

各対策工法について(案)

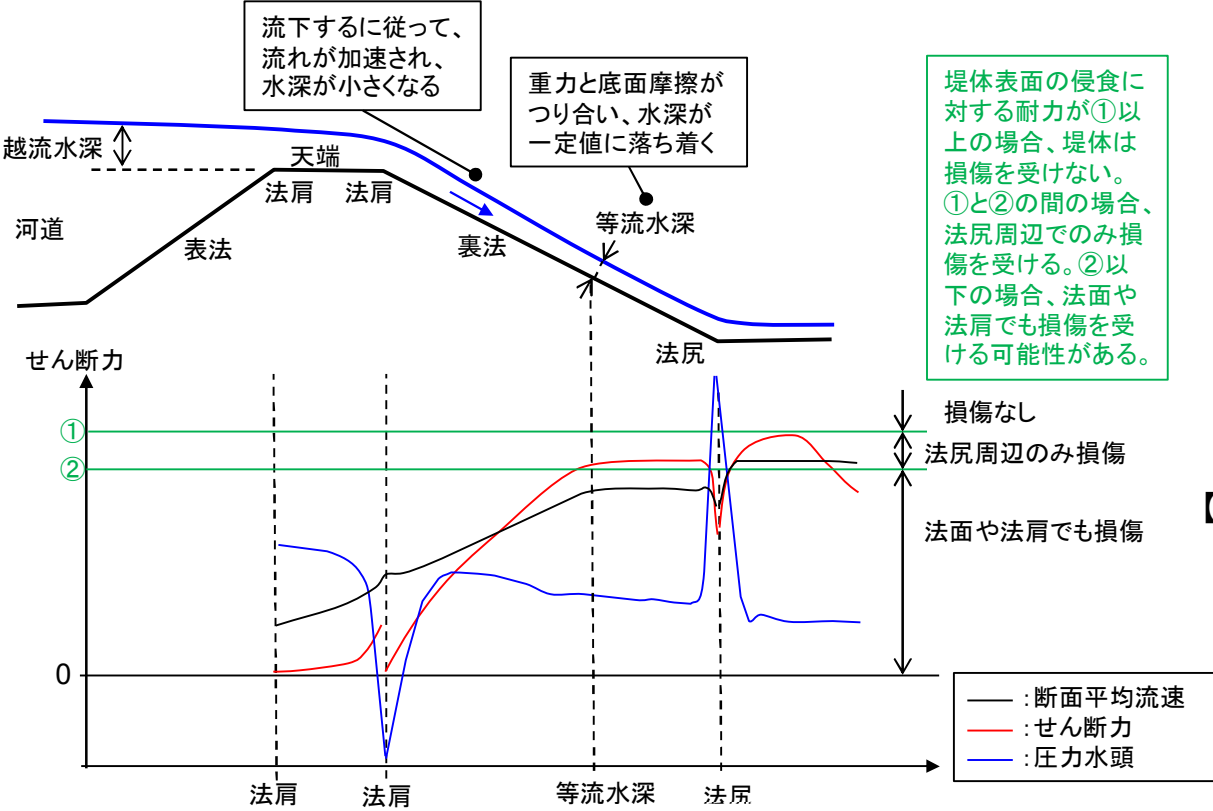
<注意>

※本資料は検討途中段階のものであり、技術検討会の議論等を踏まえ加筆修正を図る予定。

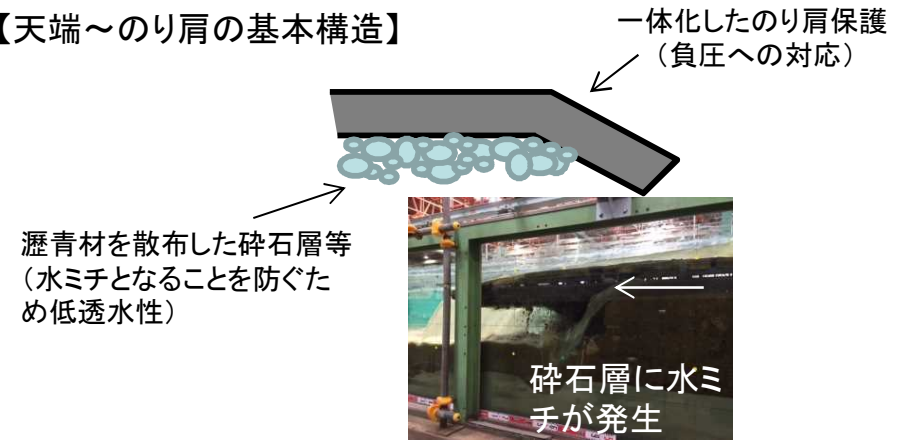
※現時点では情報不足等から曖昧な表現も含まれている。

越水による侵食機構と被覆型補強のポイント(既往の知見の整理)

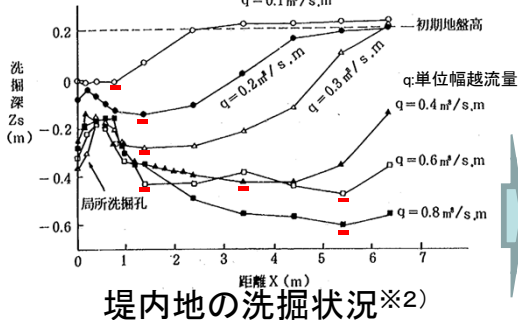
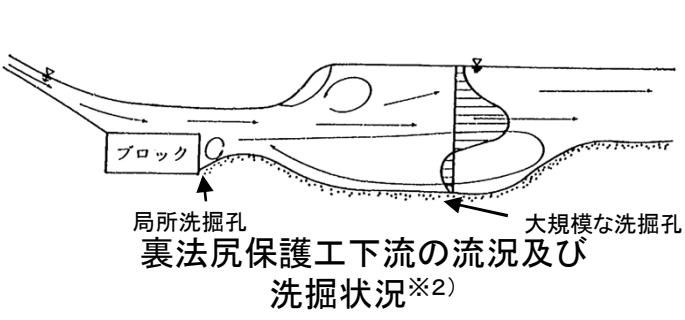
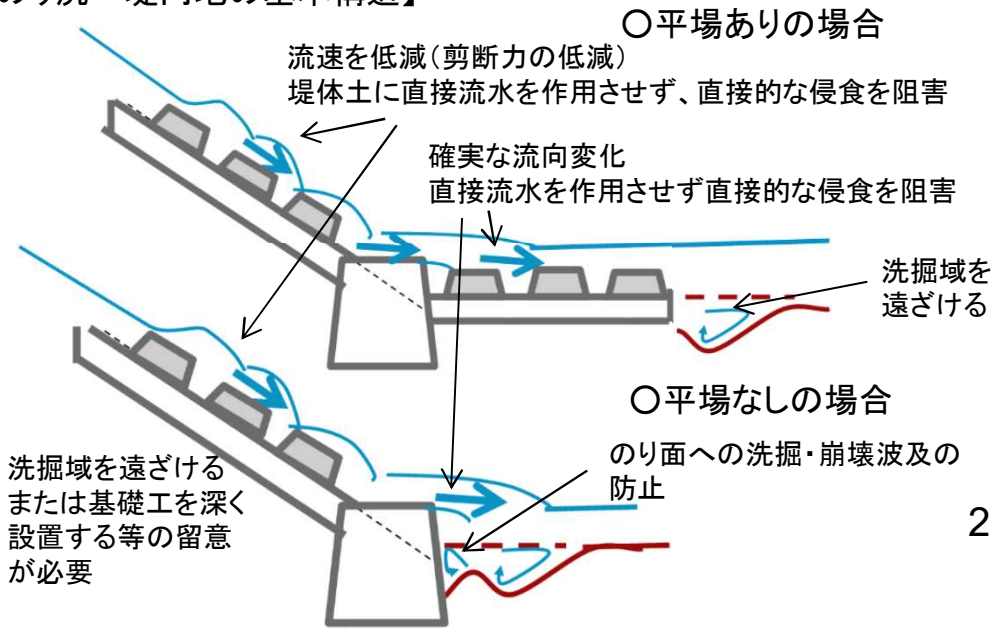
- 堤防天端や法面に作用するせん断力は、天端では表法肩から裏法肩にかけて、法面では法肩から法尻にかけて流れが加速し、堤体法面に作用するせん断力が增加する。越流水に作用する重力の法面勾配方向成分と底面摩擦がつり合うと等流状態になり、それより法尻側ではせん断力は極端に大きくなるが、法尻で最も大きなせん断力が作用する。
- 越流水深の増加に伴って、せん断力が増加すると、まずは法尻に作用するせん断力が法尻の侵食に対する耐力を上回ることから、法尻補強が重要と考えられる。さらに、越流水深が増大すると、法面に作用するせん断力が法面の侵食に対する耐力を上回ることから、法面補強が重要と考えられる。
- 一方、圧力分布は流線の急激な曲がり部となる法肩部では大きな圧力低下が、のり尻では大きな圧力上昇が現れる。



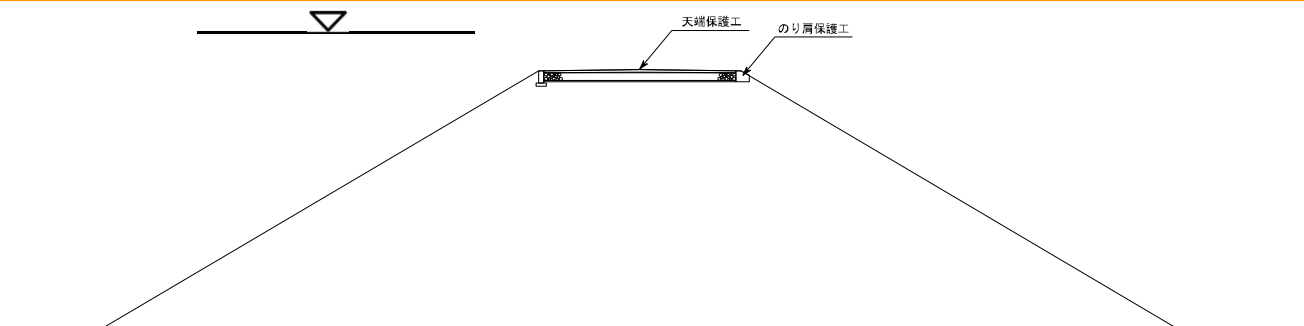
【天端～のり肩の基本構造】



【のり尻～堤内地の基本構造】



天端保護工



越流実験状況



鬼怒川堤防調査委員会報告書より抜粋



千曲川R77.5k付近 (R1.10.13撮影)

○工法の考え方(越流水への耐力)

- 越流によって裏法が侵食された後にひさし状となり、その状態をしばらく保つことにより崖状となった崩壊面脚部の洗掘から堤体崩壊の進行を遅らせる効果が期待できる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- 天端保護工の浮き上がりや路盤材の流出に対して留意。
- 天端保護工とのり肩保護工が一体となった構造となるよう留意。
- クラックやポットホール等の損傷に対する維持管理に留意。
- 植生のもつ耐侵食力の発揮につながる適切な植生管理。

○基本性能に対する評価

- ・ 耐浸透性については、天端保護工により雨水浸透が抑制されることで、向上が見込まれる。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 保護工を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。

【堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- ・ 通常の道路舗装と同様であり、施工性は良い。

【経済性】

- ・ 強化コスト: 材料費用と設置費用はともに安価。
- ・ ランニングコスト: ポットホールやクラック等の補修(常温材等)、定期的なオーバーレイが必要。

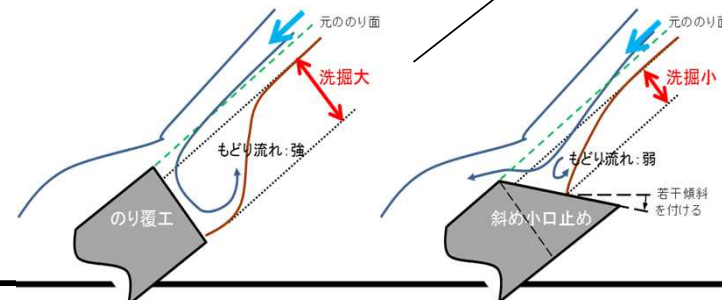
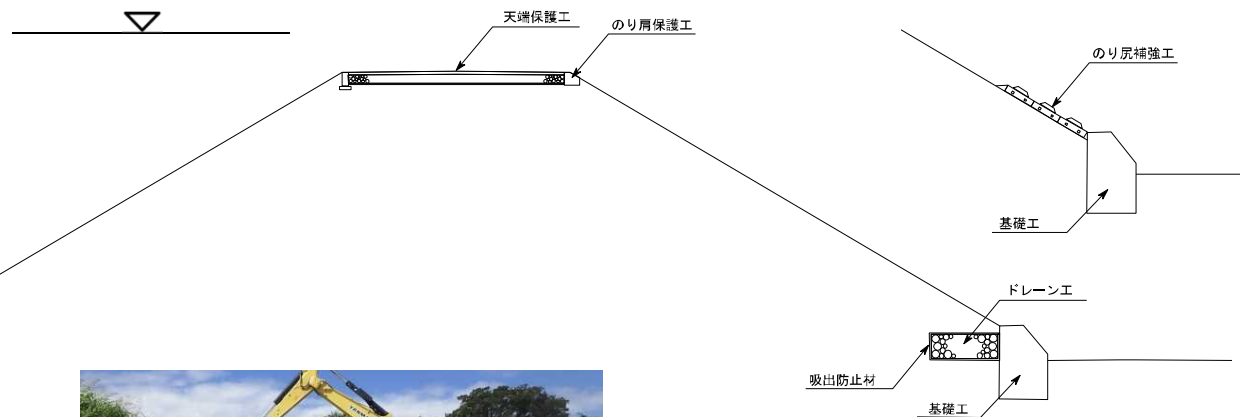
【維持管理】

- ・ 点検・部材の更新は天端保護工表面のみのため容易。

【長期の機能の継続性】

- ・ アスファルトの場合、道路としての機能は使用状況にもよるが約10年。しかし初期にひさしを維持するために発揮していた曲げ強度を長期に維持できるかは不明。

のり尻補強工（天端保護工に加え）



のり尻補強工端部の局所洗掘を抑制するための工夫（小口止めの設置）

○工法の考え方（越流水への耐力）

- のり尻補強工の粗度により流速を低減するとともに、のり尻付近の堤体土に直接流水を作用させず、のり尻の基礎工または平場により洗掘域をのり尻から遠ざけることにより、のり尻付近ののり面及び堤内地の侵食を抑制する効果が期待できる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- のり尻補強工背後の堤体土の吸い出し防止に留意。
- 土堤との境界部からの侵食防止に留意（小口止め設置）。
- のり尻補強工の重量と流水による作用による転倒を防ぐため、基礎工の重量や根入れ深さに留意。
- 適切な排水処理に留意（基礎工が排水工を兼ねる等）。
- 植生のもつ耐侵食力の発揮につながる適切な植生管理。

のり尻補強工(天端保護工に加え)

○基本性能に対する評価

- ・ のり尻補強工がブロックの場合には、堤体排水に配慮する必要がある。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 保護工を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- ・ 施工性は良い。

【経済性】

- ・ 強化コスト:ブロックの材料費は高価だが施工費用は安価。
- ・ ランニングコスト:沈下等に伴うのり尻補強工の不陸整正等の費用が想定される。

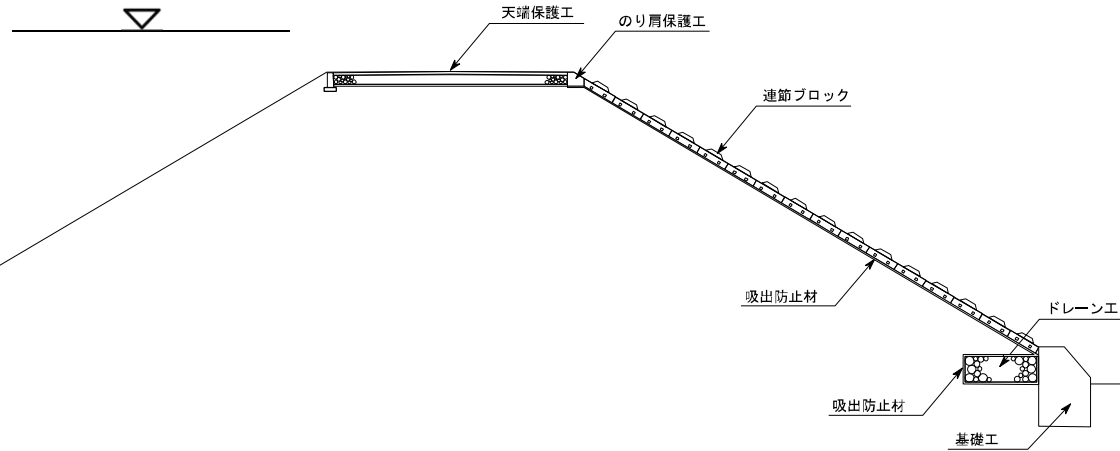
【維持管理】

- ・ ブロック表面の点検は容易。
- ・ ブロック背後の空洞や不陸、吸い出し防止材等の損傷を発見するのは難しい。

【長期の機能の継続性】

- ・ のり尻補強工に籠工を用いる場合、金網の摩耗や連節部材、吸い出し防止材の劣化等が考えられる。
- ・ のり尻補強工が接続ブロックの場合、連節部材、吸い出し防止材の劣化等が考えられる。

表面被覆 ブロック張りー【連節ブロック】(天端保護工、のり尻補強工に加え)



完成イメージ

○工法の考え方(越流に対して期待できる対策効果)

- 被覆工の粗度により流速を低減するとともに、堤体の直接的な侵食を抑制するなどの効果が期待できる。



施工状況

【耐力を発揮させるための構造上の留意点】

- ブロックの滑動、めくれ等に対する安定性と連節部材の強度等に留意。
- 不同沈下等による不陸発生に留意。
- 吸い出し防止材端部の固定と、シート間の接続(重ね合わせ)に留意。
- 吸い出し防止材と堤体土との間で発生する流れによる侵食への対応に留意。

○基本性能に対する評価

- ・ のり尻補強工がブロックの場合には、堤体排水に配慮する必要がある。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 保護工を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。(部材については再利用が可能。)

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- ・ 隙間の少ない施工やかみ合わせ、鉄線等の接続が必要だが施工性は良い。

【経済性】

- ・ 強化コスト:ブロックの材料費用は高価だが施工費用は安価であると想定される。
- ・ ランニングコスト:沈下等に伴う法面の不陸整正や連節材等の劣化に伴う交換の費用が想定される。

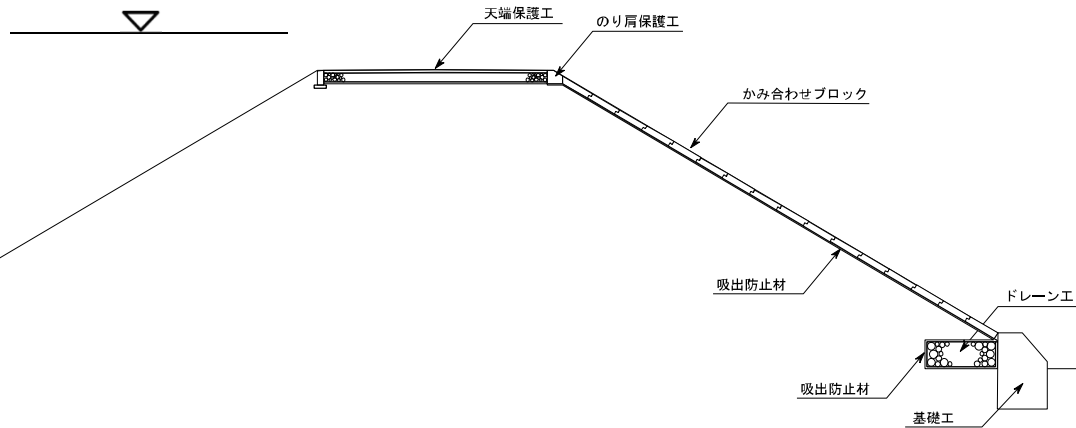
【維持管理】

- ・ ブロック表面の点検は容易。
- ・ ブロック背後の空洞や不陸、吸い出し防止材等の損傷を発見するのは難しい。

【長期の機能の継続性】

- ・ 鉄線等の連節部材や吸い出し防止材等の劣化が考えられる。
- ・ 不同沈下によりのり面に凹凸が生じることが考えられる。

表面被覆 ブロック張りー【かみ合わせブロック】（天端保護工、のり尻補強工に加え）



完成イメージ



完成イメージ



施工状況



施工状況

○工法の考え方（越流水への耐力）

- 被覆工の粗度により流速を低減するとともに、堤体の直接的な侵食を抑制するなどの効果が期待できる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- ブロックの滑動、めくれ等に対する安定性に留意。
- 不同沈下等による不陸発生に留意。
- 吸い出し防止材端部の固定と、シート間の接続（重ね合わせ）に留意。
- 吸い出し防止材と堤体土との間で発生する流れによる侵食への対応に留意。

表面被覆 ブロック張りー【かみ合わせブロック】（天端保護工、のり尻補強工に加え）

○基本性能に対する評価

- ・ のり尻補強工がブロックの場合には、堤体排水に配慮する必要がある。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 保護工を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。（部材については再利用が可能。）

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- ・ 隙間の少ない施工やかみ合わせの確実性が必要だが施工性は良い。

【経済性】

- ・ 強化コスト：ブロックの材料費用は高価だが施工費用は安価であると想定される。
- ・ ランニングコスト：沈下等に伴う法面の不陸整正や吸い出し防止材等の劣化に伴う交換の費用が想定される。

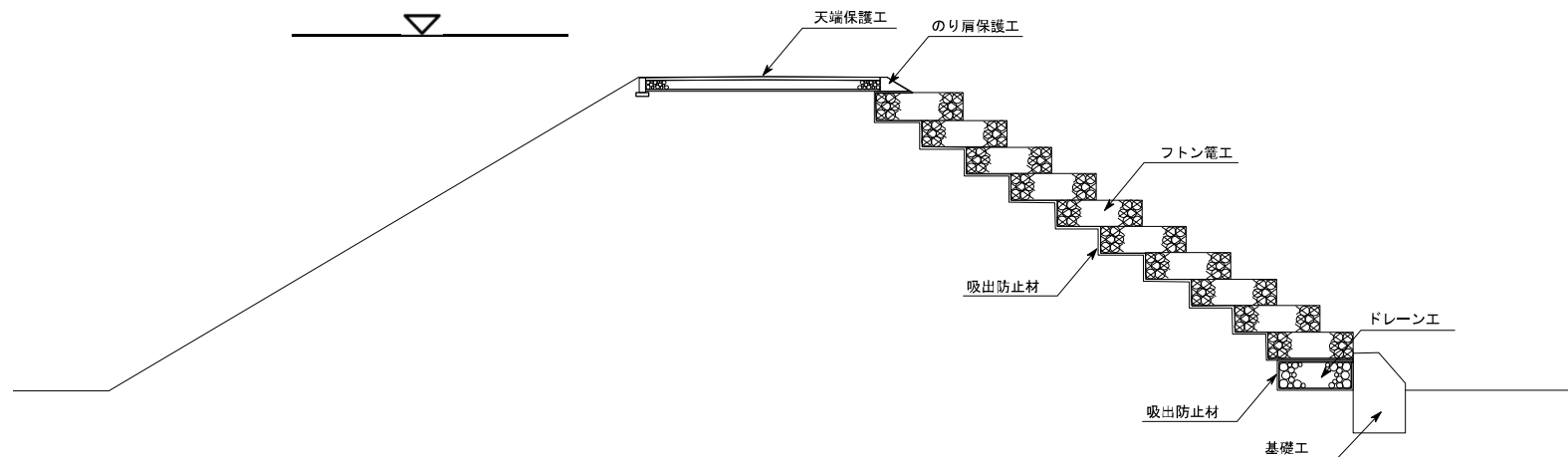
【維持管理】

- ・ ブロック表面の点検は容易。
- ・ ブロック背後の空洞や不陸、吸い出し防止材等の損傷を発見するのは難しい。

【長期の機能の継続性】

- ・ 吸い出し防止材等の劣化が考えられる。
- ・ 不同沈下によりのにり面に凹凸が生じることが考えられる。

表面被覆 網系材料－【金網】（天端保護工、のり尻補強工に加え）



○工法の考え方(越流水への耐力)

- ・ 網系表面被覆の粗度によりにより流速を低減し堤内地の侵食を抑制する効果、堤体土に直接流水を作用させず、直接的な侵食を阻害するなどの効果が期待できる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- ・ 被覆工の滑動等に対する安定性に留意。
- ・ 被覆工中込材の移動、被覆工の変形に留意。
- ・ 鉄線等を用いたタイプの場合、連節部材の強度、劣化等に留意。
- ・ 吸い出し防止材と堤体土との間で発生する流れによる侵食への対応に留意。

○基本性能に対する評価

- ・ かご工は通常ドレーン材として活用されており、堤体内の排水性は向上する。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 保護工を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- ・ 籠工表面の不陸や変形を最小限に抑えるための丁寧な施工が求められる。

【経済性】

- ・ 強化コスト：材料費用は安価だが施工費用はやや高価であると想定される。
- ・ ランニングコスト：沈下等に伴う被覆工の不陸整正、金網や吸い出し防止材の摩耗・劣化に伴う交換に要する費用が考えられる。

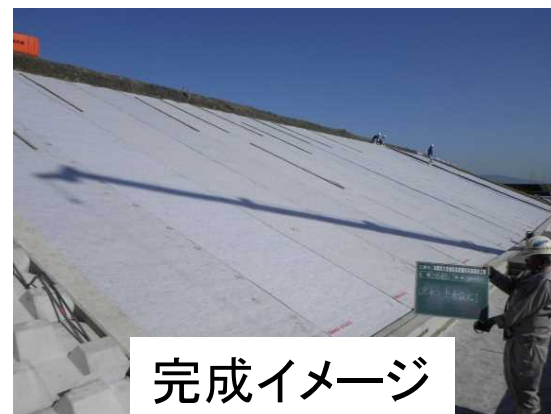
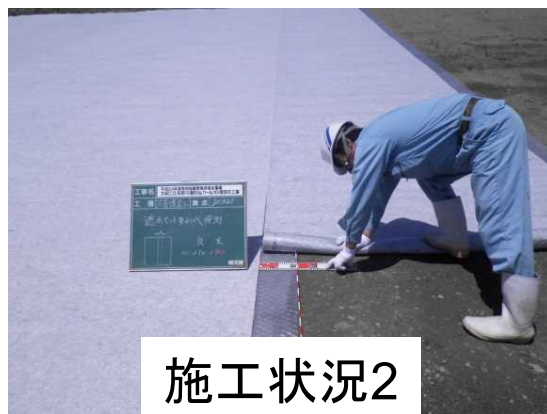
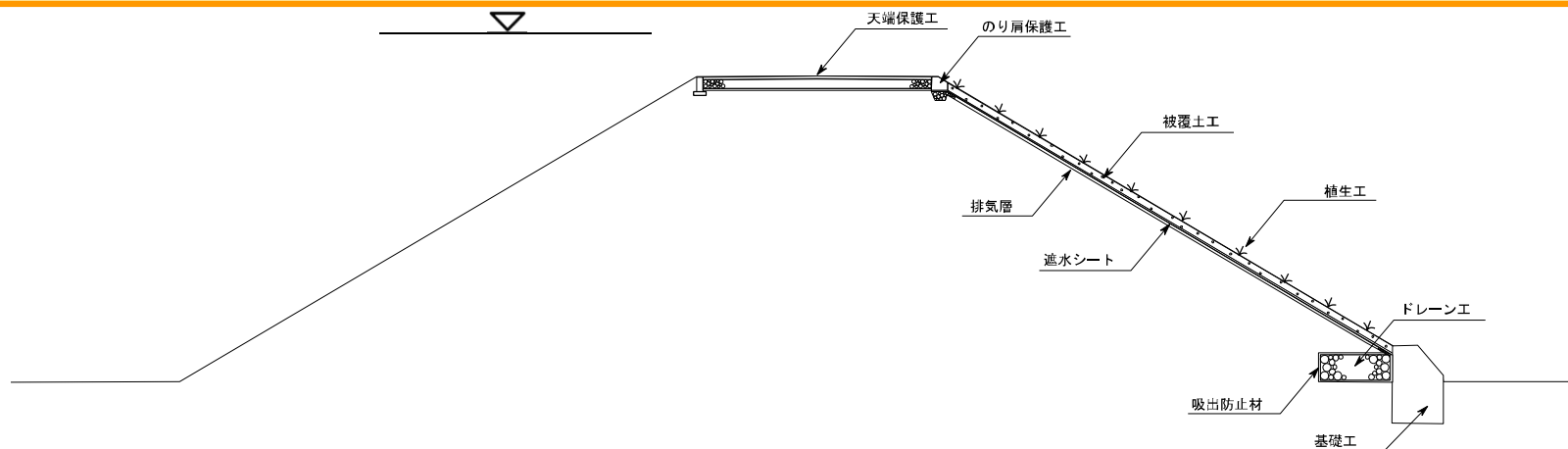
【維持管理】

- ・ 被覆工背後の空洞や不陸、吸い出し防止材等の損傷を発見するのは難しい。
- ・ のり面上面の利活用を考慮する必要がある。

【長期の機能の継続性】

- ・ 金網や吸い出し防止材等の劣化が考えられる。
- ・ 中詰め材が動くことにより生じる金網の摩耗等が考えられる。

表面被覆 シート張りー【遮水シート】(天端保護工、のり尻補強工に加え)



○工法の考え方(越流水への耐力)

- 堤体に直接流水を作用させず、直接的な侵食を阻害するなどの効果が期待できる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- 遮水シート端部の固定と、シート間の接続に留意。
- 排気層や排気口の設置に関する検討が必要となることに留意。
- 施工時や平時(上面利用)の加圧等による裂傷や劣化に留意。

表面被覆 シート張りー【遮水シート】(天端保護工、のり尻補強工に加え)

○基本性能に対する評価

- ・ 雨水に対しては耐浸透性が向上する。
- ・ 被覆による排水不良対応として、ドレーンを入れる必要がある。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 保護工を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- ・ 遮水シート端部の固定やシート間の接続には丁寧で確実な施工が求められる。
- ・ 排気層や排気口の施工実績に乏しい。
- ・ 遮水シートの堤体への圧着と劣化抑制を目的とした覆土がある場合、覆土を滑動させないための法勾配や覆土の土質、覆土厚、締固めや植生への配慮等が必要。

【経済性】

- ・ 強化コスト: 材料費用と施工費用ともに、ブロック等より安価であると想定される。
- ・ ランニングコスト: 遮水シートの劣化に伴う交換や排気口補修に係る費用が想定される。

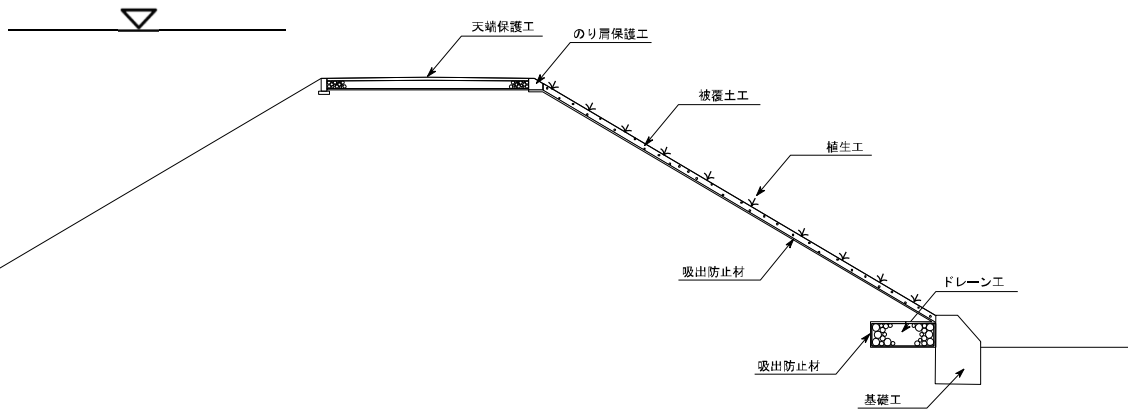
【維持管理】

- ・ 通常、覆土があるため直接目視等の点検は難しい。

【長期の機能の継続性】

- ・ シート及びシート接続部の耐久性は不明。

表面被覆 シート張りー【吸い出し防止シート】(天端保護工、のり尻補強工に加え)



○工法の考え方(越流水への耐力)

- 堤体に直接流水を作用させず、直接的な侵食を阻害するなどの効果が期待できる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- 吸い出し防止シート端部の固定と、シート間の接続に留意。
- 施工時や平時(上面利用)の加圧等による裂傷や劣化に留意。
- 吸い出し防止材と堤体土との間で発生する流れによる侵食に留意。

表面被覆 シート張りー【吸い出し防止シート】(天端保護工、のり尻補強工に加え)

○基本性能に対する評価

- ・ のり尻補強工がブロックの場合には、堤体排水に配慮する必要がある。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 保護工を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- ・ 吸い出し防止シート端部の固定やシート間の接続には丁寧で確実な施工が求められる。
- ・ 吸い出し防止シートの堤体への圧着と劣化抑制を目的とした覆土がある場合、覆土を滑動させないための法勾配や覆土の土質、覆土厚、締固めや植生への配慮等が必要。

【経済性】

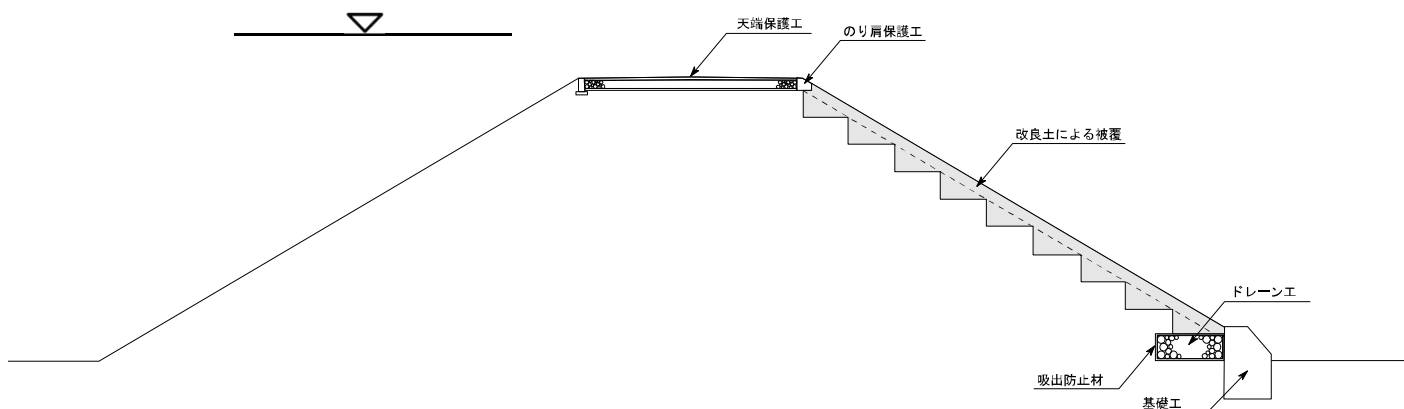
- ・ 強化コスト: 材料費用と施工費用ともに、ブロック等より安価であると想定される。
- ・ ランニングコスト: 吸い出し防止シートの劣化に伴う交換等の費用が想定される。

【維持管理】

- ・ 通常、覆土があるため直接目視等の点検は難しい。

【長期の機能の継続性】

- ・ シート及びシート接続部の耐久性は不明。



実験模型完成



実験後状況



実験模型施工状況

○工法の考え方(越流水への耐力)

- 盛土材料の引張り補強効果による安定性向上が期待できる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- 乾燥収縮等による亀裂等変状の発生と、越流水による土塊の飛散により侵食が一気に進むことが確認されており、亀裂等変状に対する安定性が求められることに留意。
- 材料によっては排気層や排気口に関する検討が必要となることに留意。

表面被覆 改良土(天端保護工、のり尻補強工に加え)

○基本性能に対する評価

- ・ 被覆による排水不良対応として、ドレーンを入れる必要がある。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- ・ 表層を一度取り除いて盛土等の処置を実施する必要がある。

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- ・ 土材料を用いることからなじみは良いと考えられるが、改良の度合いによる。

【施工性】

- ・ 施工性は良い。
- ・ 排気層や排気口の施工実績に乏しい。

【経済性】

- ・ 強化コスト:材料費用と施工費用ともに、やや安価であると想定される。
- ・ ランニングコスト:改良土の亀裂に対する維持管理費用が想定される。

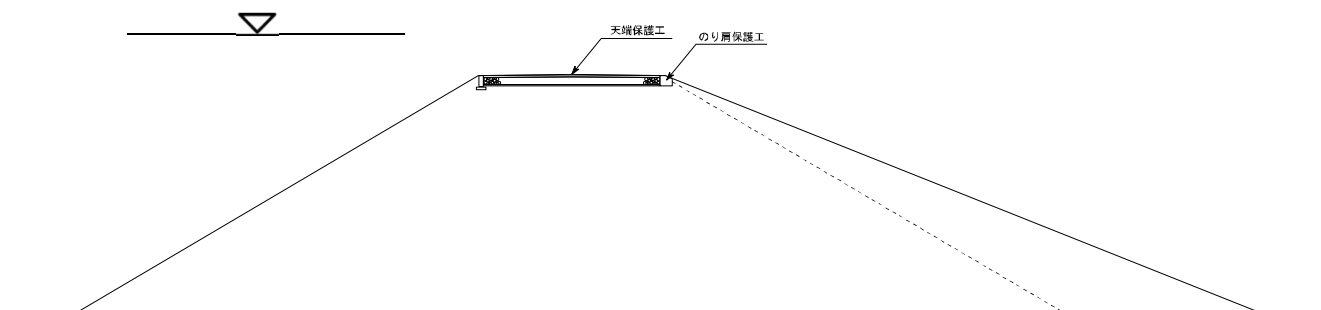
【維持管理】

- ・ 表層に変状が出やすいため比較的容易だが、覆土を行うため点検は難しい。
(覆土しない場合、植生が繁茂しにくい。)

【長期の機能の継続性】

- ・ 乾燥収縮による亀裂が生じる恐れがある。

断面拡幅(天端保護工に加え)



○工法の考え方(越流水への耐力)

- 緩傾斜化されるため流速が低減されのり面に作用する剪断力の低減につながる。

【越流水への耐力発揮を確実にするための要件】

- 適切な締固めの実施と、締固めにより高い引張り破壊応力を発揮する材料の選定。
- 植生のもつ耐侵食力の発揮につながる適切な植生管理。

断面拡幅(天端保護工に加え)

○基本性能に対する評価

- 腹付けの程度によっては自重が大きくなるため、沈下の影響が懸念される。
- 浸透によるすべりに対しては安定性が向上する。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- 土材料のため修復は容易。

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- 土材料を用いることからなじみは良い。

【施工性】

- 施工性は良い。

【経済性】

- 強化コスト: 材料費用と施工費用ともに安価だが、用地取得費用を含めると高価。
- ランニングコスト: 裏のり面の除草費用は増す。

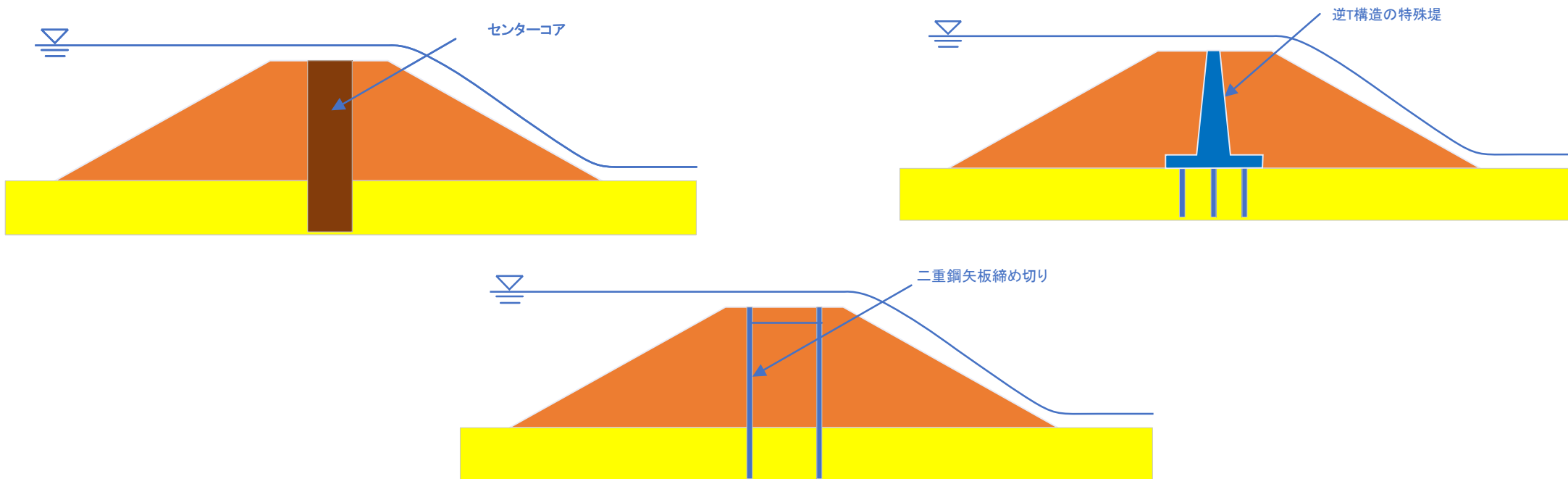
【維持管理】

- 土堤のため容易。

【長期の機能の継続性】

- 通常の土堤と同様。

一部自立型による場合



○工法の考え方(越流水への耐力)

- コアとなる構造体本体が越流時に崩壊せず、形状保持されることにより、決壊しにくくなることを期待したもの。

○越流水への耐力発揮を確実にするための要件

- 自立性を保つための基礎の支持力を確認するため、不確実性のある地盤条件の把握が重要。

○基本性能に対する評価

- 地盤条件が悪い場合、長期的な沈下や変形が生じる可能性がある。
- 地震の作用により、堤体盛土との境界で剥離が生じ、空洞等の発生が懸念される。

○その他

【不同沈下に対する修復の容易性・機能増強の容易性】

- コアとなる構造体本体が破損変形した場合、修復は困難。

【基礎地盤や堤体との一体性及びなじみ】

- 土以外の材料を用いることから既存堤防とのなじみは悪い。

【施工性】

- 通常的地盤改良や矢板打設等を想定すれば比較的良い。

【経済性】

- 強化コスト: 材料費用と施工費用ともに高価となることが想定される。
- ランニングコスト: コア材によっては腐食等に伴う交換の費用が想定される。

【維持管理】

- 堤体内部の構造物のため点検や維持管理は難しい。

【長期の機能の継続性】

- コア材によっては耐久性が見込める。

○対策工法の緊急的(短期)な取組への方向性

- 危機管理型ハード対策よりも、より強化対策が必要な箇所に適用
- 本検討会での議論、関係業界団体からの意見聴取等を踏まえ、更に情報を整理
- これまでの知見から、設計、施工に当たり、実現性が高いと考えられる工法を選択
- “経済性(コスト)”、“用地”、“維持管理”、“長期的耐久性”などの必要な要件を考慮
- “越流への耐力発揮を確実にするための要件”について施工や維持管理の工夫を検討
- 現場で施工をした場合に、知見の共有やフィードバックが必要

○対策工法の中長期的な取組への方向性

- 民間等で開発されている技術について継続的に調査を実施
- 実現性が高いとされた工法以外の工法や新技術についても、性能や確実性などについて、一定の評価を得られたものは活用
→検討に必要な評価軸や評価方法が必要