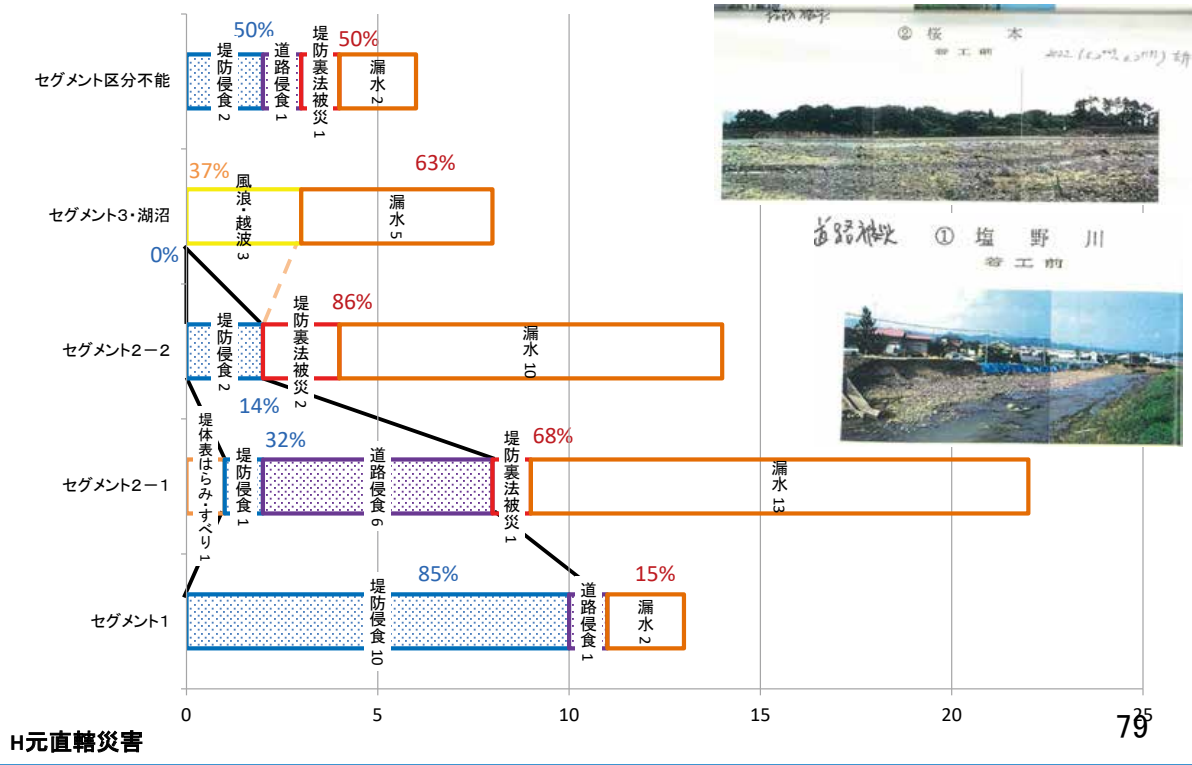


● スライド79

4.1 被災実態(中規模洪水) 堤防関係被災63箇所内訳 セグメントー被災細分

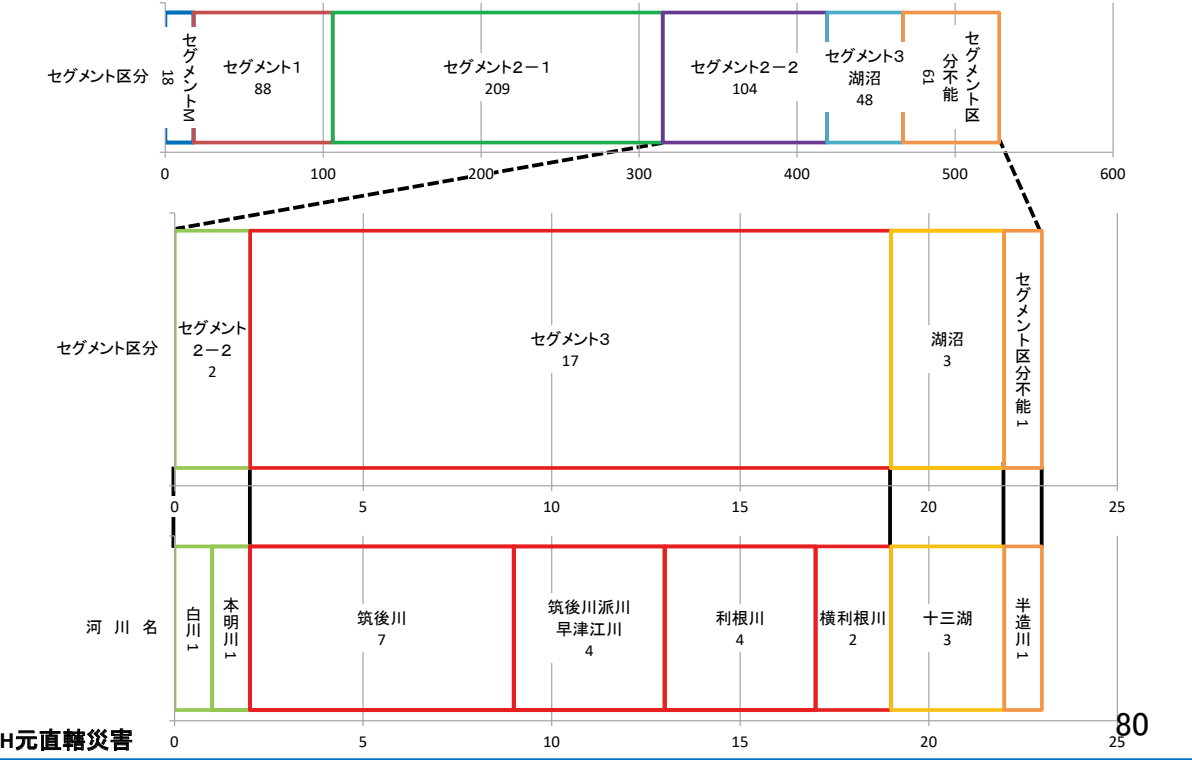


H元直轄災害

79

● スライド80

4.1 被災実態 風浪災23事例内訳 セグメント区分、河川

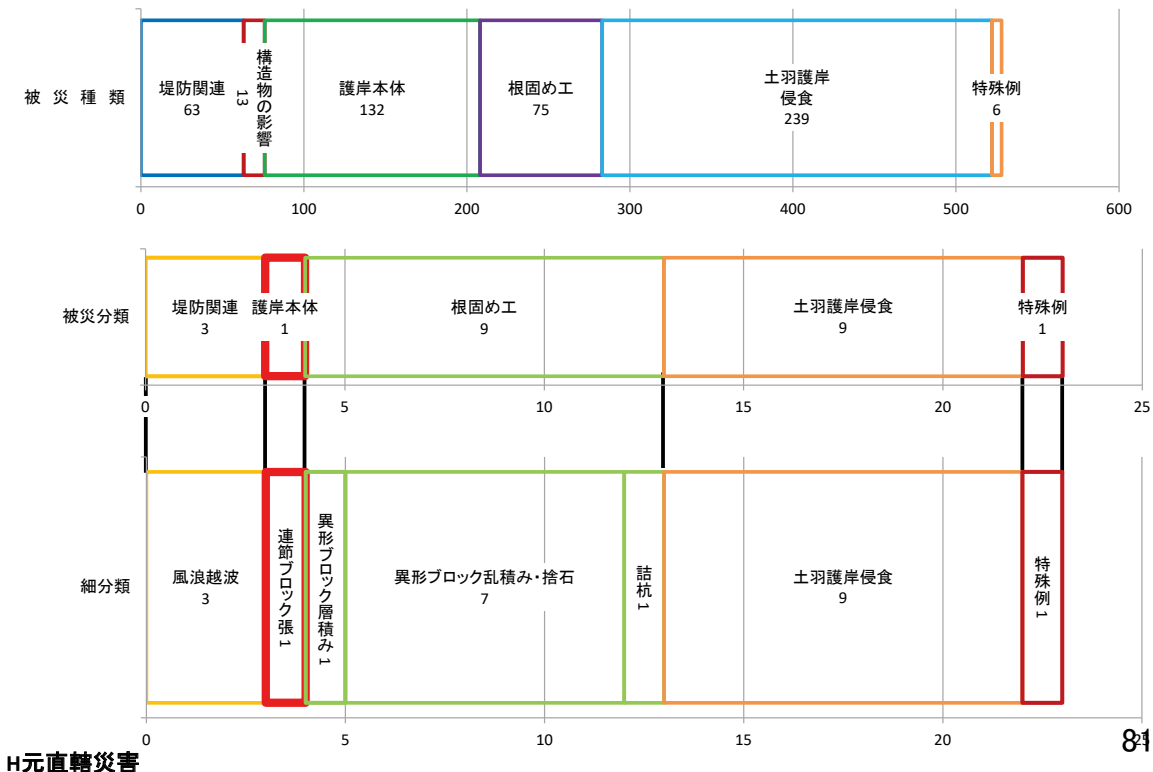


H元直轄災害

80

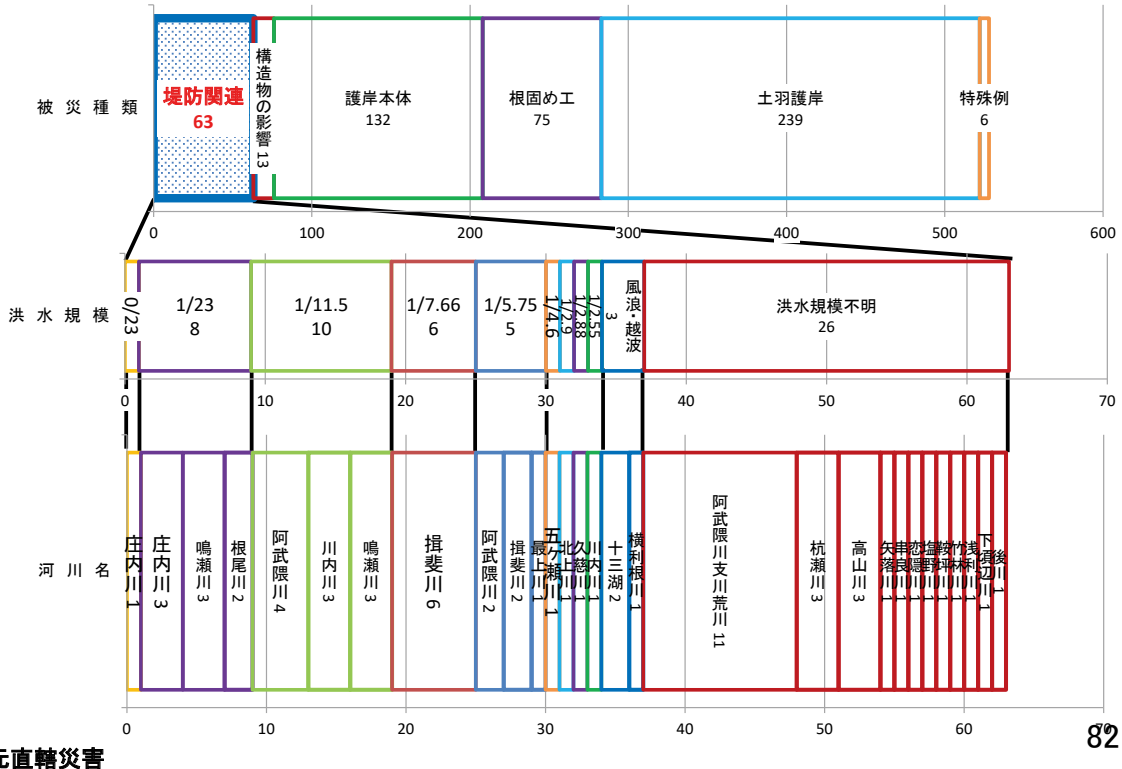
● スライド81

4. 1 被災実態 風浪災23事例内訳 被災分類・細分



● スライド82

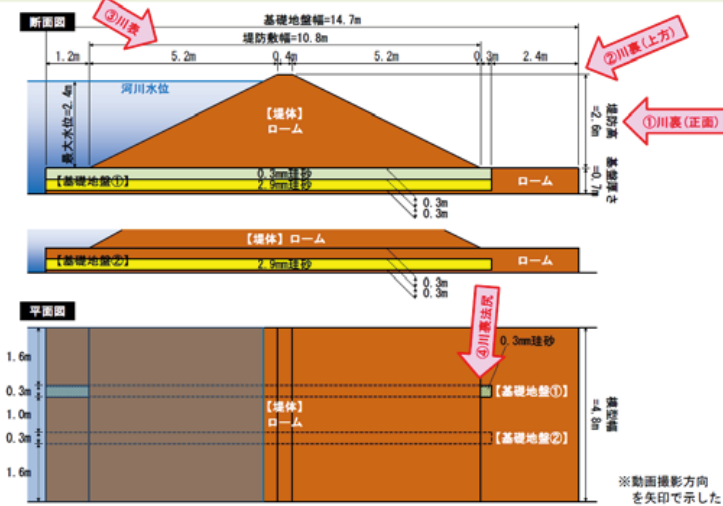
4. 1 被災実態(中規模洪水) 堤防関係被災63箇所内訳(洪水規模)



● スライド83

4.2 実物大水理実験(パイピング破壊)

公開実験のケース(モデル図)



公開実験のケース(水位条件)



● スライド84

4.2 実物大水理実験(パイピング破壊)



● スライド85

4.2 実物大水理実験(パイピング破壊)

複層地盤(礫層の上に砂層)における堤体と細砂層の境界で空洞発達の様子(公開実験と別の実験)

パイピングが発達する様子

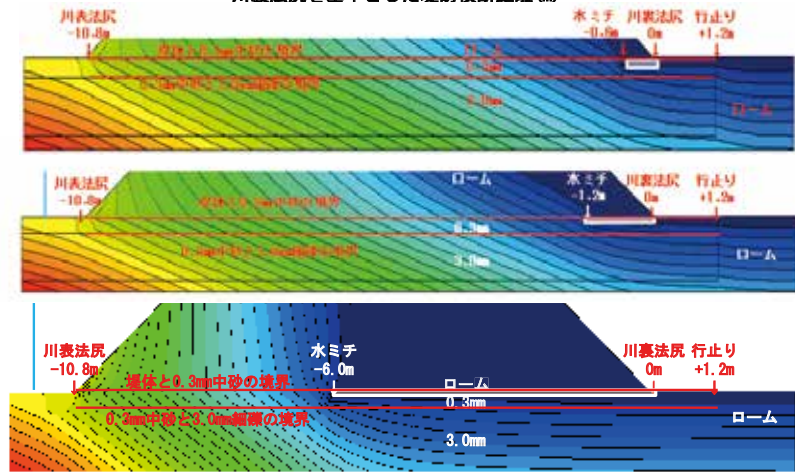
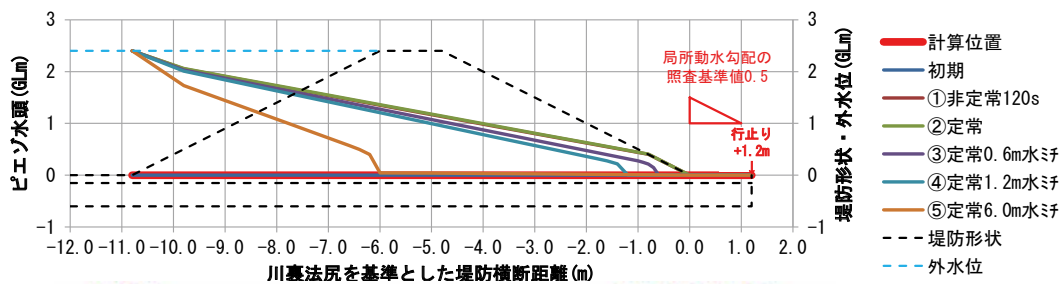


破堤時の様子



● スライド86

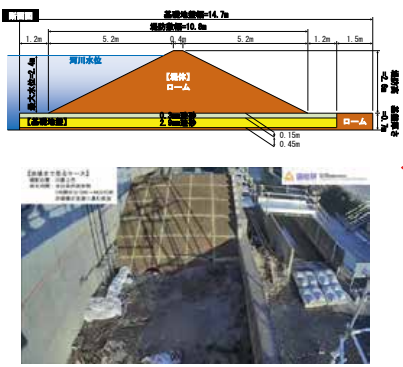
堤体と砂層(0.3mm)の境界のピエゾ水頭分布



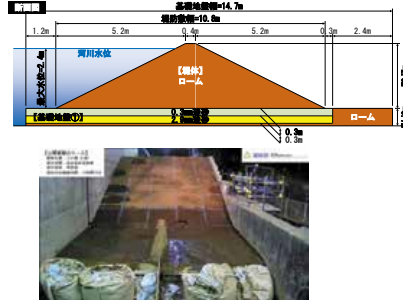
● スライド87

パイピングの進行速度は条件によって差がある

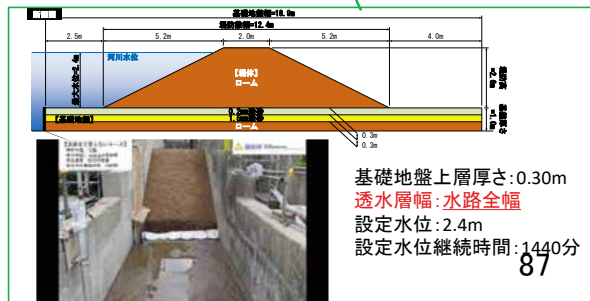
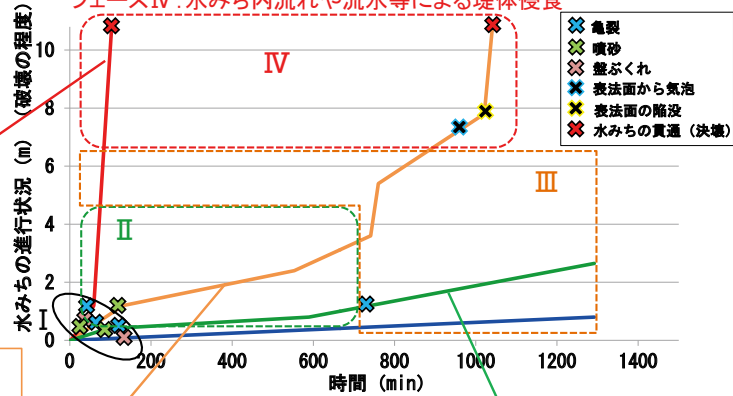
基礎地盤上層厚さ:0.15m, 透水層幅:水路全幅
最終水位:2.0m, 実験時間:102分



基礎地盤上層厚さ:0.30m, 透水層幅:0.3m
設定水位:2.4m, 設定水位継続時間:790分



フェーズⅠ:漏水・噴砂・盤ぶくれ・裏法尻の崩壊
フェーズⅡ:水みちの進行
フェーズⅢ:堤体の変形と水みちの進行・停止の相互作用
フェーズⅣ:水みち内流れや流水等による堤体侵食



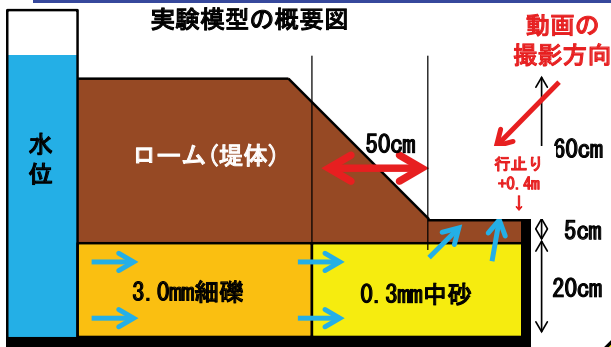
基礎地盤上層厚さ:0.30m
透水層幅:水路全幅
設定水位:2.4m
設定水位継続時間:1440分

87

● スライド88

● 濁った水が激しく噴き出す実験例2(抽出実験)

堤防横断方向に複層構造でも決壊・破堤に至る



①盤ぶくれが徐々に発達



②2分後にさらに盤ぶくれが発達して表面の亀裂幅が広がる

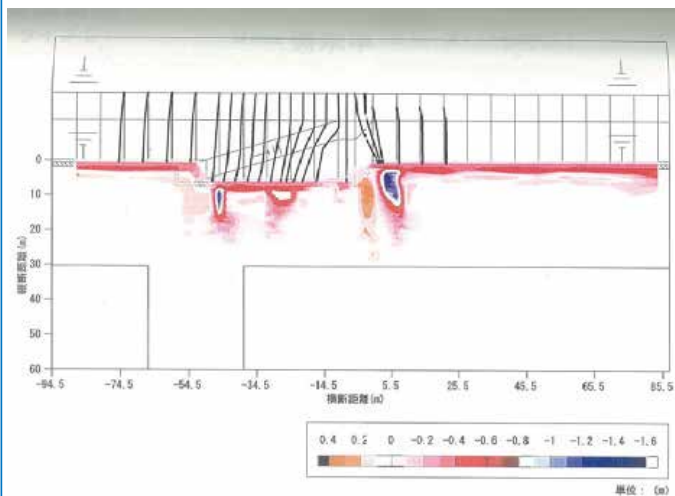


③さらに1分後には亀裂から漏水が起き、水ミチ発達とともに土砂も噴出

88

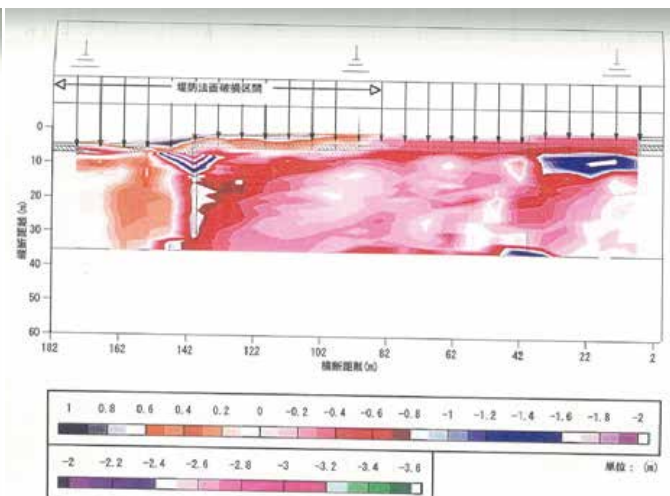
● スライド89

4.3 水理実験(堤防3次元形状越水) 堤内地の地形変化量



多5.14
図4.3-1 河床差コンター図 (ケース1 : h=0.35m)

ケース1 6%坂路 越流水深35cm

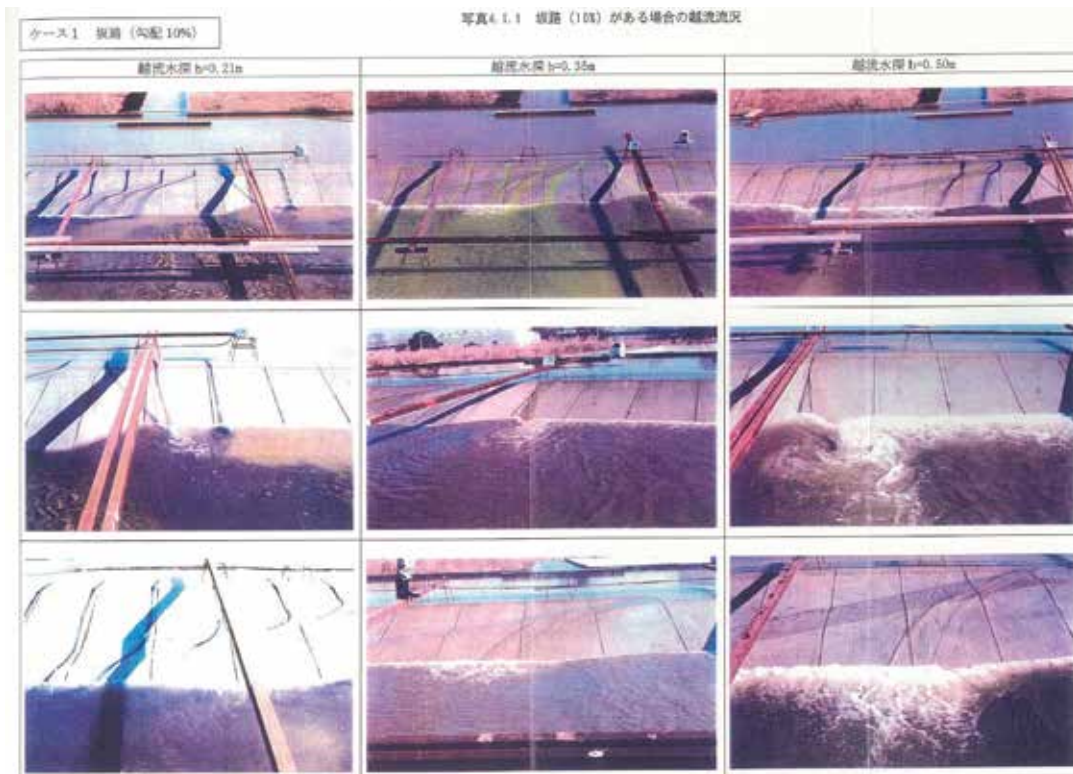


多5.17 (1)
図4.3-2 河床差コンター図 (ケース3 : h=0.50m)

ケース3 堤内地段差地形 越流水深50cm

● スライド90

4.3 水理実験(堤防3次元形状越水) ケース1 流況



多5.18.1

● スライド91

4.3 水理実験(堤防3次元形状越水)
推定単位幅流量—洗掘深

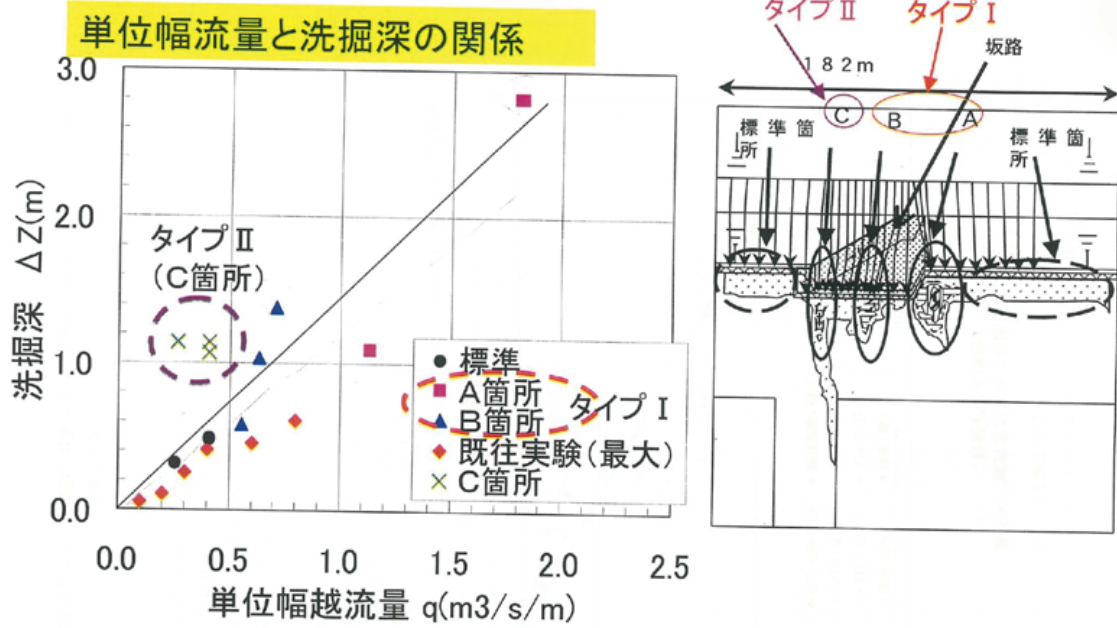
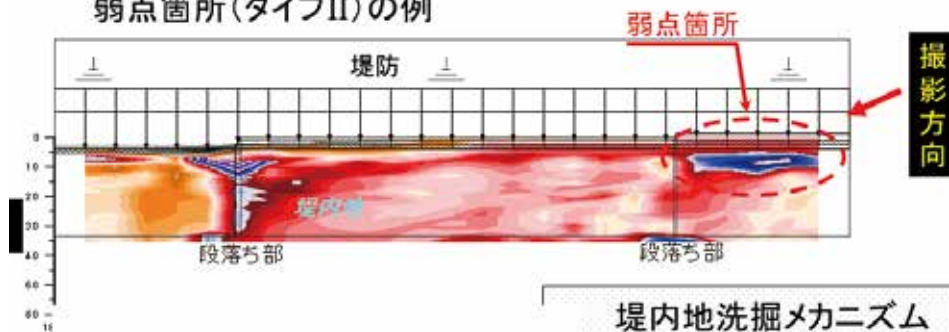


図 3.5.30(2)

● スライド92

4.3 水理実験(堤防3次元形状越水)
タイプⅡ裏法尻洗掘の特徴

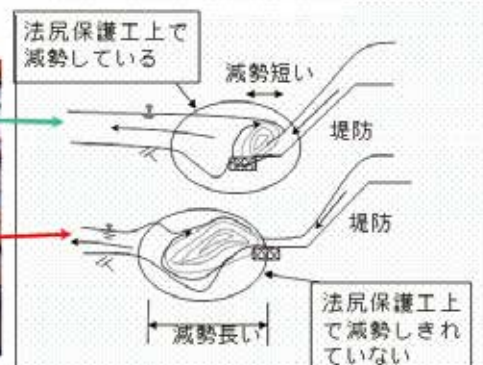
弱点箇所(タイプⅡ)の例



実験中状況写真



堤内地洗掘メカニズム



● スライド93

4.3 水理実験(堤防3次元形状越水)
タイプC裏法尻洗掘形状既往越流実験との比較

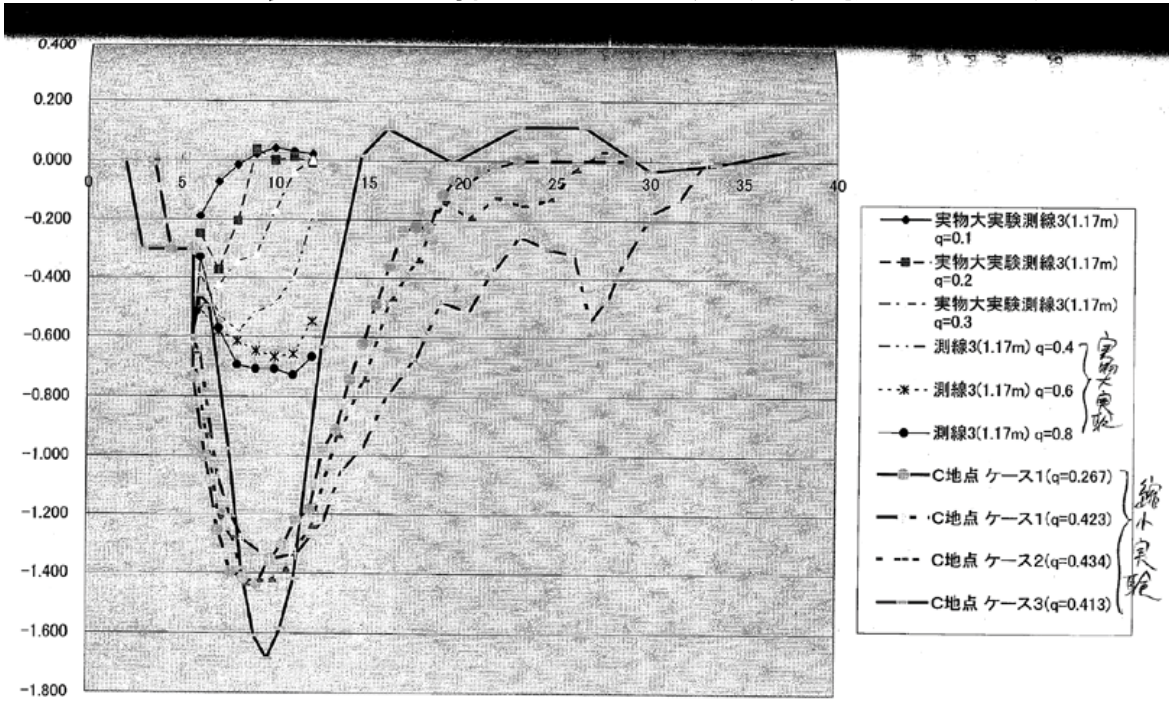


図-3.5.32

● スライド94

4.4 実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
累積越流時間-裏のり面最大洗掘深

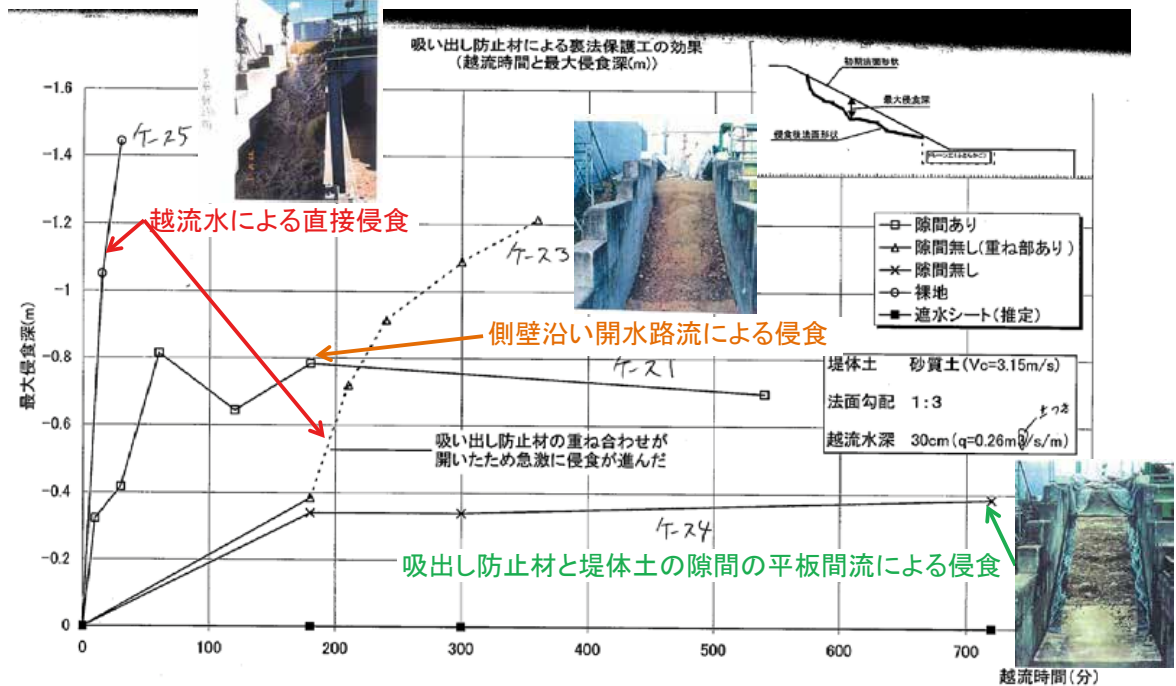
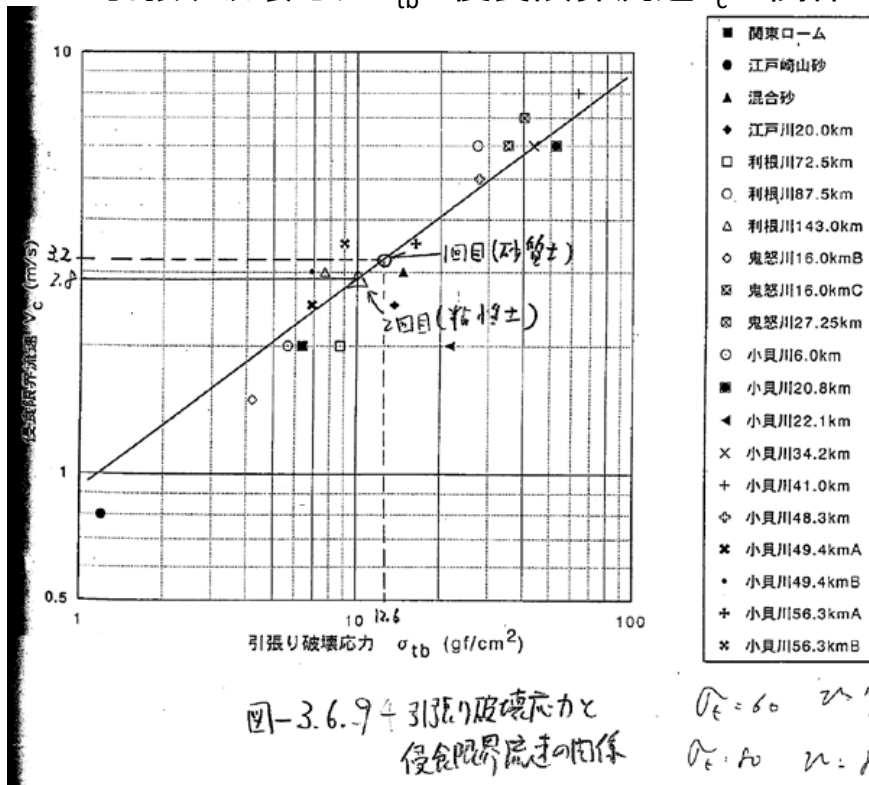


図-3.6.12

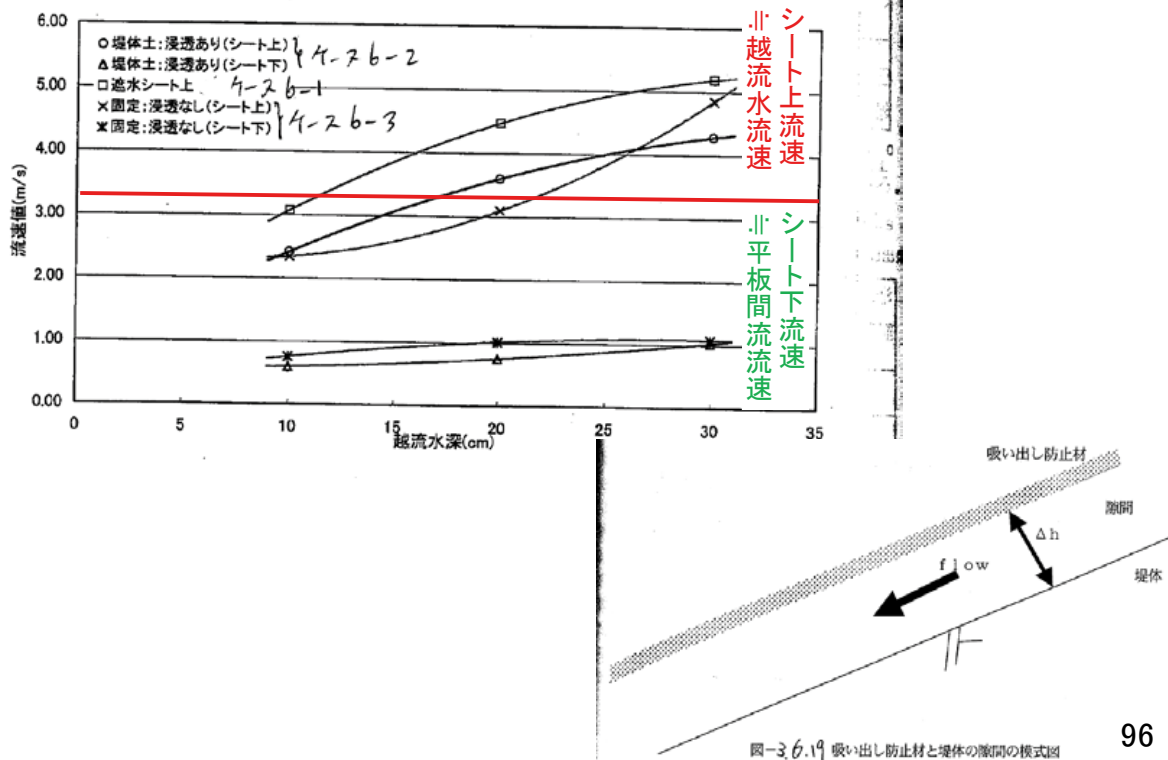
● スライド95

4.4 実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
引張り破壊応力 σ_{tb} と侵食限界流速 v_c の関係



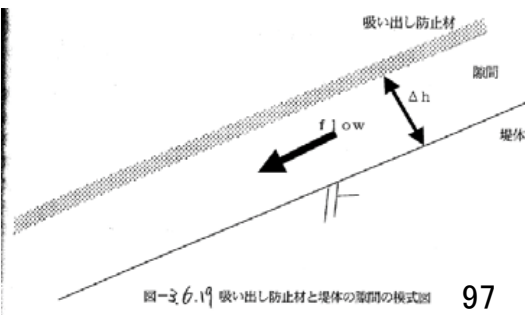
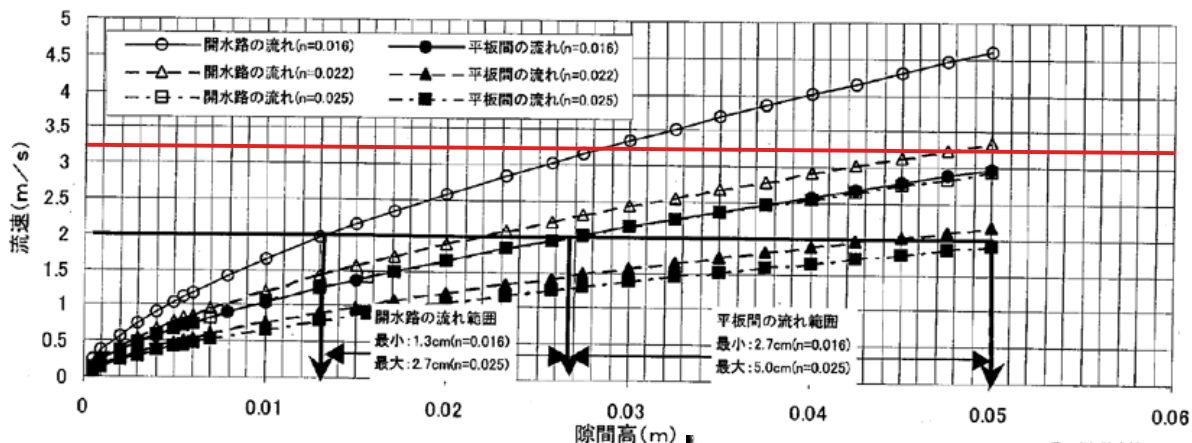
● スライド96

4.4 実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
越流水深-裏のり面吸出し防止材上下面流速



● スライド97

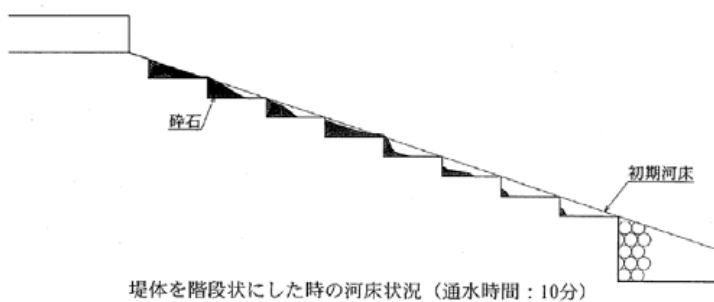
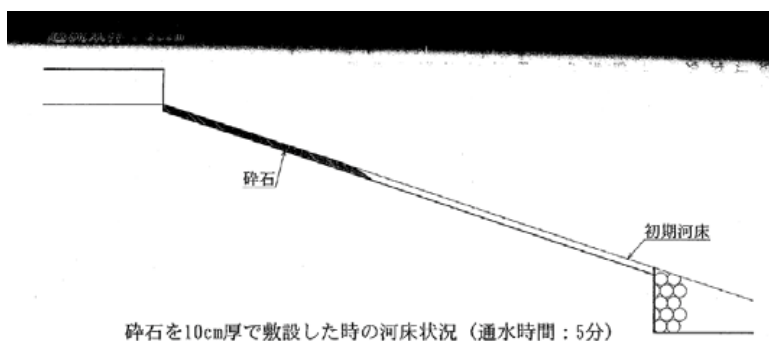
4. 4 実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
吸出し防止材と堤体の隙間間隔—流速



97

● スライド98

4. 4 実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
ケース8、実験 I - 2 通水後碎石流出状況(越流水深30cm)

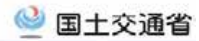


98

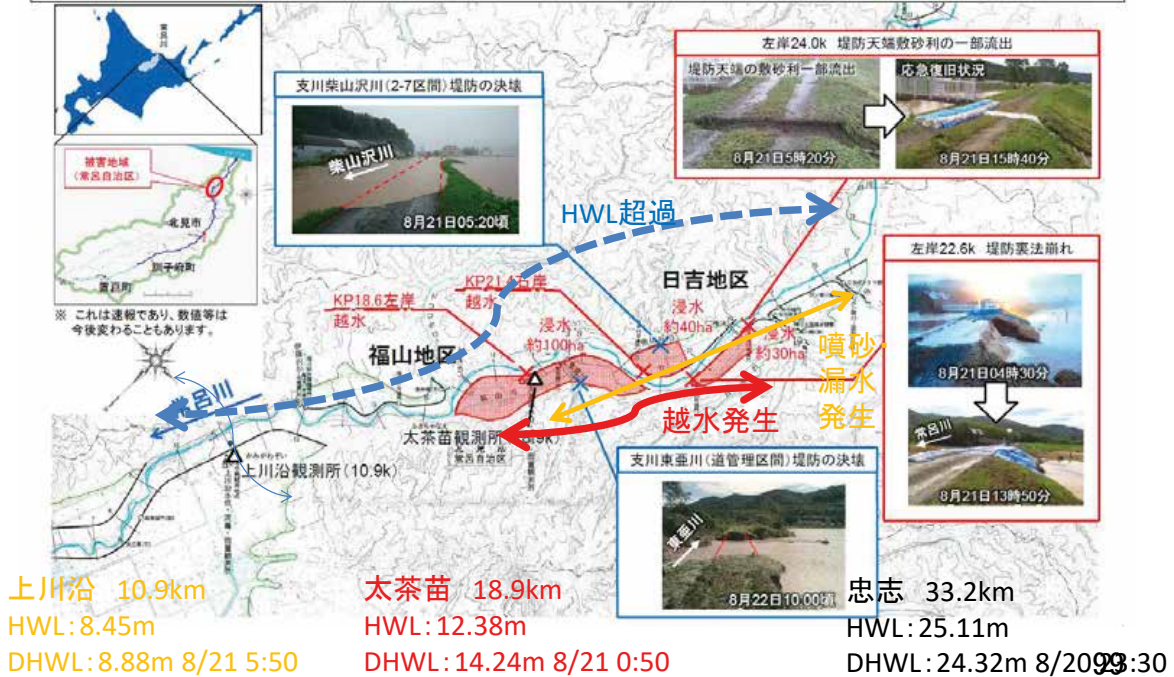
● スライド99

4.5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた要因は?)

8月20日からの降雨による常呂川(北海道)での被害状況



■ 8月20日からの前線停滞の影響に伴う降雨により、常呂川(北見市常呂地区)にて4箇所の越水が発生。



● スライド100

4.5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた要因は?) 常呂川KP22.6左岸越水・法崩れ箇所



上流側痕跡は天端高-15cm程度



堤防天端高が下がっている区間で越水発生



天端は密に締め固まった粘性土



落堀は発達していない 100

● スライド101

4.5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた要因は?) 常呂川KP22.6左岸越水・法崩れ箇所



樋門操作員が堤内側水位記録→後日収集



根毛層により越流水の侵食に耐えた



落堀洗掘土砂の堆積状況→湛水を示唆



根毛層により越流水の侵食に耐えた

● スライド102

4.5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた 要因は?)

裏法尻流速の評価

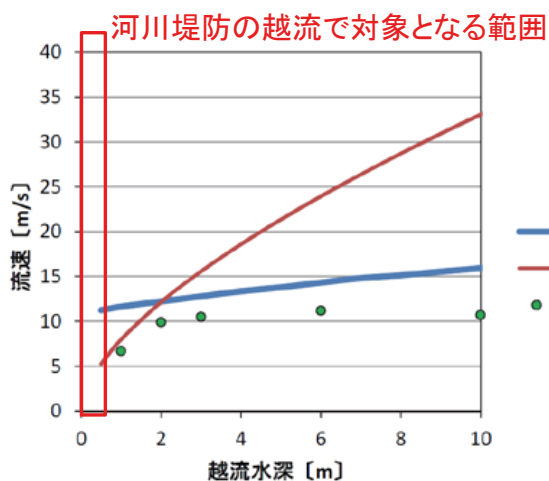


図-10 裏法尻での流速の試算結果

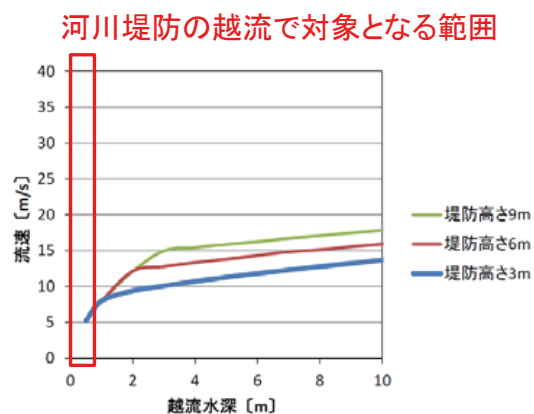
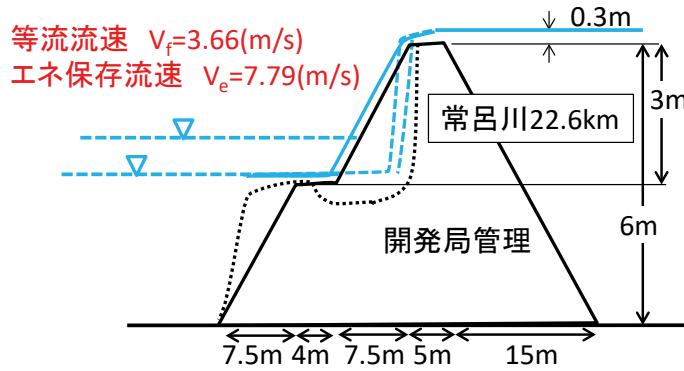


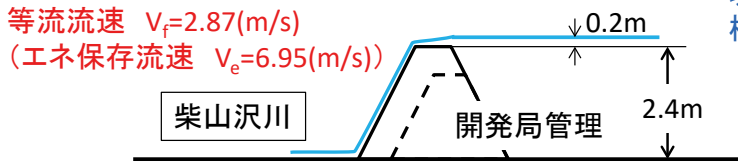
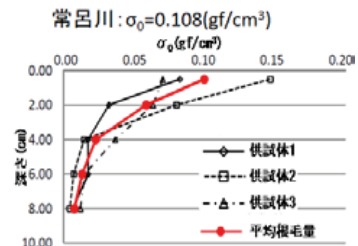
図-11 裏法尻での流速と堤防高さの関係

出典:加藤ら(2014), 津波の越流に対して粘り強く減災効果を発揮する海岸堤防の構造検討, 土木学会論文集B2(海岸工学),vol.70,No.1,31-49,2014 に加筆

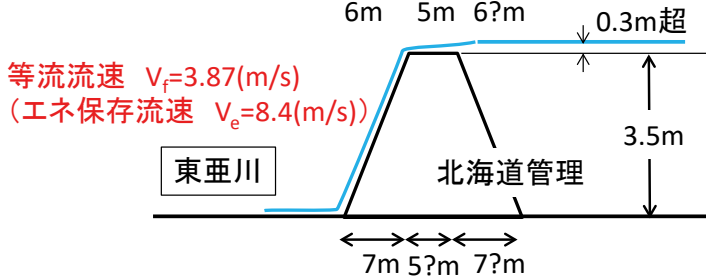
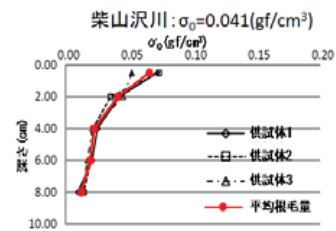
● スライド103



堤体土侵食限界流速 $V_c=5\text{m/s}$
 植生平均根毛量 $\sigma_0=0.108(\text{gf/cm}^3)$



堤体土侵食限界流速 $V_c=2.5\text{m/s}$
 植生平均根毛量 $\sigma_0=0.041(\text{gf/cm}^3)$



堤体土侵食限界流速 $V_c=4\text{m/s}$
 植生平均根毛量 $\sigma_0=0.012(\text{gf/cm}^3)$

● スライド104

4.5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた要因は?) 堤体土、植生の耐侵食性

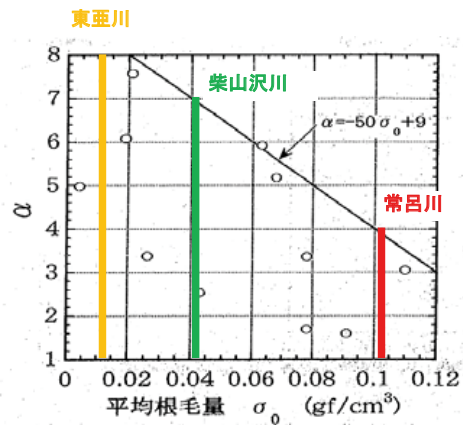
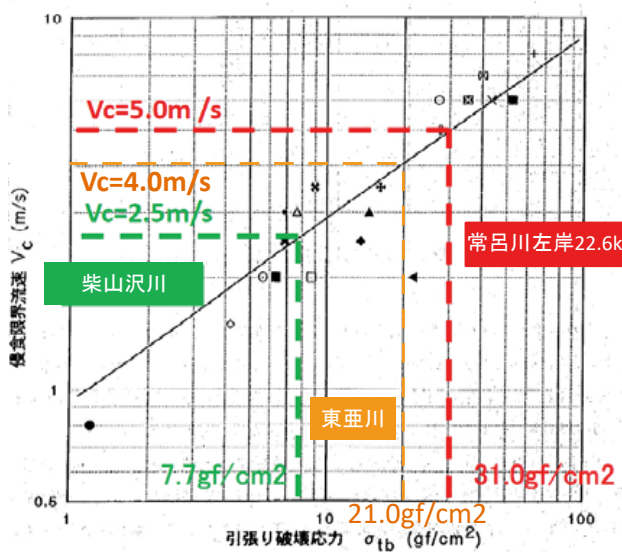


図-35 α と平均根毛量 σ_0 の関係

$$Z(t) = \alpha u_*(t) \cdot \log(t)$$

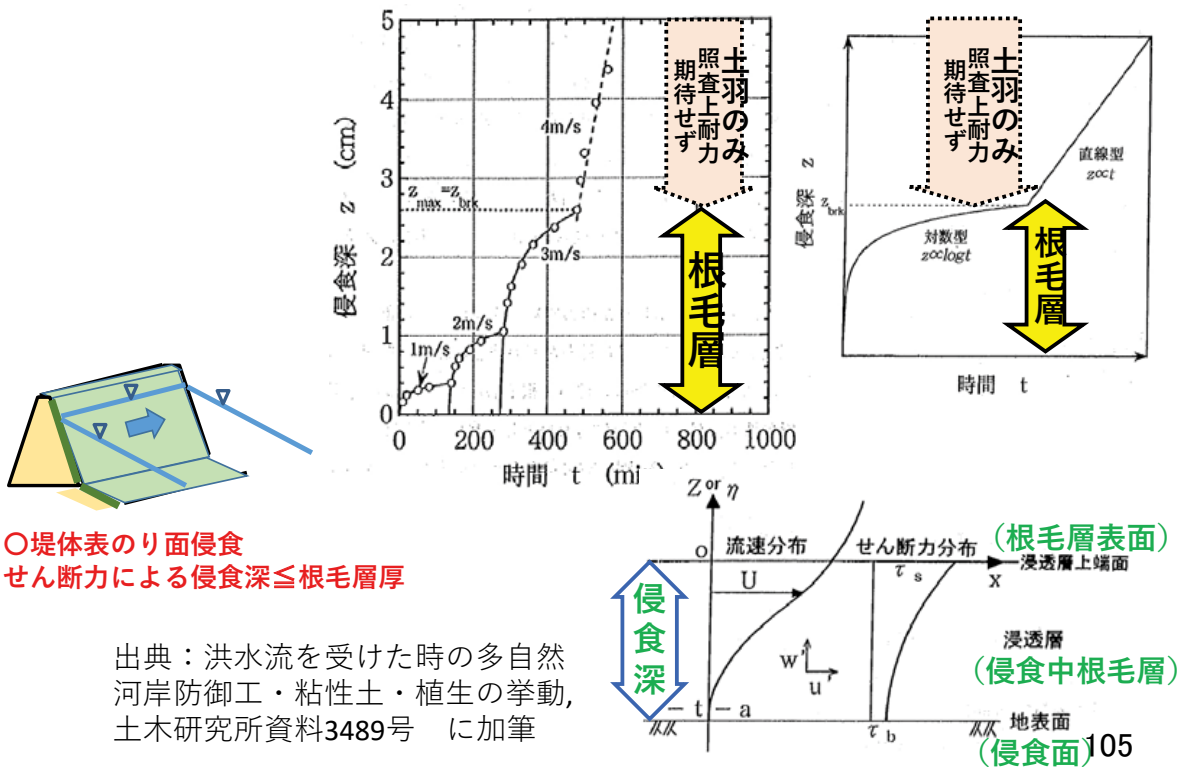
Z: 侵食深

u_* : 摩擦速度

t: 時間

● スライド105

4.5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた要因は?)
参考: 堤体張芝面侵食照査の考え方



● スライド106

4.5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた要因は?)
2017小本川水害 中里地区 中里橋右岸



● スライド107

＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 被災時変状発生時調査の重要性

流入状況写真(8・14出水)



流入堤流入状況(被災前)



流入堤アスファルトフェーシング被災状況

● スライド108

流入状況写真



写真2.7.1(2) 流入堤流入状況
アスファルトフェーシング被災状況

被災状況写真



写真-2.1.1(2)

流入状況写真

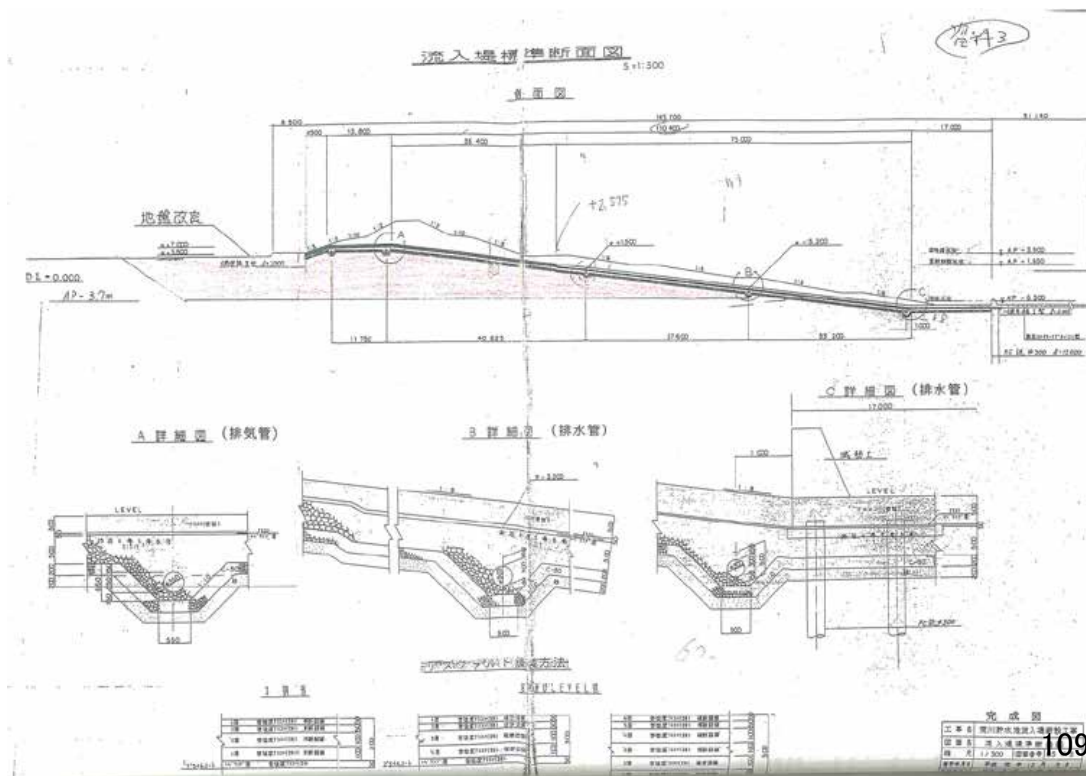
写真2.7.2 流入堤流入状況(8/15AM3:00
アスファルトフェーシング被災時)



写真-2.1.1(3)

● スライド109

＜参考＞越流堤Asフェーシング被災
流入堤配管断面図



● スライド110

＜参考＞越流堤Asフェーシング被災
空気抜き弁構造

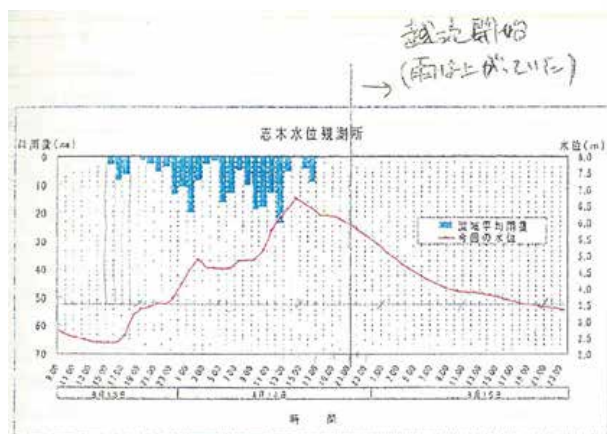
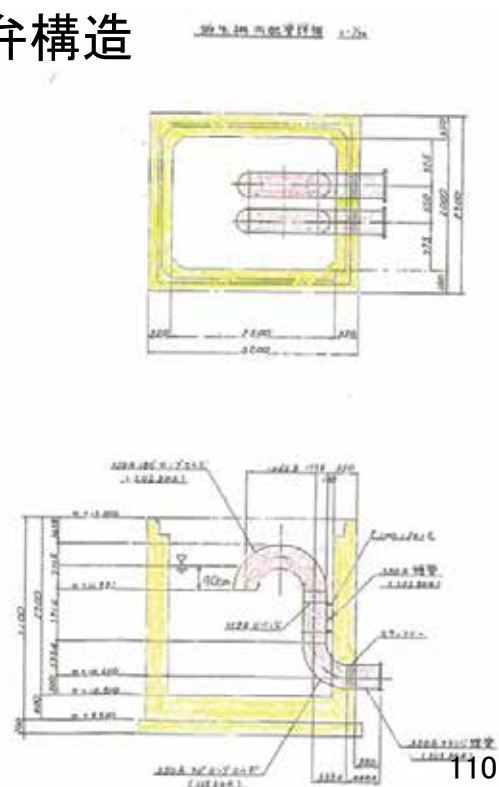
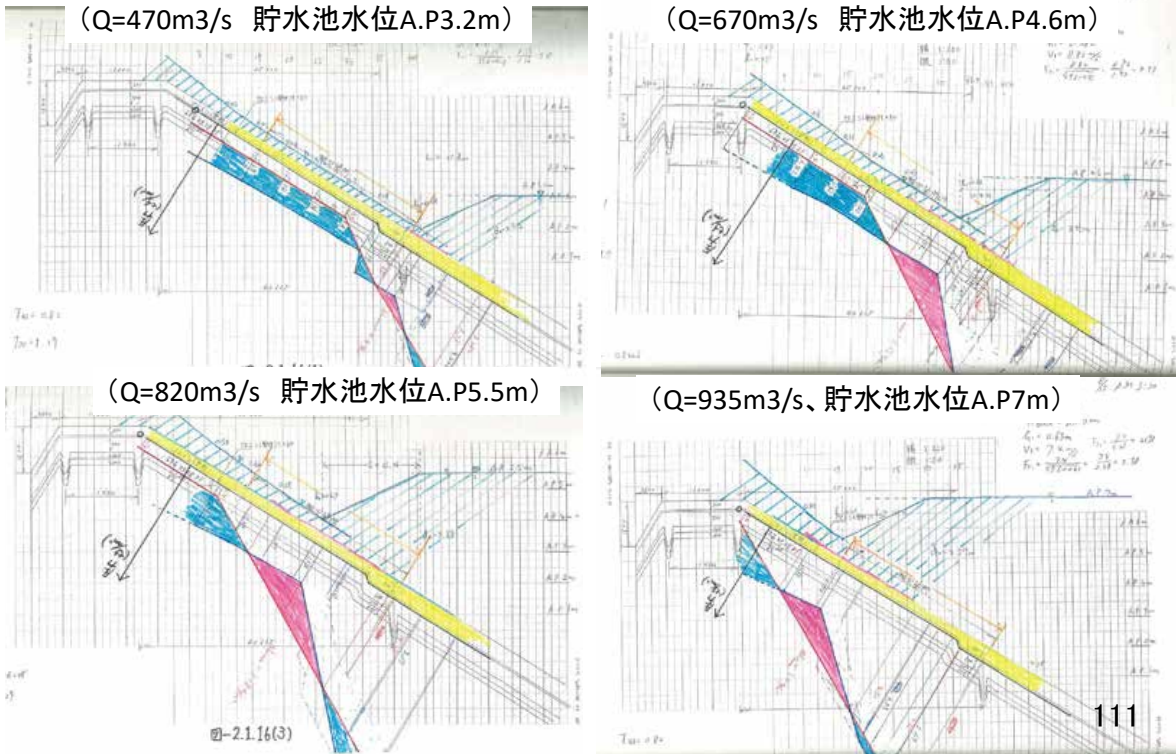


図-2.1.10



● スライド111

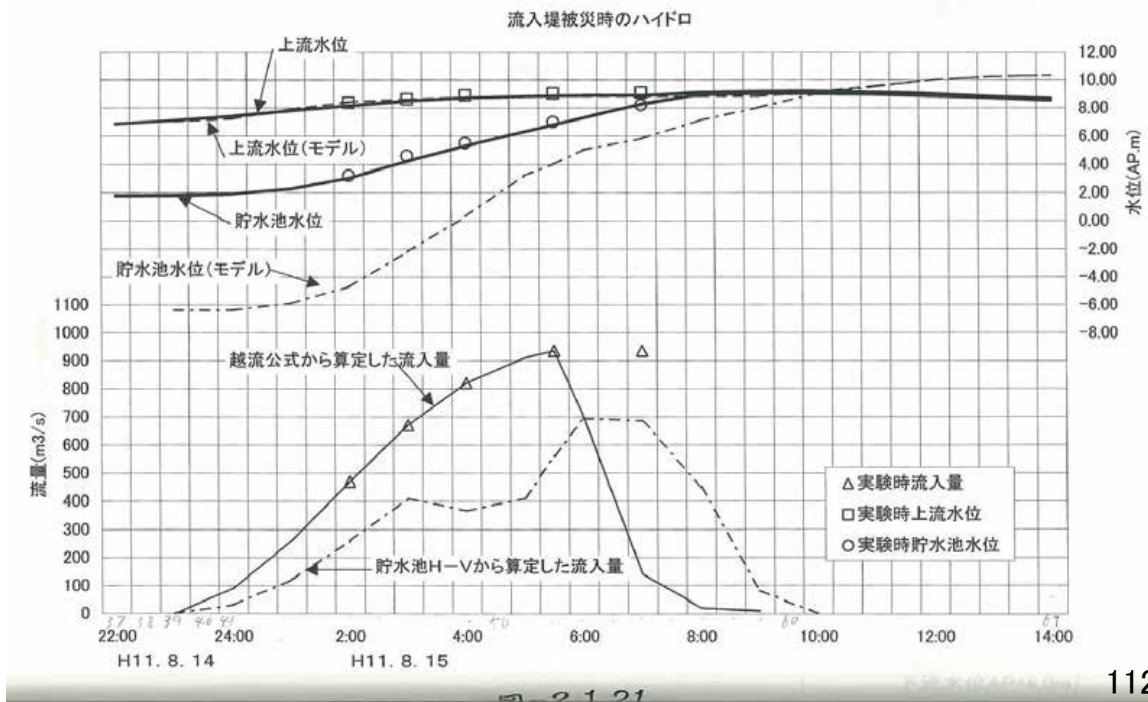
＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 Asフェーシング上の水面形試算結果



● スライド112

＜参考＞越流堤Asフェーシング被災

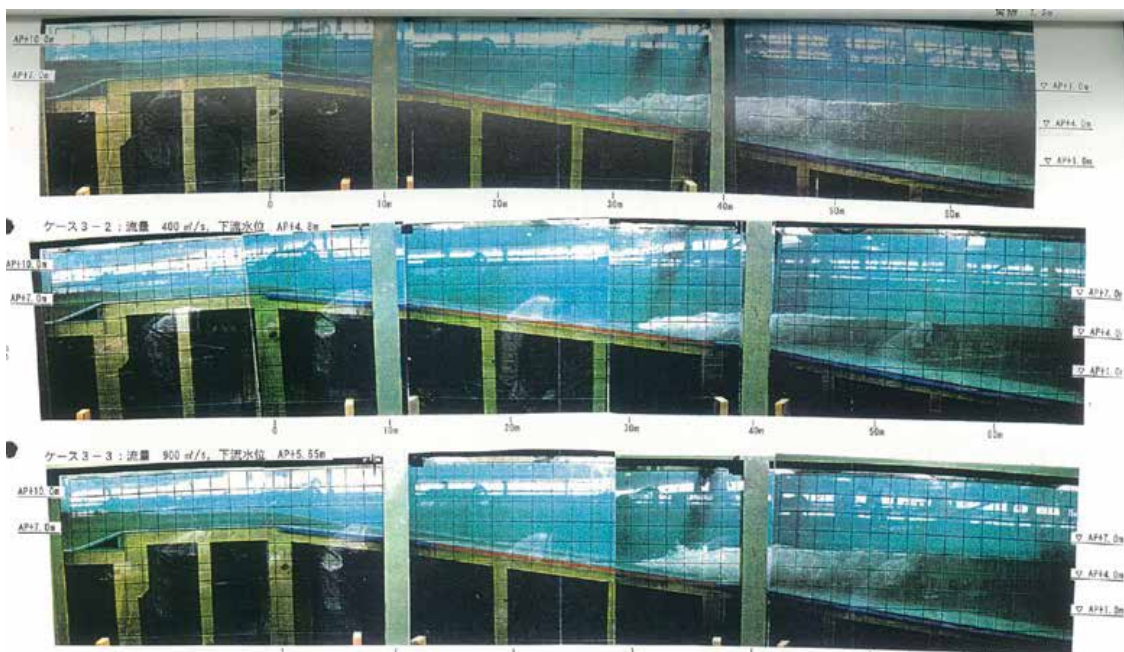
流入堤アスファルトフェーシング被災時水位・流量ハイドロと実験結果



● スライド113

＜参考＞越流堤Asフェーシング被災

ケース3-1(Q=820m³/s・下流水位A.P.+5.5m)、ケース3-2(Q=400m³/s・下流水位A.P.4.8m)、ケース3-3(Q=900m³/s・下流水位A.P.5.65m)



験-2.14(2) 流入堤実験状況

※模型縮尺 5m/15
格子間隔 模型 10cm
実物 1.5m

113

● スライド114

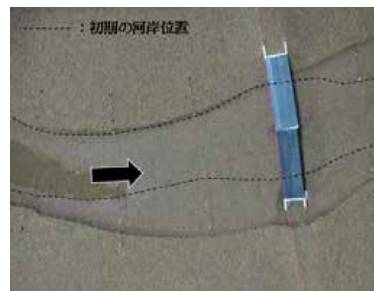
＜参考＞越流堤Asフェーシング被災
被災箇所に露出していた地盤改良堤体土



114

● スライド115

5. 1 侵食に伴う橋台被災



115

● スライド116

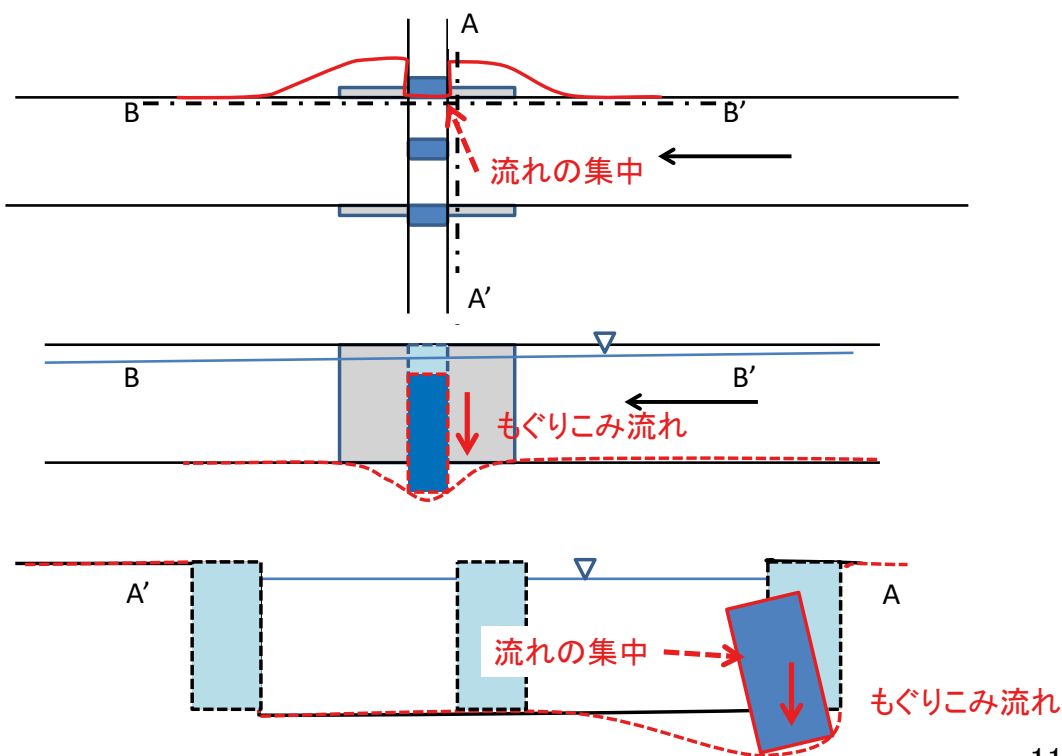
5. 1 侵食に伴う橋台被災



116

● スライド117

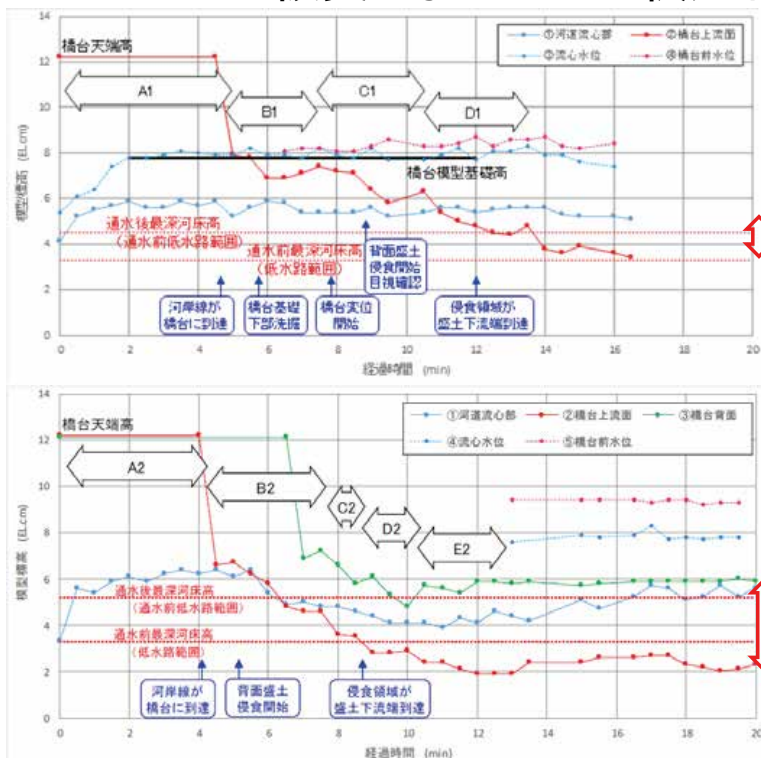
5.1 侵食に伴う橋台被災



117

● スライド118

5.1 侵食に伴う橋台被災
被災しないための根入れ深は？



洗掘深約2cm

出典：国総研資料1069号「平成28年(2016年)台風10号等に伴う豪雨による北海道地方被災橋梁等調査報告」に一部加筆

洗掘深約4cm

118

● スライド119

5.1 侵食に伴う橋台被災 橋が通行可能なら機能応急復旧可能 小本川 赤鹿橋

左岸取付道路流失



130m破堤→水田が礫河原化

流木多数欄干破壊 橋桁冠水
漂流物啓開後桁上通行可能

119

● スライド120

5.1 侵食に伴う橋台被災 橋が通行可能なら機能応急復旧可能 小本川 赤鹿橋



赤鹿橋

120

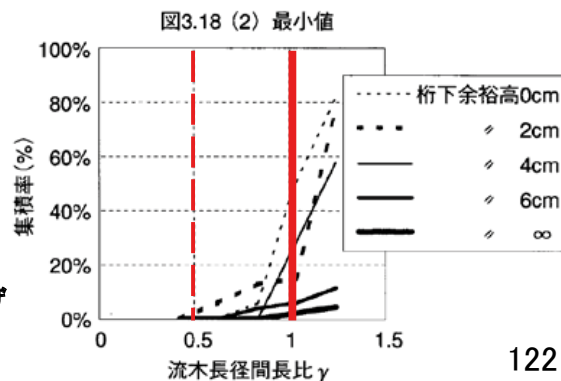
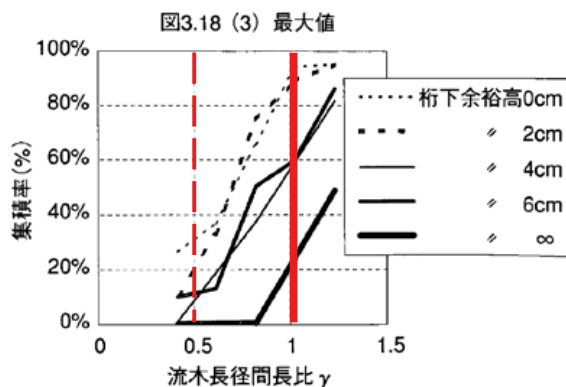
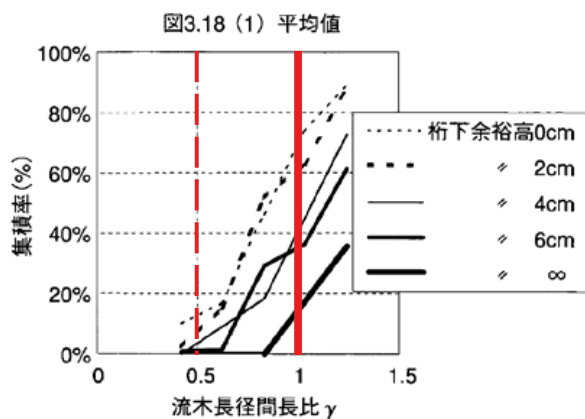
● スライド121

5. 2 橋脚間流木閉塞



● スライド122

5. 2 橋脚間流木閉塞 径間長と閉塞



- 流木長が径間長を上回ると閉塞しやすくなる
- 流木長が径間長×1/2を超えると閉塞しはじめる

出典: 国総研資料第78号 橋梁への流木集積と水位せきあげに関する水理的考察に加筆

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0078.htm>

● スライド123

5.3 桁下流木閉塞

小河内橋（赤谷川4/200）

- 河道幅が比較的狭く流木の供給が多かったため、流木が集積したと推測される。
- 橋梁の上流側に流木が集積したことにより流路が左右岸に拡散され、拡散した流下部に存在した建物、上下流の護岸に被害が発生した。

橋梁位置



被災後航空写真



被災前写真



被災後写真



123

● スライド124

5.3 桁下流木閉塞 桁下余裕高と閉塞

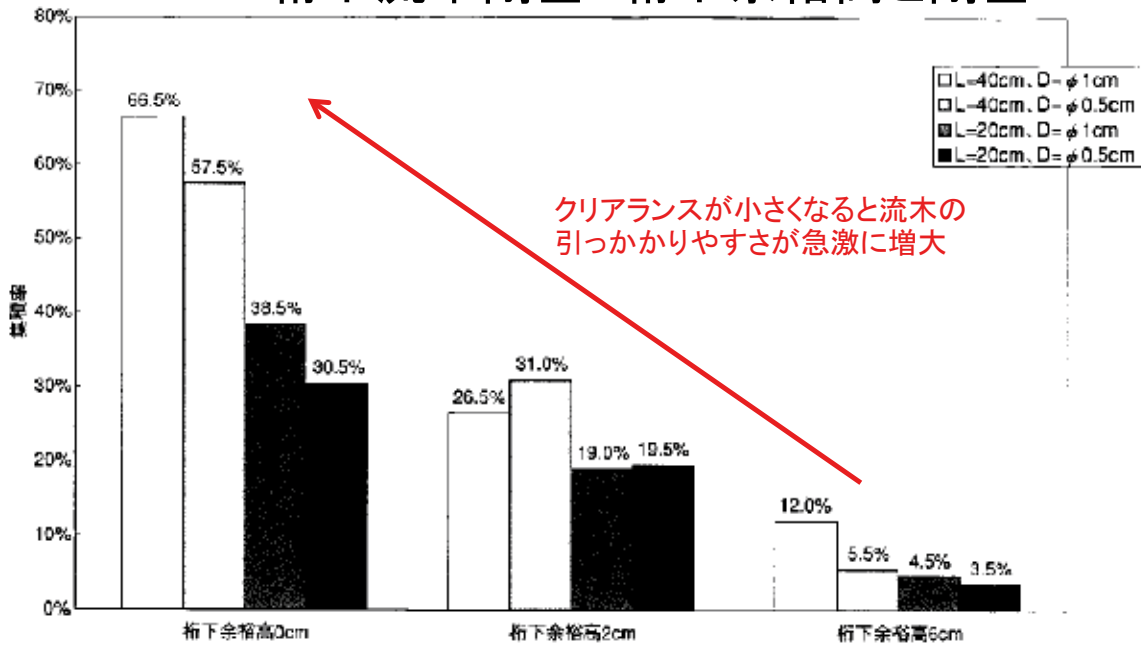


図 3.13 桁下余裕高と集積率の関係（実験1-11、1-13、1-14、小判型橋脚）

出典：国総研資料第78号 橋梁への流木集積と水位せきあげに関する水理的考察に加筆
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0078.htm>

124

● スライド125

5. 4 桁・橋脚の転倒



P2～P4 打継目で倒壊折損



P5は根元から倒壊

P2～P4折損面下流側に損傷があり転動破壊

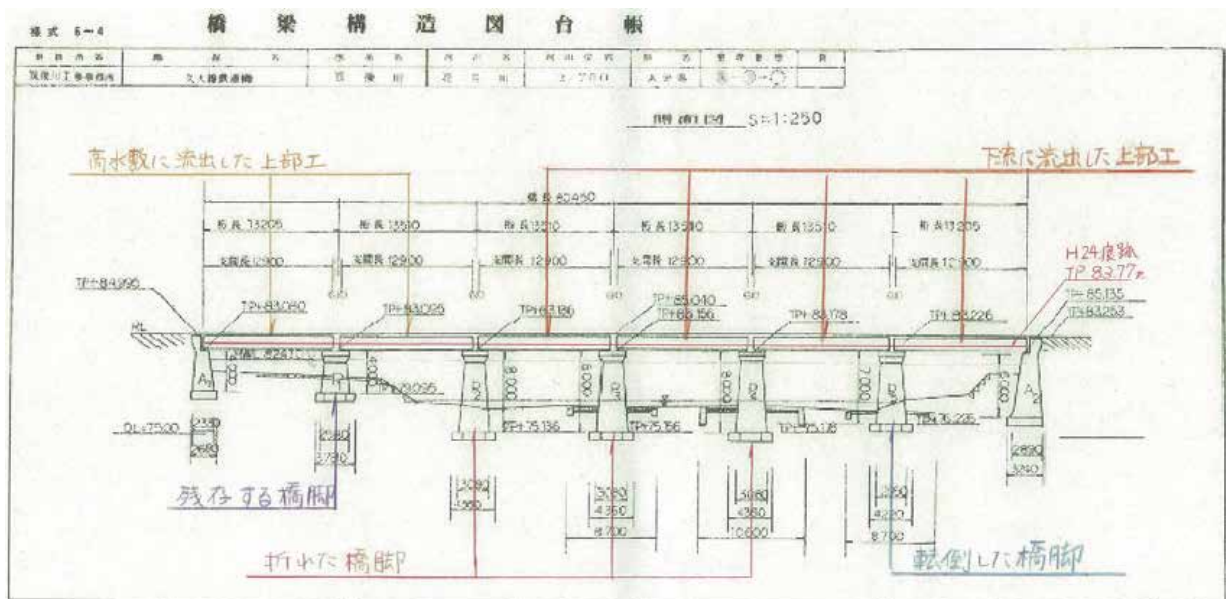
- ・打継目は大礫で繋いでいる・大礫はせん断破壊
- ・コンクリートで繋がっていた面積は半分以下



125

● スライド126

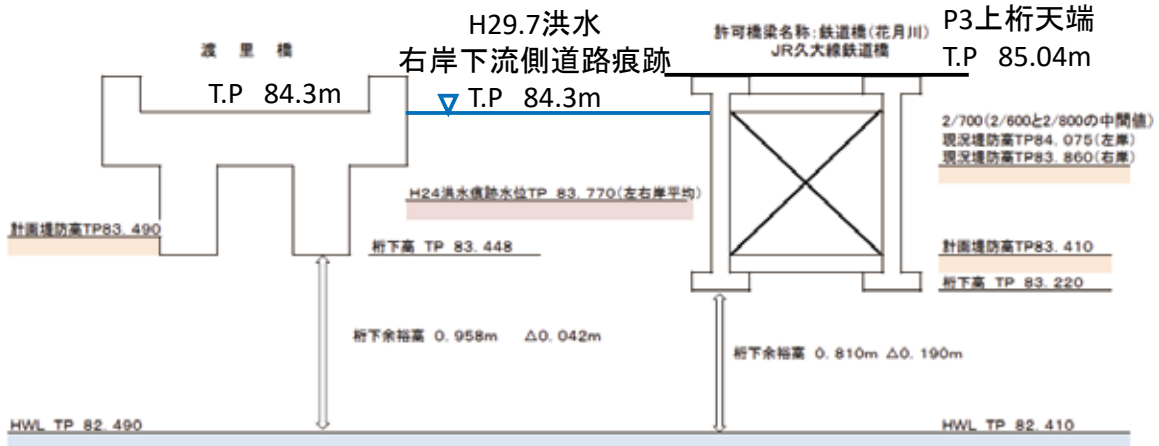
5. 4 桁・橋脚の転倒



126

● スライド127

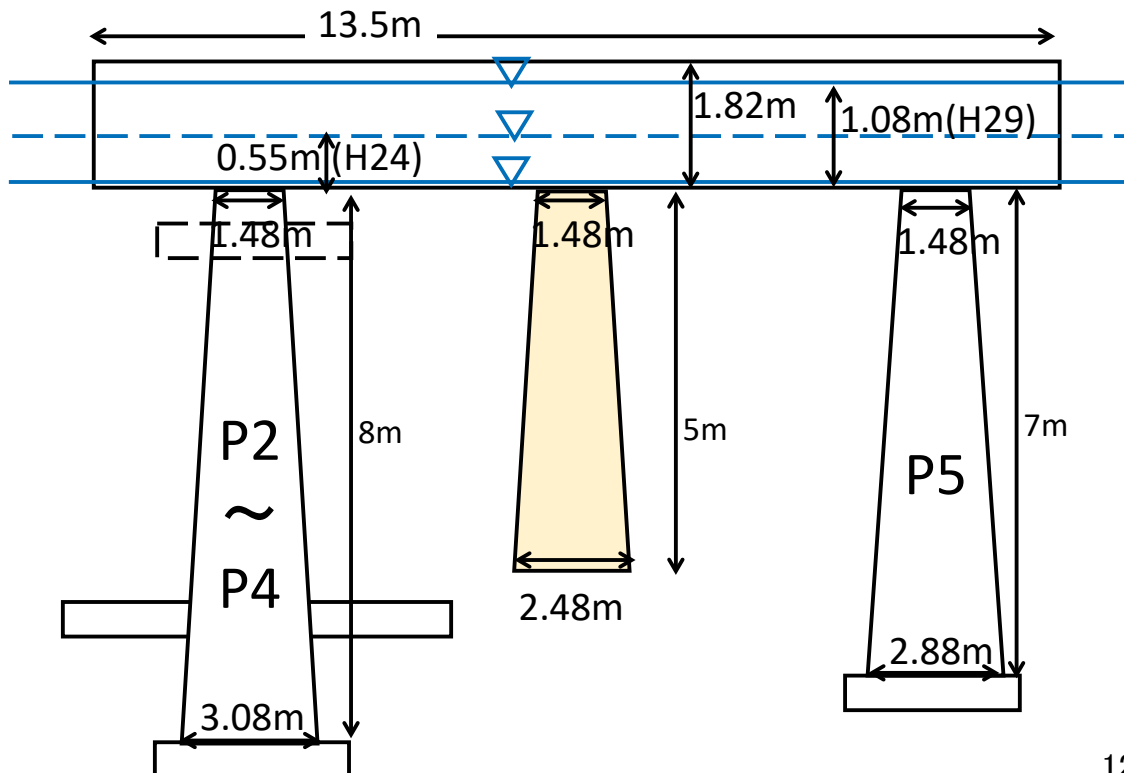
5.4 桁・橋脚の転倒 H24洪水とH29洪水の水位の差



127

● スライド128

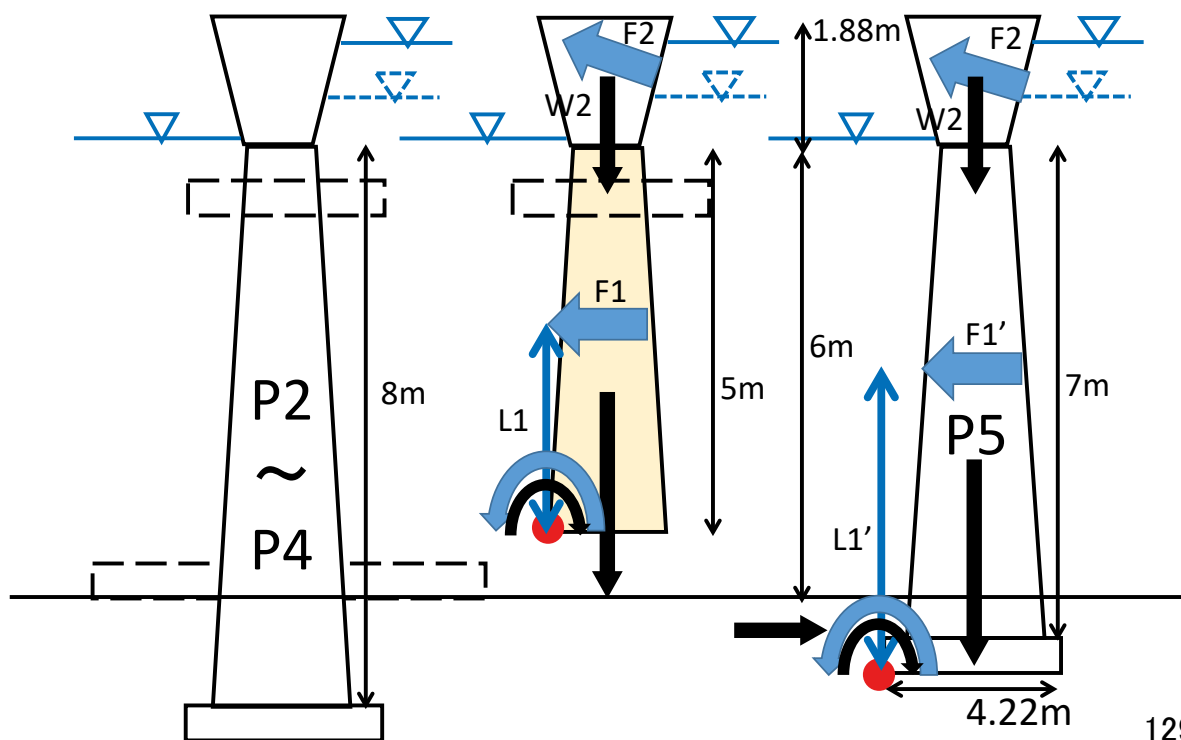
5.4 桁・橋脚の転倒



128

● スライド129

5.4 桁・橋脚の転倒

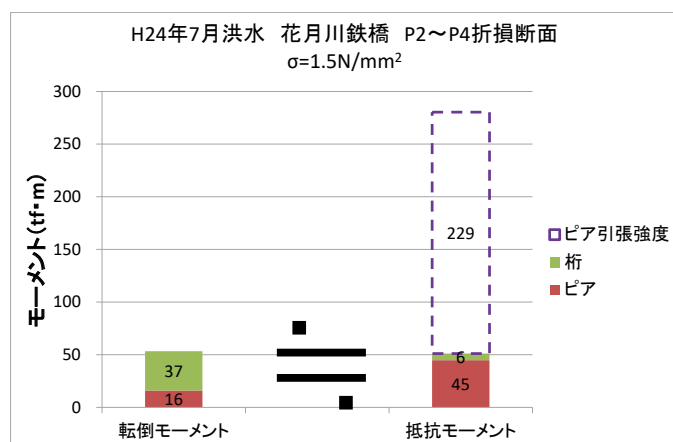


129

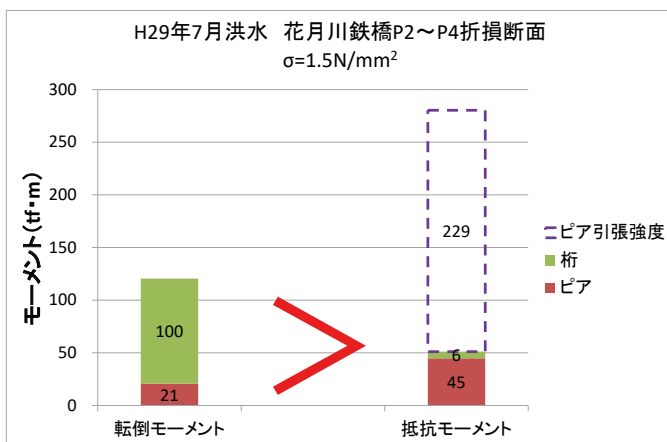
● スライド130

5.4 桁・橋脚の転倒

H24年7月洪水・H29年7月洪水 花月川鉄橋
 P2～P4折損断面で評価 引張強度 $\sigma=1.5\text{N/mm}^2$



H24年7月洪水 花月川鉄橋

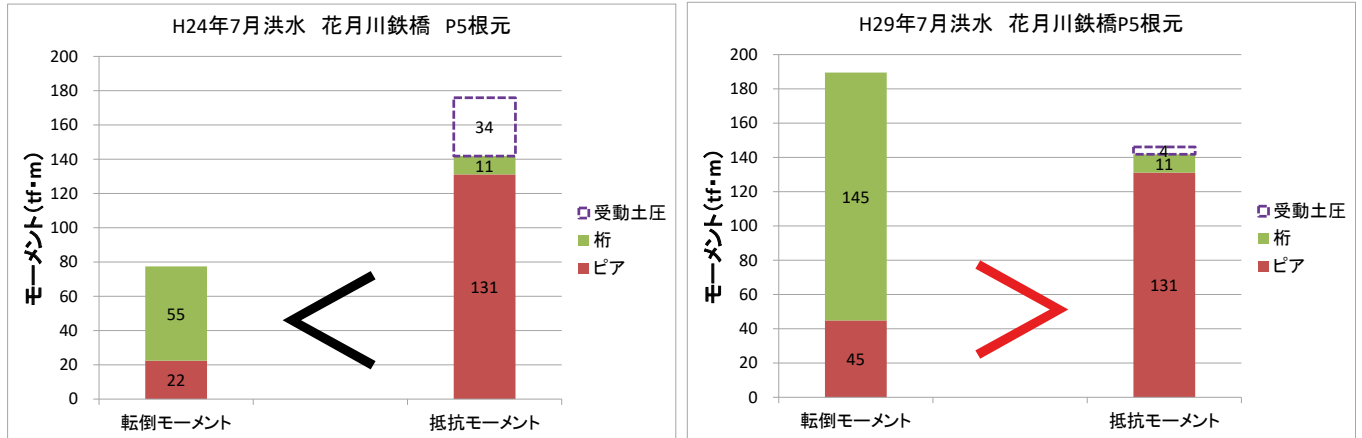


H29年7月洪水 花月川鉄橋

● スライド131

5.4 桁・橋脚の転倒

H24年7月洪水・H29年7月洪水 花月川鉄橋 P5根元



● スライド132

<その他> 橋梁(橋脚沈下)



橋脚の洗掘・沈下

- ◎平均河床が橋脚設置時よりも低下していないか
- ◎橋脚まわりの洗掘を考慮して根入れは十分か

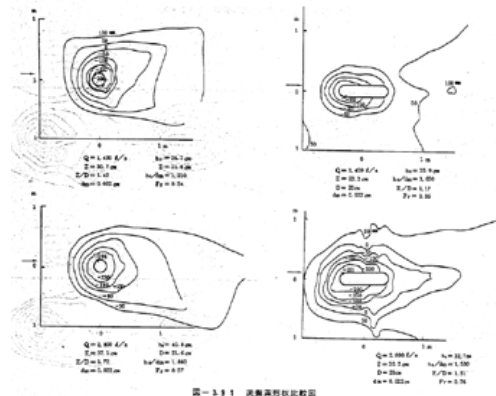
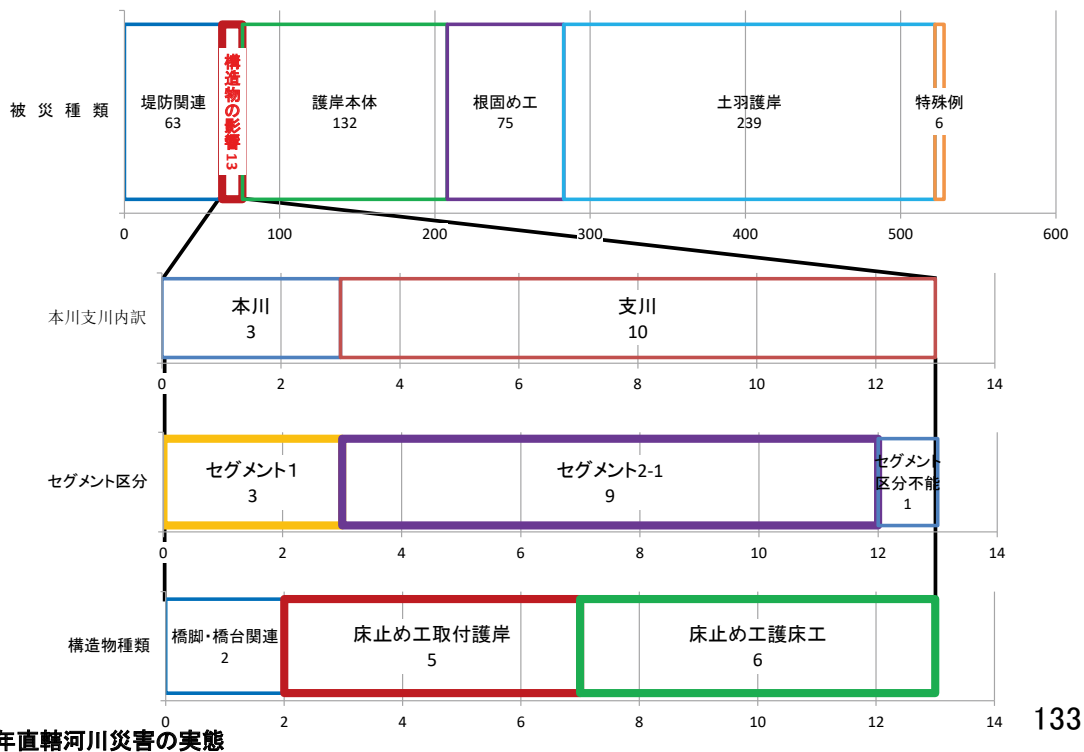


図-3.9.1 洗掘形状比較図

● スライド133

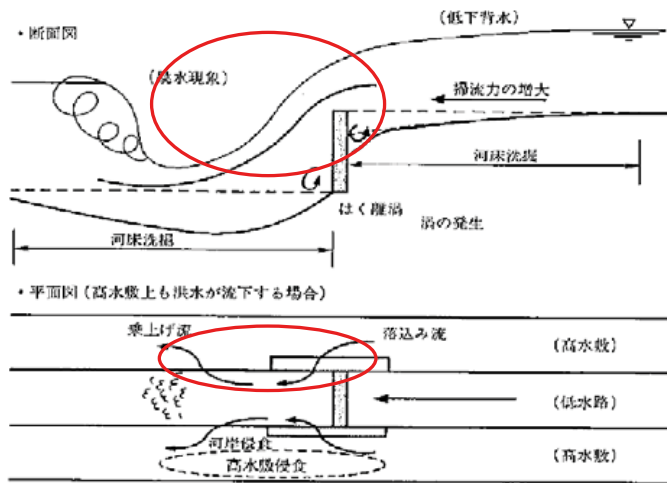
6.1 被災実態 構造物関連13箇所 内訳



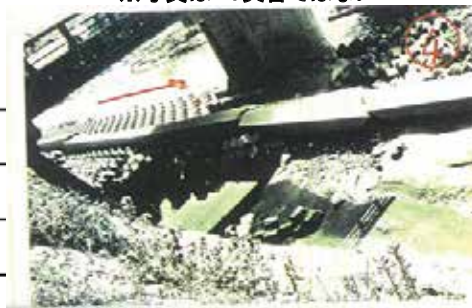
133

● スライド134

6.1 被災実態
床止め(落差工)取付護岸被災しやすい箇所



落差工袖部法肩の被災例
※写真はH1災害ではない



出典:国土センター
床止め構造設計の手引きp31に加筆



134

● スライド135

6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災調査 M床固め工経緯

昭和30年	昭和49年	昭和57年	昭和60年	平成2年	平成7年	平成10年	平成11年
M床固め工事	8月 台風16号による出水 (丁橋水位4.01m (既往最大))	8月 台風10号による出水 (丁橋水位3.37m (既往6番目)) 9月 台風18号による出水 (丁橋水位3.75m (既往3番目))	7月 台風6号による出水 (丁橋水位2.84m (既往10番目))	9月 台風20号による出水 (丁橋水位3.30m (既往7番目)) 11月 出水 (丁橋水位3.49m (既往5番目))	3月 M床固め工事 (魚道設置)	8月 台風4号による出水 (丁橋水位3.62m (既往4番目)) 9月 出水 (丁橋水位3.30m (既往8番目))	M床固め工被災 8月 集中豪雨による出水 (丁橋水位3.98m (既往2番目))

● スライド136

6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災調査 空中写真



M床固め工改造前 (H6.3)



M床固工改造後 (H9.3)



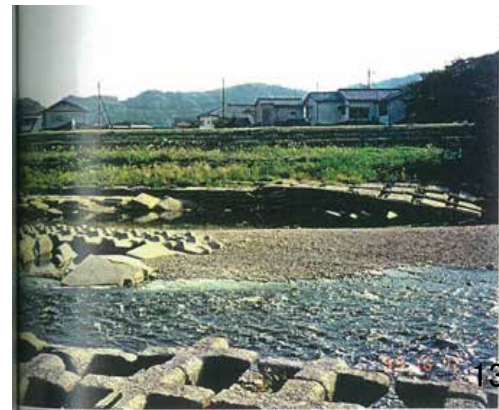
被災前 (H11.3)



被災後 (H11.9)

● スライド137

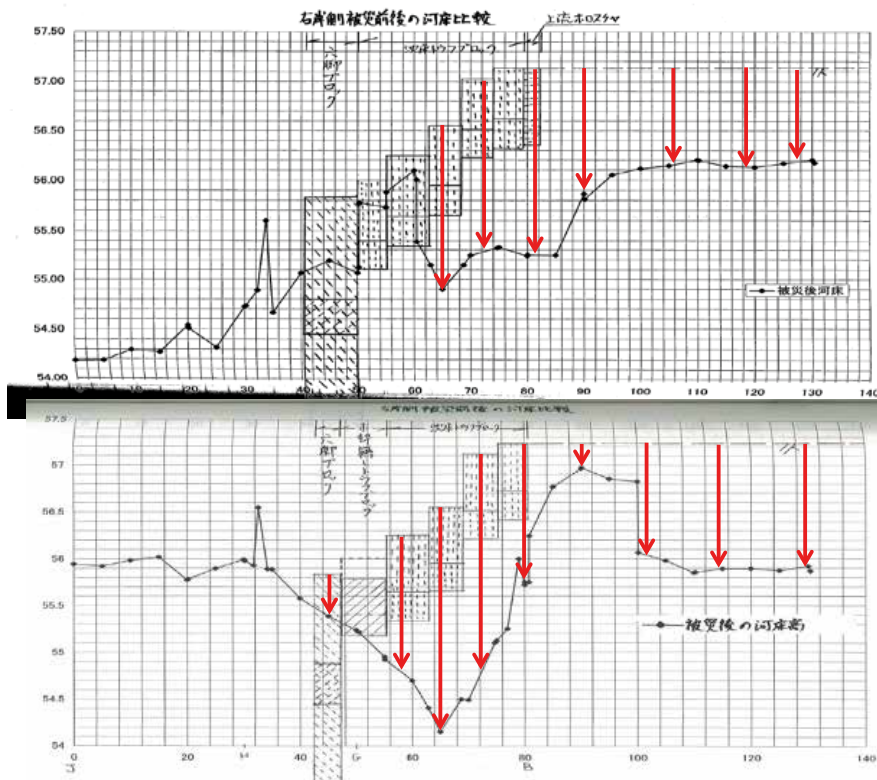
6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災状況



137

● スライド138

6.2 落差工被災調査 M床固め工部分被災前後河床高



138

● スライド139

6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災調査
M床固め工上流の河床低下と河道への影響

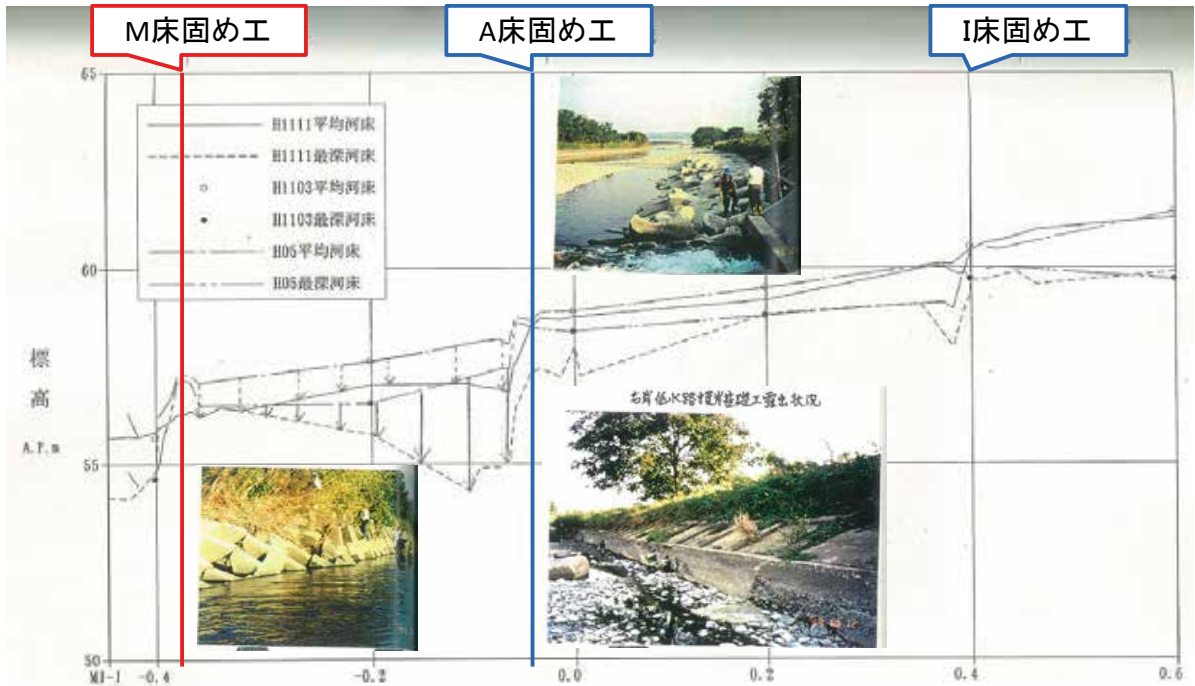


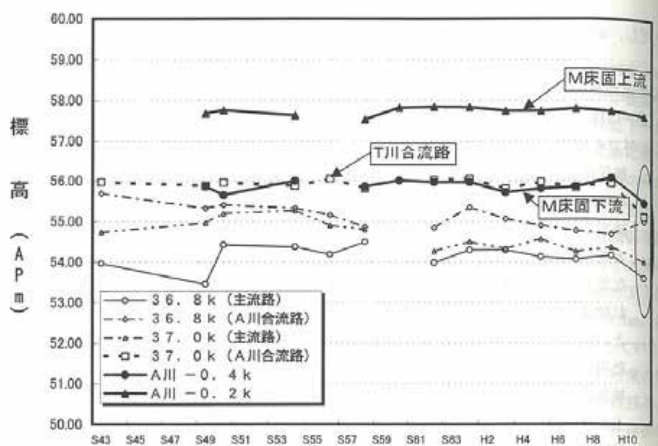
図-2.4.5(2) A川下流部河道縦断面図

139

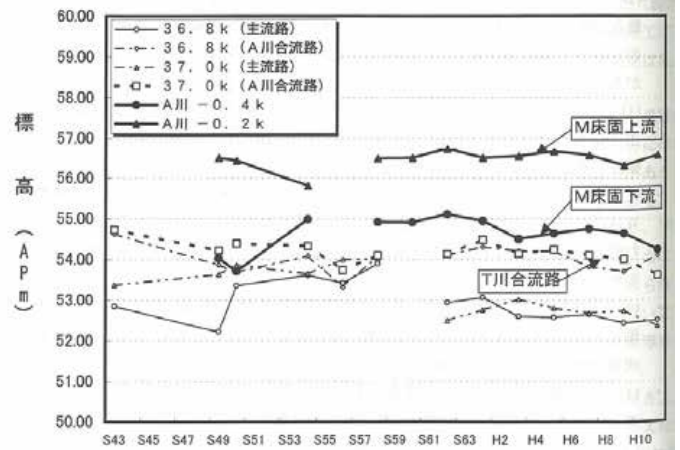
● スライド140

6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災調査
M床固め工被災 下流河道の河床低下は顕著でない

平均河床高

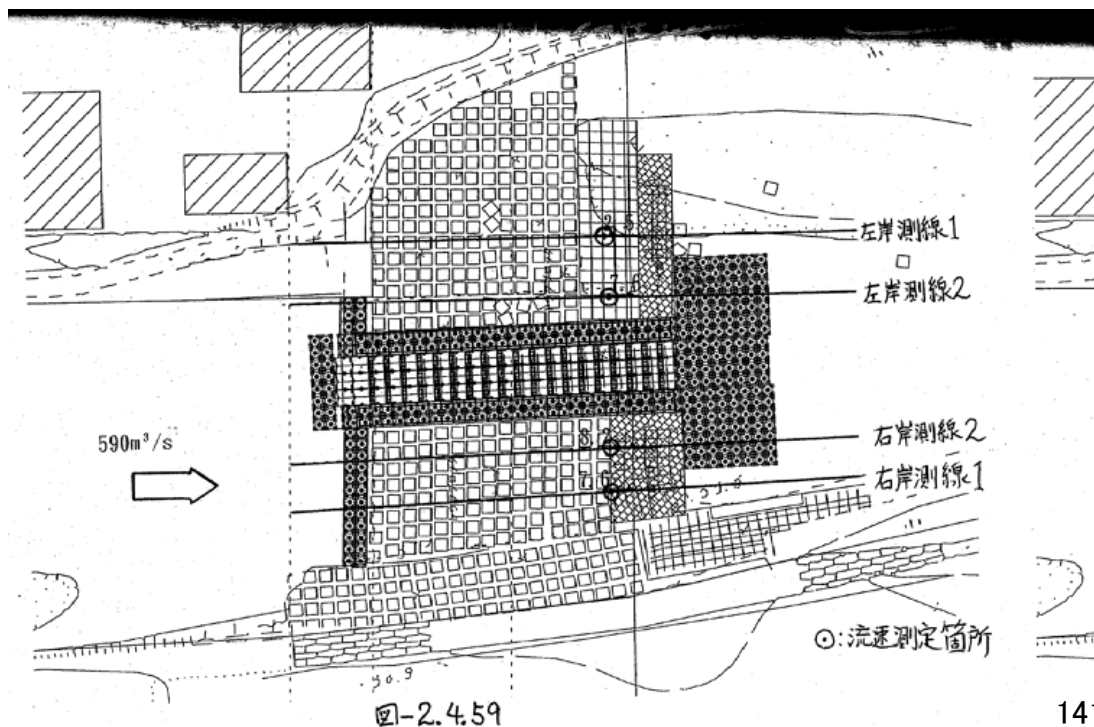


最深河床高



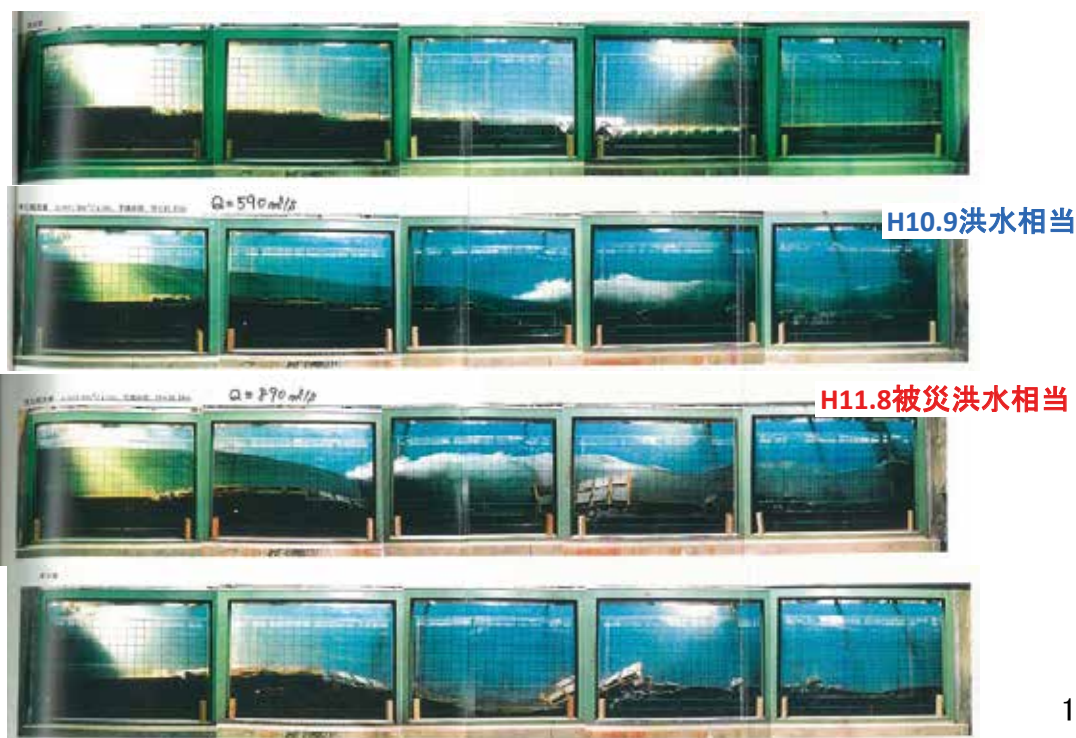
● スライド141

6.2 落差工被災調査 AJ川M床固め工被災調査
2次元実験の測線



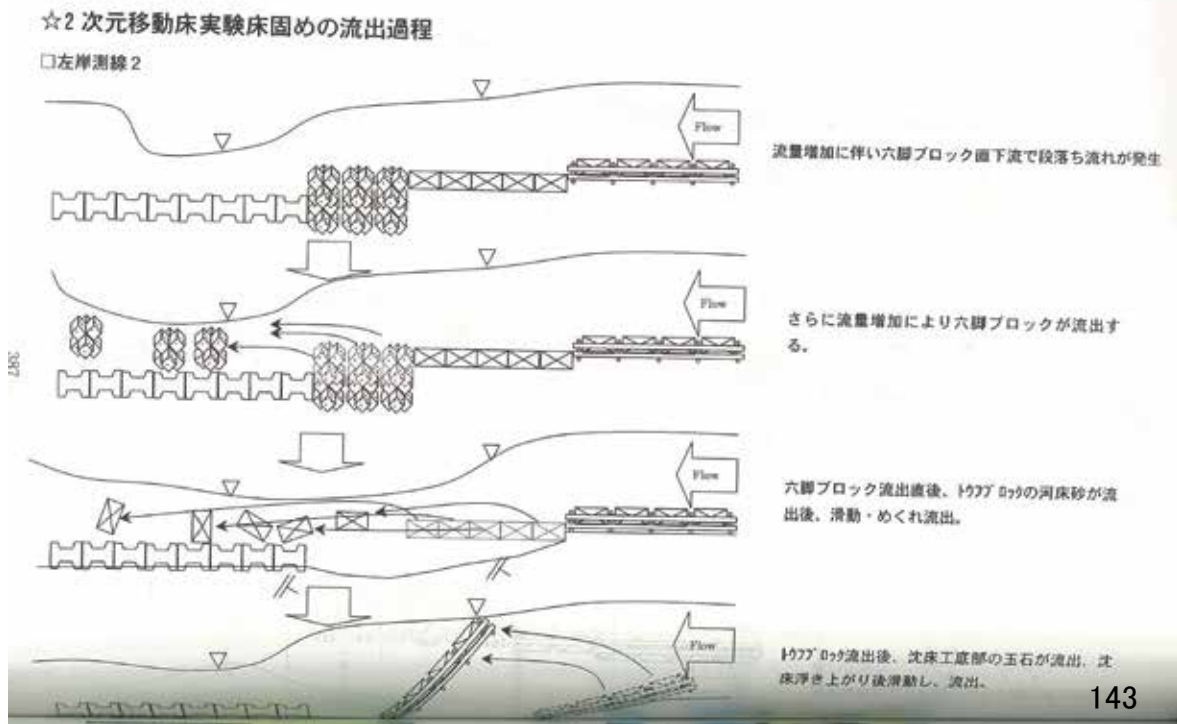
● スライド142

6.2 落差工被災調査 AJ川M床固め工被災調査
2次元移動床実験 左岸測線2(致命的破壊に至る) 流況



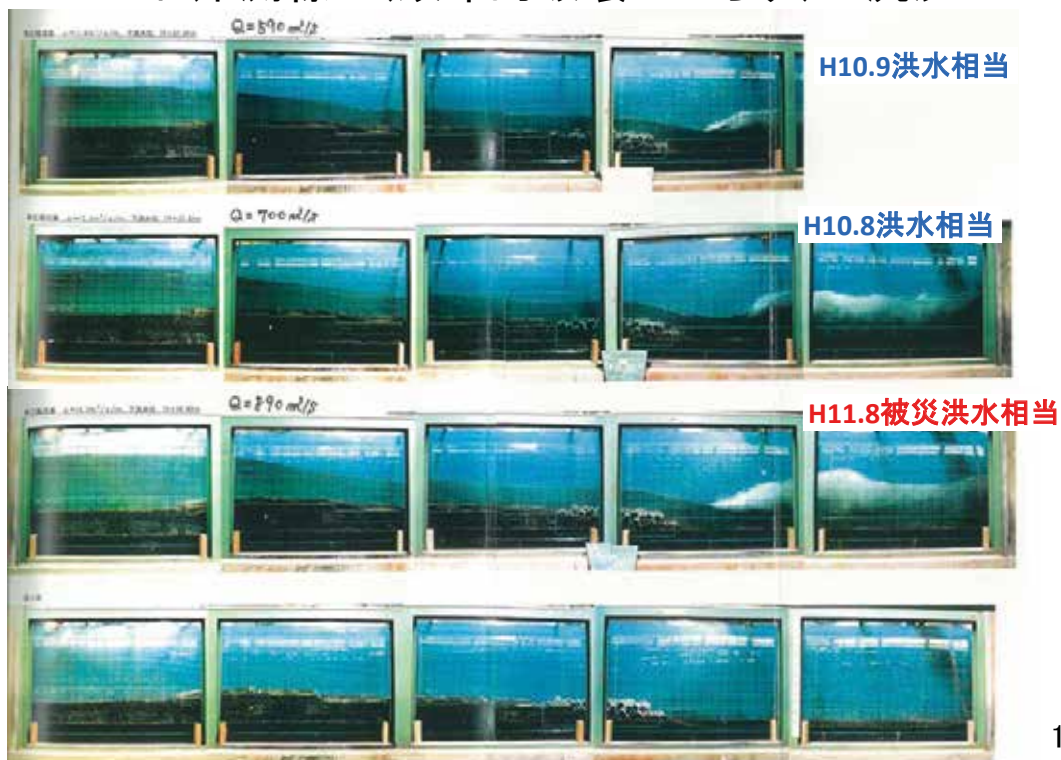
● スライド143

6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災調査
左岸測線2(致命的破壊に至る)ブロック流出過程



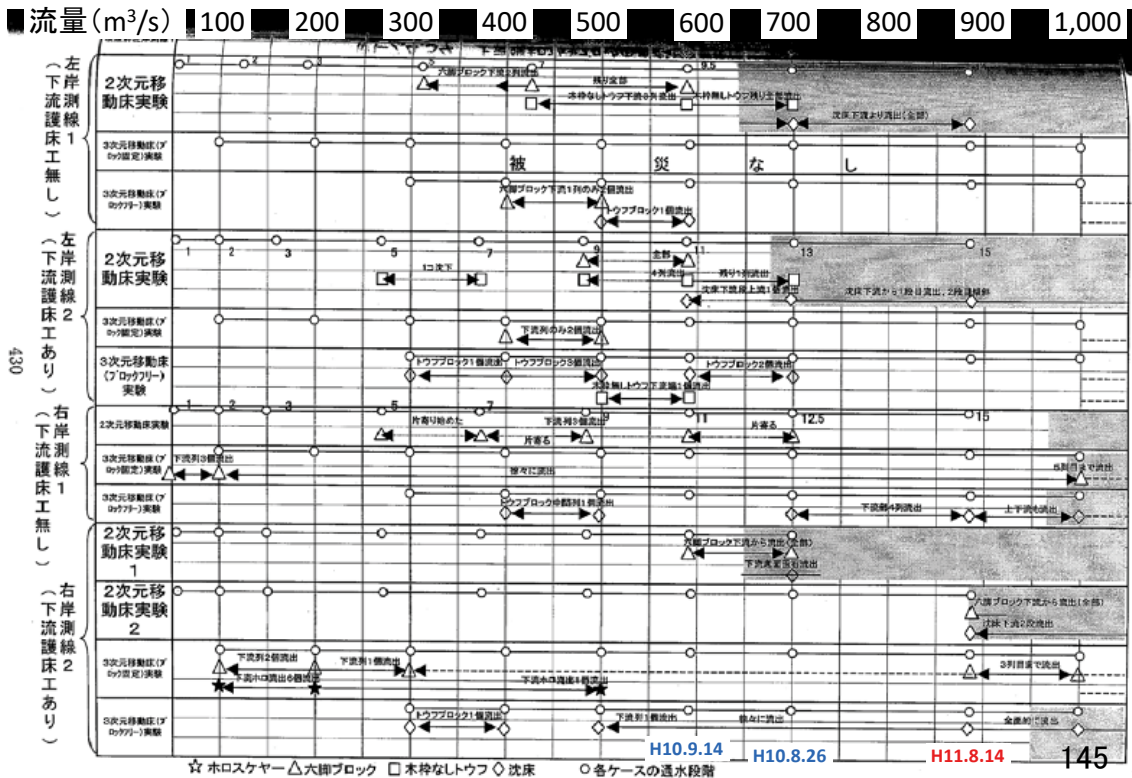
● スライド144

6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災調査
右岸測線1(致命的破壊に至らず) 流況



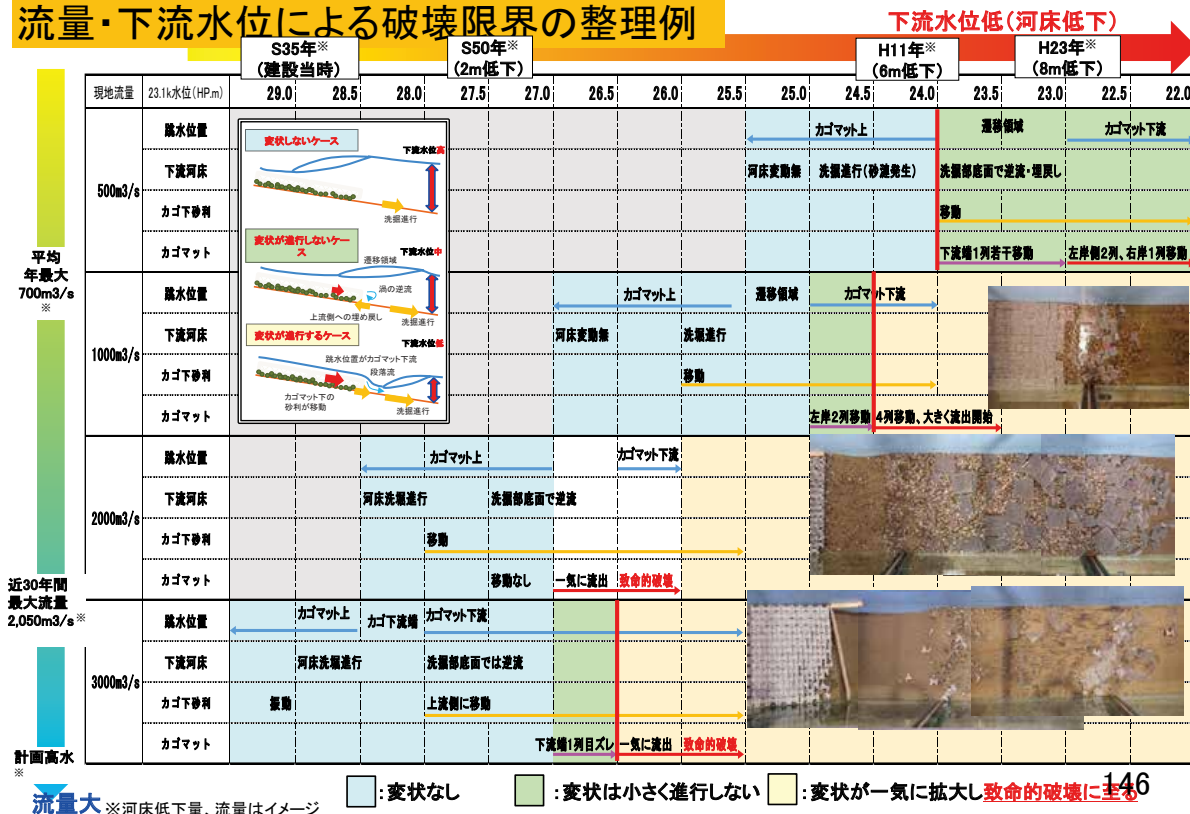
● スライド145

6.2 落差工被災調査 A川M床固め工被災調査
2次元移動床実験・3次元移動床実験のまとめ



● スライド146

6.2 落差工被災調査 <参考> 下流河床低下整理例
流量・下流水位による破壊限界の整理例



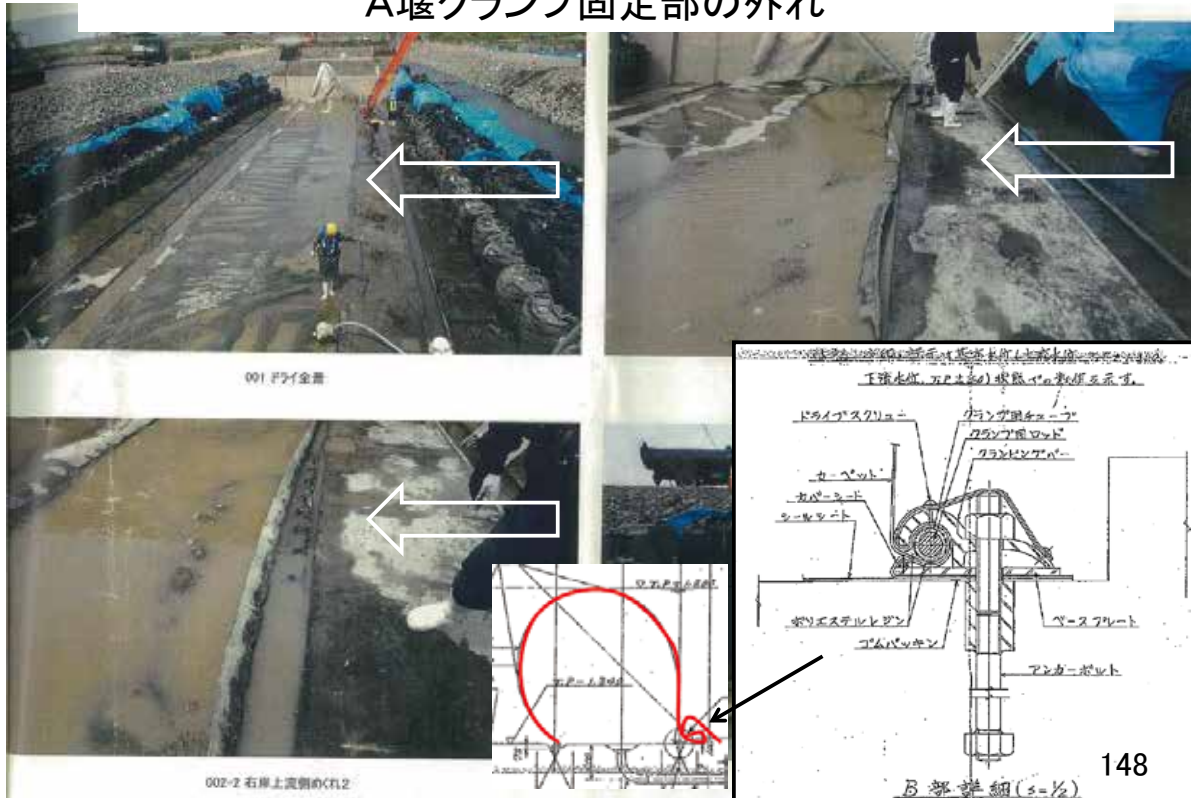
● スライド147

7.1 ゴム堰の損傷穴発生 A堰 損傷穴



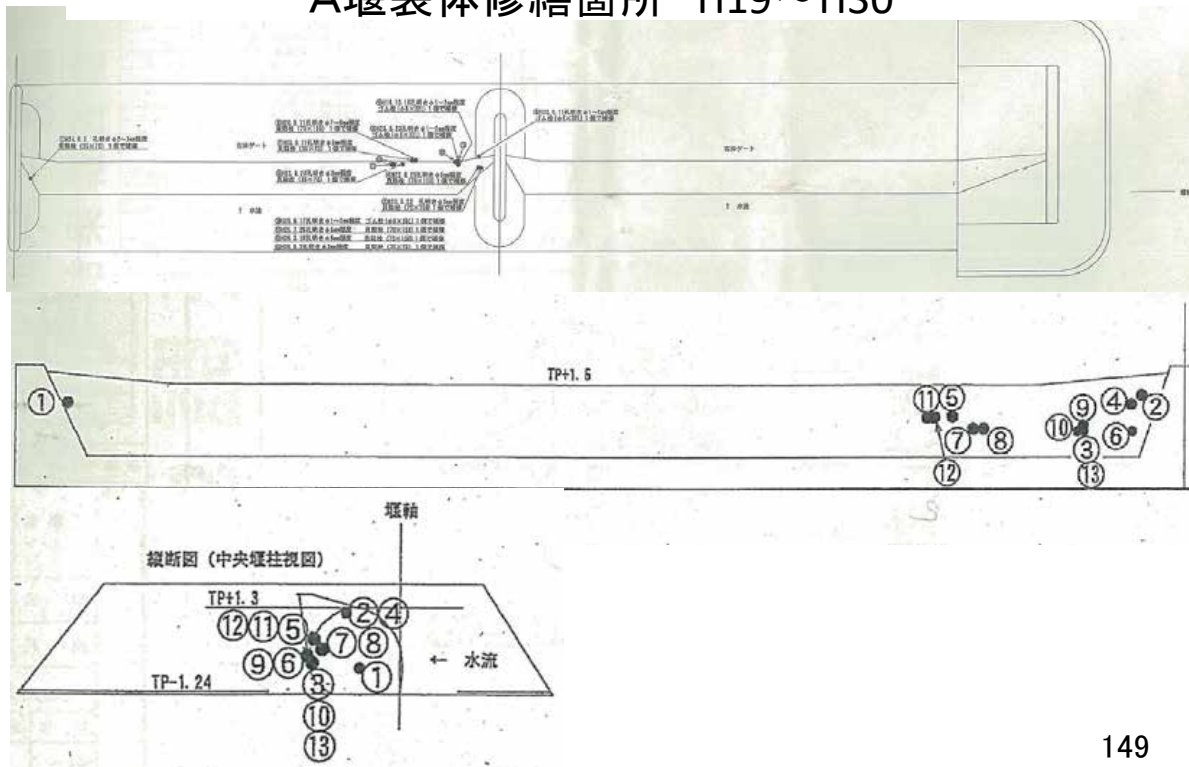
● スライド148

7.1 ゴム堰の損傷穴発生 A堰クランプ固定部の外れ



● スライド149

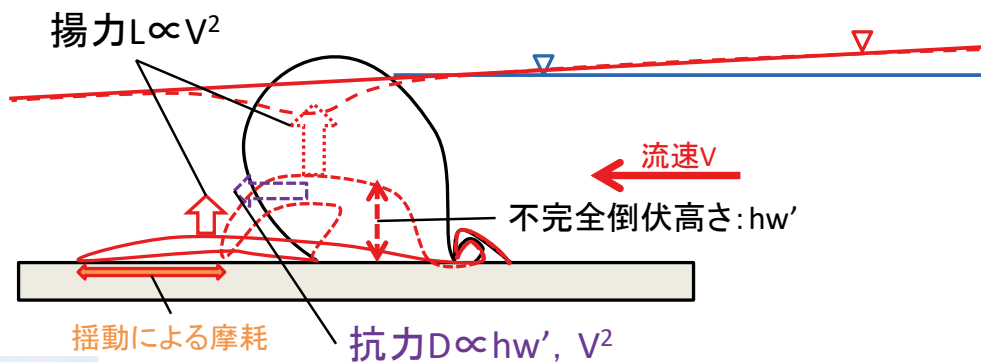
7.1 ゴム堰の損傷穴発生
A堰袋体修繕箇所 H19～H30



149

● スライド150

7.1 ゴム堰の損傷穴発生
下流床板との摩擦、上流側クランプ固定部めくれを促進する要因



150

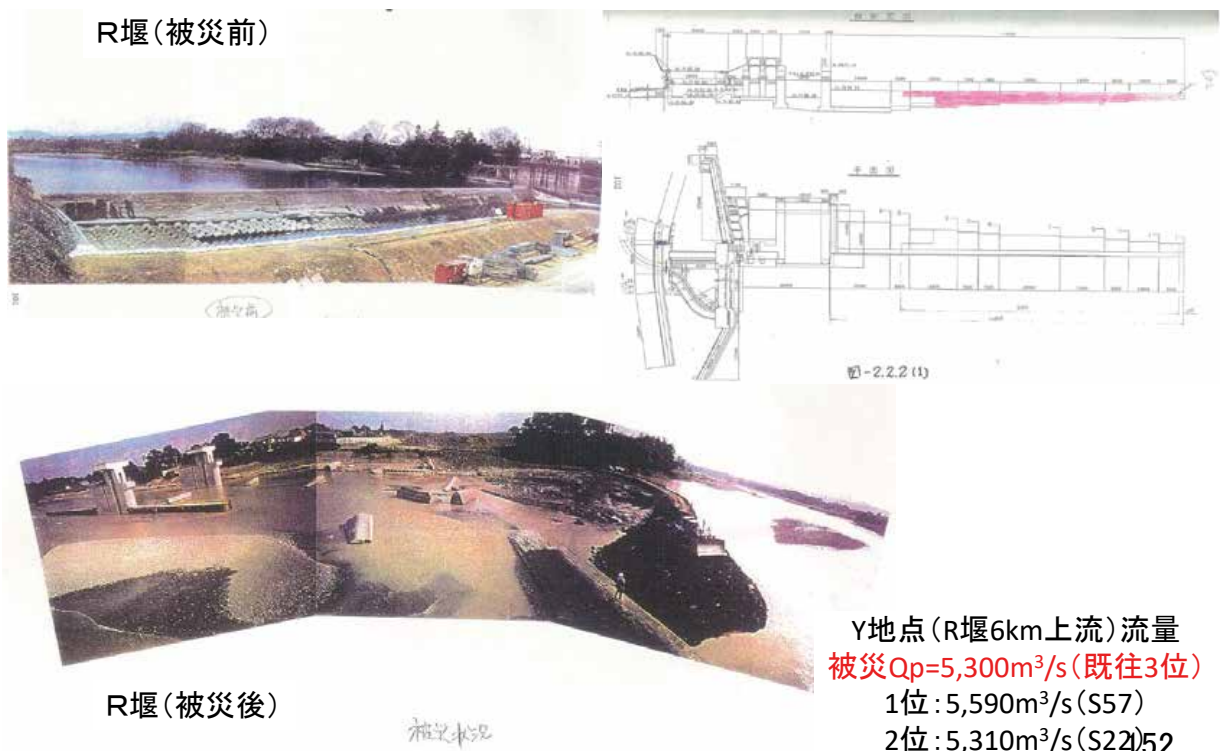
● スライド151

7.1 ゴム堰 <参考> 複数スパンのゴム堰 操作上スパン毎の差はないが、劣化が均等でない



● スライド152

7.2 固定堰の転動流失



● スライド153

7.2 固定堰の転動流失 R堰(流失堤体の底面)

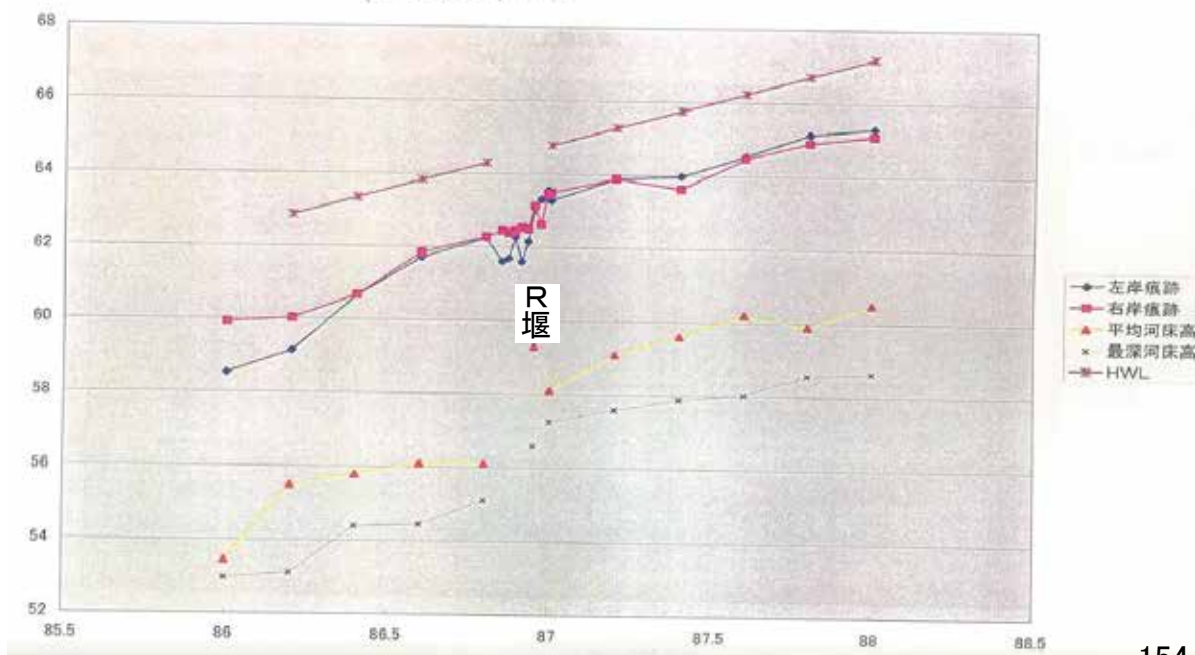


153

● スライド154

7.2 固定堰の転動流失 被災洪水におけるR堰上下流の痕跡水位

痕跡水位拡大図

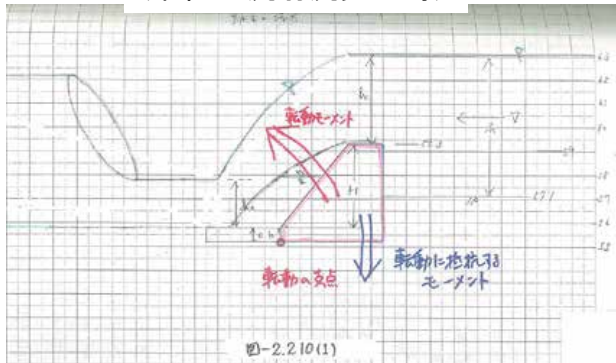


154

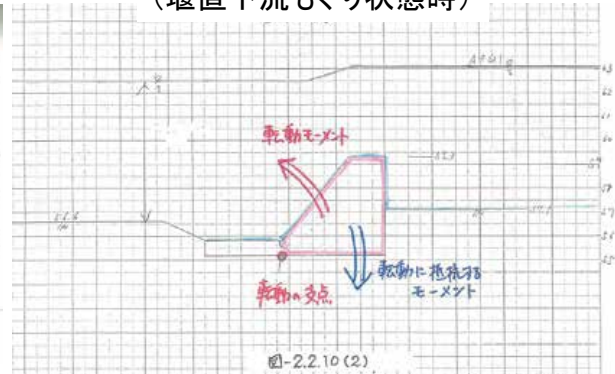
● スライド155

7.2 固定堰の転動流失
R堰(被災洪水時流況) 転動・抵抗モーメントの考え方

(堰直下流射流発生時)



(堰直下流もぐり状態時)



夕刻

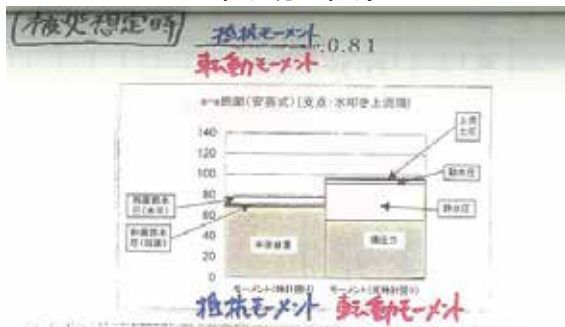


午後

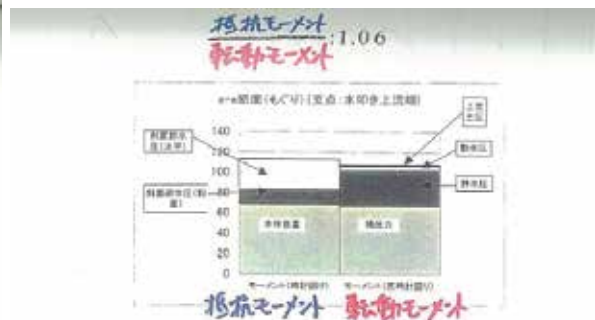
155

● スライド156

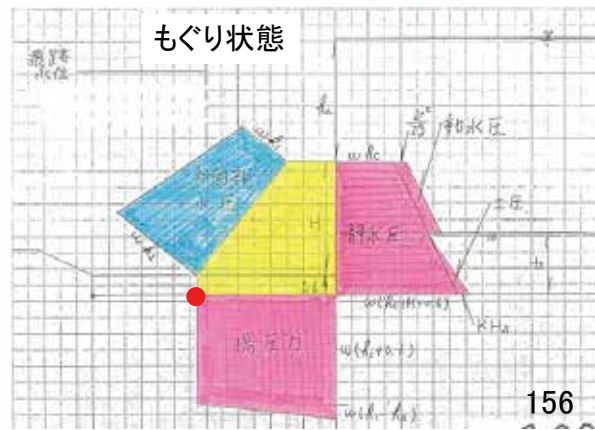
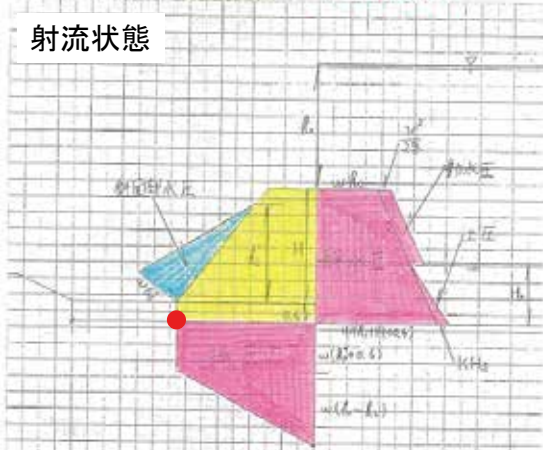
7.2 固定堰の転動流失
転動・転倒モーメント比の試算(机上検討)



射流状態



もぐり状態

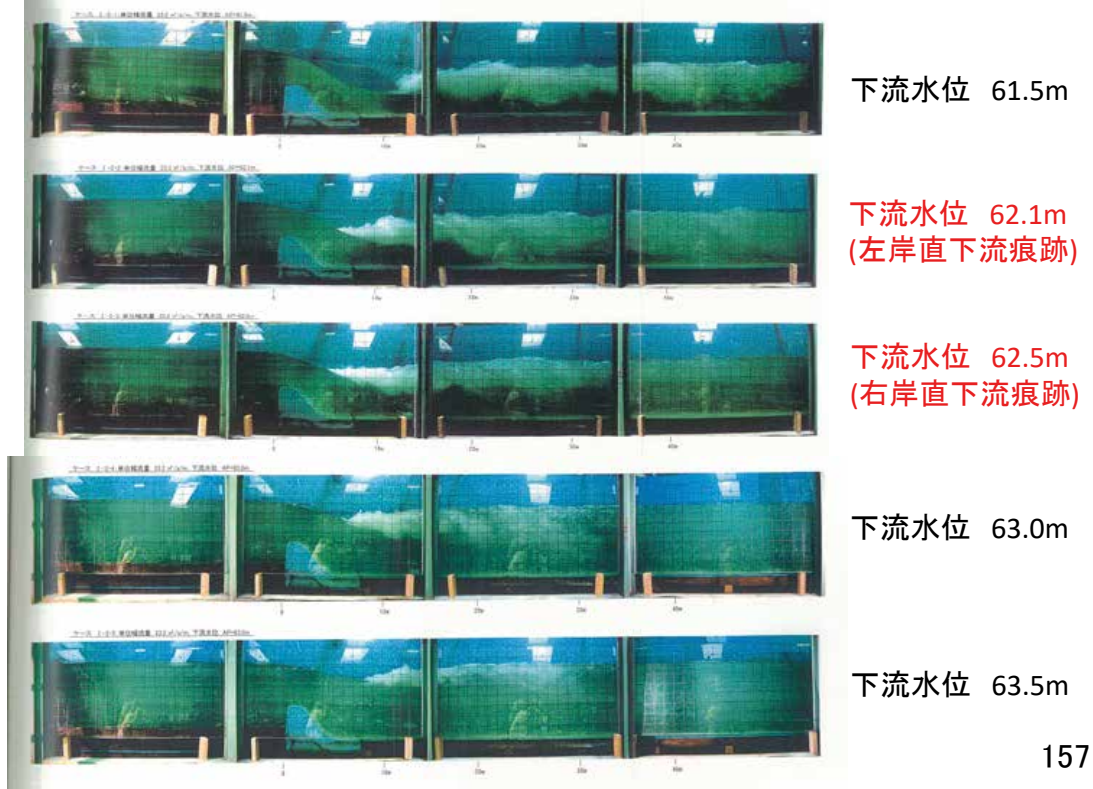


156

● スライド157

7.2 固定堰の転動流失

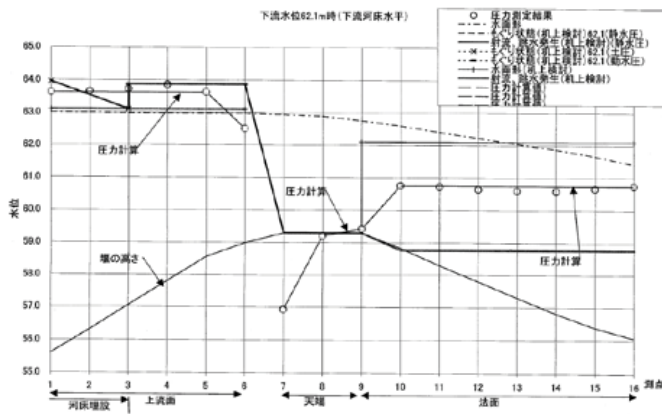
水理実験による下流水位別流況確認(被災時推定流量 $q=23.2\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)



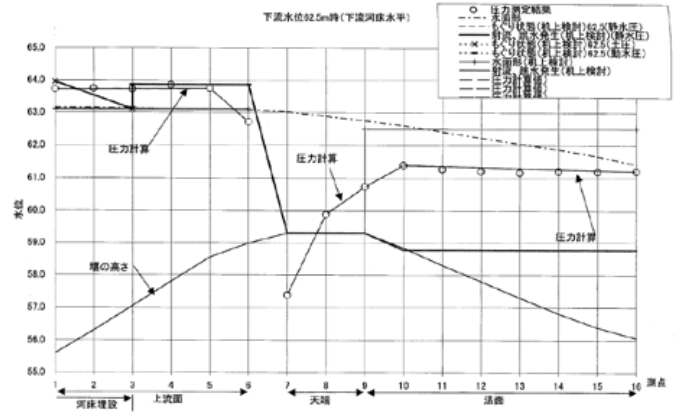
● スライド158

7.2 固定堰の転動流失

水理実験における堰表面に作用する圧力測定結果
(被災時推定流量 $q=23.2\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$,)



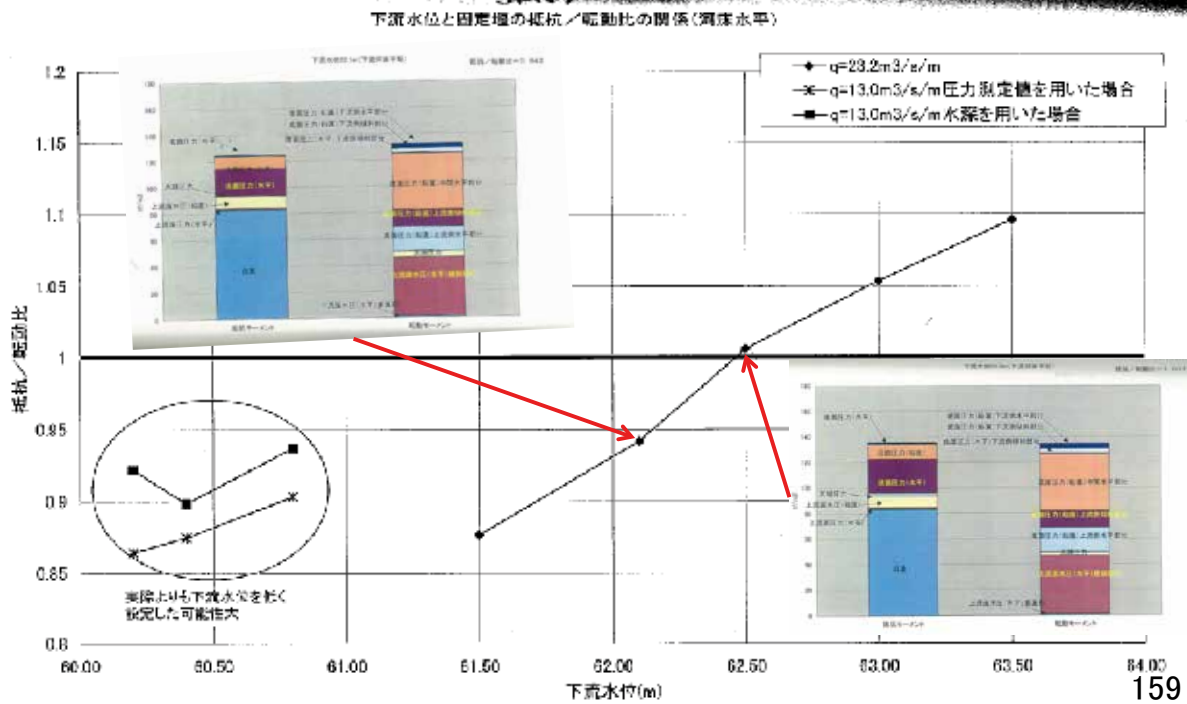
下流水位62.1m(左岸直下流痕跡)



下流水位62.5m(右岸直下流痕跡)

● スライド159

7.2 固定堰の転動流失
 水理実験(被災時推定流量 $q=23.2\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)による堰表面圧力測定結果
 を用いた抵抗モーメント/転動モーメント-下流水位



● 配布外スライド1

構造物の変状・被災はどのように起こったのか 一点検・評価に反映する観点から

- | | | |
|--------|---|---|
| 1. 護岸 | 1. 1被災実態(中規模洪水)
1. 3大規模洪水被災現地調査
1. 5被災分析 | 1. 2縮小水理実験(洗掘破壊)
1. 4実物大水理実験(基礎浮上り吸出し) |
| 2. 根固工 | 2. 1被災実態 | 2. 2応答特性(沈下特性水理実験) |
| 3. 樋管 | 3. 1函体変状実態調査 | 3. 2樋管破堤箇所調査 |
| 4. 堤防 | 4. 1被災実態(中規模洪水)
4. 3水理実験(堤防3次元形状越水)
4. 5実態調査(常呂川と支川の破堤有無要因) | 4. 2実物大水理実験(パイピング破壊)
4. 4実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 |
| 5. 橋梁 | 5. 1侵食に伴う橋台被災
5. 3桁下流木閉塞 | 5. 2橋脚間流木閉塞
5. 4桁・橋脚の倒壊　＜その他＞橋脚沈下 |
| 6. 落差工 | 6. 1被災実態、 | 6. 2落差工被災調査 |
| 7. 堰 | 7. 1ゴム堰の損傷穴発生 | 7. 2固定堰の転動流失 |

● 配布外スライド2

1. 1 護岸被災実態(中規模洪水) 点検・評価のポイント

- 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。複合して起こっている場合は措置段階。当該河道で実績を有する護岸工法であれば④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。
- ⑥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。
- ⑦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。

● 配布外スライド3

1. 2縮小水理実験(洗掘に対する応答特性) 応答特性踏まえた点検のポイント

1. 基礎からの破壊は、のり覆工の一体性の強さで応答が異なる。→一体性の弱い護岸は変状を発見しやすい
2. 施工端からの破壊は、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。→基礎からの破壊との複合、流体力破壊との複合が要注意
3. 根固工、小口止め・端部処理工は効果がある。→措置における選択肢の1つ

● 配布外スライド4

1. 3 大規模洪水被災の現地調査 点検・評価のポイント

1. 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)。→掘込河道の法肩からの破壊は一種の超過外力。整備水準超過時の被災予測・工夫検討が重要。
2. 改修間もない場所は、被災しやすいようだ(植生が生えない・土が強度発揮しない?)。→改修間もない場所は監視水準を高く。
3. 改修箇所と未改修河道の境界部は平面形等によっては水面形が急になり大きな流速が出る→改修区間と未改修区間の境界部は監視水準高く。

● 配布外スライド5

1. 4 実物大水理実験(基礎浮上りに伴う吸い出し) 点検・評価のポイント

1. 基礎の浮上り高が大きいほど吸い出し破壊の速度大。
→「基礎高・根入れ高－護岸前面河床高」が大きい場所ほど措置の優先度高い
2. 基礎浮上り高わずか(裏込め材粒径程度)であっても吸い出しは起きる。→陥没等の危険に要注意
3. 吸い出しによる空洞は降雨後に陥没起きやすい。→降雨後や冠水後は点検のチャンス

● 配布外スライド6

1. 5 護岸被災分析 A川道路兼用護岸 点検等のポイント

1. 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 ($H_{\max} \cdot s$)の推測は可能。
2. 道路兼用護岸の基礎浮き上がりは、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)
3. 被災後の水替え・掘削による調査は、洪水時洗掘深の推定に役立つ→被災後調査とその整理は重要

● 配布外スライド7

構造物の変状・被災はどのように起こったのか 一点検・評価に反映する観点から

- | | | |
|--------|---|---|
| 1. 護岸 | 1. 1被災実態(中規模洪水)
1. 3大規模洪水被災現地調査
1. 5被災分析 | 1. 2縮小水理実験(洗掘破壊)
1. 4実物大水理実験(基礎浮上り吸出し) |
| 2. 根固工 | <u>2. 1被災実態</u> | <u>2. 2応答特性(沈下特性水理実験)</u> |
| 3. 樋管 | 3. 1函体変状実態調査 | 3. 2樋管破堤箇所調査 |
| 4. 堤防 | 4. 1被災実態(中規模洪水)
4. 3水理実験(堤防3次元形状越水)
4. 5実態調査(常呂川と支川の破堤有無要因) | 4. 2実物大水理実験(パイピング破壊)
4. 4実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 |
| 5. 橋梁 | 5. 1侵食に伴う橋台被災
5. 3桁下流木閉塞 | 5. 2橋脚間流木閉塞
5. 4桁・橋脚の倒壊 <その他>橋脚沈下 |
| 6. 落差工 | 6. 1被災実態、 | 6. 2落差工被災調査 |
| 7. 堰 | 7. 1ゴム堰の損傷穴発生 | 7. 2固定堰の転動流失 |

● 配布外スライド8

2. 1 被災実態 点検等のポイント

- 適用工種(層積み←→乱積み、ブロック・木工沈床←→捨石・詰杭)は河道特性と関係(ドライ施工・杭うち可能等施工性)→セグメント1砂利河道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。

● 配布外スライド9

2.2 応答特性(水理実験)

応答特性から見た点検のポイント

1. 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。→河心側から何列目までブロック等の沈下・変形が及んだか？護岸前面に平坦部確保されているか？平坦部の幅が減少していないか？
2. 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→同上。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
3. 河床材料が動きやすい河川(セグメント2-2, 3)では敷設厚不足で河床材料が動く(吸い出し)可能性ある→平坦部のブロック高維持されているか(敷設厚不足していないか)？
4. 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
5. 特にセグメント1、2-1等急流河川ではブロックの重量不足が生じていないか？→ブロックが流失していないか？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。
6. 連結層積みでは、連結されていることが前提条件→連結部での破損がないか(連結方法が悪く沈下とともに連結部のコンクリートが折損する例がかつてあった)？ 9

● 配布外スライド10

構造物の変状・被災はどのように起こったのか

一点検・評価に反映する観点から

- | | | |
|--------|---|----------------------------|
| 1. 護岸 | 1. 1被災実態(中規模洪水) | 1. 2縮小水理実験(洗掘破壊) |
| | 1. 3大規模洪水被災現地調査 | 1. 4実物大水理実験(基礎浮上り吸出し) |
| | 1. 5被災分析 | |
| 2. 根固工 | 2. 1被災実態 | 2. 2応答特性(沈下特性水理実験) |
| 3. 樋管 | <u>3. 1函体変状実態調査</u> | <u>3. 2樋管破堤箇所調査</u> |
| 4. 堤防 | 4. 1被災実態(中規模洪水) | 4. 2実物大水理実験(パイピング破壊) |
| | 4. 3水理実験(堤防3次元形状越水) | 4. 4実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水) |
| | 4. 5実態調査(常呂川と支川の破堤有無要因) <参考>越流堤Asフェーシング被災 | |
| 5. 橋梁 | 5. 1侵食に伴う橋台被災 | 5. 2橋脚間流木閉塞 |
| | 5. 3桁下流木閉塞 | 5. 4桁・橋脚の倒壊 <その他>橋脚沈下 |
| 6. 落差工 | 6. 1被災実態、 | 6. 2落差工被災調査 |
| 7. 堰 | 7. 1ゴム堰の損傷穴発生 | 7. 2固定堰の転動流失 |

● 配布外スライド11

3. 1 樋管変状実態調査 点検等のポイント

1. 不同沈下(L型擁壁は沈下せず、樋管函体上の盛土は沈下)があった場合は要注意→道路が何度もオーバーレイ(函体沈下の傍証)、L型擁壁部分は抜け上がり→函体内の点検
2. 設計の前提としていた(杭構造で沈下しないので、沈下に応じて)適時追加グラウトを盛土沈下が安定するまで継続すべきだった。盛土沈下の安定確認と追加グラウトが一連確認になっていれば引き込み沈下に気づけた可能性高い。
3. 出水頻度が低い場所は症状確認の頻度も少ない→要注意の不同沈下はあるが、出水(河川水位上昇)がない場合では現地確認試験がない状態。
4. 函体内の点検、充水試験は変状内容及び機能の確認上たいへん有効
5. 異なる管理者の施設(L型擁壁:道路施設、樋管:河川施設)との複合箇所に変状が発生した場合、情報収集が難しい→設計図面・図書等の保管が重要。道路等との兼用含めた堤防強化が後退する方向には行かないで欲しい。
6. 被圧条件下で実施可能な(連通管試験のような)止水機能確認試験方法が必要(埋め殺し水圧センサーによる出水時データ収集と整理等)

● 配布外スライド12

3. 2 樋管破堤箇所調査 点検等ポイント

1. 内水排水施設が整備される等して堤内地がドライ条件になると、同じ外水位に対して浸透外力が大きくなる→内水排水施設整備等により堤内地側の水位が下がった場合には、過去経験した水位以下は安全とは限らない(過去の成功体験が通用するとは限らない)。
2. 内水排水整備後、速やかに変状・災害が発生するとは限らない(H2の内水排水設備の稼働・H9の樋管閉鎖後、H9.6(既往3位)、H10.8(既往5位)の2度洪水を経験したが異常確認できず。H11.7(既往4位)で破堤。)→洪水経験の累積とともに進行する可能性。H9.6洪水・H10.8洪水で樋管水路で漏水・噴砂等の兆候が発生していた可能性高い。→基礎地盤の土層構造と弱点を踏まえた出水時点検
3. 不要になった樋管は撤去が望ましい。撤去は貴重な堤防開削調査の機会。函体の沈下量も把握でき、設計に生かせる。

● 配布外スライド13

構造物の変状・被災はどのように起こったのか 一点検・評価に反映する観点から

- | | | |
|--------|--|--|
| 1. 護岸 | 1. 1被災実態(中規模洪水)
1. 3大規模洪水被災現地調査
1. 5被災分析 | 1. 2縮小水理実験(洗掘破壊)
1. 4実物大水理実験(基礎浮上り吸出し) |
| 2. 根固工 | 2. 1被災実態 | 2. 2応答特性(沈下特性水理実験) |
| 3. 樋管 | 3. 1函体変状実態調査 | 3. 2樋管破堤箇所調査 |
| 4. 堤防 | <u>4. 1被災実態(中規模洪水)</u>
<u>4. 3水理実験(堤防3次元形状越水)</u>
<u>4. 5実態調査(常呂川と支川の破堤有無要因)</u> | <u>4. 2実物大水理実験(パイピング破壊)</u>
<u>4. 4実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)</u>
＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 |
| 5. 橋梁 | 5. 1侵食に伴う橋台被災
5. 3桁下流木閉塞 | 5. 2橋脚間流木閉塞
5. 4桁・橋脚の倒壊 <その他>橋脚沈下 |
| 6. 落差工 | 6. 1被災実態、 | 6. 2落差工被災調査 |
| 7. 堰 | 7. 1ゴム堰の損傷穴発生 | 7. 2固定堰の転動流失 |

● 配布外スライド14

4. 1 被災実態 点検のポイント

- 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と考えられる。)→セグメント1, 2-1は侵食点検の優先度高い。セグメント2-2, 3では高水敷幅狭い箇所の護岸健全性に留意。
- 札内川、音更川で側方侵食による破堤。これまでの河床掘削ストック効果により破堤時水位が堤内地地盤高を上回らず河道内災害でとどまった。→セグメント1河道では、高洪水時水位が堤内地盤高を上回りやすい場所ほど点検等の優先度高い。
- 裏法くずれ・漏水等の浸透破壊変状はどのセグメントでも起こりうる。
- 風浪越波災害はセグメント3・湖沼。→湖沼、セグメント3は風浪にも目配りが必要

● 配布外スライド15

4. 2 実物大水理実験(パイピング破壊) 点検・評価のポイント

1. 高い水圧が裏法尻側まで来ている場合に危険度が高い。→基礎地盤に透水礫層がある場所・行き止まりで水圧が高まりやすい場所が要注意。キーとなる透水層で洪水時の水圧を測定することは危険度を判断する上で有効
2. 行き止まり透水礫層上に細砂・中砂層(いわゆる複層構造)がある場合に、上の堤体土との境界で噴砂・パイピングが発生・発達しやすい。細砂・中砂層が薄いと発生・発達しやすい。→基礎地盤構造把握が重要。
3. パイピングが起こる細砂・中砂上に載る堤体土が変形しにくいとパイピングが発達しやすい。→不同沈下が起こりやすい剛構造物周辺が浸透破壊の要注意箇所という経験則とも一致。
4. 変状・破壊の進行速度は条件によって差がある。→キーとなる透水層で洪水時の水圧を測定することは条件の厳しさを判断する上で有効。

● 配布外スライド16

4. 3 水理実験(堤防3次元形状越水) 点検・評価のポイント

1. 越水は設計超過状態。→整備水準超過洪水における被害予測が主。技術者の良心として工夫を総動員できればよいが(正解が1つとは限らない)。
2. 堤防の3次元形状により流れの集中(単位幅流量の増加)で洗掘量の増加が起こりうる。→流れが集中する場所は工夫(アスカーブ等で越水しにくくする・法尻に排水路等を誘導しウォータークッションが起こりやすくする・擁壁構造として強化等)を施すことができるとよいが。
3. 堤内地側水位によっては、減勢しにくいことによる洗掘量・洗掘範囲の増加が起こりうる。→減勢しにくいと予想される場所に工夫(桜堤として側帯整備・樹林帯を配置する・法尻に道路を誘導して水叩きとして活用・堤内地側に小堤上の盛土をつくり減勢を促進等)ができるとよいが。
4. 工夫を施す場合には通常時にも役立つものが望ましい。

● 配布外スライド17

4. 4 水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水) 点検・評価のポイント

1. 越流水・吸出し防止材下流れによる堤体土の侵食は、表面に作用する流速が堤体土の耐力(侵食限界流速)を上回ることによって発生。→堤体土に作用する流速を抑制できることが条件(隙間が広がらない、重ね部分が解放しない等)
2. 堤体土の耐力評価は引張破壊応力 σ_{tb} が目安になる。→引張破壊応力 σ_{tb} を測定・整理しておくことで管理している堤体土の越水耐力の大まかな推測は可能
3. 堤体土の越水耐力向上は机上検討だけでなく実験等行って確かめることが大事。
4. 越流水からの浸透量多い。→吸い出し防止材がなくとも、越流破堤の検討では越流水からの浸透による浸透破壊の促進(越流と浸透の相乗効果)についても目配りが必要かも。

● 配布外スライド18

4. 5 実態調査(常呂川堤防と支川堤防を破堤有無を分けた要因は?) 点検等のポイント

1. 天端高が上下流に比べて相対的に低い場所の把握は重要。→最新技術など使わなくても天端に目線を置いて眺めれば不陸は認識可能。水防計画で土壌積み箇所にしておくべき。
2. 常呂川22.6kmの越水箇所が耐えた理由は、堤体土、植生の耐力が大きかったことに加えて堤内地側が冠水していたことによる効果が大きいと考えられる。→越水しやすい場所を内水冠水場所に誘導できないか
3. 堤体土の耐力評価は引張破壊応力 σ_{tb} が目安になる。→引張破壊応力 σ_{tb} を測定・整理しておくことで管理している堤体土の越水耐力の大まかな推測は可能
4. 植生の耐侵食性の評価には根毛量が重要。除草頻度を減らした場合、芝やチガヤ前提とは限らないので、根毛量(太さ別がbetter)の鉛直分布があると参考になる。→植生の管理水準(除草回数等)と根毛量鉛直分布の関係の把握が重要
5. 河川堤防の越流流速は、越流水深が大きくないので裏法侵食される前であれば等流で評価。裏法尻侵食進行後はエネルギー水頭で評価。→裏法侵食後は流速が増大するのでウォータークッションができる工夫が重要。

● 配布外スライド19

＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 点検等のポイント

1. 流況(動画)撮影は、被災発生時刻を確定する上で有効。→ **動画の自動保存(ドライブレコーダー)は重要**
2. 雨で浸水した排気弁で空気抜き管から空気が漏れる音を巡視中の職員が聞いていたことで排気管が機能していたこと確認できた→ **巡視時の重要な施設機能の確認は重要**
3. Asフェーシング下の改良土は、フェーシング被災後の侵食から堤体を保護。→ **(設計超過・設計想定外の状態で)フェイル・セーフ機能を発揮。**

● 配布外スライド20

構造物の変状・被災はどのように起こったのか 一点検・評価に反映する観点からー

- | | | |
|--------|---|---|
| 1. 護岸 | 1. 1被災実態(中規模洪水)
1. 3大規模洪水被災現地調査
1. 5被災分析 | 1. 2縮小水理実験(洗掘破壊)
1. 4実物大水理実験(基礎浮上り吸出し) |
| 2. 根固工 | 2. 1被災実態 | 2. 2応答特性(沈下特性水理実験) |
| 3. 樋管 | 3. 1函体変状実態調査 | 3. 2樋管破堤箇所調査 |
| 4. 堤防 | 4. 1被災実態(中規模洪水)
4. 3水理実験(堤防3次元形状越水)
4. 5実態調査(常呂川と支川の破堤有無要因) | 4. 2実物大水理実験(パイピング破壊)
4. 4実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 |
| 5. 橋梁 | 5. 1侵食に伴う橋台被災
5. 3桁下流木閉塞 | 5. 2橋脚間流木閉塞
5. 4桁・橋脚の倒壊 <その他>橋脚沈下 |
| 6. 落差工 | 6. 1被災実態、 | 6. 2落差工被災調査 |
| 7. 堰 | 7. 1ゴム堰の損傷穴発生 | 7. 2固定堰の転動流失 |

● 配布外スライド21

5. 1 侵食に伴う橋台被災 点検等のポイント

1. 橋台・桁が傾かなければ、迅速な応急措置（通行機能回復）は可能（取付道路部は応急復旧が比較的容易）。→交通路確保のためには橋台が傾かないことが大事。→迂回路がない重要な交通路・仮設道路が作れない場所ほど優先順位高
2. 橋台取付護岸が破壊されると、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）→橋台取付護岸は大丈夫か（構造、根入れ、施工範囲）
3. 急流河川の超過洪水時には取付護岸の天端から破壊する可能性が高い。→天端からの破壊を考慮した工夫は・・・
4. 橋台の根入れで対策するには、洗掘深が大きい→簡単ではない
5. 傾くことが避けられなければ橋台が傾いた場合の通行止め措置が重要（橋台傾くと通行止めゲート閉鎖・パトランプ点灯等）

● 配布外スライド22

5. 2 橋脚間流木閉塞 5. 3 桁下流木閉塞 点検等ポイント

1. 桁下高不足、径間長不足の橋梁は流木閉塞しやすい→構造令施工前の橋梁で流木が流れてくる場所の橋は要注意→被災後の備え（被害予測、改築構想、事前設計）
2. 土砂災害と複合すると閉塞も発生しやすい（流木発生量も増、河床高上昇でクリアランスも減）
3. ダムで流木・土砂がとまりやすいので下流は流木量減少。上流側に閉塞しやすい橋があれば同様に流木量は減少。→ダムの下流は閉塞リスク減。上下流の橋を見て対策の優先度検討。

● 配布外スライド23

5.4 桁・橋脚の転倒 点検等のポイント

1. 既往出水で耐えたとしても桁下不足橋梁は大洪水時に倒壊する可能性。→既往出水時のモーメント計算をしておけば転倒水位の類推は可能。
2. モーメント計算結果はモーメント比だけではなく、積み上げグラフで比較。
3. 既存不適格鉄橋→事前の計算は可能。占有者が事前改築する余力を持たない場合もあると聞すが、超過出水時のリスクを彼らに算出させるべきではないか。地域の振興があるべき姿だと思うので、占有者と河川改修で地域振興のWIN・WINができるとういのだが。
4. 流失後の復旧設計を事前にしておくことは、レジリエンス確保には有効

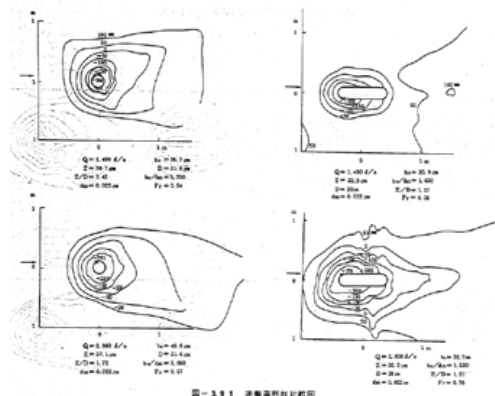
● 配布外スライド24

<その他> 橋梁(橋脚沈下)



橋脚の洗掘・沈下

- ◎平均河床が橋脚設置時よりも低下していないか
- ◎橋脚まわりの洗掘を考慮して根入れは十分か



● 配布外スライド25

構造物の変状・被災はどのように起こったのか 一点検・評価に反映する観点から

- | | | |
|--------|-------------------------|----------------------------|
| 1. 護岸 | 1. 1被災実態(中規模洪水) | 1. 2縮小水理実験(洗掘破壊) |
| | 1. 3大規模洪水被災現地調査 | 1. 4実物大水理実験(基礎浮上り吸出し) |
| | 1. 5被災分析 | |
| 2. 根固工 | 2. 1被災実態 | 2. 2応答特性(沈下特性水理実験) |
| 3. 樋管 | 3. 1函体変状実態調査 | 3. 2樋管破堤箇所調査 |
| 4. 堤防 | 4. 1被災実態(中規模洪水) | 4. 2実物大水理実験(パイピング破壊) |
| | 4. 3水理実験(堤防3次元形状越水) | 4. 4実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水) |
| | 4. 5実態調査(常呂川と支川の破堤有無要因) | <参考>越流堤Asフェーシング被災 |
| 5. 橋梁 | 5. 1侵食に伴う橋台被災 | 5. 2橋脚間流木閉塞 |
| | 5. 3桁下流木閉塞 | 5. 4桁・橋脚の倒壊 <その他>橋脚沈下 |
| 6. 落差工 | 6. 1被災実態、 | 6. 2落差工被災調査 |
| 7. 堰 | 7. 1ゴム堰の損傷穴発生 | 7. 2固定堰の転動流失 |

● 配布外スライド26

6.1 被災実態 点検等のポイント

1. 落差工上流れ(常流→射流→常流)によって起こる高流速発生箇所(落差工袖部、直下流射流区間への落ち込み流れ発生箇所等)に要注意→保護工あるか、高水護岸の根入れ十分か
2. 落差工関連の被災は、取付護岸と並んで護床工被災が多い。護床工被災は、流失(ブロック重量不足)と下流河道の洗掘・河床低下に伴う変形が代表的。→ブロック流失の場合は重量チェック。洗掘・河床低下に伴う変形は平均河床高・最深河床高の動向チェック。

● 配布外スライド27

6. 2 落差工被災調査 点検等のポイント

1. 落差工破壊は上流の河床低下、ひいては破堤・橋梁流失等につながる
→落差工の機能喪失によって影響を受ける施設によって緊急性・重要性検討
2. 改造によって破壊限界が低下する可能性→改造時には模型実験等で確認できることが望ましい。流量別の変状の発生・進行をまとめておくと点検ポイントの絞り込みにつながる。
3. 高流速発生場所(下流端)で破壊しはじめると滝が後退するように破壊が進行。予兆は発見しにくい。制御も困難。→下流端の処理(どのように減勢させるか)が重要。→護床工を伸ばすことだけが解とは限らない。(下流の河床が安定しているのであれば)洗掘を許容して洗掘穴で減勢を促進することも有効な手段。
4. 洪水時の流況は重要な情報→(減勢位置(高流速発生範囲)が想定内かどうか)、洪水前後の変化(ブロック等の流失場所)は有効な情報。

● 配布外スライド28

構造物の変状・被災はどのように起こったのか 一点検・評価に反映する観点からー

- | | | |
|--------|---|---|
| 1. 護岸 | 1. 1被災実態(中規模洪水)
1. 3大規模洪水被災現地調査
1. 5被災分析 | 1. 2縮小水理実験(洗掘破壊)
1. 4実物大水理実験(基礎浮上り吸出し) |
| 2. 根固工 | 2. 1被災実態 | 2. 2応答特性(沈下特性水理実験) |
| 3. 樋管 | 3. 1函体変状実態調査 | 3. 2樋管破堤箇所調査 |
| 4. 堤防 | 4. 1被災実態(中規模洪水)
4. 3水理実験(堤防3次元形状越水)
4. 5実態調査(常呂川と支川の破堤有無要因) | 4. 2実物大水理実験(パイピング破壊)
4. 4実物大水理実験(裏法面吸出し防止材被覆越水)
＜参考＞越流堤Asフェーシング被災 |
| 5. 橋梁 | 5. 1侵食に伴う橋台被災
5. 3桁下流木閉塞 | 5. 2橋脚間流木閉塞
5. 4桁・橋脚の倒壊 <その他>橋脚沈下 |
| 6. 落差工 | 6. 1被災実態、 | 6. 2落差工被災調査 |
| 7. 堰 | <u>7. 1ゴム堰の損傷穴発生</u> | <u>7. 2固定堰の転動流失</u> |

● 配布外スライド29

7.1 ゴム堰 ゴム堰点検・評価等のポイント・留意点

1. 倒伏時に袋体が揺動しやすい構造か(真円>半円、自動倒伏>真空空気抜き)
2. 複数スパン堰なのに劣化・損傷が偏っていないか:複数の袋体の場合、劣化・損傷の起こりやすさに差がある→寿命に差がある→長寿命化計画策定が重要(劣化寿命推定に根拠を与える振動等の実態計測が大切(「流況が偏る」の定性情報は寿命推定につながらない))
3. 摩耗穴発生の要因となる突起がないか
4. 劣化が目立つ(交換視野に入れている)ゴム堰では、交換用袋体を用意しておく、袋体を交換することにより損傷時の機能回復が迅速に行える。取り外した袋体材料の劣化試験も可能(寿命の推定精度向上)。
→交換用袋体の準備を長寿命化計画に位置づけるとよいのではないか。
5. 倒伏状況の確認が行えるとよい→管理橋は倒伏状況の確認、点検の上でも有用。管理橋がない場合でも不完全な倒伏による揺動は流況にあらわれると思われるので、動画撮影が次善の方法か。

● 配布外スライド30

7.2 固定堰の転動流失 点検のポイント

1. 固定堰直下流の流況が、もぐり状態と射流+跳水状態では、固定堰に作用するモーメントが大きく異なる→流況撮影が重要な情報となる(堰直下流の流況が射流+跳水状態に変わっていないか?)
2. 転動モーメントー抵抗モーメントの比較は、(指標・最終結果の)モーメント比だけで見るのではなくモーメント積み上げグラフで比較すべき→固定堰の安定に何が効くのかわかるので。
3. 設計で与えている荷重の前提条件としている流況(直下流の流況がもぐり状態なのか・射流発生状態なのか等)が保存・整理されていれば事前の検討も可能。