たりの浸透量 ($\text{m}^3/\text{s/m}$)

その他記号は参図-2.5.2参照

H_1 : 貯水深(m)

h : 池底からQ点までの高さ(m)

P : 計算水位と仮想傾斜遮水性ゾーン上流面の接点

B_1 : 池底面での仮想傾斜遮水性ゾーン厚 (=LM間距離) (m)

B_2 : 貯水面での仮想傾斜遮水性ゾーン厚(m)

R : 点Pから $(B_1 + B_2)/2$ を傾斜遮水性ゾーン斜面上に下ろした点

Q : 点Rから半径 $(B_1+B_2)/2$ の円弧を描いたときの仮想傾斜遮水性ゾーン下流面との交点
 b : 円弧 PQ の円弧長(m)
 L : 仮想傾斜遮水性ゾーン上流面と池底との交点
 M : 仮想傾斜遮水性ゾーン下流面と池底との交点
 C : 傾斜遮水性ゾーン下流面の最下端 M を通る流線の長さで、 L を通る MQ の平行線から M に垂線を引き、この垂線と LP との交点 (「ため池整備指針」P.51参照)
 D : ドレーンの上流下端

$$Y_0 = \frac{q}{k_r} \quad (2.5.3)$$

$$Y = F(s) \cdot \sqrt{2X \cdot Y_0 + Y_0^2} + \sqrt{2X \cdot Y_f + Y_f^2} \quad (2.5.4)$$

$$F(s) = (0.057s + 0.431)^{2-s} \quad (s < 2)$$

$$F(s) = 1 \quad (s=2)$$

$$F(s) = (-0.026s + 0.448)^{2-s} \quad (s > 2)$$

$$s = \log \frac{k_r}{k_{vc}}$$

$$Y_f = \frac{G \cdot q_f}{k_r}$$

$$G = \frac{|\log k_{vc}|^{2.82}}{|\log k_r|^{2.16} \cdot |\log k_f|^{2.35}}$$

k_r : ランダム材の透水係数(m/s)

k_f : 基礎地盤の透水係数(m/s)

$$q_f = k_f'' \cdot \frac{H_1^2}{2l}$$

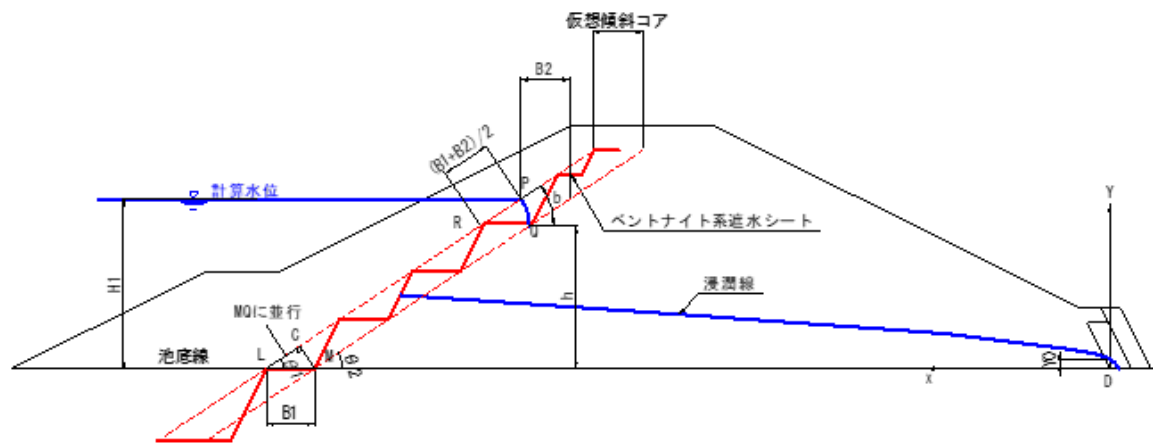
$$k_f'' = \frac{k_f' \cdot h_c + k_f \left(\frac{H_1}{2} - h_c \right)}{H_1/2}$$

$$k_f' = \frac{l}{\frac{l - (B_1 + B_3)/2}{k_f} + \frac{(B_1 + B_3)/2}{k_{vc}}} \quad \square$$

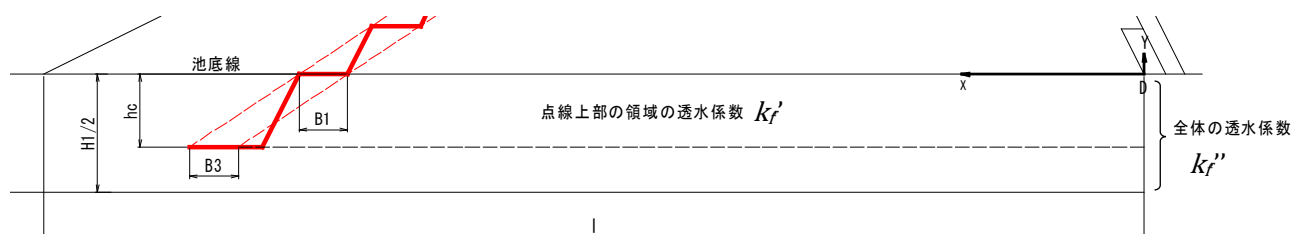
h_c : 床掘深さ(m) (参図-2.5.3 参照)

B_1, B_3 : 仮想傾斜遮水性ゾーンの基礎地盤上面、下面の幅(m) (参図-2.5.3 参照)

l : 法先ドレーンを含まない堤体幅(m) (参図-2.5.3 参照)



参図-2.5.2 ベントナイトシートの浸潤線

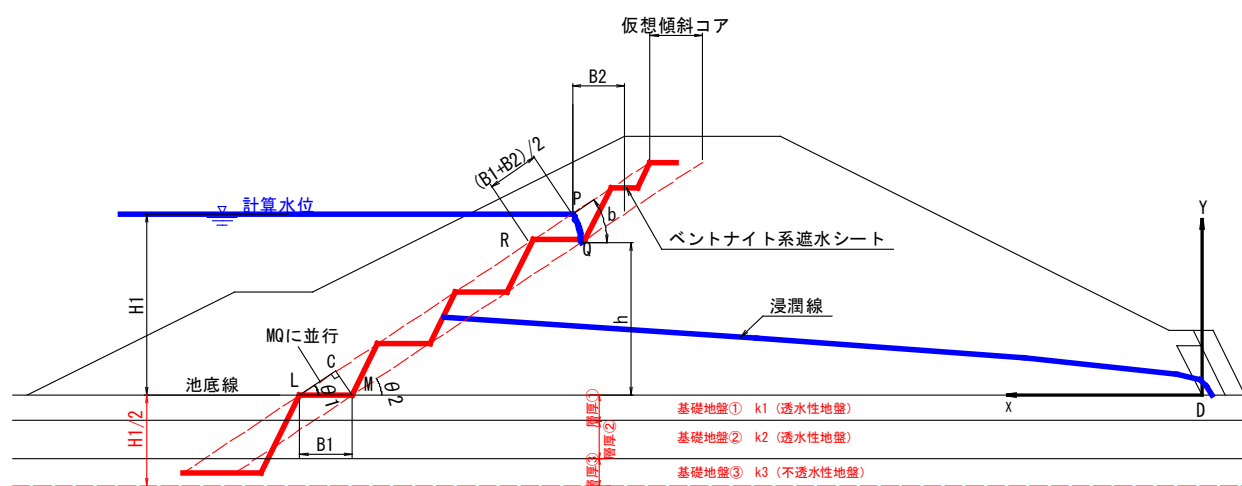


参図-2.5.3 基礎地盤の透水係数説明図

(参考：基礎地盤の透水係数 k_f について)

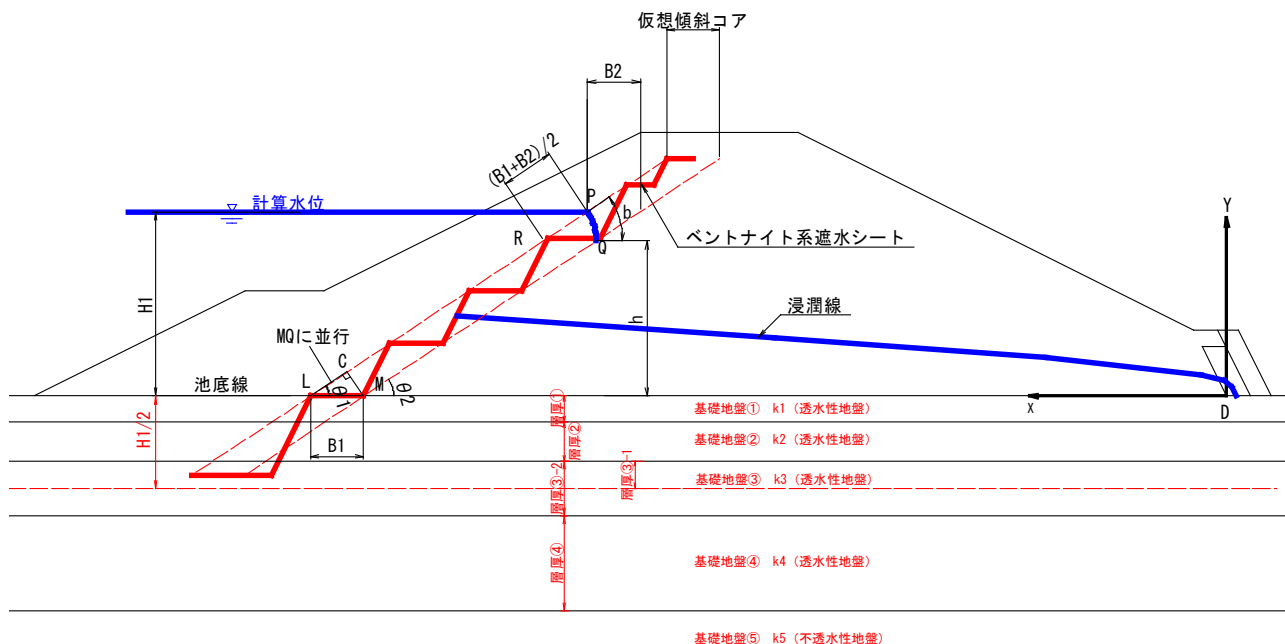
基礎地盤の透水係数について、基礎地盤が複数の地盤で構成される場合、以下のとおり設定する。すなわち、基礎からの浸透が堤体の浸潤線に影響を及ぼすとされている貯水深の $1/2 (=H_1/2)$ に対して、等価透水係数として層厚に応じた透水係数を設定する。

(パターン①：ベントナイト系遮水シートを不透水性地盤に貫入させている場合)



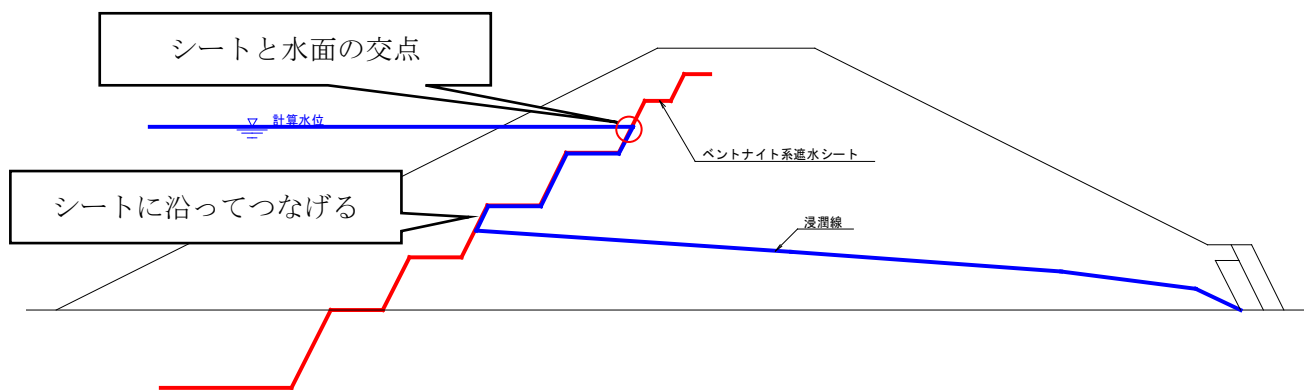
・基礎地盤の等価透水係数 = $(k_1 \times \text{層厚①} + k_2 \times \text{層厚②} + k_3 \times \text{層厚③}) \div (\text{層厚①} + \text{層厚②} + \text{層厚③})$

(パターン②：ベントナイト系遮水シートを不透水性地盤に貫入させていない場合)



・基礎地盤の等価透水係数 = $(k_1 \times \text{層厚①} + k_2 \times \text{層厚②} + k_3 \times \text{層厚③} + \dots) \div (\text{層厚①} + \text{層厚②} + \text{層厚③} + \dots)$

なお、傾斜遮水ゾーン型工法では、参図-2.5.2の点Qから遮水ゾーン内の浸潤線と、堤体下流部の浸潤線をスムーズな曲線でつなげるが、ベントナイトシート工法の場合は、参図-2.5.4に示すように堤体下流部の浸潤線をベントナイト系遮水シートと交わるまで延ばし、水面とベントナイト系遮水シートとの交点までシートに沿ってつなげるものとする。なお、地下水位が高い等、ベントナイト系遮水シート敷設後も堤体内の浸潤線が高いと想定される場合は、下流法先にドレーンを設置して、ベントナイト系遮水シート背面の浸潤線を低下させることを検討する。



参図-2.5.4 ベントナイトシート工法の浸潤線

② 2次元飽和不飽和浸透流解析について

ベントナイト系遮水シートを用いたため池堤体の浸潤線を2次元飽和不飽和浸透流解析により求める。浸透流解析の方法では、定常解析法と非定常解析法があるが、浸潤線の設定においては定常解析法により計算する。

定常飽和不飽和浸透流解析の支配方程式を以下に示す。

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial \psi}{\partial z} + k_z \right) = (c + \alpha \cdot S_s) \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (2.5.5)$$

k_x : 水平工法の透水係数 (m/s)

k_z : 鉛直方向の透水係数 (m/s)

ψ : 圧力水頭 (m)

c : 比水分容量 (1/m)

α : 飽和領域の場合は1, 不飽和領域の場合は0

S_s : 比貯留係数 (1/m)

t : 時間 (s)

式 (2.5.5) を用いて計算を行う際に必要な土質定数である比水分容量 c および比貯留係数 S_s の決定方法を以下に示す。

- ① 比水分容量 c : 土質材料の水分特性曲線の接線勾配として求められる。水分特性曲線は保水性試験等の室内試験によって求めることができる。また、「河川堤防の構造検討の手引き」²²⁾には土質材料ごとの水分特性曲線が示されている。
- ② 比貯留係数 S_s : 水量の流入出に伴う水頭変化を表す定数である。砂質土では 1×10^{-4} (1/m)、粘性土では 1×10^{-3} (1/m)程度を設定することが一般的である。

堤体断面をモデル化する場合、ベントナイト系遮水シートの厚さは0.01m程度であり、堤高10mのため池を仮定すると、この厚さは堤高の約1/1000に相当する。このような場合、ベントナイト系遮水シートを構成するメッシュが非常に小さくなり、全体を構成する要素数が非常に多くなってしまい、計算時間が膨大となる懸念がある。既往研究^{18), 19)}では、ベントナイト系遮水シートの厚さと透水係数を実際の20倍とすることで計算を行い、実測水位とほとんど変わらないことを確認している。従って、実際のベントナイト系遮水シートの厚さでモデル化することが困難な場合にはシートの厚さおよび透水係数を10倍～20倍にしてモデル化する方法も有効である。ただし、検証されている事例は1事例のみであり、ベントナイト系遮水シートの厚さおよび透水係数は実際の値を反映してモデル化することが望ましい。ベントナイトシート工法の透水係数の異方性について、既往研究において水平方向の透水係数が鉛直方向の透水係数に対して5倍とした場合の精度検証は完了している。今後の研究においてベントナイト系遮水シートの厚さのモデル化および透水係数の異方性について検証して適宜マニュアルを更新する。また、式 (2.5.5) を用いて堤体内の浸潤線を求める際の境界条件としては、上流側法面に貯水位に相等する既知水頭境界、下流側法面に水の出入りを自由に行うことのできる浸出面境界を設定する。

2.6 ベントナイトシート工法を用いたため池堤体の安定計算方法

ベントナイトシート工法を用いたため池堤体の安定計算 (レベル1地震動に対する検討) については、次の手法で行う。

- ・安定計算方法は、通常のため池と同様に、円形すべり面スライス法とし、「ため池整備指針」に示された計算方法、計算条件、計算ケースで検討する。
 - ・ベントナイト系遮水シートは安全側に考え、補強材としての性能を安定計算モデルに考慮しない。ただし、段切り部の上部の覆土と既存堤体の物性を考慮するため段切り形状はモデル化する。
- ※ベントナイト系遮水シートはベントナイトを挟む不織布や織布の強度を有するものの、シートを通るすべり面長は非常に短く、たとえ強度が見込めても安定性への影響は非常に小さいことから、安全側に考えてシートの強度は無視することとした。

2.7 ベントナイト系遮水シート背面の圧力 (湧水等) 対策

ゴムシートなどの完全遮水型の遮水シートでは、シート背面からの圧力（湧水、地下水、エア、発生ガス等による背圧）に対する対策として、シート背面にフィルター層やドレーンを設ける等の対策が行われる。ベントナイトシート工法は完全遮水型ではないため、これらのフィルター層やドレーンは設けないものとする。

一方で、水位急降下時等の背面間隙水圧に対する対策は浮き上がり防止のための覆土厚を確保するものとする（「2.4(4)」参照）。

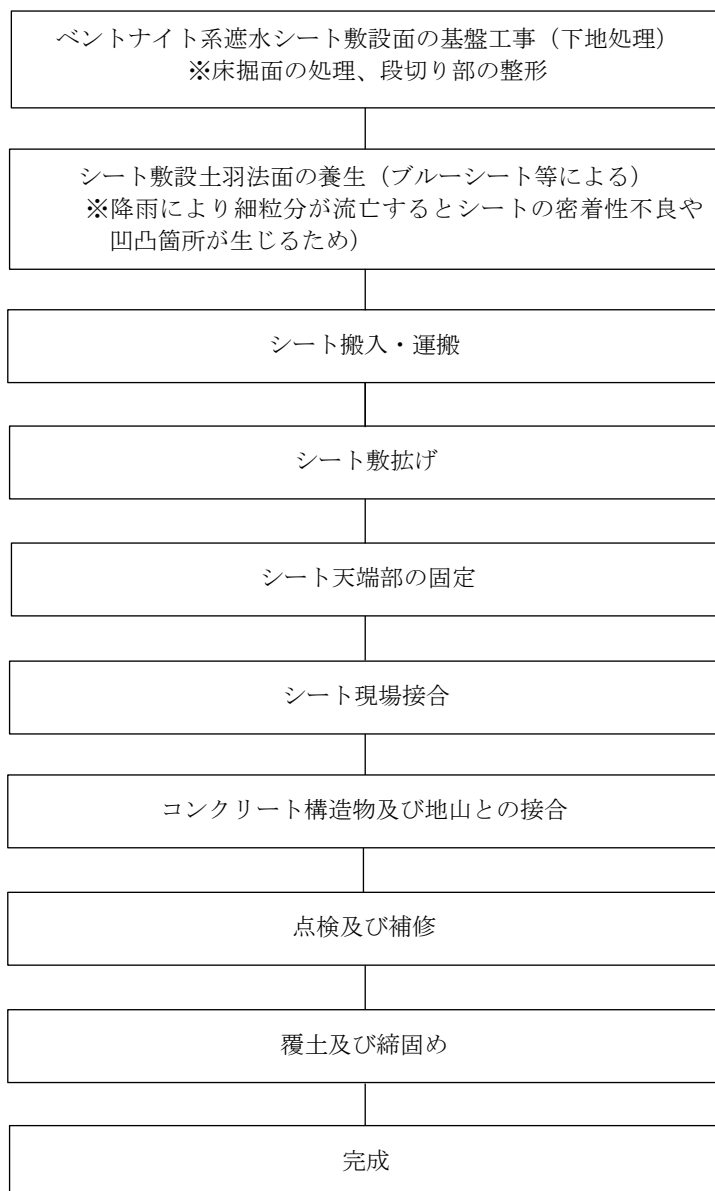
なお、施工時等に背面に地下水等、多量の湧水がある場合には、覆土設置前の浮き上がり等を防止するために、湧水処理を現場条件に応じて行う。処理方法としては次のような手法が挙げられる。

- ・床掘部で湧水が多い場合は、排水路、釜場を設けてポンプ排水を行う。
- ・排水量が多く、ポンプを稼働させないと盛土ができない場合は、排水管を立ち上げ、排水管内にポンプを投入し、排水しつつ周囲を埋め戻し、埋め戻し完了後に排水管内を不透水性材料やモルタル等で埋め戻す。
- ・袖部等で斜面部から湧水が発生する場合はベントナイト系遮水シート基層背面に排水層（ドレーン層）を設け、堤体下流や底樋部、洪水吐部に向けて排水する。このような対応を取る場合は、ベントナイト系遮水シート背面の浸潤線に影響を与えるため、この排水層を浸出点（参図-2.5.2のD点）に設定するなど、浸潤線の設定に留意する。

第3章 施工編

3.1 施工手順

ベントナイトシート工法の施工は、一般に参図-3.1.1の手順で行うが、特にシートの現場接合作業やコンクリート構造物との接合作業、地山との接続部の処理作業等は天候に左右されやすいので、施工は天候を考慮し適切な時期を選定する。



参図-3.1.1 ベントナイトシート工法の施工手順

3.2 基盤整形

ベントナイト系遮水シートの基盤は、平滑かつ施工時に必要な支持力を有するものでなければならない。基盤に突起や凹凸があると、覆土施工時等にベントナイト系遮水シートが破損し、漏水が生じるおそれがある。また、基盤は最低でも掘削機械や締固め機械の走行に必要な支持力（目安として $q_c=500\text{kN/m}^2$ 程度）が確保されていないとしない。

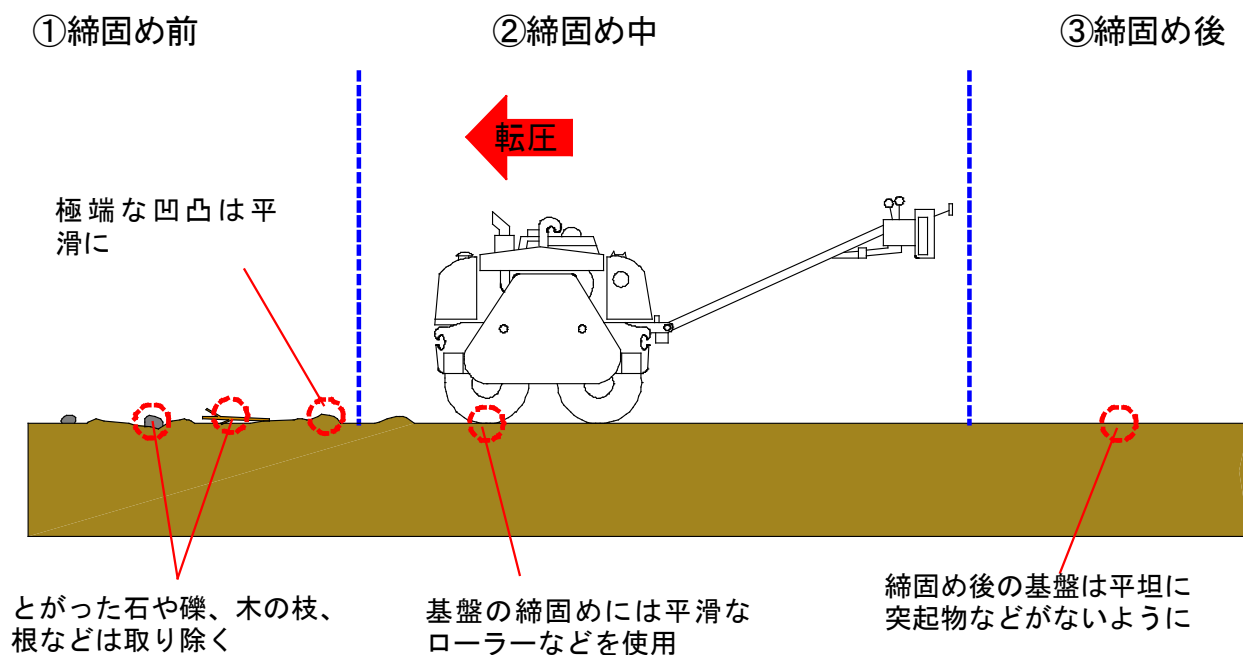
シートの破損防止のため、次の条件をシート敷設前に目視にて基盤を確認することが必要である（参考資料4.6 よくあるお問い合わせを参照）。

- ・ 基盤表面に突起物がないこと。
- ・ 基盤土壌の礫により大きな凹凸が生じていないこと。
- ・ 水溜まりがないこと。

目視確認にて上記の条件に該当する問題がある場合は、突起物や凹凸を取り除き、平滑なローラーなどで締固めを行うほか、コンタクトクレイやソイルセメント層の設置、モルタル処理層の設置等、必要な基盤処理を行うこと。施工時の支持力が不足する場合は盛土の置き換えや地盤改良等も検討すること。また、草本類は根茎まで十分除去し、必要に応じて適切な草生対策を講ずること。

※対策が必要な基盤の事例を「4.1」の添付資料②に示す。平滑性の目安はシートを設置した場合にシートの背面に隙間が生じるような凹凸がないこととする。目安としては概ね凹凸部の最大差50mm～100mm（参図-2.3.2参照）となるが、これ以下でも隙間が生じる場合は基盤処理を行う必要がある。基盤処理は「2.3」に示す安定処理層や緩衝層を設置するものとする。判断が困難な場合、ブルーシート等を仮張りし、シート背面に隙間が生じず、基盤とシートが密着していることを確認するなどで基盤処理の可否を判断することも有効である。

施工時の支持力が不足する場合は、地盤改良や置換盛土等を検討する。

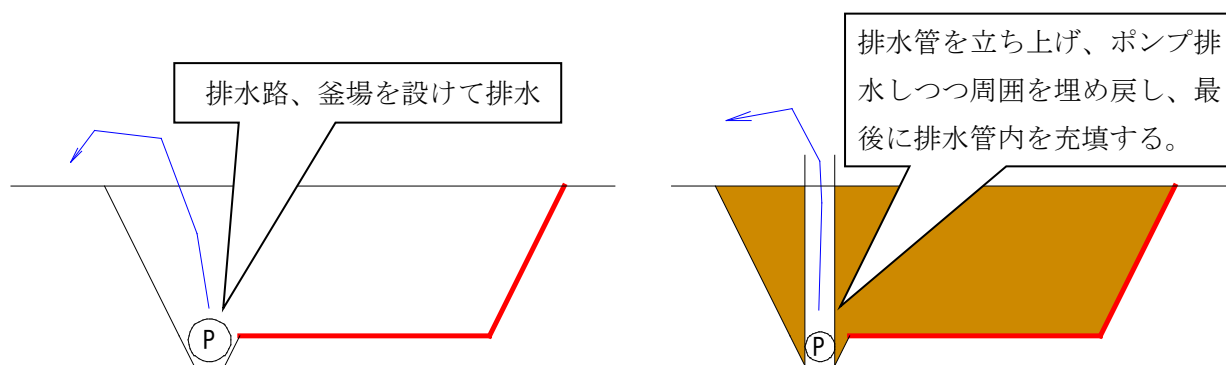


参図-3.2.1 ベントナイト系遮水シート基盤の処理方法

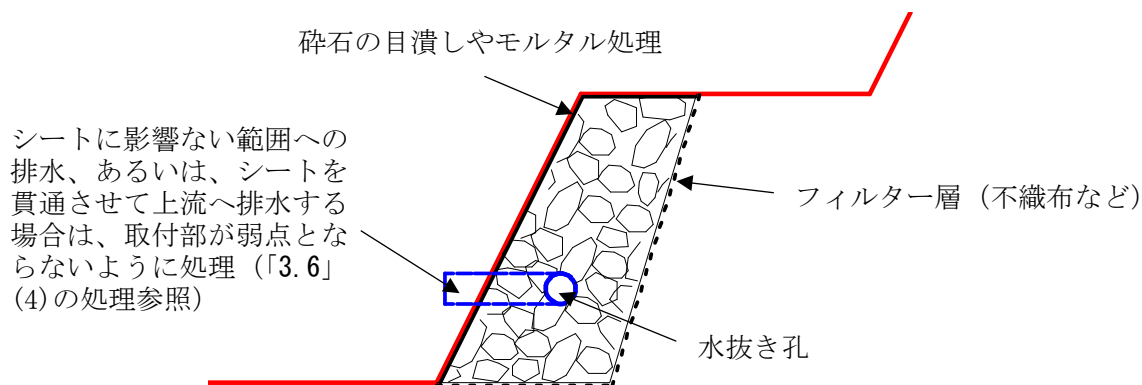
3.3 湧水対策・排水処理

地下水位が高く、ベントナイト系遮水シートに背面圧が作用するおそれのあるときは、基盤整形後、排水路、釜場を設けてポンプ排水により排水を行う（参図-3.3.1）。排水量が多く締固めが適切にできない場合は、排水管を立ち上げ、排水管内にポンプを投入し、排水しつつ周囲を埋め戻し、埋め戻し完了後に排水管内を不透水性材料やモルタル等で埋め戻す。

袖部等で斜面途中から湧水が発生するような場合は、参図-3.3.2に示すようなドレーンを設けドレーンを設け、排水する。これらには必ずフィルタ層を設け、ドレーンとベントナイト系遮水シートが接する場合は、シートを破損しないようドレーン表面に十分な目つぶしを行うかモルタル処理を行い、水抜き孔によりベントナイト系遮水シートに影響のない範囲へ排水する。常時満水位より上部など、シートを貫通させて上流面に排水する場合は、ベントナイト系遮水シートと結合をよくし（「3.6」(3)の処理参照）、取付部が漏水の弱点とならないようにする（参図-3.3.2）。



参図-3.3.1 床掘部で湧水が多い場合の湧水対策



参図-3.3.2 袖部等の湧水対策

3.4 シート搬入及び運搬、保管方法

シートの運搬時、保管時には、シートの遮水性に影響を与えるような損傷を防止するため、シートに局所的な荷重がかかったり、突起物にひっかかりたりしないようにするなど、慎重に取り扱うこと。また、降雨にさらされ、シートが膨潤してしまうようなことも避けること。次に具体的な方法について示す。

(1) 搬入、保管

トラックにて搬入し、トラックからクレーンにてストックヤードに荷下ろしする。搬入時には、シートの納入本数の確認、シートの破損の確認、副資材等の確認を行う。荷下ろしは、シートのロールに鋼管や単管パイプを通し、シートがしなり損傷を受けないよう行う。

保管は、ベントナイト系遮水シートの積み上げは3段までとし、シートは枕木等を挟むことにより地面から浮かせ、ブルーシート等で覆い、雨に対する養生を行う。



参図-3.4.1 荷下ろし時の状況（左）、ブルーシートによる養生例（右）

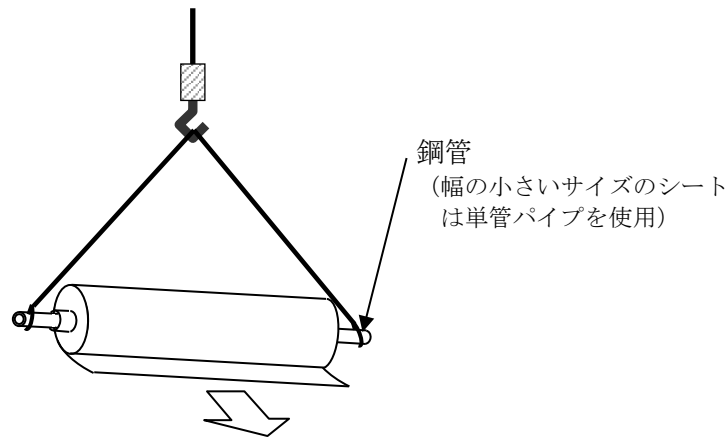
(2) 現場内での運搬

現場内での運搬は、クレーン等を用いて行う。運搬する際にロープを掛ける場合は、ベントナイト系遮水シートに鋼管や単管パイプを通し、両端にロープを掛ける。シートに直接玉掛けしたり、フォークリフトなどで持ち上げたりすると、シートがしなり損傷を受けるおそれがあるため行わない。吊り下げ時には、万が一シートが落下したとしてもシートが破損しないよう、できるだけ地面に近いところまでの高さで吊り下げる。

3.5 ベントナイト系遮水シートの敷設

(1) 敷設方法

- 1) ベントナイト系遮水シートの上面（表）、下面（裏）を事前に確認する。表裏で遮水機能上の問題はないが、各製品で定められた施工上の面があるため、下面が基盤に設置するように敷設する。
- 2) 基本的には法面は上下方向に展張し並べながら敷設する。
- 3) クレーンを使用する場合は、ロールに鋼管（5m幅製品の場合は専用鋼管）や単管パイプを通してワイヤーやナイロンスリングにて吊り上げ、引き出しながら敷設する（参図-3.5.1）



参図-3.5.1 ベントナイト系遮水シート敷設方法

- 4) 所定の位置で切断し、必要ならば土のうなどで仮押えを行う。
- 5) 接合幅200mm以上を確認しながら敷き詰めていく。この時、接合部に石等が挟まれていないことを確認する。また、シワのないことを確認する。なお、接合部について、シートの重ね枚数が多いと段差が生じ、隙間部から漏水が生じるおそれがあるため、3枚以内に収めること。
- 6) 角等、やむを得ずシワのできる場所は、きれいに折りたたみ、隙間が生じないようにして収める。この時、副資材ベントナイトを併用して隙間を塞ぐようにする。
- 7) 敷設箇所に重機が入れない場合（極小箇所等）、平場（資材置場や池底、搬入路等）でベントナイト系遮水シートを展開し、必要な長さで切断したシートを折りたたみ、敷設箇所へ運搬する。
- 8) シート敷設後、覆土はその日の内に行うことが望ましいが、困難な場合、また、覆土までの間に降雨でシートが膨潤する可能性がある場合には、ブルーシート等で覆い、膨潤させないよう養生を行う。覆土前に膨潤させると、膨潤後の乾燥により重ね幅等が確保できなくなる可能性があるためである。仮に膨潤させてしまった場合は、覆土を行うまで乾燥させないように養生する。

なお、ベントナイト系シートが降雨等で濡れた場合に、敷設面においてすべりやすくなるので、十分注意すること。

(2) 切断方法

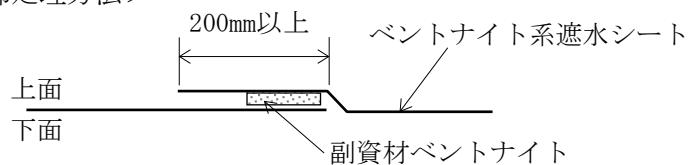
ベントナイト系遮水シートの切断はカッターナイフ等により行う。切断したシートを吊り上げたりしたとき切断面からベントナイトが多く漏れ出るおそれがある場合は、じょうろ等で切断面に水を散布し、ベントナイトを湿らせ、シート内部のベントナイトが漏れ出ないようにして吊り上げる。

(3) 接合部処理

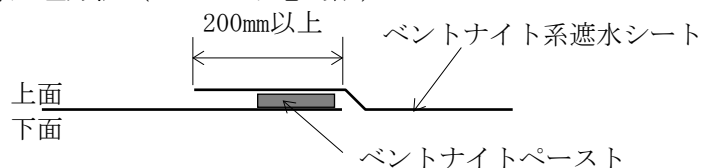
- 1) 接合部分は副資材ベントナイトをシート間の接触面に散布して重ね合わせる。副資材ベントナイトの散布幅や散布量は、製品種類によって異なるため、採用製品の仕様に準拠する。（製品パターン別の散布幅や散布量の一覧を「4.1」の添付資料①に参考明示。）
- 2) 勾配1:2.0より急な斜面は副資材ベントナイトの代わりにベントナイトペーストを塗布する。ベントナイトペーストは途切れないように塗布する（塗布厚の目安は繊維、シートが隠れる程度）。
- 3) シート上部と下部の水平方向の接合は、斜面上で接合した場合、覆土施工時にズレが生じるおそれがあることから、段切り小段上等、水平面上で行う。また、小段上で接合を行う場合は、段切りの法肩から500mm以上離すこと。

参図-3.5.2、参図-3.5.3に接合部処理方法を示す。

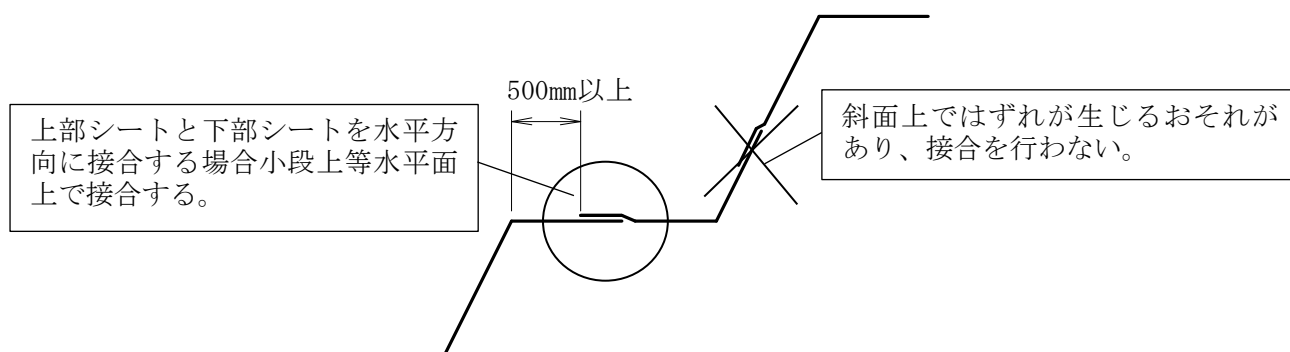
< 基本的な接合部処理方法 >



< 基本的な接合部処理方法 (1:2.0より急勾配) >



参図-3.5.2 接合部処理方法



参図-3.5.3 水平方向の接合位置

3.6 構造物との接続部、端部の処理

(1) 構造物との接続部

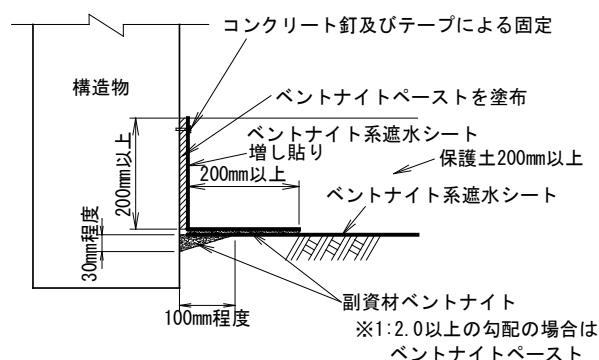
ベントナイトシート工法では、遮水性確保の点で、洪水吐や取水設備等のコンクリート構造物への取付について、特に配慮しなければならない。構造物周辺は締固めを十分に行うが、盛土施工後の構造物周辺部で多少の圧密沈下は避け難いため、十分な接着幅を設けるものとし、構造は「2.4(5)」に示す参図-2.4.9のとおりとする。

施工方法は次のとおりとする。

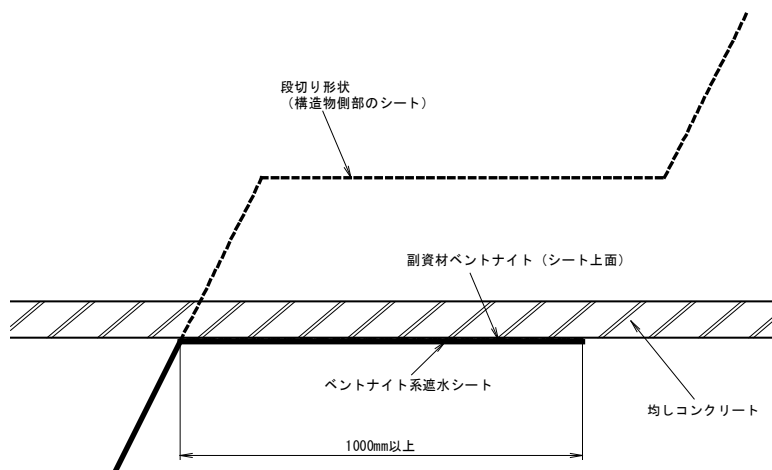
- 1) 構造物との取り付け部の盛土面に副資材ベントナイトを散布し、ベントナイト系遮水シート本体を取り合い部まで敷設する。副資材ベントナイトは重ね部の200mm全体に散布する。散布量は、製品種類によって異なるため、採用製品の仕様に準拠する。(製品パターン別の散布幅や散布量の一覧を「4.1」添付資料①に添付)
- 2) 構造物面にベントナイトペーストを塗布する。ベントナイトペーストは重ね部の200mm全体に塗布する。塗布量は、製品種類によって異なるため、採用製品の仕様に準拠する。(製品パターン別の散布幅や散布量の一覧を「4.1」添付資料①に添付)

3) 幅400mm以上の帯状のベントナイト系遮水シートを切り出し、構造物面、製品本体との重ねにそれぞれ200mm以上（目安）の幅を取って増し貼りする。構造物面の端部は必要に応じてコンクリート釘またはテープ等で固定する。200mmの重ね幅は、盛土1層当たりの転圧後厚さを200mm以上としており、その盛土により製品端部が露出しないよう設定している。また、基盤面の沈下程度は現場状況によって異なるため、施工時の締固めで沈下が大きいと想定される場合は、200mm以上の重ね幅を設けるなど、施工時には別途協議し接続箇所の増し貼り長を決定する必要がある。

なお、構造物底面の接続については、構造物下に1000mm以上、ベントナイト系シートを設置し、シートの上面全面に副資材ベントナイトを散布し、その上に均しコンクリートを打設し、構造物を築造するものとする。副資材ベントナイトの散布量は、製品種類によって異なるため、採用製品の仕様準拠する（製品パターン別の散布幅や散布量の一覧を「4.1」添付資料①に添付）。構造は「2.4(5)」に示す参図-2.4.10のとおりとする。



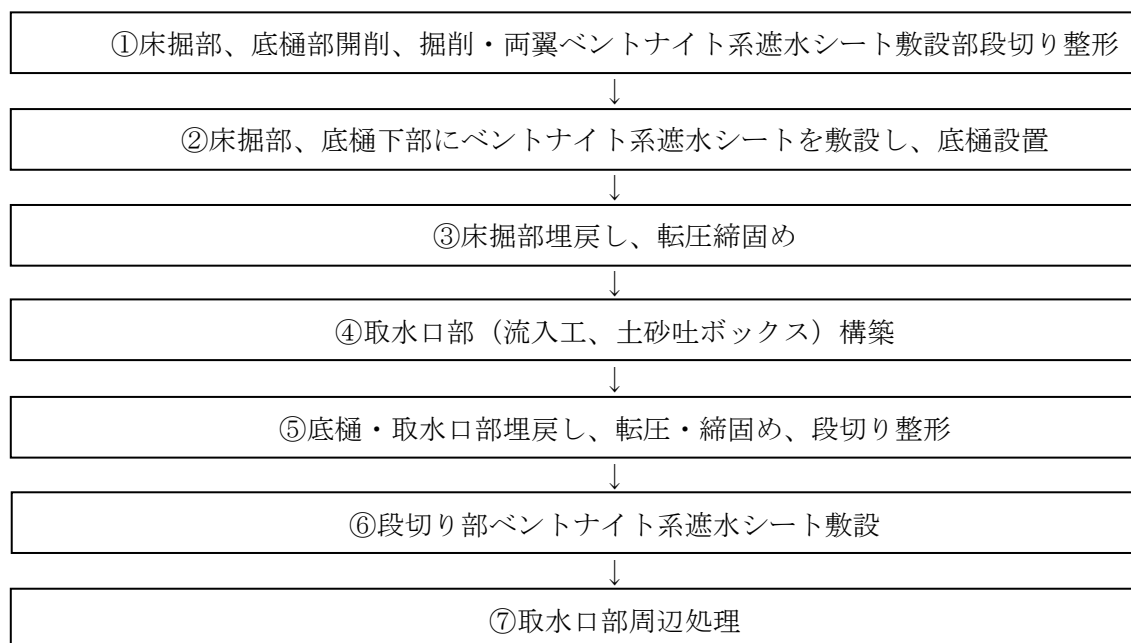
参図-2.4.9 構造物との接合部一般図（参考図）（再掲）



参図-2.4.10 構造物との接続部（底面）一般図（参考図）（再掲）

(2) 底樋周りの処理

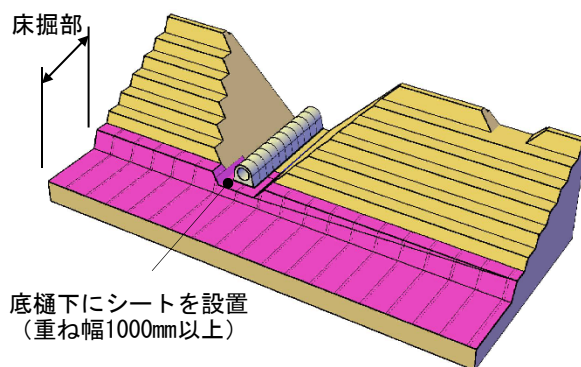
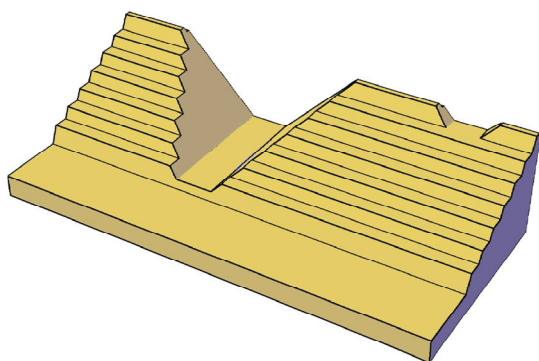
底樋周りの施工手順は**参図-3. 6. 1**の手順とする。構造物との詳細な取付は「2. 4 (5)」の**参図-2. 4. 11**を参照のこと。



参図-3. 6. 1 底樋周り施工手順

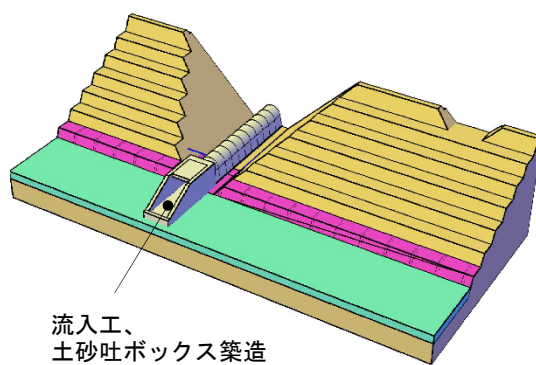
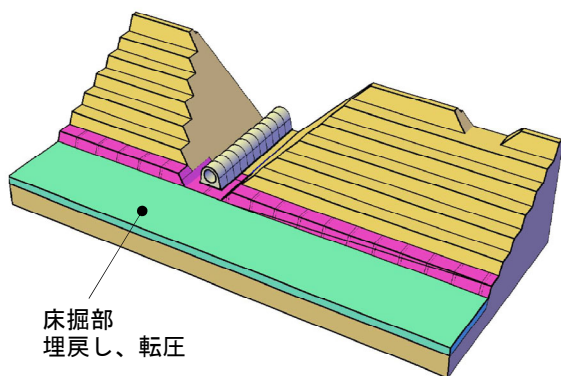
次頁以降の**参図-3. 6. 2**に、**参図-3. 6. 1**に示す各手順の模式図を示す。

- ①：床掘部、底樋部開削、掘削・両翼ベントナイト
系遮水シート敷設部段切り整形 ②：床掘部、底樋下部にベントナイト系遮水シ
ートを敷設し、底樋設置



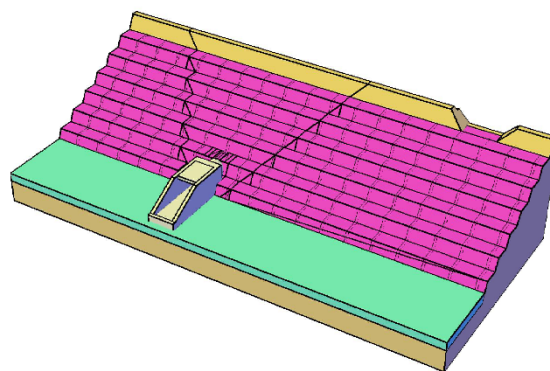
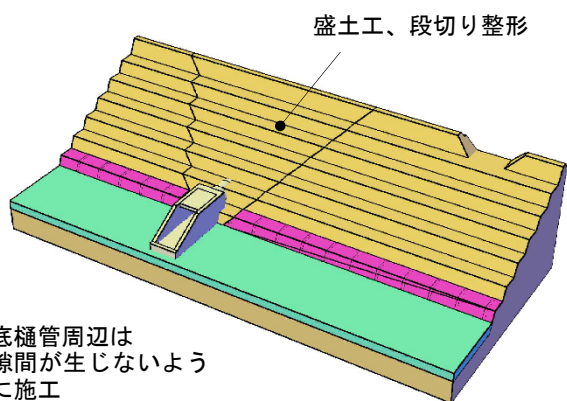
- ③：床掘部埋戻し、転圧締固め

- ④：取水口部（流入工、土砂吐ボックス）築造

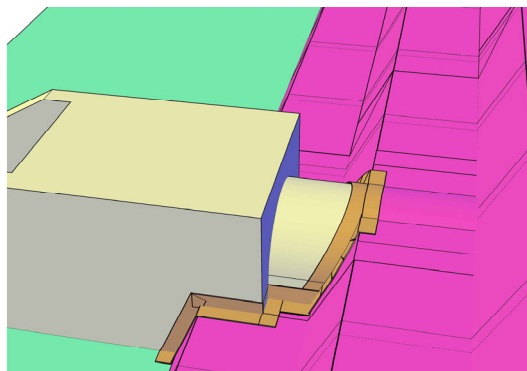
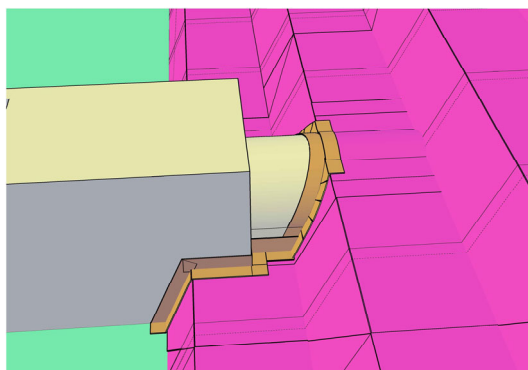


- ⑤：底樋・取水口部埋戻し、転圧・締固め、
段切り整形

- ⑥：埋戻し段切り部ベントナイト系遮水シート敷設



- ⑦：取水口部周辺処理

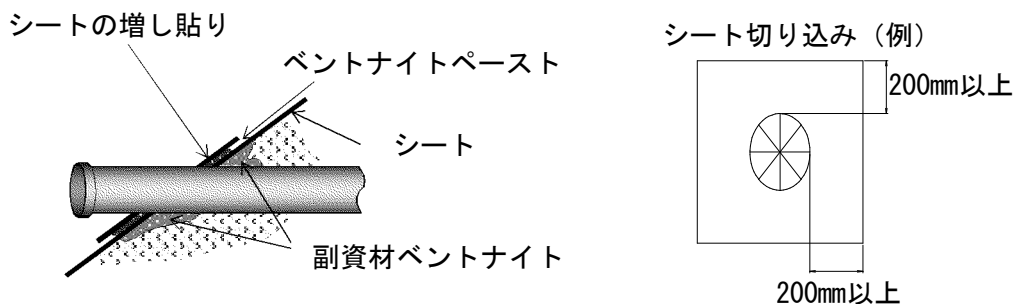


参図-3.6.2 構造物（洪水吐、取水設備）との接続方法（参考図）

(3) パイプ等貫通部周りの処理

常時満水位より上部に設置するパイプ等、貫通部周りの処理は次の手順で行う。

- ・パイプ周辺基盤面上に副資材ベントナイトを散布する。
- ・シート貫通部に切り込みを入れ、シートを敷設する。
- ・シート表面の貫通部周りにベントナイトペーストを塗布し、シートの増し貼りを行う。



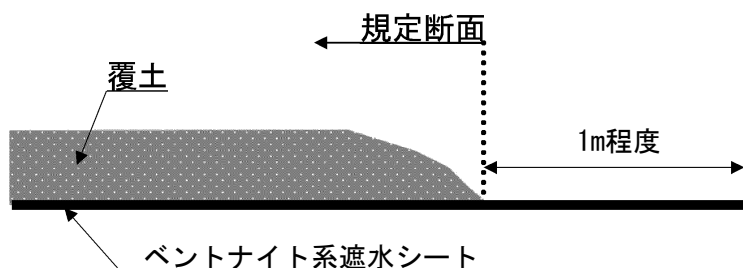
参図-3.6.3 貫通部周りの処理（参考図）

(4) 端部の保護

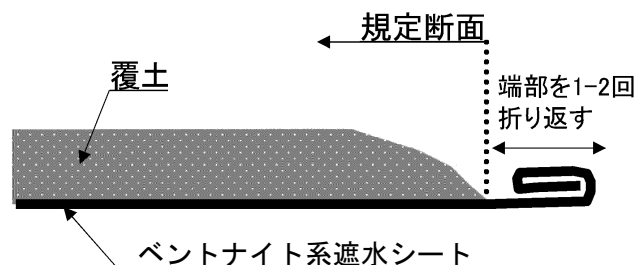
堤軸方向の端部で工程の都合上、長期にわたりベントナイト系遮水シートが露出する場合は、ブルーシート等で覆い、養生する。

端部のみ露出する場合は、後の接合に支障を来さないよう、参図-3.6.4のように端部を保護して傷まないようにする。また、覆土搬入のために端部にトラック等が乗る場合は、参図-3.6.5のように鉄板等を敷いた上を走行すること。

- ①規定断面から端部1m程度ベントナイト系遮水シートを延長する。

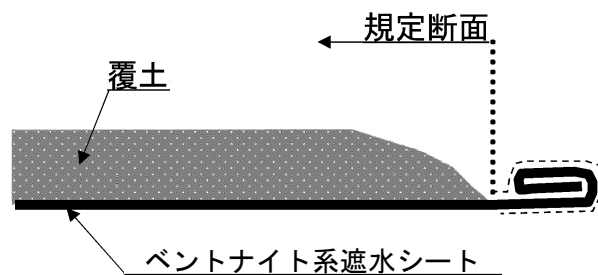


- ②延長させたベントナイト系遮水シートを1～2回折り返す。

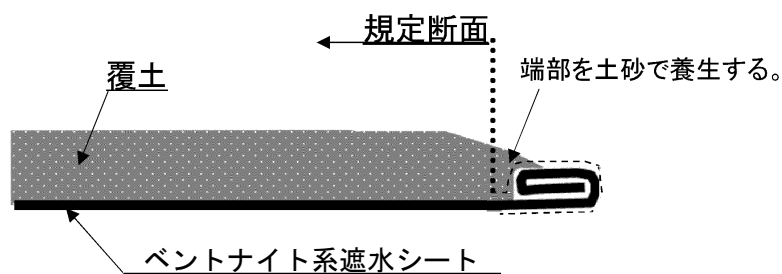


参図-3.6.4(1) 端部露出時の保護

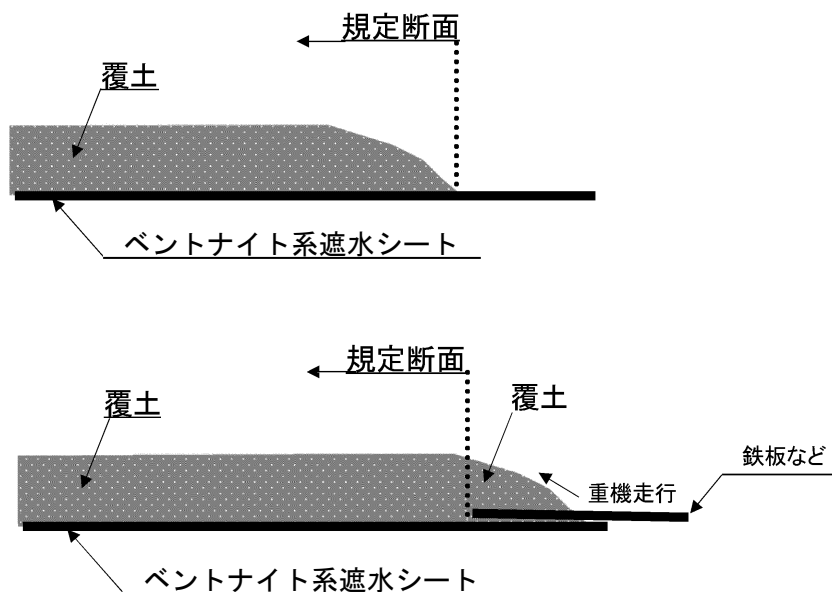
③折り返したベントナイト系遮水シートをブルーシート等で養生する。



④養生したベントナイト系遮水シートの端部を土砂で押さえ養生する。



参図-3. 6. 4 (2) 端部露出時の保護

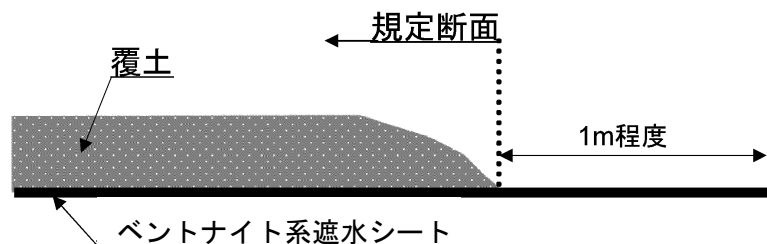


参図-3. 6. 5 端部重機走行時の保護

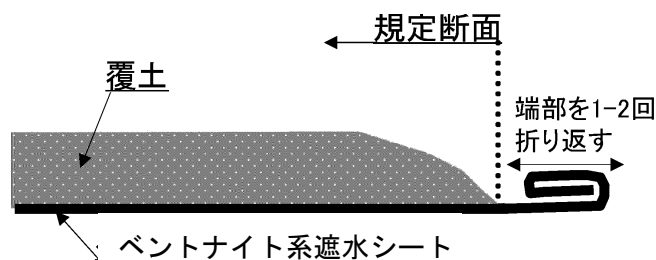
また、貯水期間を挟み複数年にわたってベントナイトシート工法で施工する場合、端部1m程度を巻き込み、ブルーシート等で覆った上、コンパネ等合板で保護して覆土で養生すること（参図-3. 6. 6）。工事再開後はその部分のシートを傷付けないように掘り返し、巻き込んだシートを伸ばしてその上に新たなシートを重ね、施工する。端部のシートが貯水により膨潤状態となるが、ベントナイト系遮水シートの状態を確認し、シート内部のベントナイトの漏れや偏りがなければ遮水性能には影響はない。なお、重

ねた後に膨潤状態から乾燥すると収縮し、重ね幅が不足するおそれがあることから、十分に乾燥させた後に施工するか、膨潤状態で重ねた場合は重ねた後に乾燥させないように施工すること。

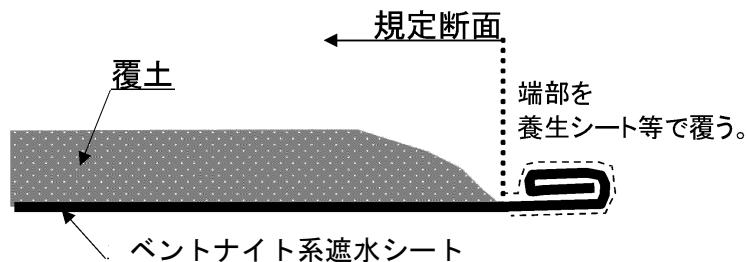
- ①規定断面から端部1m程度、ベントナイト系遮水シートを延長する。



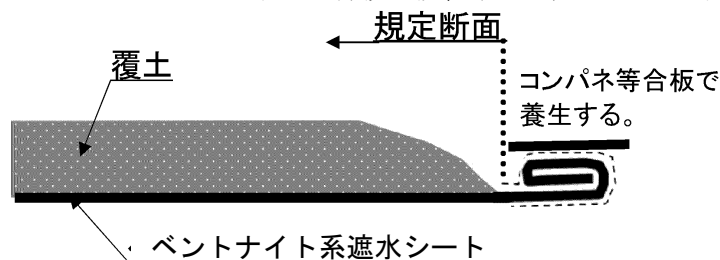
- ②延長させたベントナイト系遮水シートを1～2回折り返す。



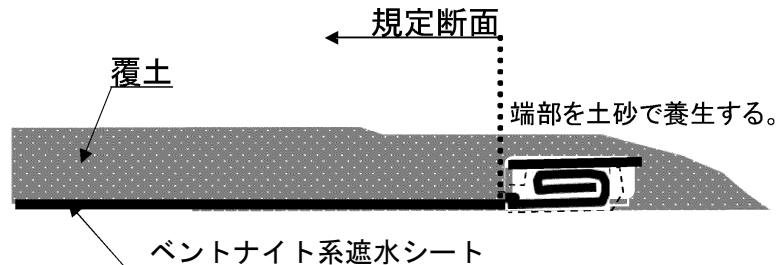
- ③折り返したベントナイト系遮水シートをブルーシートなどで養生する。



- ④養生されたシート上にコンパネなど合板を設置する（再施工時の破損防止）。



- ⑤④の断面の上にさらに土砂で養生を行う。



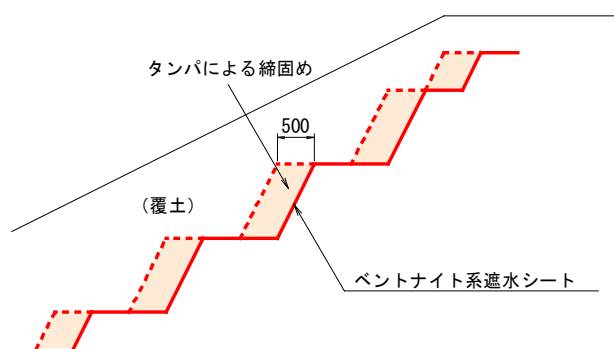
参図-3. 6. 6 貯水期間をまたぐ場合のシートの養生方法

3.7 覆土の施工

ベントナイト系遮水シートの上に行う覆土は、通常の堤体盛土施工方法と同様に行う。シート近接部はシートの破損を防止するため、タンパによる人力施工を行う。覆土施工時の留意点は次のとおりである。

- ・ベントナイト系遮水シートの近接部はシートの破損を防止するため、タンパにより人力で締め固める。構造物周りと同様に、施工幅50cmをタンパ締め固めとする（参図-3.7.1参照）。
- ・接合部、構造物の取り合い部がめくれないようにするため、接合部は重ねている上面のシートから下面側に行うこと。
- ・シートの上に厚さ200mm（転圧後厚さ）以上確保した上に重機を乗せること。
- ・まき出し土砂上の機械の急発進・急停車・旋回を行わない。
- ・一箇所で集中して機械の転圧を行わない。

なお、覆土材料はため池堤体として適した材料とし、傾斜遮水ゾーン型工法でいうランダム材相当の土とすること。



参図-3.7.1 ベントナイト系遮水シート近接部の施工

3.8 ベントナイト系遮水シートの施工状態の確認と補修及び補強方法

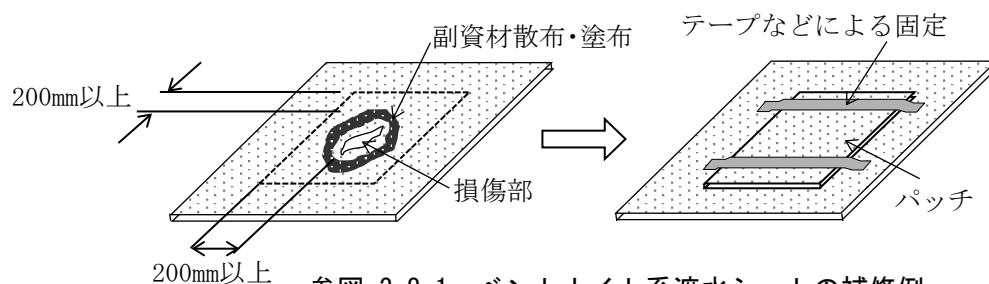
シート敷設施工の点検は、シート同士の接合、構造物や床掘部との接合処理等を行った後、

- ①シートの現場接合が確実になされているか。
- ②コンクリート構造物との接合が確実になされているか。
- ③パイプ周りの処理が確実になされているか。
- ④シートに損傷箇所はないか。

等について、目視、計測により入念に行う。点検の結果、発見された不良箇所は必ず補修、または手直しを行うこととし、必要に応じてベントナイト系遮水シートの増し貼り、副資材ベントナイトの散布、ベントナイトペーストの塗布等の処置を行う。

ベントナイト系遮水シートの場合、釘、アンカーピン等の小さな穴はベントナイトの自己修復能力により穴が塞がれるが、大きな損傷（重機などで誤ってひっかいて生じた破れなど）が生じた場合は補修を行う。

補修方法は参図-3.8.1に示すように、損傷部周辺に副資材ベントナイトやベントナイトペーストを散布、塗布し、その上にベントナイト系遮水シートの増し貼りを行う。増し貼りは損傷部から200mm以上重ね幅を取れる大きさとする。必要に応じ、増し貼りがずれないように粘着テープ（水平部）、アンカーピン（斜面部）等で固定し、養生する。



参図-3.8.1 ベントナイト系遮水シートの補修例

3.9 ベントナイトシート工法の施工管理基準

(1) チェックシート

ベントナイト系遮水シートの施工管理に関しては、本マニュアルの施工編に従って施工することとするが、そのチェックシートを参表-3.9.1に示す。

参表-3.9.1 ベントナイトシート工法施工時チェックシート

施工段階	チェック項目	確認
下地処理	シート敷設面に目立った凹凸や突起物がないか。	
	シート敷設面に隙間（窪み）がある場合は、コンタクトクレイや改良材で埋めたか。	
	敷設面に湧水がある場合は、湧水対策処理を行ったか。	
	敷設面に水溜まり、凍結、積雪があった場合、除去を行ったか。	
材料搬入	平坦で水はけが良好な場所に仮置きしたか。	
	製品の積み段数は3段以下か。	
	保管製品（副資材含む）は雨水対策を行ったか。	
敷設	天気はシートの膨潤のおそれのあるような降雨は予想されないか。	
	施工計画書に基づきシートの表裏等敷設面を確認したか。	
	シートにシワや引きつれ、浮きがないように敷設したか。	
	所定の重ね幅（200 mm以上）を確保したか。	
	段切り水平面で横断方向で上下部に対して接合を行う場合、段切りの肩から500 mm以上離れているか。	
	4枚重ね部はないか。（構造物周りなど詳細箇所は除く） 即日覆土が行えない場合は、ブルーシート等で養生を行ったか。	
シートの接合	副資材ベントナイトの散布幅、量を確認したか。（規定値は各製品の規定値以上とする。）	
	急勾配面（段切り法面等・1:2.0より急勾配部）ではベントナイトペーストで処理したか。	
構造物との接合	構造物と十分な接合幅（200mm以上）設けたか。	
	構造物接合箇所に副資材を塗布または散布したか。	
	構造物の周辺地盤の締固めは十分されているか。軟弱地盤で沈下が予想される場合、重ね幅の見直しなど監督員に事前相談したか。	
覆土	接合部のめくれ防止として、覆土はシートの上面側から下面側に行ったか。	
	シートの損傷を避けるため、所定の厚さ（転圧後 $t=200\text{mm}$ 以上）で覆土を行ったか。	
その他チェックを行った項目		

(2) 出来形管理

施工管理上の出来形管理箇所、頻度、管理値について、**参表-3.9.2**、**参表-3.9.3**に示す。なお、この管理基準は、農林水産省土木工事施工管理基準に準拠し、ベントナイトシート工法に関する項目について規定したものである。

参表-3.9.2 出来形管理基準表 (案)

工種	測定項目	規格値 (mm)	測定基準	測定箇所標準図	摘要
ベントナイト シート工	基準高 ▽	上部-0mm (設計図の規定標高以上の高さ) 下部+0mm (設計図の規定標高以下の高さ)	施工延長20mにつき1箇所の割合で測定する。 上記未滿は2箇所測定する。		- 床掘部及び段切り部整形後に管理する。(シート敷設後の管理は二重で行う必要はない。) - 出来高測定と写真は同一箇所で行う。 - 出来形図は横断面図を利用して作成する。
	シート設置工	面積	-		
	重ね幅B (規定値200mm)	-0mm (200mm以上確保)	重ね部1路線につき1箇所		
	副資材の散布幅、散布量 平場部：副資材ベントナイト 斜面部 (1:2.0より急な箇所)：ベントナイトペースト 構造物との接合部の接合幅 (規定値200mm)	各製品 規定値以上 (参考：「4.1」添付資料①)	重ね部1路線につき1箇所		
	構造物との接合部の接合幅 (規定値200mm)	-0mm (200mm以上確保)	構造物との接合部該当箇所全箇所		
	構造物との接合部の副資材の散布幅、散布量	各製品 規定値以上 (参考：「4.1」添付資料①)	構造物との接合部該当箇所全箇所		

参考-3.9.3 撮影記録による出来形管理表（案）

工種		撮影基準	撮影箇所	撮影方法	管理方法
ペントナイトシート工	シート設置工	・シートについては、施工延長概ね20～40mに1箇所撮影する。上記未満は2箇所撮影する。その他、シート全体の状況が分かるよう、全景写真を撮影する。	・基盤状況（突起物がなく、平滑性が確保されているか）、シート長、シート表面状況（膨潤してないかどうか）、重ね部を撮影する。重ね部は接合幅、副資材散布・塗布状況を撮影する。		
		・構造物との接合部は、出来形管理を行った全箇所で撮影する。	・接合幅、副資材散布・塗布状況を撮影する。		

※補修が必要になった箇所は全箇所撮影すること。

3.10 ベントナイト系遮水シートの施工後の維持管理

ベントナイト系遮水シートは土の中に埋設されるため、シートそのものの目視による維持管理はできない。このことを踏まえ、施工後の維持管理手法・項目について示す。

なお、ベントナイトシート工法を採用したため池については、工事銘板などにベントナイトシート工法で施工した旨を明記することとする。

また、異常確認時の対応として、変状を確認次第、所管する市町村、都道府県等に報告を行い、詳細調査(計測など)を実施することが望ましい。

(1)維持管理時の観測項目

①浸透量(漏水量)

一般的に、ため池には浸透量を計測する施設はないが、日常の点検において法尻の水路の水量や堤体からの染み出しなどを目視で確認することで、通常時の浸透量(漏水量)を把握する。設計上の浸透量を確認し、この値、または日常の値を大きく上回る場合には、異常確認時の対応をとる。

※設計時点で、ベントナイト系遮水シート設置後の浸透量(100m 当たりの浸透量)を計算により求めている(本マニュアル p. 26 の q の値)。この値を参考に、これを大きく上回る場合は異常確認時の対応を取る。

②堤体の変状(沈下・ひび割れ)

一般的に、ため池には沈下量を計測する施設は設置しないが、ベントナイトシート工法を採用したため池においては、今後の堤体の変状を観測できるよう、地山の不動点と、シートより上流側の直線すべりによる変形の有無を観測するため堤体中央部の堤頂のシートより上流側ならびに下流側に観測点を設け、計測が可能なようにする。

ひび割れについては定期的に堤体表面を目視確認すると共に、沈下については観測点を工事完了時点で観測し、維持管理用資料として管理者に引き継ぐ。工事完了後は管理者が地震時などの緊急時や、定期点検実施時(※5年に1回をめぐに各市町村発注の専門業者により実施)などに観測を行うことを想定する。

ため池では沈下を見越した余盛りは行わないが、フィルダムでは完成後の沈下を見込んで余盛りが実施される。「土地改良事業設計基準「ダム」」²³⁾p. II-52には“沈下は施工中にその大半が終わり、完成後ではごく小さい。特に最近のダムでは重転圧機を用いて十分締め固められることから、完成後の沈下量は1%に満たないものが多い。”との記載がある。これを参考に、変状については、堤高の1%を管理値として設定する。

ただし、沈下については、時間経過と共に収束傾向を示し、一定期間経過後は収束してくる。一方、大きな地震時には堤体沈下量が増加する。このため、仮に管理値である堤高の1%を越えたとしても継続して安定していれば、大きな危険性はないと判断できるため、観測結果に応じて健全性を判断すること(例えば、(2)観測頻度について、における第1期の沈下の観測で1%を越えたとしても、第2期の観測で沈下が進まなければ大きな危険性はないと言える。)とし、地震時(震度5弱以上※)や洪水時(大雨特別警報に係る大雨時※)に緊急点検を行うこととする。なお、将来的にデータが揃えば、これらの管理値は見直す場合がある。

※地震時や洪水時の定義は、「地震後の農業用ため池等緊急点検要領」²⁴⁾及び「大雨特別警報時の農

業用ため池緊急点検等要領」²⁵⁾（農村振興局整備部）に準拠した。

③堤体のすべり

日常の点検において法面のすべりの発生有無を確認する。

④その他

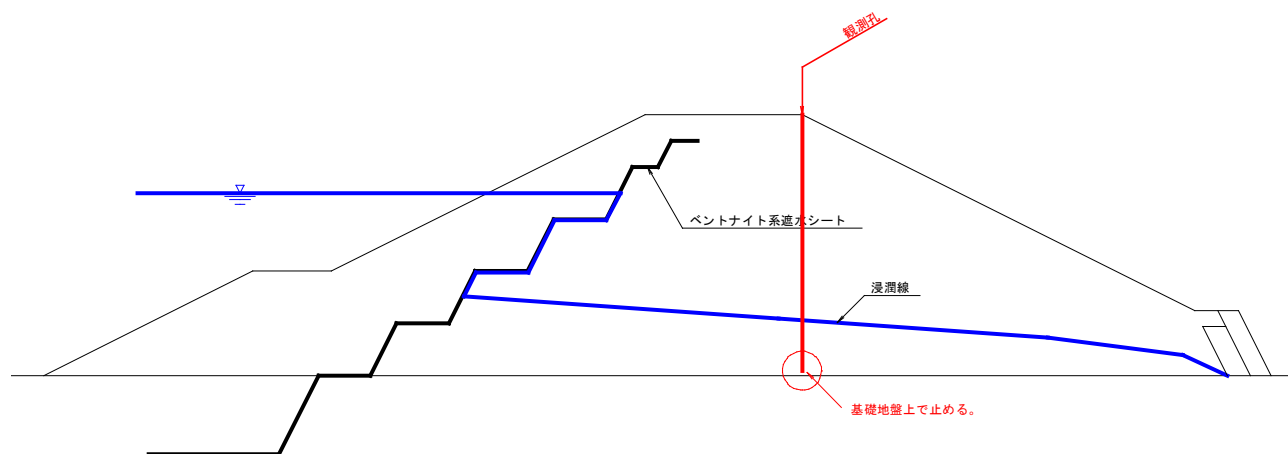
附帯施設やため池周辺の環境(堤体下流のは場の湧水の有無など)の変状を目視で確認する。

⑤堤体内浸潤線

ベントナイトシート工法により、堤体の浸潤線が設計どおり下がっていることが重要となる。このため、ベントナイトシート工法を採用したため池では、工事と合わせて堤体浸潤線が計測できる観測孔を設け、堤体内水位の観測ができるようにする。観測孔は、堤頂部の利用状況を踏まえ、堤頂部の通行や草刈りなどに支障のない位置に設ける。参図-3.10.1 には、堤頂部の通行を考慮し、下流法肩に設置するとした図を示す。なお、観測孔は、基礎地盤まで到達させると基礎地盤に被圧帯水層がある場合、被圧水の影響で水位が上昇する可能性がある。また、不圧帯水層がある場合、堤体内の水が抜けてしまう可能性があることから、正確な浸潤線を測れない可能性がある。このため、観測孔は基礎地盤まで到達させず、基礎地盤の上で止めることを原則とする(ただし、堤体内水位の状況に応じて深度を調整する)。

観測孔は、ベントナイト系遮水シートの下流側に鉛直ボーリングを1箇所行い、観測孔仕上げを行う。常時観測のための水位計が設置可能な場合は、孔内水位とため池貯水位を観測できるようにする。常時観測のための水位計を設置しない場合は、孔内水位と、ため池貯水位を合わせて観測する。この場合、降雨の影響により堤体内水位が上昇する可能性があるため、晴天がある程度続いた日に観測を行うことが望ましい。

なお、観測した水位は設計値との整合を確認するものではなく、設計値と大きく異なる場合に堤体安定性に及ぼす影響が大きいと、結果に応じて堤体安定性について検討の要否を確認するために行うものである。設計値と違うことがただちに大きな問題ではないことに留意する(参考資料 4.6 よくあるお問い合わせを参照)。



参図-3.10.1 観測孔設置位置(例)

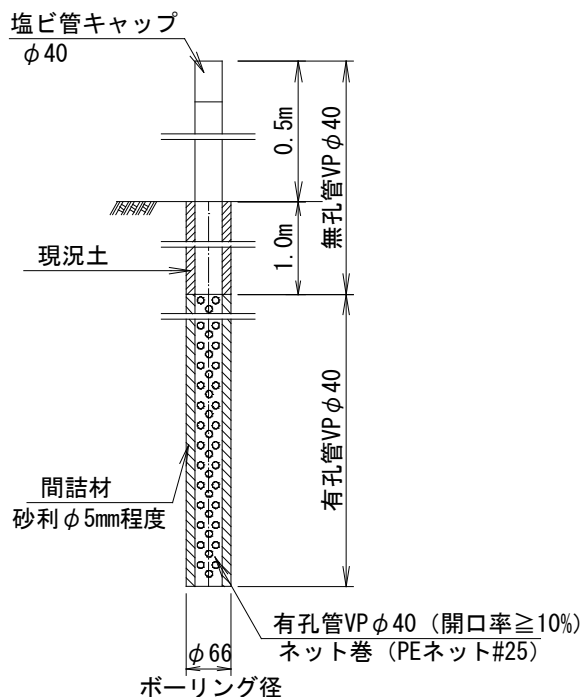
(参考1) 観測孔仕上げについて

ボーリングによる観測孔については、目詰まりを防止するため、**参図-3. 10. 2**の仕様を標準とする。

参考資料：「地下水調査のための観測孔の仕上げ方マニュアル(案) Ver2015. 8」²⁶⁾ (地温調査研究会)

草刈りなどで塩ビ管の破損のおそれがある場合、立ち上がり部を鋼管（白管）で保護するなどを検討すること。また、設置に当たっては次に示すような点に留意すること。

- ・ **参図-3. 10. 2** では観測孔底面から天端下 1m までの全長を有孔管としているが、堤体内に不透水帯がある場合、堤体内部に宙水がある可能性があり、その場合本来の浸潤線より高い水位を観測してしまう可能性がある。このような場合には有孔管の範囲を狭くするなど調整すること。
- ・ 堤体土の透水係数が高い場合、天端から 1m の区間を現況土で充填すると降雨が観測孔に浸透してしまい、本来の浸潤線より高い水位を観測してしまう可能性がある。このような場合には降雨浸透の影響を防ぐことができるよう、現況土ではなく、粘性土で充填するなど調整すること。
- ・ 天端付近の塩ビ管周辺において、風等の影響で隙間が発生し、降雨が塩ビ管を沿って堤体内に浸透するおそれがあることから、現況土または粘性土で充填する際に、入念に充填すること。



参図-3. 10. 2 観測孔仕様例

(参考2) 孔内洗浄について

観測孔が目詰まりをした場合には、次のような孔内洗浄を行うものとする。

- ①ベラー等による緩慢な繰り返し揚水洗浄
 - ②送気（エアリフト）洗浄
 - ③送水洗浄
- ①ベラー等による緩慢な繰り返し揚水洗浄

ベラーまたは、簡易なポンプ等により観測孔内の水を外へ汲み上げる（揚水する）ことにより

周辺からの地下水を呼び込み、揚水作業を繰り返すことにより孔内を洗浄する方法。ベラーの上げ下げは、人力やコーンブリーを用いるなどの方法で実施する。なお、ベラーを急激に引き上げることにより孔内に負圧が発生しないように注意が必要である。

②送気（エアリフト）洗浄

コンプレッサー等を用いて観測孔内にエアを送り込むことにより、空気の気泡によって孔内を洗浄する方法。エアを送り込むホースは、単なる一重管やエアを送り込むホースと孔内水を排除するホースの二重管構造としたものなどが用いられる。観測孔の径に対して、エアの圧力が高すぎるとホース自体が孔外へ排出されてしまうため、圧力設定については注意が必要である。また、エアリフトをかける深度は、一定の深度に止めるのではなく、洗浄を実施する区間全体に上下させるのが効果的である。

③送水洗浄

ポンプ・ホース等を用いて清水を孔内に注入し、その水流により孔内を洗浄する方法。この場合も、ホース先端は一定の深度に止めるのではなく、洗浄を実施する区間全体に上下させるのが効果的である。

(2) 観測頻度について

前項で設定した観測項目について、目視確認が可能な項目（①浸透量（漏水量）、②堤体の変状（ひび割れ）、③堤体のすべり、④その他）は、ため池管理者が行う日常管理でできるだけ行うことが望ましい。②堤体の変状（沈下）、⑤堤体内浸潤線は、観測機器が必要なため、専門技術者等が行う必要があり、ため池サポートセンターや業務委託等による維持管理計画を整備し、観測頻度を設定することが望ましい。

参表-3.10.1 に、改修工事中から工事完了後において②堤体の変状（沈下）、⑤堤体内浸潤線の望ましい観測頻度（例）を示す。なお、第1期については、堤体工事完了後～制波工施工前の期間を、第2期については工事完了後に測定することを想定している。特に、堤体内浸潤線の第1期の観測頻度の目安は、少なくとも試験湛水開始前に1回、満水となってから1週間後に初期値として1回観測すると共に、その他工事完成までは必要に応じて（例：満水直後、満水となってから1ヶ月後、下流法面に漏水と思われる湿润状況が確認されたとき、等）測定することが望ましい。第2期では**参表-3.10.1**に記載の頻度で必ず観測を行うことが望ましい。

これらの観測は、以前の観測と水位の比較ができ、異常がないかを管理することが目的である。このため、第2期では過去の測定と時期（天候）や池内水位をそろえることが重要である。

なお、ため池が位置する市町で震度5以上の地震が観測された場合や、大雨特別警報に係る大雨が発生した場合等は、表に示す観測頻度に関わらず緊急点検を行うことが望ましい。

参表-3.10.1 管理期間の区分とそれに応じた観測頻度（例）

管理期間 の区分	管理区分の定義	観測の頻度の目安		観測者
		沈下	浸潤線	
第1期	堤体盛土完了後試験湛水 開始から制波工施工前	湛水開始前に1 回、その後は必	湛水開始前に1回、満 水1週間後に1回、そ	工事発注者、 調査請負業者

		要に応じて実施	の他は必要に応じて実施	工事施工業者等
第 2 期	工事完了後	1～5 年に 1 回	1～5 年に 1 回	定期点検実施者等

第4章 参考資料

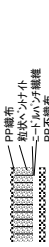
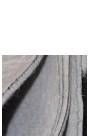
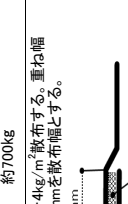
4.1 添付資料

添付資料として、次の資料を添付する。

添付資料①：(参考) 補強型ベントナイト系遮水シート マニュアル対応製品一覧

添付資料②：(参考) シート基盤の平滑性についての事例集

添付資料① 補強型ベントナイト系遮水シート マニユアル対応製品一覧(1/2)

項目	供給会社 製品名	株式会社ホーゲン		株式会社ポルクレイ・ジャパン	
		国内供給会社 (左から50音順)		Mineral Technologies (米国・中国・ポーランド他)	
形式	製品名	Solmax (米国)		Mineral Technologies (米国・中国・ポーランド他)	
		ベントライナー-NWH		ベントクレイ・マツST ※	
構造	製品名	3層構造 ニードルバンチ補強型(顆粒状)		4層構造 ニードルバンチ補強型(顆粒状)	
					
製品写真	製品概要				
		顆粒状のベントナイトを充填させ、ポリプロピレン不織布で挟み、ニードルバンチ加工によって一体化したシートに高密度ポリエチレンシートを貼り付けた製品。		顆粒のベントナイトを不織布と織布で挟み込み、ニードルバンチにより固定した構造。	
製品厚み	m当たり製品重量 (目安)	6.5mm以上		6.4mm以上	
		6～7kg		6～7kg	
製品幅・長さ 1ロールの重量	重ね部への副資材散布量	2.3m×45.7m 約700kg		①5m×20m ②2.5m×20m ③1m×5m ①約700kg ②約350kg ③35kg	
					
構造物との接合部	法面部	法面部 1:2.0よりも急勾配の場合、ベントナイトをベースシート状にしたものを使用する。目安の配合量、ベントナイト1:水3の体積割合で混合・増粘したものを使用。 メーカーによっては、専用副資材もあるため別途打合せ協議を行う。		法面部 1:2.0よりも急勾配の場合、ベントナイトをベースシート状にしたものを使用する。目安の配合量、ベントナイト1:水3の体積割合で混合・増粘したものを使用。 メーカーによっては、専用副資材もあるため別途打合せ協議を行う。	
		構造物との接合部は、重ね幅全面にわたり副資材ベントナイトあるいはベントナイトペーストを散布する。1㎡当たりの散布量は、水平部に準拠する。		構造物との接合部は、重ね幅全面にわたり副資材ベントナイトあるいはベントナイトペーストを散布する。1㎡当たりの散布量は、水平部に準拠する。	

※製品名に※印を付けている製品は、マニユアルの8に示すベントナイト・高密度ポリエチレン補強型(HDPE)タイプの製品であり、湧水が多い現場や降雨による影響が大きい現場で用いられる。フィルム付き製品は製造元によっては、通常製造していない場合もあり、最低納付数量が規定されている場合などもあるため、製造条件や在庫、供給可否などを各メーカーに確認する必要がある。

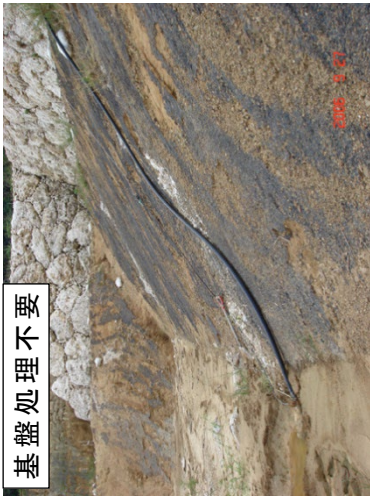
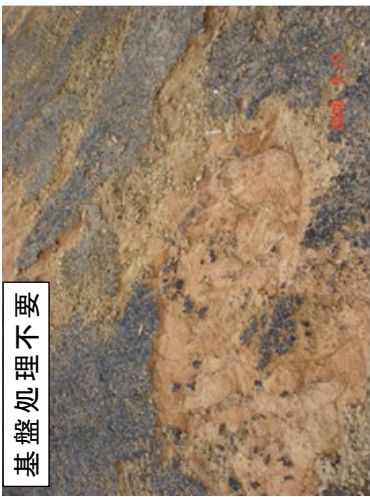
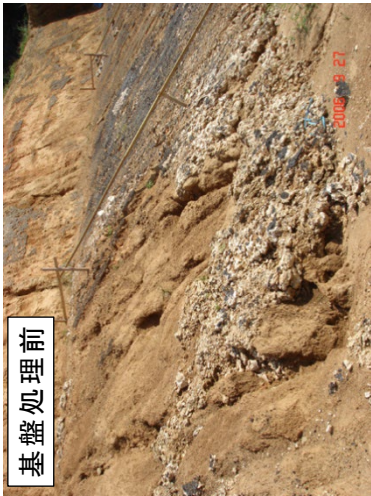
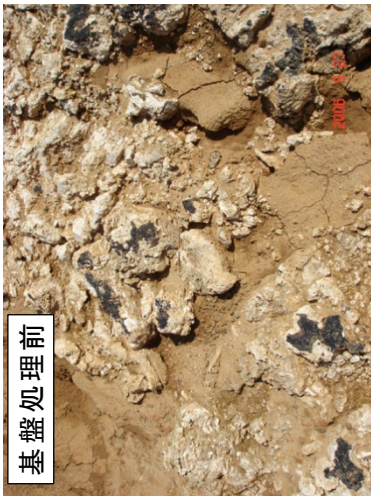
添付資料① 補強型ベントナイト系遮水シート マニユアル対応製品一覧 (2/2)

項目	供給会社 製品名	前田工織株式会社		丸紅テツゲン株式会社	
		HUESKER(ドイツ)		Naue (ドイツ、マレーシア)	
		製品名	テクトシール	ナベント	ベントフィックス
形式		3層構造 ニードルパンチ補強型(顆粒状)	4層構造 ニードルパンチ補強型(顆粒状)	3層構造型ステッチポイント補強型(粉状)	3層構造 ニードルパンチ補強型(粉状)
構造					
製品写真					
製品概要		顆粒状のベントナイトを充填させ、ポリプロピレン織布とポリプロピレン不織布で挟み、ニードルパンチ加工によって一体化したシート。	顆粒状のベントナイトを充填させ、ポリプロピレン織布とポリプロピレン不織布で挟み、ニードルパンチ加工によって一体化したシート。	通気性フェルトに粉状のベントナイトを充填し、2枚の織布で挟んで縫合・接合 (ステッチポイント) したシート。	粉状のベントナイトを不織布と織布で挟み込み、ニードルパンチ加工により一体化した構造。ニードルパンチ加工にもベントナイトが充填されており、不織布内にもベントナイトが充填されている。縫合せ部でも連続したベントナイト層を形成する。
製品厚み		6mm以上	6mm以上	7mm以上	6mm以上
m ² 当り製品重量 (目安)		4.8kg	4.8kg	5.5kg	5kg
製品幅・長さ 1ロールの重量		2.5m × 40m、5.1 × 20m 約600 kg	2.5m × 40m、5.1 × 20m 約600 kg	2.5m × 30m、5.1m × 15m 約600 kg	①2.4m × 25m ②4.8m × 25m、40m ① 約350kg ② 約700kg、約1000kg
重ね部への副資材散布量	水平部				
	法面部				
構造物との接合部		法面部 12.0よりも急勾配の場合、ベントナイトをベース状にしたものを使用する。目安の配合量: ベントナイト1: 水3の体積割合で混合・攪拌したものを使用。 メーカーによっては、専用副資材もあるため別途打合せ協議を行う。			
構造物との接合部		構造物との接合部は、重ね幅全面にわたり副資材ベントナイトあるいはベントナイトペーストを散布する。1m ² 当たりの散布量は、水平部に準拠する。 ※ 製品名に※印を付けている製品は、マニユアルp.8に示すベントナイト・高密度ポリエチレン樹脂 (HDPE) タイプ補強型の製品であり、湧水が多い現場や降雨による影響が大きい現場で用いられる。フィルム付き製品は製造元によっては、通常製造していない場合もあり、最低保証数量が規定されている場合などもあるため、製造条件や在庫、供給可否などを各メーカーに確認する必要がある。			

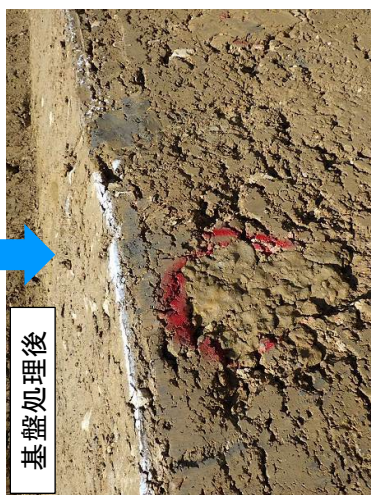
添付資料② シート基盤の平滑性についての事例集

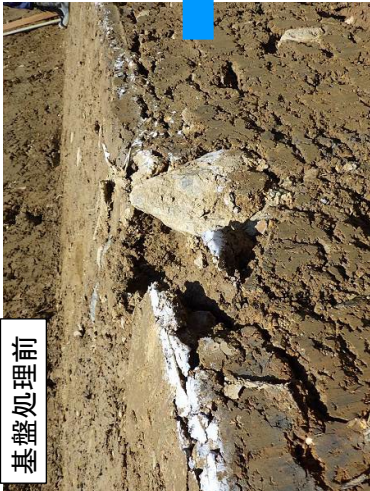
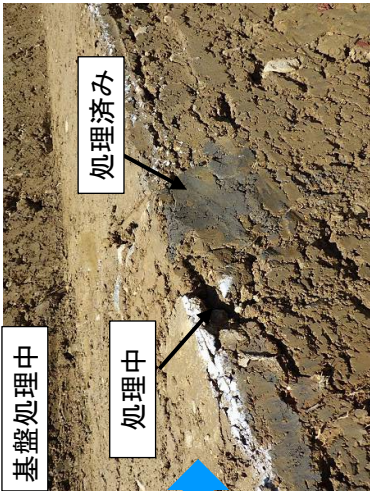
事例番号	基盤の状況		現場での対応
1	 基盤処理前	 基盤処理前	法面部が礫質地盤であり、不陸状態を測定したところ、W1100mmあたりに97mmの凹凸が確認された。
2	 基盤処理前	 基盤処理後	地山との取り合い箇所には岩盤が露出し、凹凸が200mm以上あった。 表面にモルタル吹き付けを行い、平滑性を確保した。

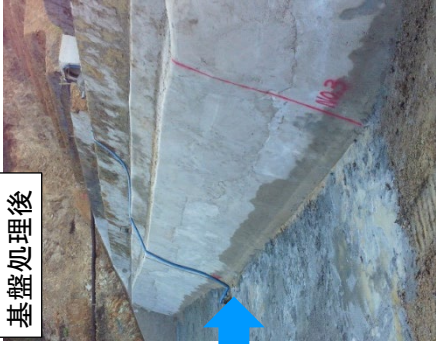
事例番号	基盤の状況		現場での対応
3	基盤処理前  基盤処理後 	角礫が多い下地で凹凸が100mm以上あった。	表面を部分的にモルタル充填を行い、不陸調整を行った。
4	基盤処理前  基盤処理中  基盤処理後  すりつけた後に、もう1枚シートを貼り付ける。	法面に直径1m程度の岩塊が基盤に残存していた。	切り目を入れたシートを設置し、岩にすりつけ、その後もう1枚シートを上から貼り付けた。

事例番号	基盤の状況				現場での対応
5	 基盤処理不要	 基盤処理不要	大きな凹凸はなく、 整形で対応可能な事 例。	基盤整形で対応。	
6	 基盤処理前	 基盤処理前	礫が露出し、凹凸が 50mm以上あった。	表面礫層のモルタルによる均し、 ソイルセメントによる表層の基盤 整形を行った。	
	 基盤処理前				

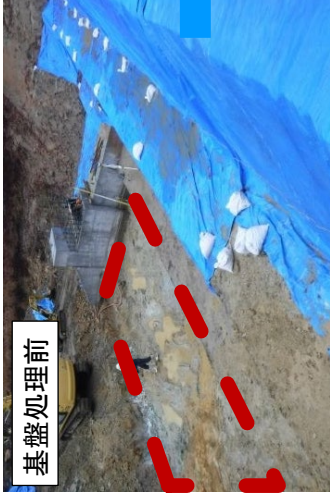
事例番号	基盤の状況			現場での対応
7			大きな凹凸はなく、整形で対応可能な事例。	基盤整形で対応。
8			大きな凹凸はなく、整形で対応可能な事例。	基盤整形で対応。
9			大きな凹凸や礫がなく、整形で対応可能な事例。	基盤整形で対応。

事例番号	基盤の状況		現場での対応
10	基盤処理不要 	 左と同じ地盤だが、窪みをコンタクトクレイで充填	現場での対応 部分的な窪みをコンタクトクレイで充填。
11		窪み部拡大：基盤処理前  基盤処理後 	部分的に大きな礫が混じっている地盤であり、それを取り除いた部分が窪みになっている。 窪み部をコンタクトクレイで充填。

事例番号	基盤の状況			現場での対応
12	 基盤処理前	 基盤処理中 処理中 処理済み	部分的に大きな礫が混じっている地盤であり、それを取り除いた部分が窪みになっている。	窪み部をコンタクトクレイで充填。
13	 基盤処理前	 基盤処理後	角礫が多い下地で凹凸が100mm以上あった。	法面全面にモルタル平滑処理を行い、不陸調整を行った。
14	 基盤処理前	 基盤処理後	角礫が多い下地	モルタル平滑処理及びコンタクトクレイ処理を行い、不陸調整を行った。

事例番号	基盤の状況	現場での対応
15	 基盤処理前  基盤処理後 	角礫が多い下地 モルタル平滑処理を行い、不陸調整を行った。
16	 基盤処理前  基盤処理後 	角礫が多い下地 モルタル平滑処理を行い、不陸調整を行った。

事例番号	基盤の状況		現場での対応
17			床掘面をコンタクトクレーンで基盤処理を行った事例。

事例番号	基盤の状況		現場での対応
18	 基盤処理前	 基盤処理後	コンタクトレイで凹凸面を埋め、整形した後、ベントナイト系遮水シートを設置した。
19	 ベントナイト混合土製造	 基盤の処理	凹凸が部分的であったため、ベントナイト混合土を製造し、それを埋めて凹凸部の処理を行った。
	 基盤の処理	 基盤の処理	

4.2 特記仕様書案

次頁以降に特記仕様書案を示す。

ため池ベントナイトシート工法 特記仕様書（案）

1. 総則

ベントナイトシート工法により施工を行うため池については、「全国ため池ベントナイトシート工法設計・施工マニュアル」に準拠して施工を行うこと。

2. ベントナイト系遮水シートに関する仕様

①ベントナイト系遮水シートの構造：

ベントナイトを織布・不織布等の基布で挟み・固定し一体化させた補強型のベントナイト系遮水シートであること。なお、補強タイプはニードルパンチ型およびスティッチボンド型を対象とし、日本遮水工協会 製品認定審査証明取得品とする。

②ベントナイト系遮水シートの性能：

ベントナイト系遮水シートの性能規格は、下表のとおりとする。

表 ベントナイト系遮水シートの性能規格値

項目	試験方法	規格値
ベントナイト質量	ASTM D 5993	4 (kg/m ²) 以上
膨潤力	JBAS-104-77	20 (ml/2g) 以上
透水係数	ASTM D 5887 及び JGS0312	5×10^{-11} (m/s) 以下
引張強度	JIS L 1096	タテ 9.5 (kN/m) 以上 ヨコ 9.0 (kN/m) 以上
安全性（溶出濃度）	環境庁告示第 13 号及び 排水基準総理府令 35 号 (https://www.env.go.jp/hourei/11/000178.html)	基準値以下

3. ベントナイト系遮水シート製品の搬入・保管について

- ・製品の保管場所は、平坦で水はけが良好な場所とする。
- ・製品保管の際には、製品が地面と直接接しないようにパレット等を用いて地面から浮かせた状態とし、水に触れないように設置する。また表面をブルーシート等により養生し、降雨・降雪対策を行うこと。
- ・製品を保管する際は、3 段積みまでとする。
- ・袋入りの乾燥ベントナイト等副資材については、降雨や湧水に濡れないよう対策を講じる。
- ・搬入時には、シートのロールに鋼管や単管パイプを通し、シートがしなり損傷を受けないように行うこと。

4. ベントナイト系遮水シートの施工について

(1) 敷設作業条件

- ・ 基本的には降雨および降雪時にシートの敷設を行ってはならない。
また、敷設後はブルーシート等により降雨により膨潤しないよう養生対策を行う。
- ・ 強風時には作業を中断し、敷設中のシートが飛ばないように対策を行う。
- ・ 適用気温は-20℃以上である。

(2) 敷設基盤について

- ・ 敷設基盤が軟弱地盤の場合は、改良材や置換等により改良する。
- ・ 敷設基盤状況について監督員の確認を得る。
- ・ 極端な凹凸、尖った石、木の根がないことを確認したうえでシートを敷設する。
- ・ 敷設面に窪みがある場合は、コンタクトクレイや改良材等を用いて、平坦にする。
- ・ 敷設面に湧水があった場合、釜場や排水路の設置等の湧水処理を行う。
- ・ 敷設面に水たまりや凍結、積雪がある場合、除去する。
- ・ 気温低く、霜柱が発生するおそれがある場合は事前に敷設基盤表面を養生する。
また霜柱が発生し、霜崩れなどの現象が敷設基盤に生じた場合は、敷設前に再度整形しなおす。

(3) 敷設と接合について

- ・ 製品は重量物のため、吊上げ・吊降ろし用玉掛け吊り具は事前に安全点検を行う。
また、クレーンを使用する場合は、ロールに鋼管や単管パイプを通してシートがしなり損傷を受けないように行うこと。
- ・ 敷設や接合作業は、シートの膨潤を防ぐため、晴天時など、乾燥した気象条件下での施工を基本とする。
- ・ 製品にしわ・折り目・たわみ・浮き上がり・隙間が生じないようにし、基盤に密着させて敷設する。
- ・ 接合部は標準接合幅 200mm 以上を確保し、副資材を散布または塗布する。接合部の重ね枚数は3枚以内に収める。
- ・ 製品敷設後は速やかに覆土工を行うか、ブルーシート等による養生を行う。

(4) 敷設後の覆土工について

- ・ 覆土材を捲き出す際は、接合部に土砂が入らないように注意する。
- ・ 製品上部に直接重機が走行してはならない。
- ・ シート近接部はタンバによる人力締固めを行う。
- ・ 敷均し後に締固め重機による急旋回・急発進・急停車は製品の破損と原因となる可能性があるため注意する。

- ・敷設中や覆土中に誤って重機等でシートに損傷を与えた場合、所定の方法で補修を行う。

5. 農業農村整備事業銘板の設置（ベントナイトシート工法）

(1) 目的

農業農村整備事業のPR、事業完了後の災害発生・更新事業・その他開発等の際に過去の実施事業等を早期に確認するため、工事完了時に銘板を設置する。

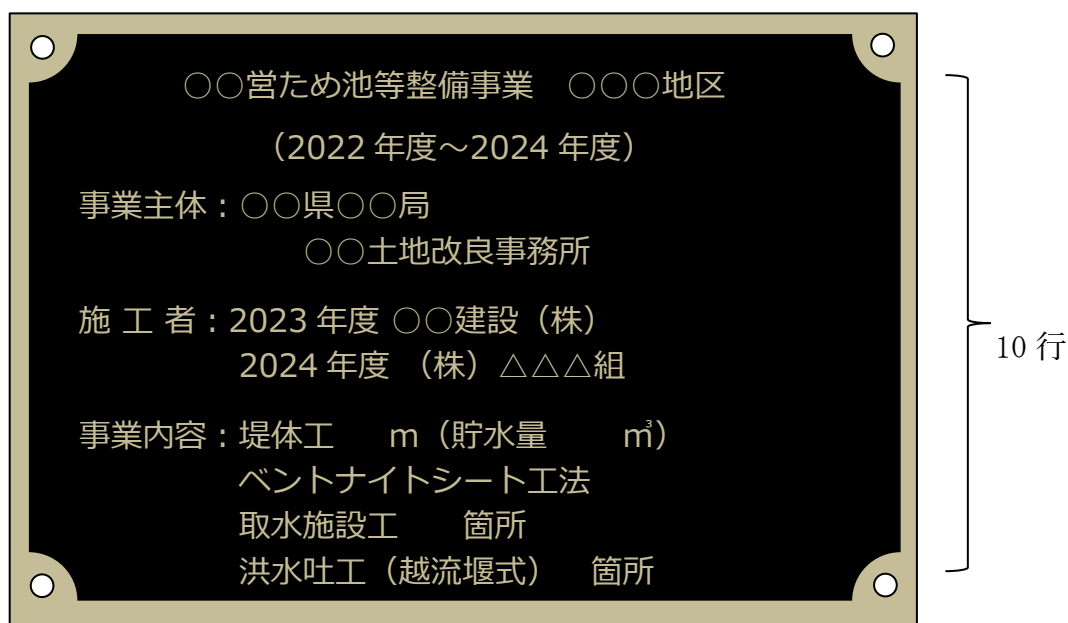
(2) 設置方法

設置箇所は、できるかぎり目立つ箇所とし、構造物などによって適宜判断する。

(3) 銘板規格

- ・ブロンズ製 200×300×13mm（標準サイズ）

なお、文字数が入らない場合は、適宜寸法を拡大する。



6. 観測点及び水位観測孔の設置

(1) 目的

ため池改修後の堤体の変状及び堤体内の浸潤線を計測できるよう、観測点と水位観測孔を設置する。

(2) 観測点の設置箇所について

観測点の設置は、設計図書の通りとするが、地山の不動点とベントナイト系遮水シート

より上流側ならびに下流側に観測点を 3 点設置する。

(3) 水位観測孔の設置について

水位観測孔は、設計図書で示された位置、深度で設置する。ボーリング（ノンコア）削孔し、塩ビ管を挿入して観測孔仕上げを行う。

※工事施工業者による観測を工事に含める場合

(2) 観測点の設置箇所、観測について

観測点の設置は、設計図書の通りとするが、地山の不動点とベントナイト系遮水シートより上流側ならびに下流側に観測点 3 点を設置する。

観測は、湛水開始前に 1 回、その他は以下の頻度で観測を行う。

（例：次のように、実際に観測を行う時期を仕様書内で規定する。）

- ・ 満水後 1 回
- ・ 満水後 1 週間後 1 回
- ・ 制波工施工時の落水前 1 回

(3) 水位観測孔の設置、観測について

水位観測孔は、設計図書で示された位置、深度で設置する。ボーリング（ノンコア）削孔し、塩ビ管を挿入して観測孔仕上げを行う。

観測孔設置後は、試験湛水開始前に 1 回、試験湛水後満水となってから 1 回、その他は以下の頻度で観測を行う。なお、観測は観測孔内水位と貯水位の 2 箇所を計測する。

（例：次のように、実際に観測を行う時期を仕様書内で規定する。）

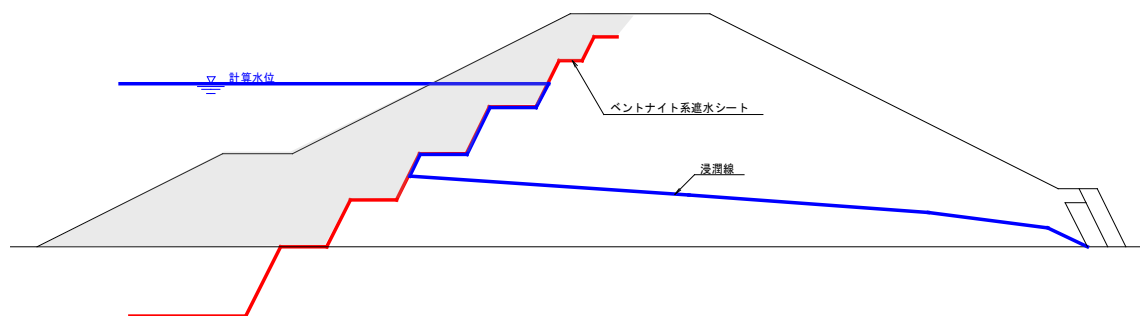
- ・ 満水後 1 回
- ・ 満水後 1 週間後 1 回
- ・ 制波工施工時の落水前 1 回

4.3 覆土部のセメント改良土の利用について

ベントナイト系遮水シートの上流側覆土の厚さ（シートの土被り）を決定するに当たって、2.4 ベントナイト系遮水シートの設置位置（4）必要土被り（シート上流側の覆土の安定計算）や2.6 ベントナイトシート工法を用いたため池堤体の安定計算方法に記載されているように、シート上流側の覆土および堤体全体の安定計算を行う必要がある。しかし、既設堤体土を流用した場合、覆土または堤体全体でレベル1地震動に対する許容安全率1.2以上を確保できないケースがあることが想定される。そのような場合には、購入土との経済比較を実施した上で、既設土にセメントを添加し、セメント改良土として覆土に利用してもよい。なお、セメントは過度に添加せず、現場目標改良強度は、 $100\sim 200\text{kN/m}^2$ 程度とする。土質材料にセメントを過度に添加することによって破壊ひずみが小さくなり、剛性の違いや周辺地盤との変形の相違によるクラックの発生が懸念されるため、留意する必要がある。

既往研究から、ベントナイト系遮水シートの覆土にセメント改良土を用いた場合の耐震性能について、動的遠心载荷実験から評価しており、その結果、覆土にセメント改良土を用いたケースにおいては、未改良土のケースと比較して、天端の沈下抑制効果や上流側法尻部のはらみ出しが抑制されることが明らかとなっている²⁷⁾。

覆土にセメント改良土を用いる場合の安定計算手法や浸潤線の設定は、2.4および2.5、2.6に準拠するものとする。



参図-4.3.1 ベントナイトシート工法（セメント改良土を用いた場合）

4.4 学術論文等（引用文献）

- 1) 澤田 豊, 中澤博志, 片岡沙都紀, 小林成太, 小田哲也, 古林智宏, 澁谷 啓, 山下拓三, 谷 和夫, 梶原浩一, 河端俊典 (2016) : 前刃金工法及び遮水シート工法により改修されたため池堤体の実大規模振動実験, ジオシンセティックス論文集, **31**, 167-174.
- 2) 小田哲也, 澤田 豊, 中澤博志, 小林成太, 澁谷 啓, 河端俊典 (2016) : 階段状に設置したベントナイト系遮水シートがため池堤体の地震時挙動におよぼす影響, ジオシンセティックス論文集, **31**, 175-182.
- 3) 中澤博志, 澤田 豊, 小田哲也, 古林智宏, 小林成太, 河端俊典, 澁谷 啓, 片岡沙都紀, 山下拓三, (2017) : 実大規模振動実験におけるため池堤体の残留変形調査, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), **73**(4), I_815-I_826.
- 4) Sawada, Y., Nakazawa, H., Oda, T., Kobayashi, S., Shibuya, S. and Kawabata, T. (2018) : Seismic performance of small earth dams with sloping core zones and geosynthetic clay liners using full-scale shaking table tests, *Soils and Foundations*, **58**(3), 519-533.
- 5) Sawada, Y., Nakazawa, H., Take, W.A. and Kawabata, T. (2019) : Full scale investigation of GCL damage mechanisms in small earth dam retrofit applications under earthquake loading, *Geotextiles and Geomembranes*, **47**(4), 502-513.
- 6) Jeong, K., Shibuya, S., Kawabata, T., Sawada, Y. and Nakazawa, H. (2020) : Seismic performance and numerical simulation of earth-fill dam with geosynthetic clay liner in shaking table test, *Geotextiles and Geomembranes*, **48**(2), 190-197.
- 7) Sawada, Y., Nakazawa, H., Take, W.A. and Kawabata, T. (2019) : Effect of installation geometry on dynamic stability of small earth dams retrofitted with a geosynthetic clay liner, *Soils and Foundations*, **59**(6), 1830-1844.
- 8) 農林水産省農村振興局整備部 (2015) : 土地改良事業設計指針「ため池整備」, 農業農村工学会.
- 9) SI Corporation(1996) : The Durability of Polypropylene nonwoven geotextiles for waste containment applications
- 10) 日本遮水工協会 (2019) : 廃棄物最終処分場 遮水工技術・施工管理マニュアル.
- 11) 農林水産省農村振興局整備部 (2021) : 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」, 農業農村工学会.
- 12) 社団法人日本道路協会 (2010) : 道路土工 盛土工指針 (平成 22 年度版)
- 13) 株式会社ボルクレイジャパン環境・建設資材部 (2022) : ベントナイト系遮水シート (ボルクレイ・マット) 農業用ため池堤体への設計要領 第四版.
- 14) 佐々木貴, 川口貴之, 川尻峻三, 澁谷 啓 (2015) : ベントナイト系遮水シートと土の摩擦抵抗に関する実験的検討, ジオシンセティックス論文集, **30**, 133-140.
- 15) 農林水産省農村振興局整備部 (2014) : 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」, 農業農村工学会.
- 16) 吉武美孝, 小林範之 (2018) : ため池改修におけるコンクリート構造物と堤体盛土との接合部での漏水問題, 水土の知, **86**(8), 715-720
- 17) Sawada, Y., Arita, J., Omori, M. and Kawabata, T.(2021) : Damage characteristics of conduits in irrigation earth dams, *Paddy and Water Environment*, 19(1), 239-247.

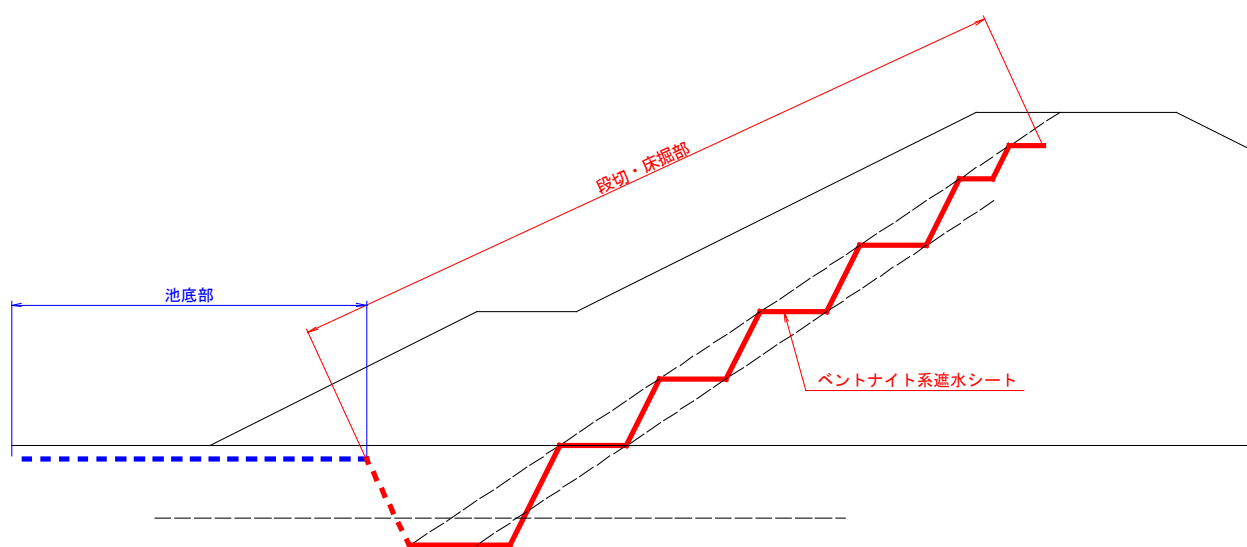
- 18) 澤田 豊, 眞木 陸, 神信浩一, 谷本幹夫, 中澤博志, 河端俊典 (2019) : ジオシンセティッククレイライナーを用いて改修されたため池堤体の現地水位計測, 農業農村工学会論文集, **309**, I_357-I_363.
- 19) 澤田 豊, 松本 赴, 井上和徳, 浦部朋子, 河端俊典 (2021) : ジオシンセティッククレイライナーが敷設されたため池堤体の浸潤線設定方法の提案, 農業農村工学会論文集, **313**, I_363-I_369.
- 20) 福田秀夫 (1956) : 傾斜心壁型フィルタイプダム of 浸潤線・透水量に関する研究, 鹿島建設技術研究所出版部.
- 21) 松本 赴, 澤田 豊, 清水正義, 河端俊典 (2022) : ため池設計における堤体内の浸潤線設定方法の改良について, 農業農村工学会論文集, **315**, I_259-I_266.
- 22) 国土技術研究センター (2012) : 河川堤防の構造検討の手引き (改訂版)
- 23) 農林水産省農村振興局 (2003) : 土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」, 農業土木学会.
- 24) 農林水産省農村振興局 (2021) : 地震後の農業用ため池等緊急点検要領
- 25) 農林水産省農村振興局 (2021) : 大雨特別警報時の農業用ため池緊急点検等要領
- 26) 地温調査研究会「地下水調査のための観測孔の仕上げ方」検討委員会 (2015) : 地下水調査のための観測孔の仕上げ方マニュアル (案) Ver. 2015. 8 月
- 27) Sawada, Y., Izumi, A., Hori, T., Abe, H., and Ikebata, R. (2023) : Modelling a geosynthetic clay liner in a centrifuge and its application to the dynamic stability of small-sized earth-fill dams, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **175**, 108258.

4.5 参考歩掛

次頁以降にベントナイトシート工法にて施工する場合のシート敷設にかかる参考歩掛を示す。

なお、歩掛は、一般的なため池に適用する段切り・床掘部の歩掛と、人工ブランケットや池底全面にシートを設置する場合の池底部の2種類の歩掛を過去の実績を踏まえて区分した（参図-4.5.1）。数量は、この区分に応じて算出することとする。

なお、歩掛ではバックホウによる敷設とラフテレーンクレーンによる敷設の2パターンの施工歩掛を記載している。重機の選定については、現場条件を踏まえて行うこととするが、基本は、急勾配部や狭小な地形でも作業が可能なバックホウを選定することとする。堤高が高い場合や床掘範囲が広く、バックホウではシートの吊り下げが届かない範囲がある現場や、バックホウが盛土上部で移動・吊り下げができない場合等、バックホウでの施工に支障があるような現場ではラフテレーンクレーンを採用する。



参図-4.5.1 数量区分範囲図

ベントナイトシート工法におけるシート敷設参考歩掛

ベントナイトシート敷設工内訳書(バックホウ使用)

名称	品番・規格	単位	数量	単価	金額	摘要
敷設工(段切・床掘部)		m ²	300	4,940	1,482,000	1号単価表
敷設工(池底部)		m ²	500	4,440	2,220,000	2号単価表
構造物固定工	丸ワッシャー付きアンカー	m	80	4,370	349,600	4号単価表
合計					4,051,600	

(5,060 円/m²)

ベントナイトシート敷設工内訳書(クレーン使用)

名称	品番・規格	単位	数量	単価	金額	摘要
敷設工(段切・床掘部)		m ²	300	4,990	1,497,000	1号単価表
敷設工(池底部)		m ²	500	4,470	2,235,000	2号単価表
構造物固定工	丸ワッシャー付コンクリートアンカー	m	80	4,370	349,600	4号単価表
合計					4,081,600	

(5,100 円/m²)

※各単価は2023年3月時点の単価を用いており、実際に積算する場合は、その時点の単価を適用すること。

1号単価表

敷設工(段切・床掘部)100m²あたり単価表

名称	品番・規格	単位	数量	単価	金額	摘要
世話役		人	0.333	25,500	8,492	
特殊作業員		人	0.333	24,600	8,192	
普通作業員		人	2.000	21,600	43,200	
ベントナイトシート		m ²	120	3,400	408,000	ロス率20%を含む
副資材		%	1.0		4,080	材料費の1%
機械運転 バックホウ 又は クレーンを選択	バックホウ 標準型・クレーン機能付き ・排出ガス対策型(第2次) 山積0.45m3(平積0.35m3) 吊能力2.9t	日	0.333	36,810	12,258	3号単価表
	クレーンオペレータ付き 油圧伸縮ジブ型 25t吊り	日	0.333	51,000	16,983	
雑材料費	(吊り具、消耗品等)	%	17		10,180	労務費の17%
計	バックホウ使用				494,401	
	クレーン使用				499,126	
1m ² あたり	バックホウ使用				4,940	(円/m ²)
	クレーン使用				4,990	

※日当たり施工量 D=300 m²

※雑材料費は吊り具、軍手、カッター、土のう、養生シート、バケツ、タンク、コテなどの費用

2号単価表

敷設工(池底部)100m²あたり単価表

名称	品番・規格	単位	数量	単価	金額	摘要
世話役		人	0.200	25,500	5,100	
特殊作業員		人	0.200	24,600	4,920	
普通作業員		人	1.20	21,600	25,920	
ベントナイトシート		m ²	115	3,400	391,000	ロス率15%を含む
副資材		%	1.0		3,910	材料費の1%
機械運転 バックホウ 又は クレーンを選択	バックホウ 標準型・クレーン機能付き ・排出ガス対策型(第2次) 山積0.45m3(平積0.35m3) 吊能力2.9t	日	0.200	36,810	7,362	3号単価表
	クレーンオペレータ付き 油圧伸縮ジブ型 25t吊り	日	0.200	51,000	10,200	
雑材料費	(吊り具、消耗品等)	%	17		6,110	労務費の17%
計	バックホウ使用				444,322	
	クレーン使用				447,160	
1m ² あたり	バックホウ使用				4,440	(円/m ²)
	クレーン使用				4,470	

※日当たり施工量 D=500 m²

※雑材料費は吊り具、軍手、カッター、土のう、養生シート、バケツ、タンク、コテなどの費用

3号単価表

バックホウ(0.45m³クレーン付き2.9t吊)運転1日あたり単価表

名称	規格・品番	単位	数量	単価	金額	摘要
運転手(特殊)		人/h	1.00	20,500	20,500	
燃料費	軽油	リットル	31.0	139.0	4,309	
賃料	バックホウ クローラ型・クレーン機能付き・排出ガス対策型(第2次) 山積0.45m ³ (平積0.35m ³) 吊能力2.9t	共用日	1.20	10,000	12,000	
諸雑費		式	1		1	端数整理
計					36,810	

4号単価表

構造物固定工(丸ワッシャー付きアンカー固定)10 mあたり

名称	品番・規格	単位	数量	単価	金額	摘要
一般世話役		人	0.120	25,500	3,060	
特殊作業員		人	0.120	24,600	2,952	
普通作業員		人	0.760	21,600	16,416	
ベントナイトシート	(0.2 m×0.2 m) × 10 m	m ²	4.40	3,400	14,960	ロス率10%
副資材	ベントナイト副資材	%	35		5,236	本資材費の35%
固定資材・その他雑費	コンクリートアンカー(プレスアンカーφ4×25) 丸ワッシャー(M4.5×20) 発電機、ハンドミキサー、充電式ドライアドリル	%	5.0		1,121	労務費の5%
計					43,745	

(4,370 円/m)

※日当たり施工量 D=80 m

※必要に応じて計上する。

※副資材の散布量は基盤条件や各材料メーカーにより異なるため別途協議が必要である。

備考

- 遮水基盤の整地転圧、遮水シート上部の覆土および覆土工は含まない。
- 材料の小運搬は30m以内とする。
- シートの接合部処理幅は200mm以上必要。
- 施工面積にはシート端部埋め込み部の面積も含めること。
- 実際のロス率は現場条件により大きく異なる可能性があり、シート割付等によるロス率確認を行うことが望ましい。
工事の現場条件により出来形のロス率と歩掛上のロス率が大きく異なる場合は、監督員と協議すること。
- 配管工事、除草、湧水対策工事、シート端部掘削、埋め戻しは含まない。
- コンクリート構造物並びにパイプ部周囲等との処理工は含まない。
- 上記価格は直接工事費のみにて、諸経費は含まない。

4.6 よくあるお問い合わせ

項目	質問	回答
設計編	本マニュアルについて、堤高15m以下適用にできないか	本マニュアルにおける、ベントナイトシート工法の安全性の検証は10mまで完了していますが、10m～15mの堤高においては、実験的な検証が完了しておらず、個別の検証が必要です。検証方法として、例えば、前刃金工法とベントナイトシート工法の堤体模型を対象に遠心載荷実験等による比較検証により堤体の安全性を確認することが考えられます。 また、AA種については、L2地震動に対する耐震性能照査が必要となり、別途検証が必要です。
設計編	シート上流側の覆土厚は安定計算により決定するということであるが、事業計画書策定段階(安定計算等は行わない)の中で前刃金工法とベントナイトシート工法の経済比較を求められた場合、ベントナイトシート工法は安定計算を行って標準断面(比較断面)を決定されているのか。それともこれまでの施工実績から、安定計算を行わず、想定で断面を決定しているのか。	経済比較の段階で、標準断面(比較断面)を設定し、安定計算を実施して経済比較をすることが望ましいです。
設計編	張ブロックの真裏にベントナイトシート系遮水シートを敷設しても問題ないか	最小必要覆土は規定していませんが、張ブロックの真裏に入れた場合、浮き上がることが想定されます。 水平幅で1～2mを満足しないと浮き上がる危険性が高く、各社メーカーは最小覆土厚を50cmとしています。また、シートの劣化を考慮すると土中に敷設することが望ましいと考えます。
設計編	Eディフェンスを活用した模型実験や遠心載荷実験、現場試験を行った後のベントナイトの状態はどうだったか	現場試験では堤体内の水位を計測したものであり、シートの状態は観察していません。Eディフェンスの実験では、礫のめりこみは確認され、めりこみにより粘土厚さの減少は確認されましたが、漏水やシートの損傷はありませんでした。遮水機能が損なわれることはありませんでした。

		遠心はビニルシートで模擬しておりますが、特に実験後で損傷は認められませんでした。
施工編	シートの底面や背面の切り取り面で凹凸の整形に、モルタル等を利用した場合それらが割れてシートに悪影響を及ぼさないか。シートの柔軟性で吸収できるのか。	モルタル等の施工により、シートに悪影響を及ぼした事例は現在報告されていません。
施工編	シート設置面(基盤)の平滑性の確認は目視により確認するとされているが、礫などによる突起(凸部)は発見できても、もし局所的な軟弱部(凹部)が発生していた場合、目視での発見は困難であると思われる。また全面的目視確認となると監督員の負担や品質のバラツキも考えられ、今後の課題だと思われる。	凹凸を定量的に示すことは可能ですし、海外の基準はありますが、それらの方法を適応すると現場の負担が増加するので本マニュアルでは目視確認と記載しています。
施工編	「観測した水位は設計値との整合を確認するものではなく、設計値と大きく異なる場合に堤体安定性に及ぼす影響が大きいいため、結果に応じて堤体安定性について検討の要否を確認するために行うものである。設計値と違うことがただちに大きな問題ではないことに留意する」とあるが、どの程度(どのような状況)から大きな問題となるのか？また、実際大きな問題となった事例があれば教えていただきたい。	観測結果が大きな問題となった事例はありません。 また、観測事例がほとんどなく、堤体の安定性に影響を与える観測値と設計値の乖離の程度については解明されておらず、今後、ベントナイトシート工法を適用したため池について観測データを収集して検証します。
施工編	① ベントナイトシートによる堤体改修を行った場合でも、耐用年数は80年で良いのか。 ② 堤体寿命は設計上80年としているが、その期間を待たずして漏水するケースが出てくる。その場合、ボーリングにより調査を実施すると思うのですが、ボーリングで空いた穴を塞ぐ方法はあるか。塞ぐ方法がない場合、数十年後に行う調査方法は確立されているのか。 ③ ベントナイトシート工法によって改修したため池について、調査時に誤ってシート敷設位置にボーリング孔を開けてしまった場合はどのように対応すれば	① マニュアルp. 3に記載しておりますが、堤体内のベントナイトシートの耐用年数は80年を十分に有すると考えております。 ② 観測孔は閉塞せず、数十年後においても水位を観測することを想定しております。数十年後に調査ボーリングを行う場合、ベントナイトシートの敷設部以外の箇所においてボーリングの実施が望ましいと考えます。調査用のボーリング孔については従来と同様にモルタルで閉塞します。ただし、当初の設計時の地質情報をデータ管理することで、改めて数十年後にボーリング調査

	よいか。	を実施する必要が必ずしもあるとは限らないと考えます。 ③ 誤ってシート敷設位置にボーリング孔を設けた場合は、掘削した上でパッチワークのような補修の実施を想定しています。
施工編	維持管理時の異常確認等により、ベントナイト系シートの修繕が必要となった場合、どのような対応を行っているのか、または、行う予定であるのか。P42のように補修する場合と、シート一列取り換える場合等、補修方法の決まりはあるのか。	例えば兵庫県内でベントナイトシート工法が施工されたため池において、維持管理時に異常は確認されていません。 P. 42は施工時の補修方法についての記述であり、施工後の維持管理の補修方法ではありません。補修方法は今後の検討課題とします。