

技術報文

EPDM 系遮水シートのため池堤体表面遮水工への適用

三ツ星ベルト（株）建設資材事業部 井場 道夫

1. はじめに

農業用ため池の整備を行うにあたり、堤体、洪水吐、取水施設等各施設毎に設計が必要であるが、堤体の設計が最も重要となる。

ため池に求められる機能として池内の水を池外へ流出させない遮水機能がある。

一般的に堤体へ遮水機能を持たせるために、遮水性材料（鋼土）を堤体内へ入れる傾斜遮水ゾーン型の形式が採用されている。

しかし、整備するため池周辺に良質な遮水性材料が無く入手が困難な場合、表面遮水壁型（以下、表面遮水工という）が採用されている。

本報文では表面遮水工が採用された際に、最も採用実績の多い遮水シート工法（EPDM 系遮水シート）の設計手法等について紹介する。

2. 表面遮水工設計の基本事項

表面遮水工を設計する場合、水密性、波圧、水圧、揚圧力、斜面勾配、不同沈下、維持管理時の作業荷重及び植物等による遮水シートの損傷に対する安全性等を考慮しなければならない。表面遮水工に用いる遮水シートには、合成ゴムシート、合成樹脂系シート、アスファルト系等があり、それぞれの特徴、特性を十分に考慮しなければならない。

また、遮水シート背面の基礎、基層が受け持つ役割は大きく、遮水シートを外力から保護するための全面的保護工とともに、使用材料の特性を考慮に入れながら検討する必要がある。

外力の中でも、揚圧力に対しては、遮水シート材料自体による抵抗力は望めないため、揚圧力に対抗できる押さえ盛土の施工、又は発生を抑制するための基礎、基層での処理（ドレーン、エア抜き等）が特に必要である。

表面遮水工を設計する際に必要となる構造物の例を図-1 に示す。

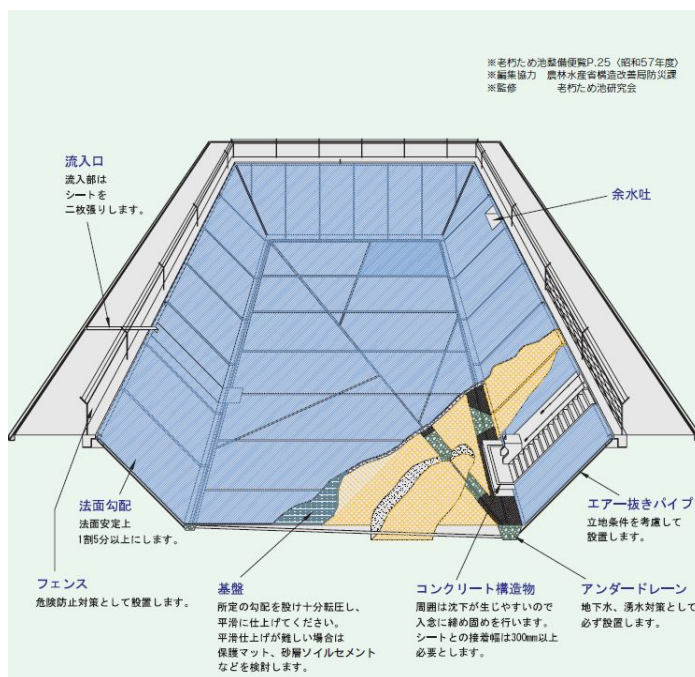


図-1 表面遮水工設計時必要構造物例

3. 基礎地盤の設計

遮水シートの基盤は、必要な支持力と平滑性を有する物でなければならない。特に平滑性においては現場発生土を使用する機会が多く、平滑性の確保が困難な場合、別途ジオテキスタイル（不織布）等の緩衝層を設ける必要がある。基礎地盤の断面例を図-2に示す。

4. 法面勾配と安定性

遮水シートの法面における滑動、および引張伸びについての安定性は、遮水シートと下地との摩擦係数、シート引張強度により決定される。また、最大法面長は20m程度とし、法面長が長い場合には、遮水シートを天端以外の法面での固定、小段の設置等の検討も必要である。

法面勾配は基礎地盤土の自然安定勾配以下とする必要がある。水深の浅い場合（2m前後）では法面勾配1:1.5程度でも安定する場合が多いが、水深が深く法面高が高くなる場合では、土が飽和状態になることを想定した法面の安定性を検討し、1:2.0より緩やかな勾配とする必要がある。遮水シートの法面勾配例を表-1に示す。

5. 背圧対策工

遮水シート工においては、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）に対するシートのフクレ防止対策を検討しなければならない。

(1) 地下水等に関する対策

地下水、湧水対策として、アンダードレーンを設置する。設置ピッチやドレーンパイプの径は、湧水量等により適宜検討の上決定するが、一般的な例としては、設置ピッチ10~40m、パイプ径φ50~300mm、設置勾配1/50~1/100等が多く見られる。一般的なドレーンの設置断面を図-3に示す。

(2) エア、ガスに関する対策

腐植土層からの発生ガス、あるいは、地下湧水により押し上げられる空気の排出には、有孔管パイプのエア抜き装置を設置する。

エア抜きパイプはドレーンに直結することを基本とする。

設置ピッチは10~40m、パイプ径φ25~50mmとし、法面勾配にあわせ設置する。エア抜き設

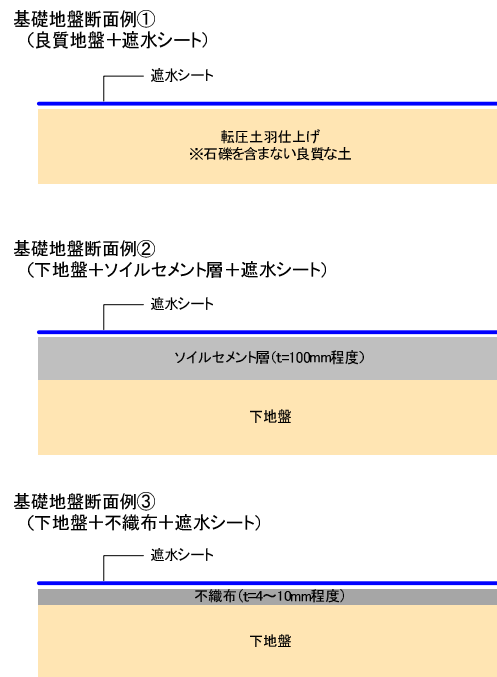


図-2 基礎地盤断面例

表-1 遮水シートの一般的な法面勾配例¹⁾

堤高 H	一般的な盛土法面勾配	一般的な切土法面勾配
5 m 以下	1:2.0	1:1.5~1:2.0
5~10 m 以下	1:2.0~1:2.5	1:1.8~1:2.0
10~15 m	1:2.0~1:3.0	1:2.0

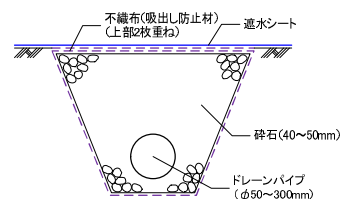


図-3 ドレーンの断面例

置例を図-4、設置断面を図-5に示す。

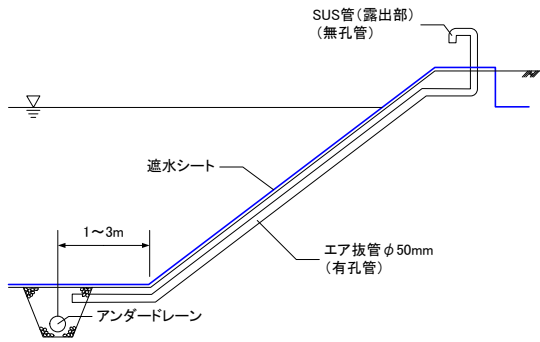


図-4 エア抜き設置例

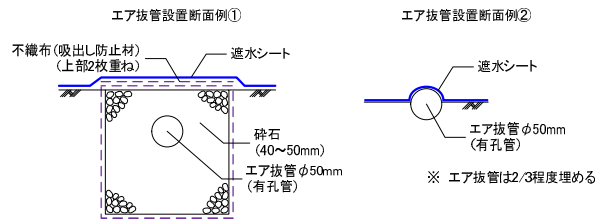


図-5 エア抜き設置断面例

6. 遮水シートの根入れの検討

表面遮水工を設計する場合、主のため池改修の場合が多いが、堤体部のみ表面遮水工を施す場合がある。

基礎地盤等の基本的な設計ポイントは変わらないが、堤体部のみの遮水の場合、ため池全面遮水工にはない堤体法尻部及び側面部において遮水シートの根入れの設計が非常に重要となる。

遮水シートの根入れは、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、十分な長さとし、十分な深さを確保しなければならない。

(1) 根入れ長さ（浸透路長）の考え方

遮水シートの根入れ長さ L_S は、遮水ゾーン型工法における長さ L_C に対し、

$$L_S \geq L_C$$

とすることが、一つの目安といえる（図-6参照）。

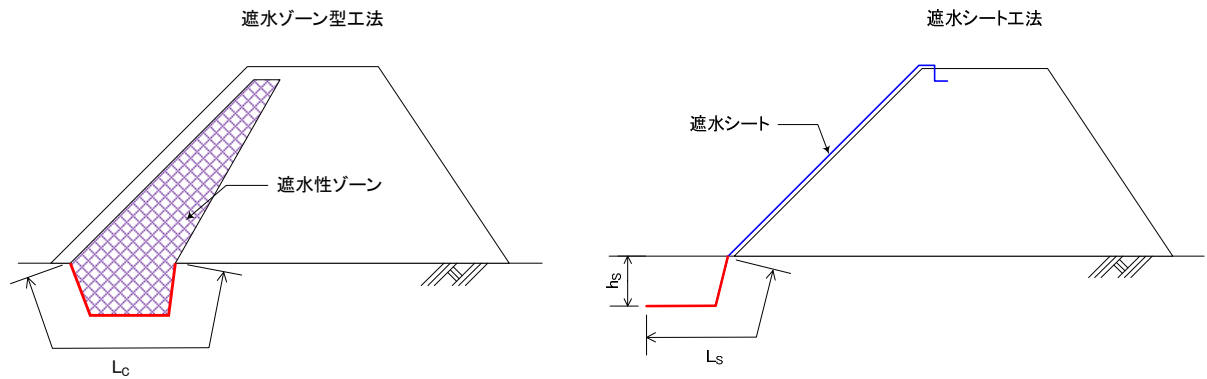


図-6 遮水シートの根入れ長さの考え方

また、遮水シート根入れ後の埋め戻しは浸透路長不足に対し安全を考慮して、図-7に示すように、発生土等に対しセメント分を3~8%程度添加した改良土で埋め戻すことが望ましい。

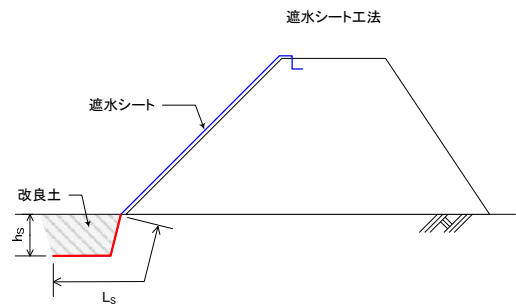


図-7 根入れ部埋め戻しイメージ

(2) 根入れ深さの考え方

基礎地盤の水平方向と鉛直方向の透水係数の相違が大きい場合、適切な根入れ深さの確保も大切である。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表-2¹⁾示す。

表-2 根入れ深さの参考値

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

(3) 堤体側面部根入れの考え方

堤体側面部においても、根入れは必ず必要となる。

側面部掘削根入れの場合において考え方のイメージを図-8に示す。側面部法尻部は法尻部同様の L_s を確保する必要がある。浸透路長は水圧と比例関係にあることより、高さが天端に向かうにつれ、短くなることとなる。したがって、天端部は天端固定工と同様の根入れ長さを確保し、その間は高さに対し比例計算にて根入れ長さを算出するのが一般的である。

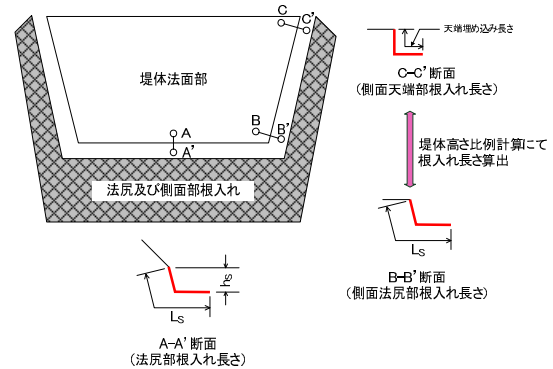


図-8 堤体側面部根入れイメージ

7. 各種表面遮水工法

表面遮水工法には大きく分けて遮水シート、アスファルトフェイシング、アスファルトパネルの3種の工法がある。主な特徴を表-3に示す。

いずれの工法を採用したとしても、維持管理の項目が重要となる。

遮水シート工法の場合は基本的にはメンテナンスフリーであるが、薄層素材のため、流木などによる外傷に注意が必要である。

また、アスファルトフェイシング、パネル工法の場合、アスファルトの

劣化防止のため特殊アスファルトコートやアルミペイントの定期的な塗り替えが必要であり、塗り替えを怠った場合、収縮や劣化が促進され不具合が生じるため、設計の際には維持管理費用をあらかじめ計上しておく必要がある。

表-3 各種表面遮水工法比較

	遮水シート	アスファルトフェイシング	アスファルトパネル
工法	工場生産した遮水シートを敷広げ接合部を張り合わせて行く	基礎工事を行った上に数層の異なった性質のアスファルト合材を、専用の機械によって転圧で仕上げる	アスファルトを主成分とし特殊配合アスファルトをパネル状に成形した製品を設置する
接合性	接着剤・熱溶着等により接合	基本的には接合は無いが、施工継手部が高温と低温の取合いとなるため注意が必要	突合せの上にかバーストリップをアスファルトで流し張り
構造物との取合い	専用の接着剤もしくはアンカーシート等により接合	線膨張係数が違うため注意が必要	アスファルトパネル自体が硬く剛性が大きいため構造物に沿い難い
地盤追従性	柔軟性に富み、追従性がある	一般に舗装下の空洞直径1mに耐えるよう設計するが、伸びのない遮水層のため基礎変動に対し追従性は低いと考えられる	伸びがほとんどないため、地盤変動(沈下)でひび割れが発生しやすい
維持管理	基本的にはメンテナンスフリー 露出使用の場合薄層の為注意が必要	アスファルトの劣化防止等のため特殊アスファルトコートやアルミペイントの塗装塗り替えが必要	アスファルトの劣化防止等のため特殊アスファルトコートやアルミペイントの塗装塗り替えが必要






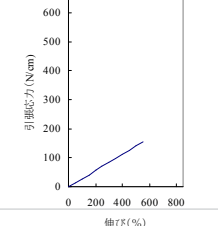
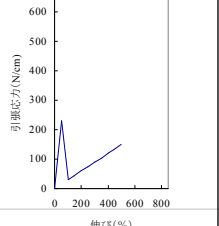
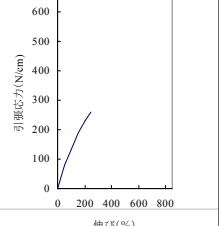
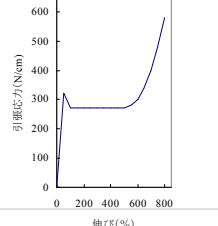
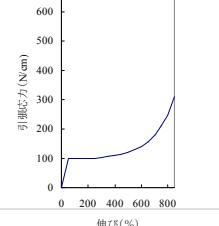
8. 遮水シート材質の選定

遮水シート工法で表面遮水を行う場合、遮水シート材料だけでは遮水効果は得られず、工場で製造された遮水シートを現場で接合し、遮水層を形成することにより、遮水効果を得られることとなる。

したがって、遮水シート材質を選定する際、材料単体の性能も重要であるが、施工性も十分考慮して選定する必要がある。

遮水シート材質毎の特徴を表-4に示す。

表-4 遮水シート材質毎の特徴

項目	合成ゴムシート (EPDMシート)	補強複合合成ゴムシート (EPDM-Rシート)	塩化ビニルシート (PVCシート)	高密度ポリエチレンシート (HDPEシート)	ゴムアスファルトシート (GAシート)
材質	EPDMを主原料とした遮水シート 	EPDMを主原料とした加強ゴムに補強布を積層した遮水シート 	塩化ビニルに可塑剤と安定剤を混合した遮水シート 	高密度ポリエチレンを主体とした遮水シート 	ゴム成分を用いて改質したアスファルトを不織布へ含浸させた遮水シート 
強伸度	 【引張】 152N/cm 【伸び】 512% 【引裂】 57N 弾性体であり復元性を有する	 【引張】 232N/cm 【伸び】 29% 【引裂】 93N 弾性体であるゴム部は復元性を有する	 【引張】 252N/cm 【伸び】 238% 【引裂】 93N 比較的柔軟性を有するが、クリープ性が大きく復元性は少ない	 【引張】 541N/cm 【伸び】 801% 【引裂】 238N 降伏点を越えると塑性変形となり復元性はない	 【引張】 273N/cm 【伸び】 84% 【引裂】 104N ゴムアスと不織布はどちらも塑性変形のため復元性はない
耐久性	耐候性に優れたEPDMを主成分とした遮水シートで25年以上の実績がある。各種用途に1,000万㎡以上(当社実績)使用されている。	耐候性に優れたEPDMシートに補強布を積層した遮水材で、耐引裂、耐衝撃性にも優れている。	熱による可塑剤の飛散により脆性が増し、硬化するため、伸び率の低下が著しい。耐候性はグレードによって異なる。	非常に硬いシートで耐衝撃性、耐外傷性に優れる。温度によるシートの伸縮が大きく、露出で使用される貯水池にはあまり使用されていない。	国内での本格的な使用は平成10年からである。露出で使用すると表面に亀甲模様のようなひび割れが発生する。
地盤追従性	地盤沈下などの下地の動きに対し、十分追従できる。また復元性もある。	繊維の伸びは低いが、繊維が切断した後は、ゴムが伸び、地盤に追従する。	ゴムシートよりも伸びは低いが、大抵の地盤沈下には追従する。	シートが硬いため地盤に沿いにくい。シフができやすい。伸びは高いがゴムのような復元性はない。	シートが硬いため地盤に沿いにくい。不織布の切断時に本体も切断する。復元性はない。
温度変化に対する安全性	寒暖によるシートの物性変化および線膨張は小さい。-50℃～120℃の範囲で安定した物性を保持している。	寒暖によるシートの物性変化および線膨張は小さい。-50℃～120℃の範囲で安定した物性を保持している。	寒暖によるシートの物性変化および線膨張が大きい。固定端部に応力がかかり、構造物との取り合いがはずれ、漏水することがある。	寒暖によるシートの物性変化および線膨張が大きい。固定端部に応力がかかり、構造物との取り合いがはずれ、漏水することがある。	寒暖によるシートの物性変化および線膨張が大きい。固定端部に応力がかかり、構造物との取り合いがはずれ、漏水することがある。
施工性	柔軟性に富んでいるため複雑な面によく馴染み、施工性は良い。シート同士の場合は液状接着剤または定型テープ状接着剤が使用されている。	柔軟性は良いが、シートに伸びがないため、複雑箇所、曲面部などシフが発生しやすいところでは切断して施工する。	初期応力が高いため曲面部は、浮きやシフが発生しやすい。シート同士の場合は主として熱融着による。温度管理や施工に高度な熟練を要する。	特に硬いシートであり、接合は熟練を要する。曲面部は浮きやシフが発生しやすい。接合は、熱融着機と押出融着機で行う方法がある。温度管理と施工に高度な熟練を要する。	初期応力が高いため曲面部は浮きが発生しやすい。接合は主としてバーナー熔着による。シート表面のアスファルトを熔かして接合するが、あぶり方に高度の熟練を要する。
【接合方法】	接着剤、接着テープ	接着剤、接着テープ	熱融着	熱融着	バーナー熔着

9. 遮水シートの末端処理

堤体天端部及びコンクリート構造物、パイプ廻りの末端処理について記述する。

(1) 天端部末端処理

天端部においては、法面部からの遮水シート滑り落ち防止を目的として、埋め戻し土やコンクリート等で固定する。形状としては、遮水シートの引抜荷重が優位になる溝型埋め込み (図-9 参照) が最適である。

法肩部の強度・美観向上を目的とし、法肩部にコンクリートを打設 (図-10 参照) するのも有効的である。また、ため池内侵入防止用のフェンスの支柱固定用とし、コンクリートにて埋め戻す (図-11 参照) ことも可能である。

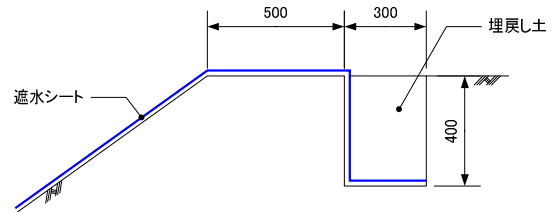


図-9 天端部末端処理例①

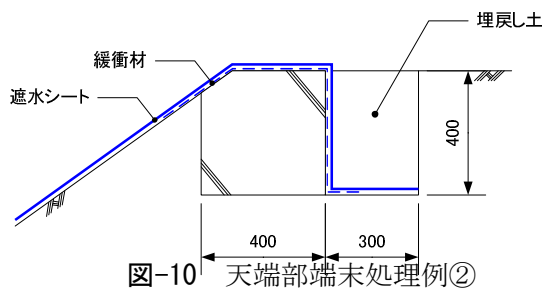


図-10 天端部端末処理例②

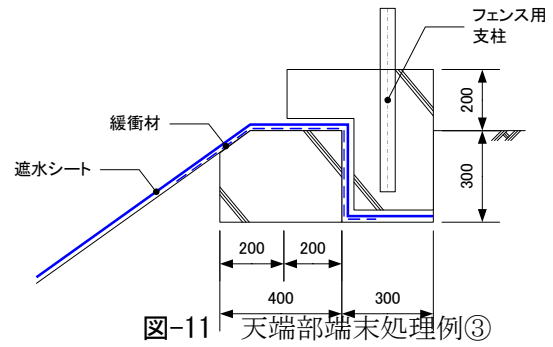


図-11 天端部端末処理例③

(2) コンクリート構造物との端末処理

ため池の構成要素である、底樋、階段工、余水吐等コンクリート構造物上に遮水シートを敷設するのは困難であり、遮水シートとコンクリート構造物と接続が必要となる。

コンクリート構造物と遮水シートは異種素材であり、その接合部が弱点になりやすく、極めて漏水の危険性が高い。

そのためコンクリート構造物との接続部の設計・施工には最も注意が必要である。

合成ゴムシートの場合、接着幅を 300mm 以上確保し、水平方向での接続を基本 (図-12 参照) とする。

立上り方向への接続が必要な場合、構造物廻りにエプロンコンクリート設置する (図-13 参照) 必要がある。

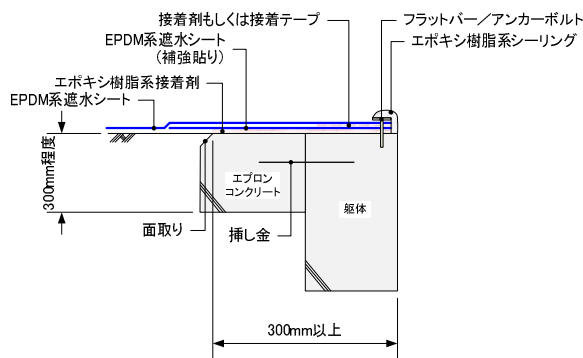


図-12 構造物端末処理例①

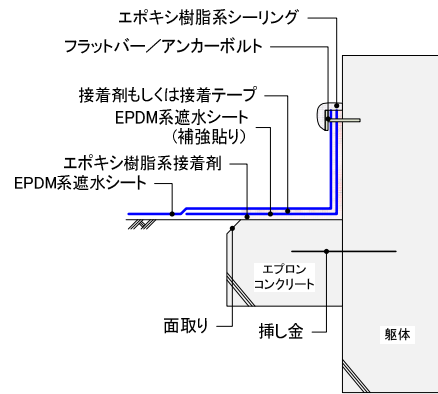


図-13 構造物端末処理例②

(3) パイプ廻り端末処理

ため池の規模が小規模な場合、流入用等として、法面部よりパイプが出ている場合があり、遮水シートを貫通させ処理する必要がある。

コンクリート構造物同様、パイプ周り処理も非常に重要であり、パイプ固定及び遮水シート接続用として、エプロンコンクリートの設置 (図-14 参照) が必要となる。

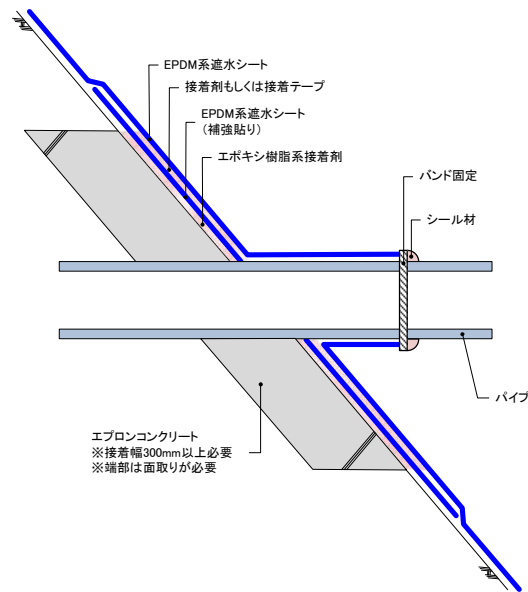


図-14 パイプ廻り端末処理例

10. おわりに

現場条件は種々様々であり、設計・施工においては現場条件にあわせた柔軟な対応が重要となってくる。

本報文を借り表面遮水工の設計・材質の選定、施工方法について記載したが、本内容を表面遮水工設計の一助として活用いただければ幸いである。

参考文献

- 1) 農業土木学会：土地改良事業設計指針「ため池整備」（平成18年2月）