

令和元年度

第3回 河川研究セミナー

● スライド1

令和元年度 第3回河川研究セミナー
9月27日 於；秋葉原



改めて

本セミナーのねらい

河川総合研究所 所長
藤田 光一

● スライド2

第1回の資料p6の再掲

河川の実力を読む技術 ～河川の維持管理を原点からみつめる～

- 過去の災害を起こした洪水の実態（外力）を基礎情報として捉え、
- 構造物の被災事例を学び、
- それを平常時の姿から河川の実力を読み解く鍵とした上で、
- 変状の種類により内包する被災リスクが異なることを考慮した河川の維持管理のあり方を討議し、
- 堤防点検等による河川維持管理をさらにステップアップさせるために役立つ情報や知見の共有を図る。

● スライド3

国土交通省 河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）からの抜粋 第3章 河川維持管理目標

※文字強調はスライド作成者による

第1節 一般

< 標準 >

河川維持管理目標は河川管理の目的に応じて、洪水、高潮、津波等による災害の防止、河川区域等の適正な利用、河川環境の整備と保全等に関して設定することを基本とする。

洪水、高潮、津波等による災害の防止については、具体的対象として**河道流下断面の確保**と、**施設の機能維持**に分けて設定することを基本とする。

● スライド4

第2節 河道流下断面に係る目標設定

< 標準 >

維持管理すべき一連区間の河道流下断面の目標は、これまでの河川改修等により確保された流下能力を維持することを基本とする。

なお、大河川においては、流下能力を算定するにあたり、定期的な縦横断測量や河床材料調査等¹⁾の結果から水理計算を行うことを基本とする。

● スライド5

第3節 施設の機能維持に係る目標設定

※文字強調はスライド作成者による

3.1 基本

<考え方>

代表的な河川管理施設である堤防をはじめ、護岸、床止め等の河川管理施設は、出水等の自然現象や、河川利用等により損傷あるいは劣化を生じる。樋門、水門、堰、排水機場等の構造物や機器についても、経時的な劣化や使用に伴い変状が生じる。このことは、河川にある許可工作物についても同様である。一方、河川管理にあたっては、**施設の維持すべき機能に支障を及ぼす変状の度合いについては、現状では一部を除けば定量的に定めることは困難**であり、**変状の経時的な変化を把握し、変状の度合いを判断しながら機能を維持することが基本**である。このため、施設毎に目視を中心とした点検を適切な時期に行い、平常時の河川巡視とも相まって施設の状態を把握し、その評価等を踏まえて必要な対策を実施することになる。

● スライド6

河川維持管理の次のステージとして

変状の度合
(河川の現状)

～

施設の維持すべき機能への
支障度合

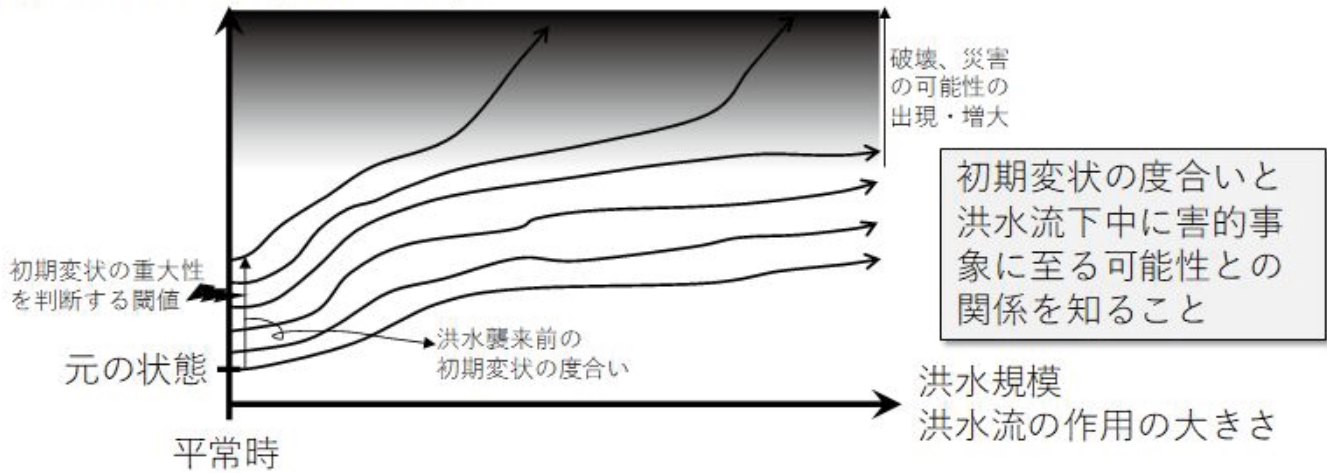
の定量的関係に基づく評価→判断

ができるようになる世界

● スライド7

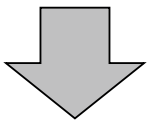
第1回の資料p5の下半分の再掲

河川の状態
(防御構造物などの変状の生起・進展)

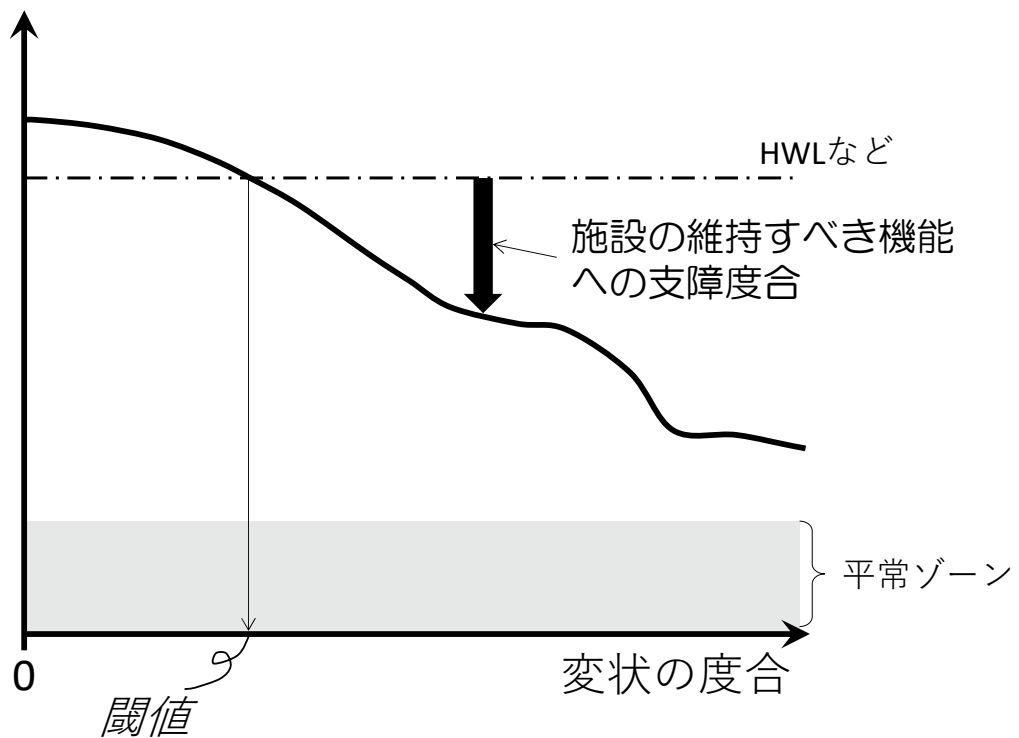


● スライド8

たとえば、その施設の本来機能が損なわれる洪水位

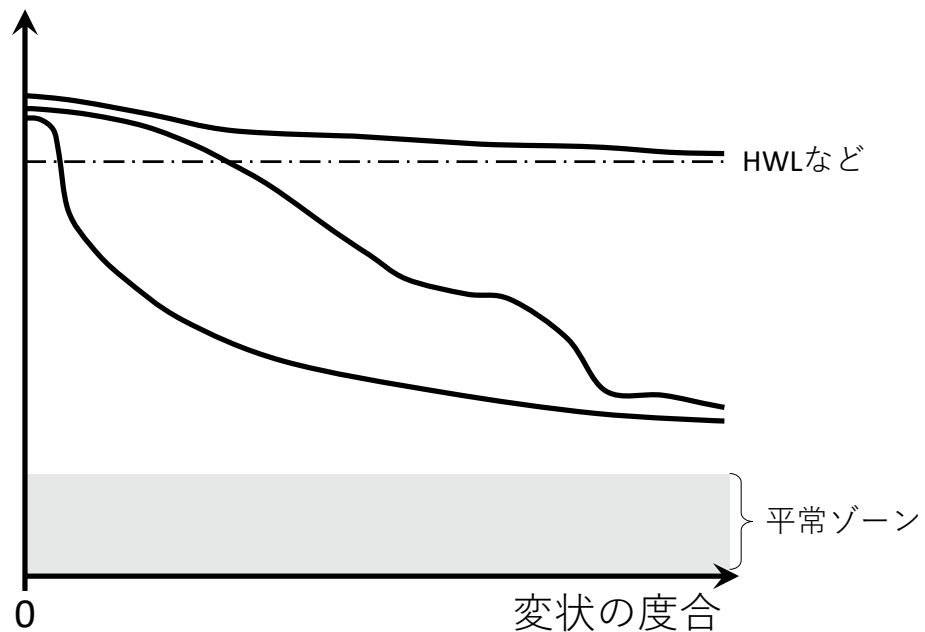


河川の実力



● スライド9

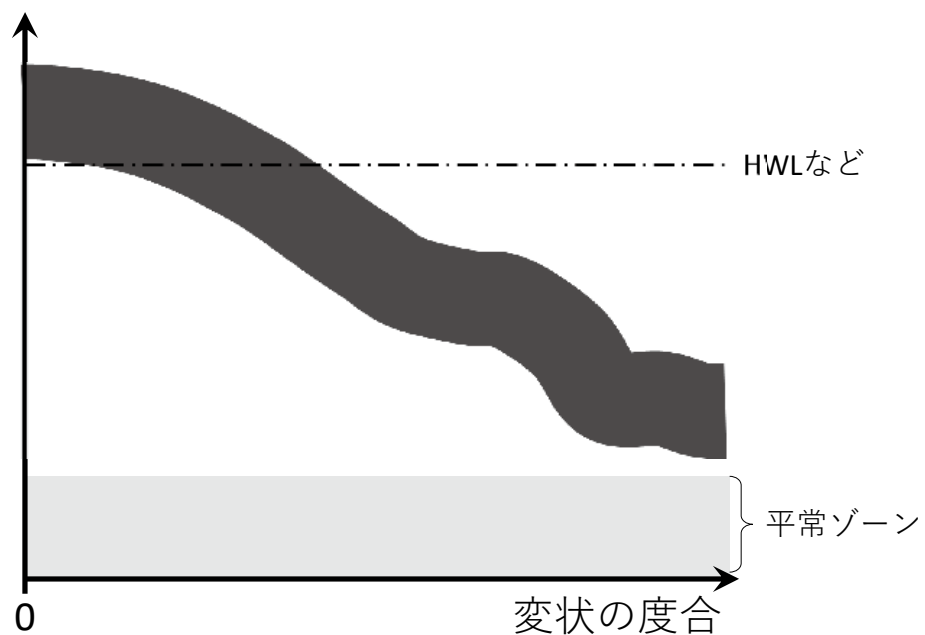
たとえば、
その施設の
本来機能が
損なわれる
洪水位



この線が技術的にどこまで書けるか？
書けるようになるか？

● スライド10

たとえば、
その施設の
本来機能が
損なわれる
洪水位



この線が技術的にどこまで書けるか？
書けるようになるか？

● スライド11

本日のセミナーの目標

- ➡ 「施設の維持すべき機能」の中でも堤防に絞り（それに直接関係する施設は含める）、
- ➡ 堤防が危なくなる洪水規模（水位が基本）を、平常時の河川の姿と当該施設の変状（元構造を含む）から定量的に評価する技術が、どこまで可能になっているか？
- ➡ この評価を実務で実行するために、技術面中心に、これから何が特に必要か？
- ➡ について、要所の理解を得る。

● スライド12

- これができれば、平常時の河川の姿と当該施設の変状（元構造を含む）の下で、所定の規模（HWLなど）の洪水が生起した時、堤防の維持すべき機能に支障が出ないかどうか？が評価できる。
- 越水破堤、河道流下断面の確保は、とりあえずは対象外。
- したがって、侵食、洗堀、浸透（含；パイピング）による非越水破壊が主対象。

● スライドA3資料

<small>河川財団令和元年度第3回河川研究セミナー (2019.9.27)</small> 河川の実力把握手順 検討台帳イメージ		維持すべき堤防の機能が支障を来すメカニズムあるいは現象経路				
		No.1 : □□□	No.2 : ▲▲▲	No.3 : ◎◎◎	No.4 : ☆☆☆	No.5 :
<ul style="list-style-type: none"> 河道の現状 現在までの変化履歴 	<ul style="list-style-type: none"> 何を調べるか どう整理するか 					
<ul style="list-style-type: none"> 堤防および関係施設の現状or元状態 変状 	<ul style="list-style-type: none"> 何を調べるか どう整理するか 変状の調べ方、押さえ方 ※含：変状履歴 					
<ul style="list-style-type: none"> 代表規模の洪水による水理外力、その特性 上記の変化履歴 	<ul style="list-style-type: none"> 何を調べるか 何を計算しておくか どう整理するか 					
<ul style="list-style-type: none"> ➢ 堤防の維持すべき機能に支障を来す洪水規模 ➢ 維持すべき機能が発揮されるかどうか？ ➢ 維持すべき機能に支障を来す変状レベル（閾値）の算定あるいは判断 	算定法 判断法	↓	↓	↓	↓	↓
進め方のポイント 課題						

● スライドA3資料

<small>河川財団令和元年度第3回河川研究セミナー (2019.9.27)</small> 河川の実力把握手順 検討台帳イメージ		維持すべき堤防の機能が支障を来すメカニズムあるいは現象経路				
		No.1 : □□□	No.2 : ▲▲▲	No.3 : ◎◎◎	No.4 : ☆☆☆	No.5 :
<ul style="list-style-type: none"> 河道の現状 現在までの変化履歴 						
<ul style="list-style-type: none"> 堤防および関係施設の現状or元状態 変状 						
<ul style="list-style-type: none"> 代表規模の洪水による水理外力、その特性 上記の変化履歴 						
<ul style="list-style-type: none"> ➢ 堤防の維持すべき機能に支障を来す洪水規模 ➢ 維持すべき機能が発揮されるかどうか？ ➢ 維持すべき機能に支障を来す変状レベル（閾値）の算定あるいは判断 		↓	↓	↓	↓	↓
進め方のポイント 課題						

● スライド#

変状の経時的な変化を把握し、変状の度合いを判断しながら機能を維持する



次のステージに向けての議論

変状ベース

変状の経時的な変化を把握し、変状の度合いを判断しながら機能を維持する



破壊メカニズム
ベース

- 堤防の維持すべき機能に支障を来す洪水規模
- 維持すべき機能が発揮されるかどうか？
- 維持すべき機能に支障を来す変状レベル（閾値）からの判断

● スライド13

洗掘及び侵食による破堤リスクに関して、危険な箇所を見破るためのポイント(1/2)

令和元年度 河川セミナー R1.9.27 (Fri.) 16:00-18:00
国総研河川研究室 福島雅紀

- “河川(河道)は自然公物であり、日々変化する。特に、出水によって大きく変化することがある。”と言った大前提を認識すること。
- ある規模の出水を受けて大きな被害が生じなかった河川においても、樹木の再繁茂、土砂の再堆積、滯筋の変化等によって、改修時に想定した以上の外力が堤防に作用し、破堤に至る場合がある。
- 改修区間の上下流では、摩擦速度や水面勾配が変化することがあるので留意すること。
- 管理する河川**の特性**や河道**の変化の特徴**を把握しておくこと。
- 把握した河川の特性と河道の変化の特徴から、危険な箇所を判断するための閾値を設定すること。
⇒ 例えば、最深河床高が護岸の基礎高+0.5mとなったので対策する。滯筋の位置が移動し、高水敷幅が30m以下となったので対策する。
- 河道管理基本シートなど河川**全体を俯瞰できる資料**を用いて、上記で設定した閾値から危険な箇所を絞り込む。

● スライド14

洗掘及び侵食による破堤リスクに関して、危険な箇所を見破るためのポイント(2/2)

閾値設定にあたって必要となる情報

河川の特徴

- 山本図(摩擦速度の二乗と代表粒径との関係)における対象河川の状態
⇒ 真の川の姿を見抜くため(目視で確認できる河床材料は出水時に移動する河床材料か?)
- 沖積層の厚さ(土丹層等の洪積層の露出状況)
- 護岸の施工区間及び護岸の基礎高
- 摩擦速度の縦断分布(水面勾配)について変化点の有無
- 中規模河床波の形成条件(砂州非形成、交互砂州、多列砂州)

河道の変化の特徴

- 河床変化はタイプは?
- 毎年どの程度河床が低下しているか(じわじわ型)。
- 出水時に生じる河床低下量はどの程度か(特定イベント時進行型)。
- 出水時に生じる一時的な河床低下量はどの程度か(特定イベント時完結型)。
- 側方侵食による滞筋の最大移動量はどの程度か。
- どの程度の出水規模以上で砂州は移動するか。砂州上の植生(樹木)は破壊されるか。

● スライド15

侵食点検のポイント(1/3)

<堤防被災分析>

- **侵食破壊はセグメント1、2-1が主(砂州移動等による大きな流路移動が生じるため。セグメント2-2、3では高水敷幅狭い箇所の護岸健全性、セグメント3・湖沼は風浪等による侵食・護岸被災に留意。**
- 札内川、音更川(どちらも**セグメント1**)で側方侵食破堤。破堤時水位<堤内地盤高により一般被害小。
→ **セグメント1:洪水時水位>堤内地盤高となりやすい場所ほど点検・対策等の優先度高。**

<護岸被災実態(主として中小規模洪水)>

- **①基礎からの破壊**は、外見上異常がないように見える場合もある。**目視だけでなく、護岸の基礎高・根入れ高と河床高の比較が有用。**
- **②上流端からの破壊④流体力による破壊は、複合して起こる。**特に連節ブロック・かご工等施工端処理のすり付け工が目立つ。複合して起こる場合は措置段階。当該河道で実績を有する護岸工法であれば
◎ 流体力破壊が単独で発生することは稀。
- **③下流端からの破壊**は護岸の施工範囲不足。護岸施工範囲の設定に遑って、検討・措置。**湾曲河道では洪水規模によって水衝部が変化し①基礎からの破壊と複合した破壊となる場合もある。**
- **⑤天端からの破壊**は、流れの速い河川(**セグメントM、1、2-1**)で規模の大きい洪水時に乗り上げ部・落ち込み部で**発生**しやすい。
- ◎ 材料劣化(かご工の鉄線破断、目地コンクリート劣化等)は、当該河川の流速、背後の高水敷幅等考慮して総合的に評価。(特にセグメント3、2-2等)流速が遅い、高水敷幅が十分ある場合は予防保全・要監視段階とすることも可。
- ◎ 吸い出し被災は原因によって評価。雨水等排水に伴う護岸の吸い出し被災は、予防保全・要監視段階とすることも可。

● スライド16

侵食点検のポイント(2/3)

<大規模洪水護岸被災>

- ・ **大規模洪水時には、法肩からの破壊が多くなる(特に急流河川)**。→(重要な交通路である橋台の取付護岸、道路兼用護岸における)天端からの破壊に対する工夫は・・
- ・ **水面形が急になり大きな流速が出る(例えば、改修区間と未改修区間の境界部等)箇所は監視水準高く。**

<橋台取付護岸>

- ・ **橋台取付護岸が破壊→橋台が流れの中に露出→もぐり込み流れの発生・先端部への流れの集中により橋台周辺洗掘が急増(洗掘深倍以上)⇒橋台取付護岸の点検が重要(構造、根入れ、施工範囲)**
- ・ **湾曲による水衝部は大洪水と中小洪水で異なる**→既往被災箇所の洪水規模が小さい場合は、大規模洪水時の状況(流れの曲率半径、水衝部位置等)にも想像力働かせる。曲率半径 r /流路幅 B から洗掘含水深 H_{max} /平均水深 $H_m(H_{max,s})$ の推測は可能。
- ・ **道路兼用護岸の基礎からの吸い出し破壊は、自動車の転落等人的被害につながるおそれ**→交通規制との連携が重要(裏込め土砂抜けたらパトランプ点灯・表示板に警告等)

<護岸基礎洗掘・施工端侵食>

- ・ **一体性の弱い護岸は変状を発見しやすい**
- ・ **施工端からの破壊は基礎からの破壊との複合、流体力破壊との複合が要注意** ←基礎の根入れが十分で必要重量が確保されていれば大きくは広がらない。

● スライド17

侵食点検のポイント(3/3)

<基礎吸い出し破壊>

- ・ 「**基礎高・根入れ高ー護岸前面河床高**」が大きい場所ほど措置の優先度高い←**基礎の露出高(浮上り高)が大きいほど吸い出し破壊の速度大。**
- ・ **陥没等の危険に要注意**←**基礎の露出高(浮上り高)がわずか(裏込め材粒径程度)でも吸い出し発生。**
- ・ **降雨後や冠水後は陥没点検のチャンス**←吸い出しによる**空洞は降雨後に陥没**起きやすい。

<根固め工>

- ・ **セグメント1、2-1は陸上目視点検が容易。セグメント2-2、3等緩流河川は水中含めた点検確認が重要。**
- ・ **ブロック等の沈下・変形範囲(横断方向)、護岸前面の平坦部標高(>基礎高 特にセグメント2-2、3)・確保幅(1列or2列以上)**←河床低下・洗掘(流心)側列のブロックから順に安息角で沈下・変形。
- ・ (特に河床材料の小さいセグメント1、セグメント2-2、3) **平坦部のブロック標高(維持されているか=敷設厚不足でないか)**←河床材料が動きやすい河川では敷設厚不足で河床材料が動く(吸い出し)可能性がある ⇒護岸前面ブロック平坦部の高さ・必要幅維持できていなければ(技術的には)措置段階
- ・ **幅不足となった場合は、設計洗掘深の過小評価なのかブロック間隔の過大評価なのかチェックして措置に反映**←河床材料が動きやすい河川ほど**沈下・変形後のブロック間隔**は小さい。同じ洗掘深・河床低下量でもより多くのブロック列が沈下・変形
- ・ 特に**セグメント1、2-1等急流河川ではブロックが流失(=ブロックの重量不足が生じていないか?)**⇒ブロック流失が多ければ重量等のランクアップを考える。
- ・ **連結部での破損**←**連結層積みでは**ブロック間が連結されていることが前提条件

● スライド18

第3回 河川研究セミナー 「河川堤防の浸透安全性の確保に向けて」

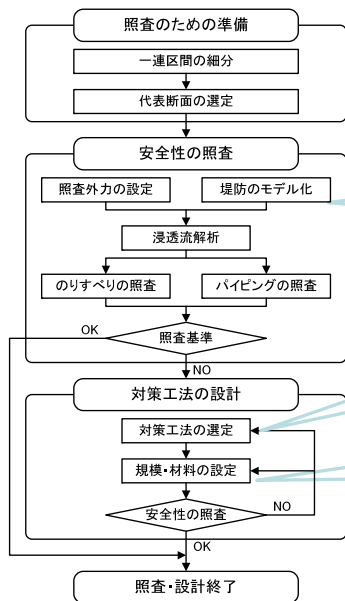
(国研)土木研究所
地質・地盤研究グループ
土質振動チーム
佐々木哲也

● スライド19

照査・設計の手順:浸透に対する



浸透に関する堤防の性能照査は、浸透流計算とそれから得られる浸潤面を用いた円弧すべり、パイピング、盤膨れによる堤防破壊に対する安全性の評価



一連区間と代表断面の設定の確認

高透水層の分布を見逃さない

照査結果と対策工の対応

適切な材料選定と施工管理

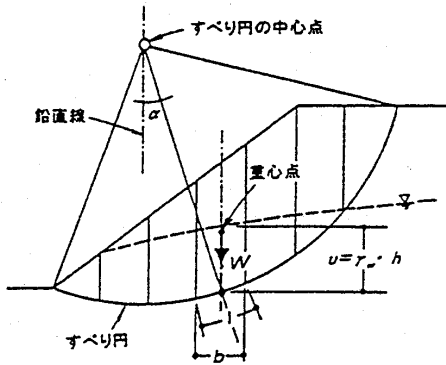
- 一連区間の細分は、基礎地盤の土質や微地形、堤防形状を考慮
- 代表断面は浸透に対して最も厳しい条件を有する箇所

- 厳しい条件:
- ・堤内地盤が低い
 - ・堤防幅が狭い
 - ・局所的な砂層が分布など

● スライド20

浸透に対する堤防の安全性照査

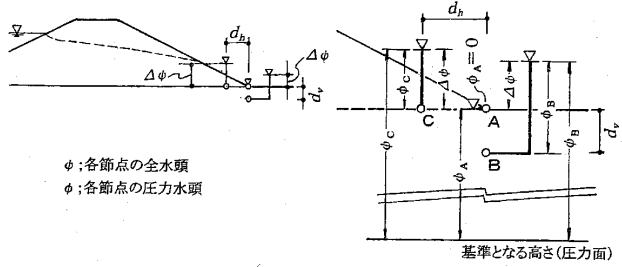
照査基準 基本断面形状を確保したうえで、以下の項目について照査



表のり: $F_s \geq 1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2$
 α_1 : 築堤履歴の複雑さに対する割増し係数
 α_2 : 基礎地盤の複雑さに対する割増し係数
 裏のり: $F_s \geq 1.0$

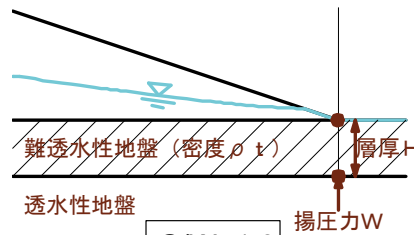
すべり破壊に対する安全性

① 被覆土層なし



局所動水勾配の最大値: $i < 0.5$

② 被覆土層あり



パイピング破壊に対する安全性

● スライド21

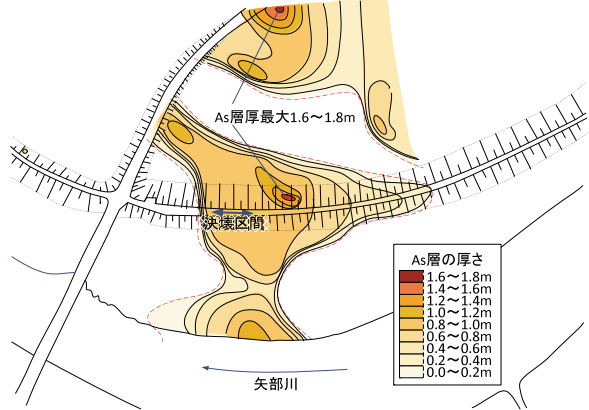
事例① 堤防の被災形態: パイピングによる破堤事例

土木研究所
 Civil Works Research Institute

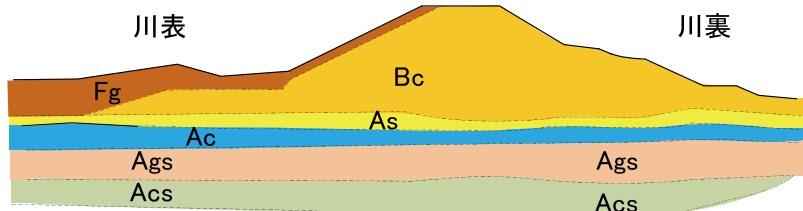
平成24年7月九州北部豪雨による矢部川の基礎地盤のパイピングによる破堤事例



矢部川右岸7.3km破堤の状況 (破堤後約2時間経過)



矢部川右岸7.3km付近の基礎地盤上部の砂層厚の分布



矢部川右岸7.3km破堤箇所付近の地質横断

● スライド22

事例②堤防の被災形態:のりすべりとパイピングの複合 独立行政法人 土木研究所 Public Works Research Institute

平成25年7月梅雨前線等による子吉川ののりすべりとパイピングの事例



子吉川右岸10.8kmののりすべりの状況(応急復旧後で、欠損部には碎石充填済み)

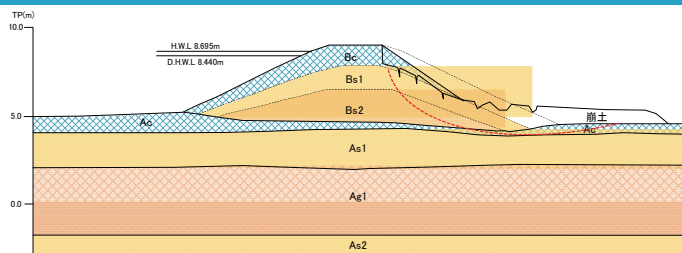


子吉川右岸10.8km付近の噴砂痕

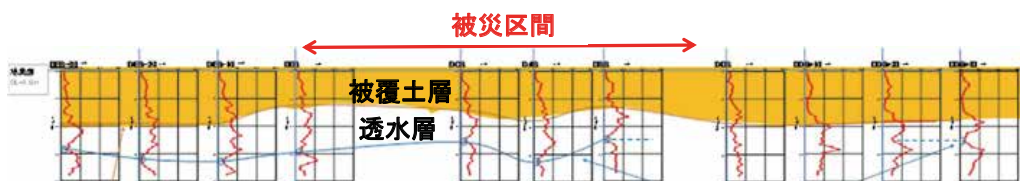
被災箇所近傍の耕作地や崩壊土砂の亀裂には、噴砂痕が多数確認

● スライド23

事例②堤防の被災形態:のりすべりとパイピングの複合 独立行政法人 土木研究所 Public Works Research Institute



子吉川右岸10.8km付近の地質横断面図(東北地方整備局提供)
基礎地盤は礫層と砂層から構成される透水層の上に薄い被覆土層が分布
開削調査で被覆土層内に透水層と崩壊土の間を斜めに結ぶ複数筋の砂層を確認



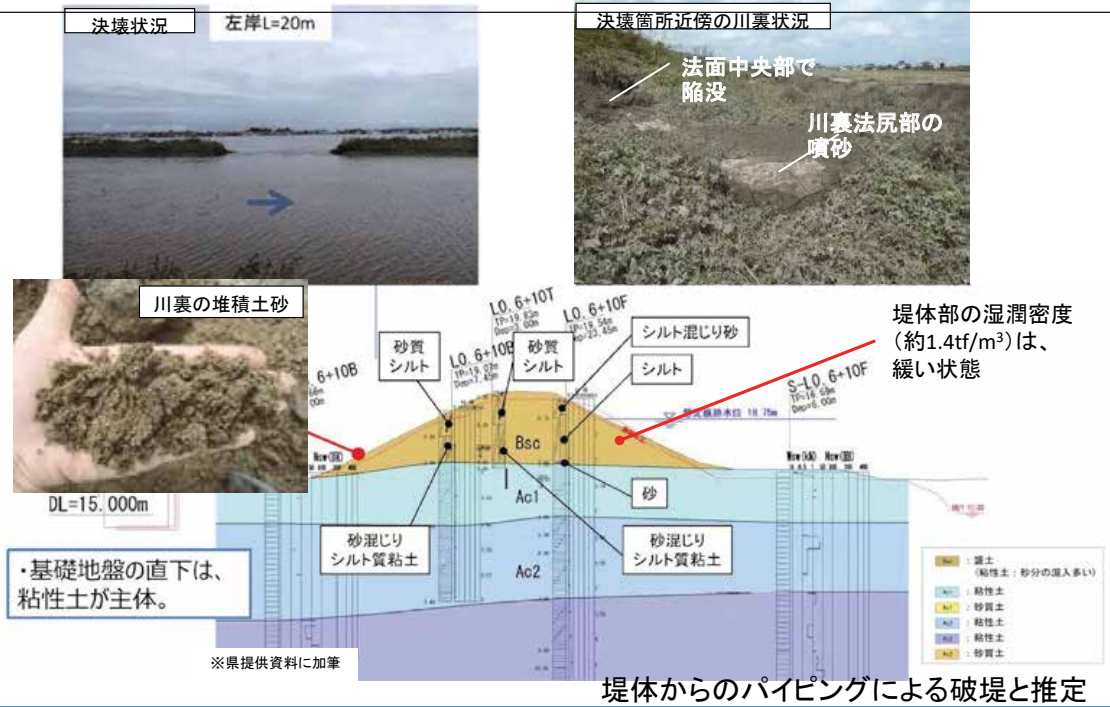
子吉川右岸10.8km付近の被覆土層厚の縦断分布
被災箇所の厚さが50cm~1m程度、前後区間が1m程度で、被災区間が薄い

透水層の被圧による有効応力の減少、あるいは噴砂による密度が低下によって、
透水層の強度低下によるすべりの可能性

● スライド24

事例③：堤体のパイピング

H27年9月に発生した大雨の影響により、渋井川左岸下流部で破堤。破堤部近傍の川裏法尻部では、噴砂と噴砂に伴うり面や天端の陥没も確認。合流点付近で背水の影響も。

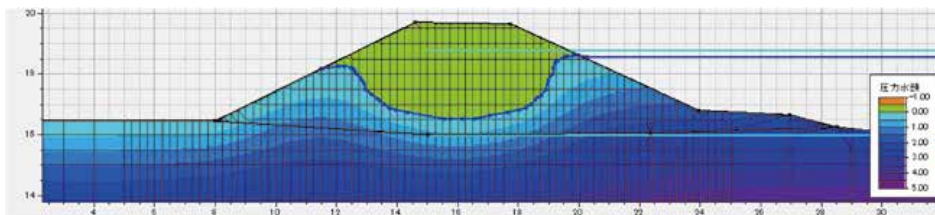


● スライド25

事例③被災事例の再現性(透水係数の設定)

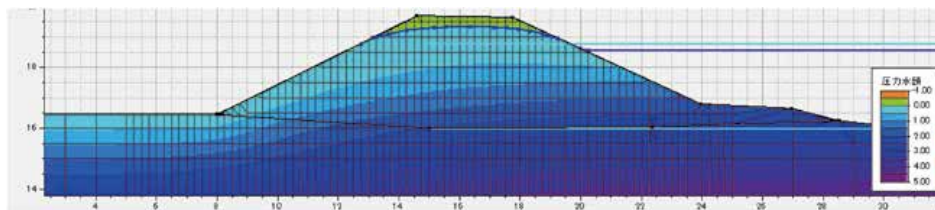


○室内透水試験結果(1.0E-04cm/sec)を使った非定常浸透流解析結果



堤体内の不均質性も影響したと考えられるが、河川水と裏のり尻が繋がらない。
★再現できているとは言えない。

○水平を10倍した場合の非定常浸透流解析結果



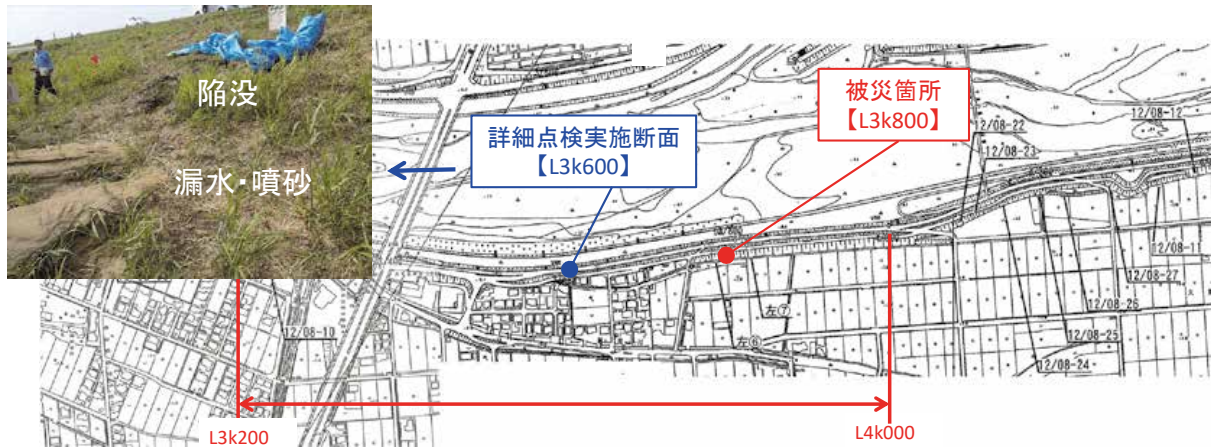
☆河川水と裏のり尻が繋がった。

○定常浸透流解析(透水係数の絶対値ではなく、相対的な関係が意味を持つ)

☆河川水と裏のり尻が繋がった。

● スライド26

事例④重信川 漏水・陥没



河川名	左右岸	一連区間	照査断面	すべり破壊		パイピング		
				川裏	川表	iv	ih	G/W
重信川	左岸	3k200 ~4k000	3k600	1.312 < 1.32 NG	1.386 > 1.0 OK	0.146 < 0.5 OK	0.286 < 0.5 OK	—

被災状況は、漏水・陥没なので、基盤漏水でout

● スライド27

事例⑤青森県ニッ森川 決壊

2016年8月台風10号による出水

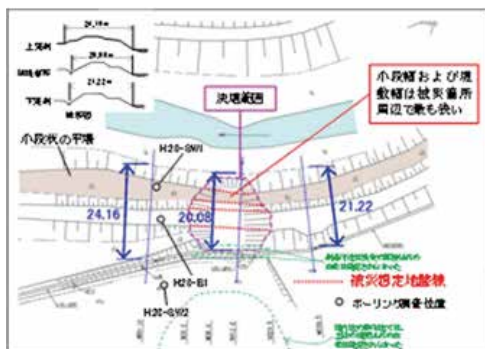


図-4 測量結果に基づく被災箇所周辺の地形 (出典:青森県提供資料に基づき作成)

決壊箇所は、堤防が局部的に細く比高が高い
合流点付近で背水の影響も

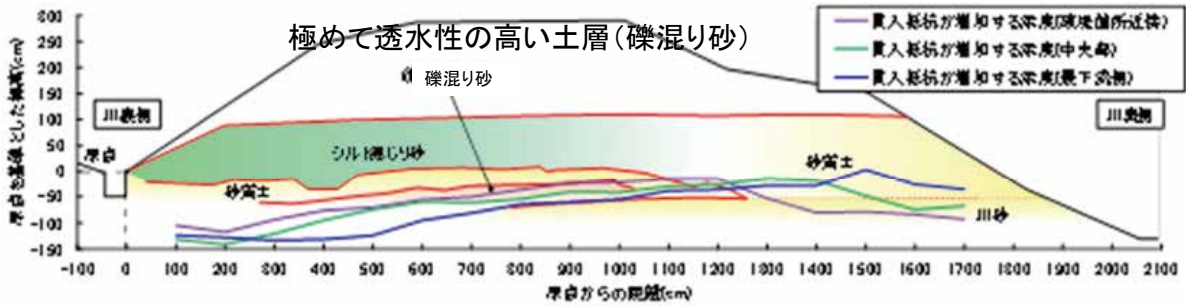


図-1 ニッ森川の被災箇所及び被災状況 (平成28年8月31日13時頃撮影)

(出典:青森県提供資料)

● スライド28

事例⑤青森県ニッ森川 決壊



開削断面小段で横断的にサウンディング調査を実施
決壊箇所に近い程、礫混り砂の出現深度が浅くなる傾向

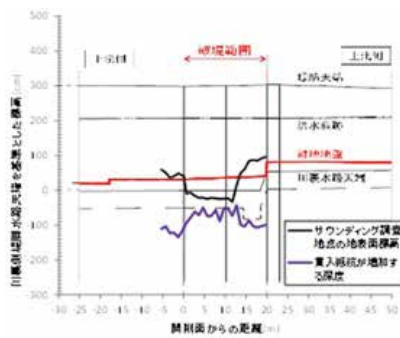


図-9 縦断方向のサウンディング調査結果

裏法尻で縦断的にサウンディングを実施したところ、
決壊箇所の礫混り砂の出現深度が浅いことが確認された。

極めて透水係数の高い土層の分布も決壊に影響したと
考えられる。

● スライド29

被災事例からの教訓

被害は局所的な弱部で発生

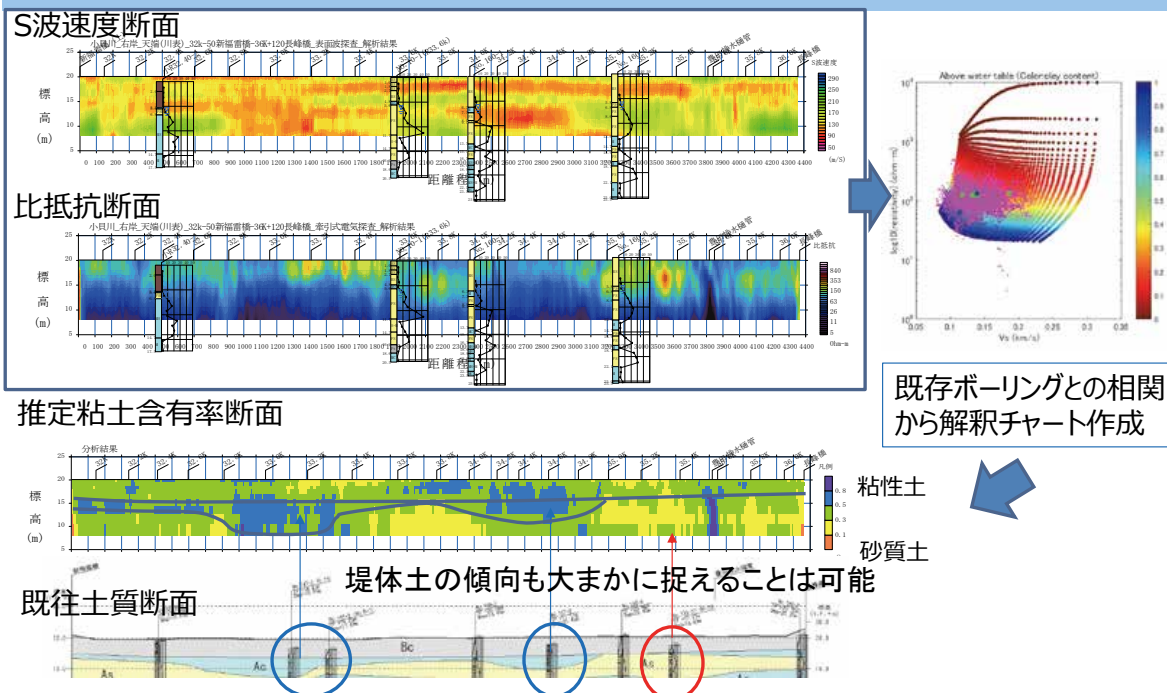
- ・局所的に比高が大きい箇所、堤防がやせた箇所
- ・高い水位が長時間継続する箇所
- ・局所的な透水層の存在、被覆土層厚が薄い箇所
- ・堤体の締固め程度が低い箇所等

→局所的な弱部を見つけられるかが課題

→被災しやすい条件を踏まえた細分区間、代表断面の見直し、
詳細な地盤調査の実施(サウンディング、物理探査等の活用)

● スライド30

既存ボーリング情報と組み合わせた物理探査の適用例



追加のボーリング孔で確認された粘性土・砂質土層が、物理探査結果からも示唆されていることがわかる。

● スライド31

出水経験を踏まえた堤防強化

一方で、堤防は延長が長く、地盤の不確実性から事前調査ですべてを把握することは困難

→出水経験を踏まえた堤防の強化、区間全体の点検の精度向上が重要

1. 変状箇所の変状原因を踏まえた堤防強化

・被災箇所の調査により原因を明にしたうえで、原因に応じた堤防強化を実施

2. 出水経験を踏まえた区間全体の点検の精度向上、堤防強化

・変状発生箇所、変状形態を踏まえた、細分区間、代表断面の見直し

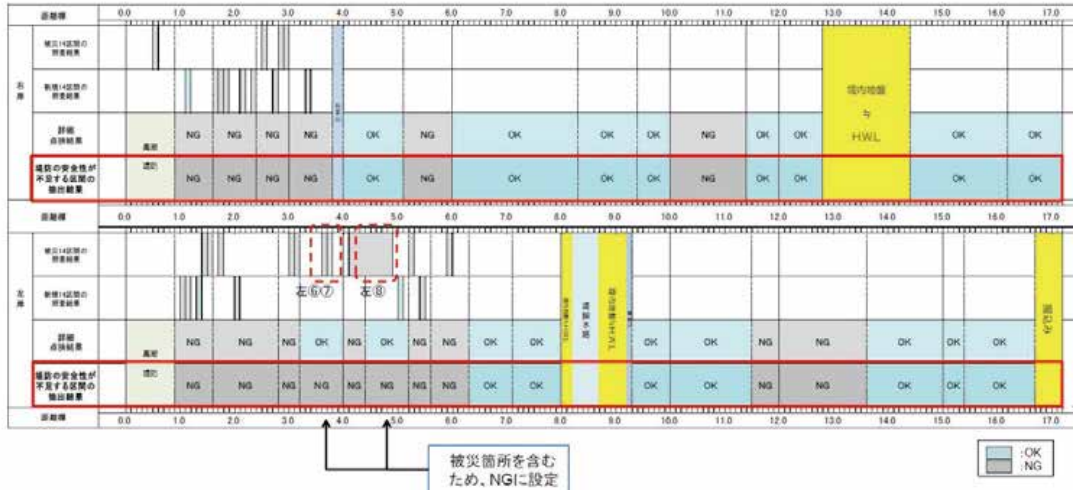
・変状原因の調査の実施、調査結果を踏まえた代表断面、土層構成等の見直し

・調査結果、出水における変状の有無等を踏まえたパラメータの見直し(再現解析による透水係数等の同定など)

● スライド32

事例④重信川の例

- 被災状況、被災後の詳細な地盤調査の結果を反映し、
- ・代表断面の見直し
 - ・すべり及び漏水が発生しやすい区間の抽出等を実施



被災状況、被災後の地盤調査結果を踏まえた詳細点検の見直し例

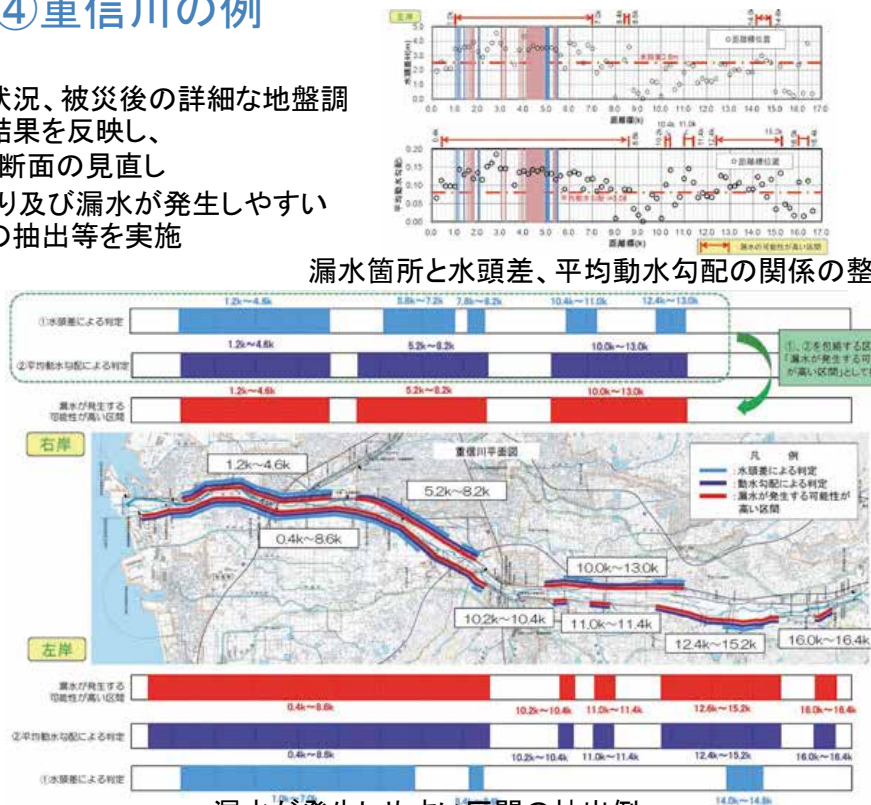
第5回重信川堤防調査委員会資料より

● スライド33

事例④重信川の例

- 被災状況、被災後の詳細な地盤調査の結果を反映し、
- ・代表断面の見直し
 - ・すべり及び漏水が発生しやすい区間の抽出等を実施

漏水箇所と水頭差、平均動水勾配の関係の整理

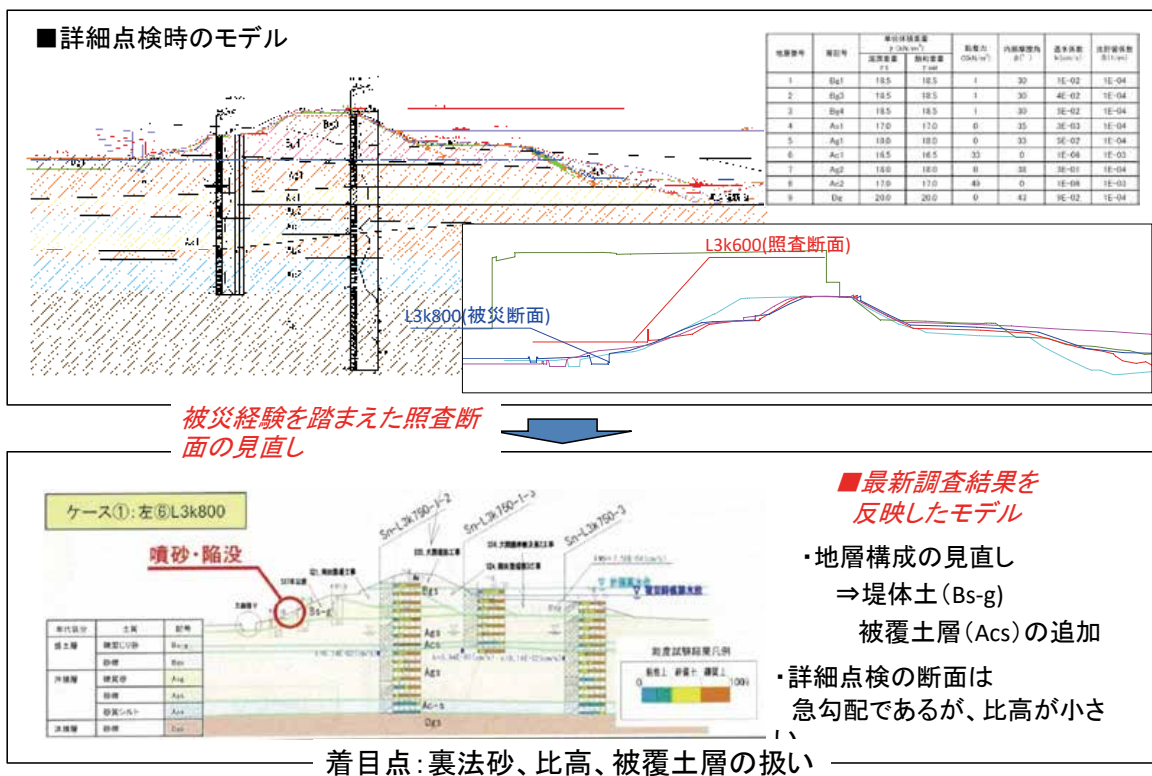


漏水が発生しやすい区間の抽出例

第5回重信川堤防調査委員会資料より

● スライド34

事例④重信川の例



● スライド35

浸透に対する堤防強化の考え方

1. 詳細な事前調査の実施

・堤防の被災は、局所的な弱部で発生(局所的に比高が高い箇所、堤防がやせた箇所、高い水位が長時間継続する箇所、局所的な透水層の存在、被覆土層厚が薄い箇所、堤体の締固め程度が低い箇所等)

→サウンディングや物理探査等を活用した照査な調査によりこれらを把握することは可能な場合も多い。

一方で、事前調査ですべてを把握することは困難であることも事実

2. 出水経験を踏まえた堤防強化、点検の精度向上

・変状原因を解明のための詳細な調査の実施

・変状形態、調査結果を踏まえた、堤防強化、

・変状発生箇所、変状要因の調査、土質調査結果を踏まえた細分区間、代表断面の見直し、土層構成の見直し

・調査結果、出水における変状の有無等を踏まえたパラメータの見直し(透水係数の設定など)

→出水経験等を踏まえた堤防の強化と区間全体の点検結果の見直しが重要



〒103-0001

東京都中央区日本橋小伝馬町11-9

TEL : 03-5847-8304 FAX : 03-5847-8309