

2 解析による出水の再現

2-1 洪水再現方法

洪水再現方法

■ 合成合理式法 + 1次元不等流解析

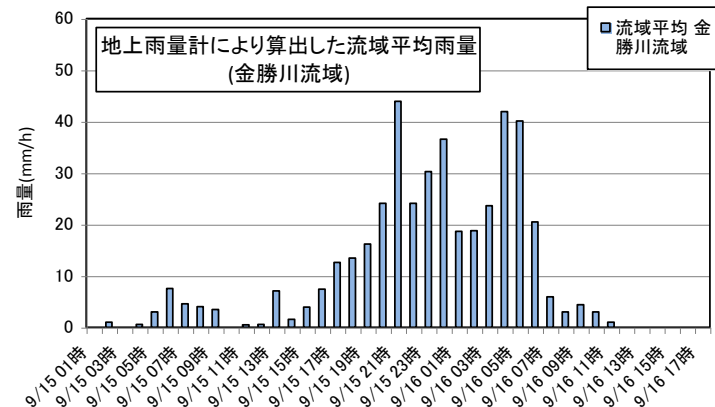
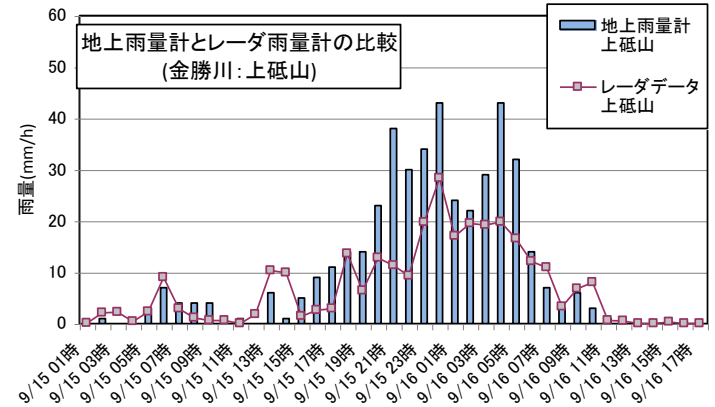
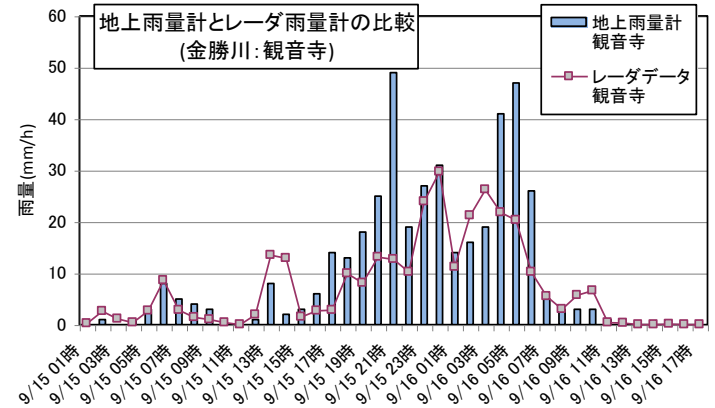
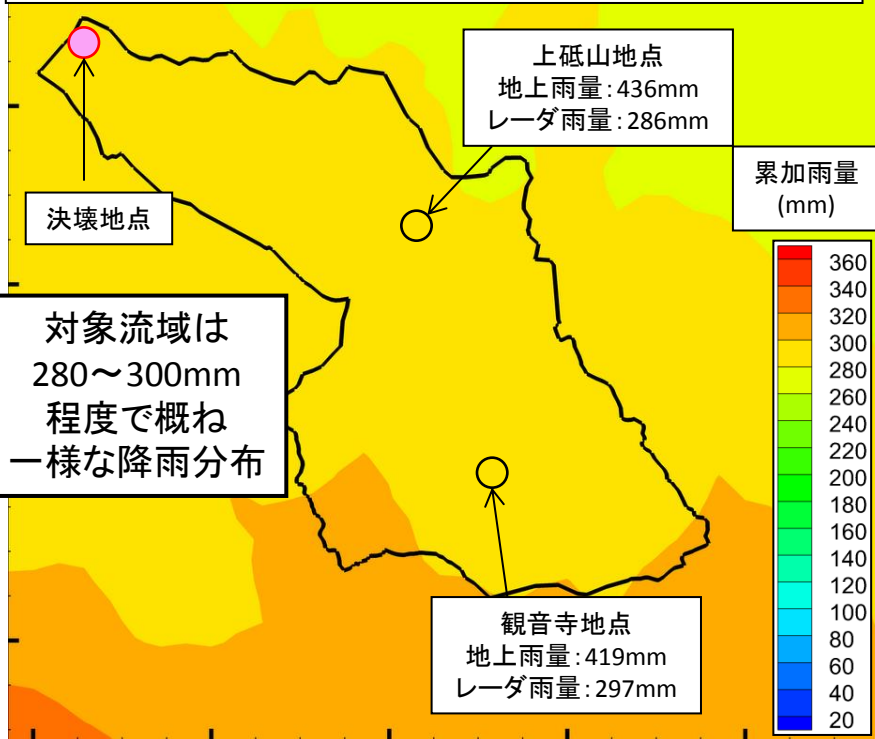
流出解析の考え方は以下の通り。

・解析手法: 合成合理式法

・モデル定数: 河川整備計画での採用値を踏襲

・降雨データ: レーダ雨量(Xバンド・Cバンド合成)データにより流域内の降雨分布が概ね一様であることを確認し、地上雨量観測値を採用

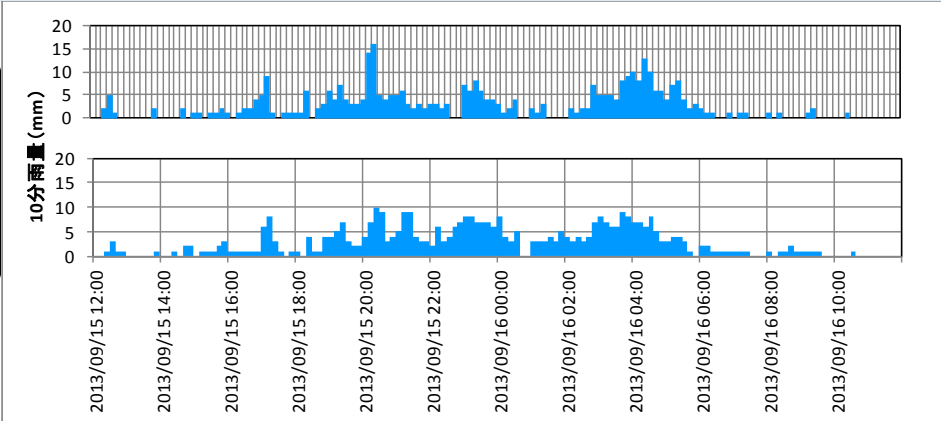
金勝川流域レーダ累加雨量(9/15 0:00~9/17 0:00)



2-2 流出量の再現

流出量の再現

上砥山地点・観音寺地点雨量に基づく金勝川流域雨量により流出量を算出すると、決壊地点近傍ではピーク流量が約200m³/sとなる。



平成25年台風18号のハイトグラフ（上：観音寺、下：上砥山）

合理式による平成25年台風18号の再現流量【金勝川流域雨量】

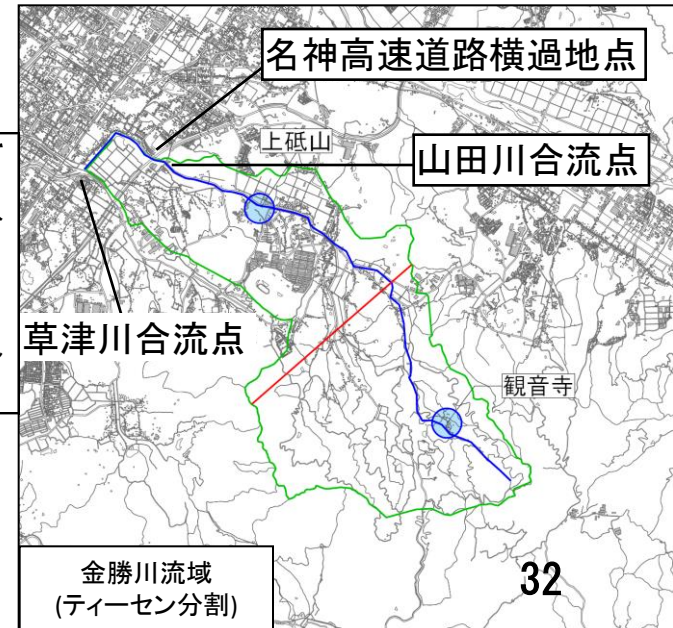
地点名	流域面積 (km ²)	到達時間 (min)	到達時間内			流出係数 (-)	再現流量 (m ³ /s)
			雨量 (mm)	降雨規模 (-)	降雨強度 (mm/hr)		
草津川合流点	20.928	73	59.0	10~20	48.5	0.723	203.8
名神高速道路横過点	19.974	64	54.5	10~20	51.2	0.722	205.1
山田川合流点	18.759	63	54.5	10~20	51.9	0.722	195.3

地点名	流域面積(km ²)		
	金勝川流域全体	観音寺	上砥山
草津川合流点	20.928	11.252	9.676
名神高速道路横過点	19.974	11.252	8.722
山田川合流点	18.759	11.252	7.507

滋賀県降雨強度式より算出した雨量

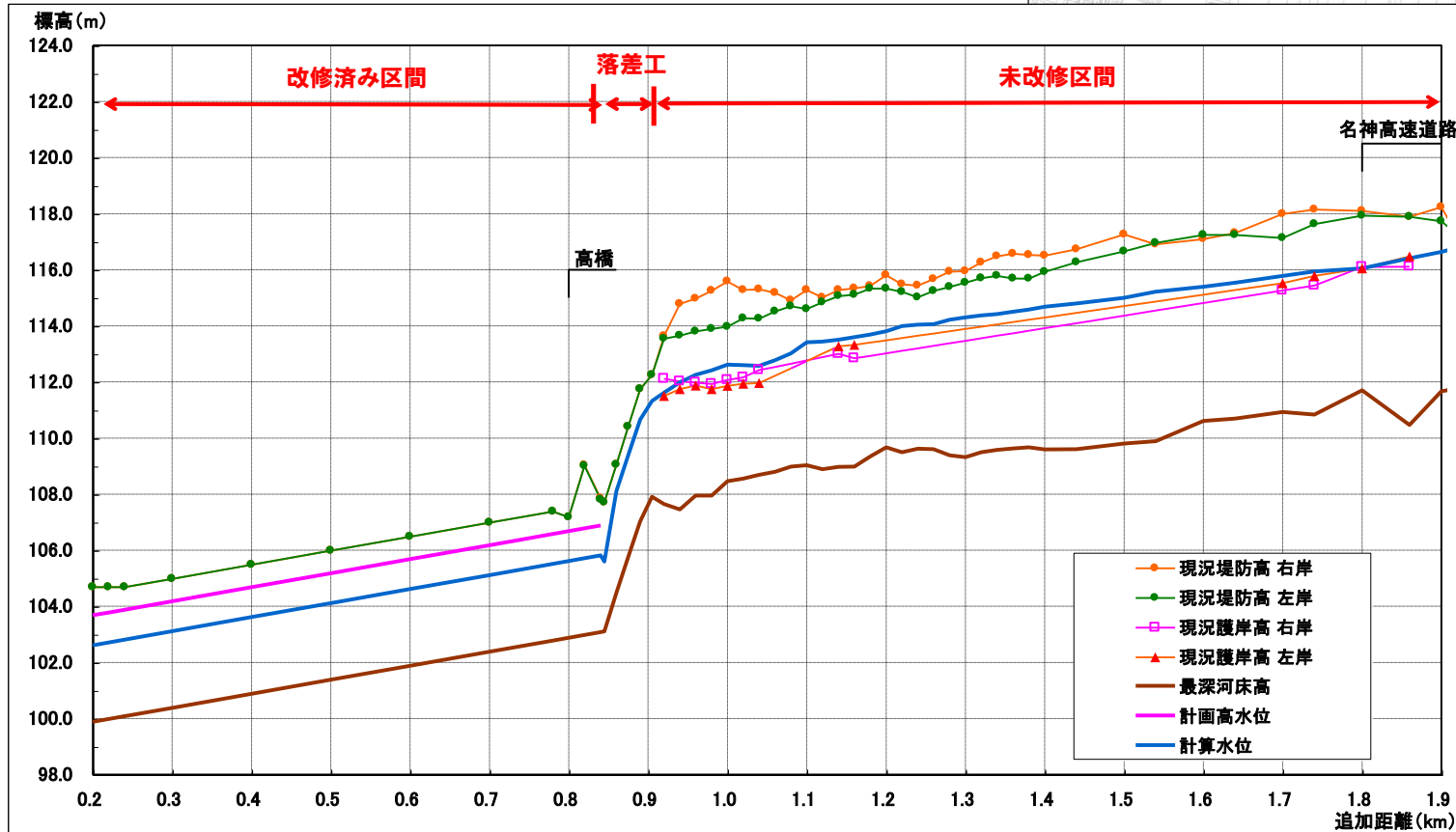
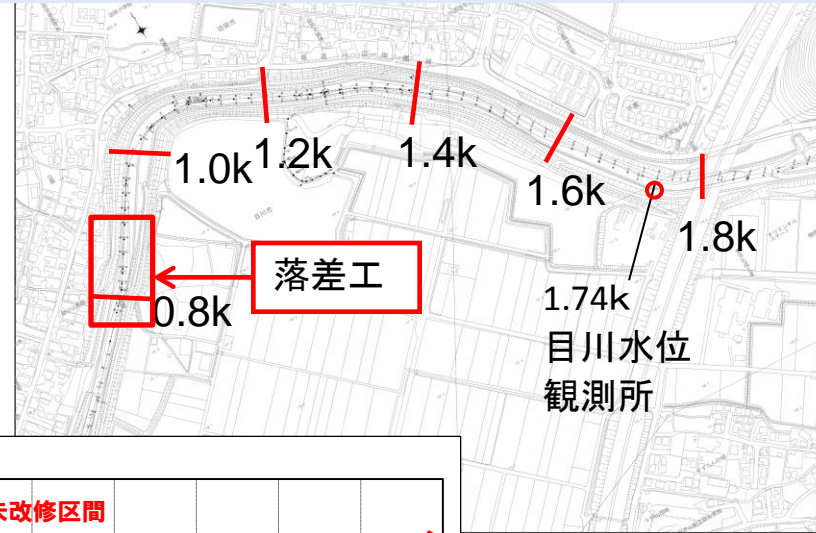
確率年	降雨継続時間内雨量(mm)		
	63分	64分	73分
2	32.2	32.5	34.5
3	37.8	38.1	40.5
5	43.8	44.2	47.1
7	47.6	48.0	51.2
10	51.5	51.9	55.4
20	62.6	63.1	67.1
30	73.5	74.0	78.8
50	88.4	89.1	94.8
80	102.3	103.0	109.7
100	111.4	112.3	119.7

※到達時間内雨量について
到達時間内雨量は、実績10分雨量を均等割りして算出した1分雨量より算定しており、あくまで想定した雨量である。
例えば、10分雨量が10mmの場合、その10分間の1分雨量はそれぞれ1mmとなる。



2-3 出水時水位の再現

現地確認結果(護岸天端高程度)と概ね一致しており、良好に再現できているとみることができる。



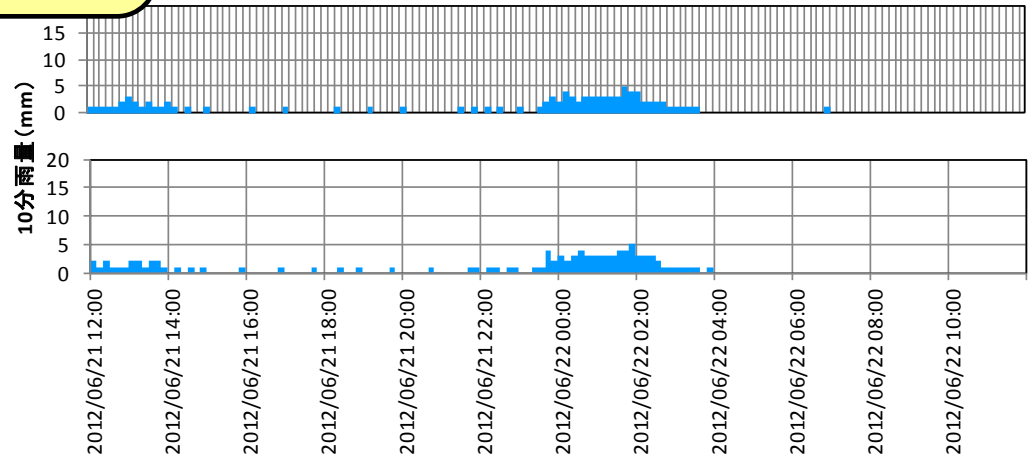
2-4 平成24年6月出水の再現：ピーク時の状況の再現

・流速が3.5m/s

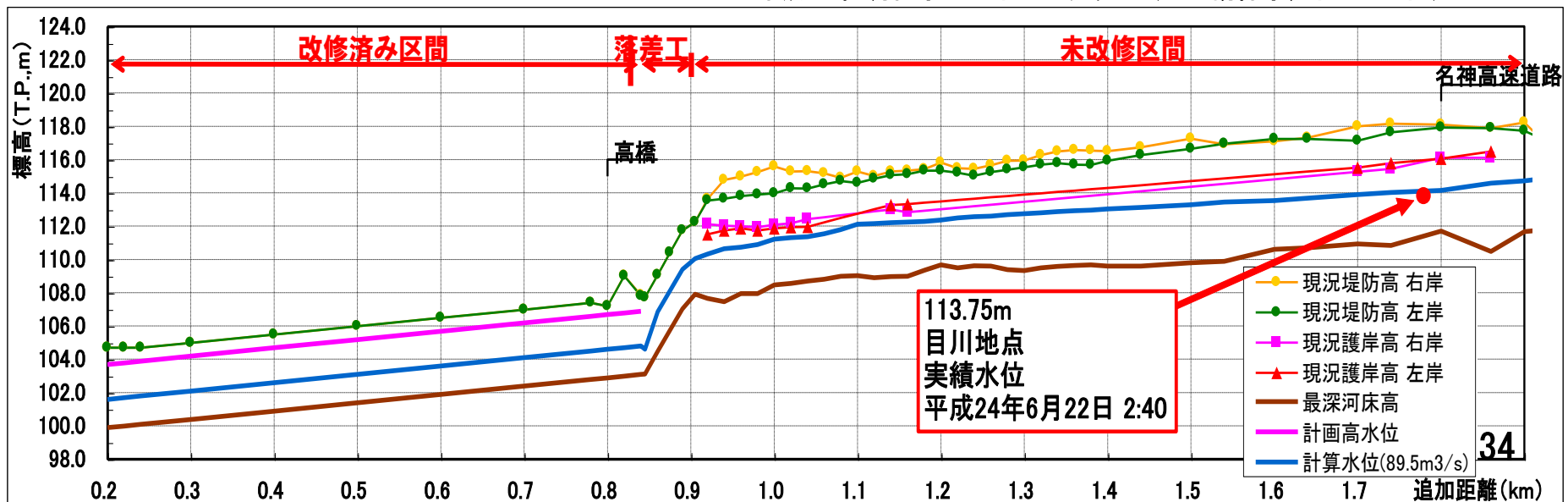
→ 平成24年被災時もNo.9+20mで
流速が3.5m/s

計算条件

- ・流量: 89.5m³/s
- ・粗度係数: 0.035
- ・下流端水位: 等流水深



平成24年6月出水のハイトグラフ (上: 観音寺、下: 上砥山)



3 被災箇所の詳細な状況把握と 決壊シナリオの検討

仮設落差工の上流側に着目し、被災前後の施設変状や洪水再現計算結果に基づき金勝川の決壊シナリオを段階的に検討していく

被災前



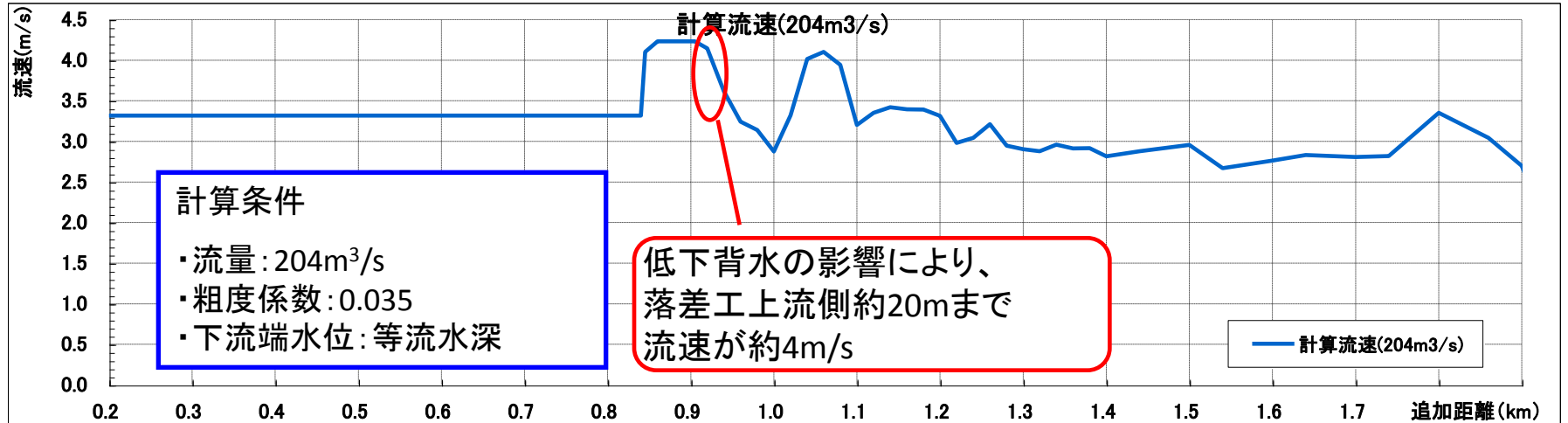
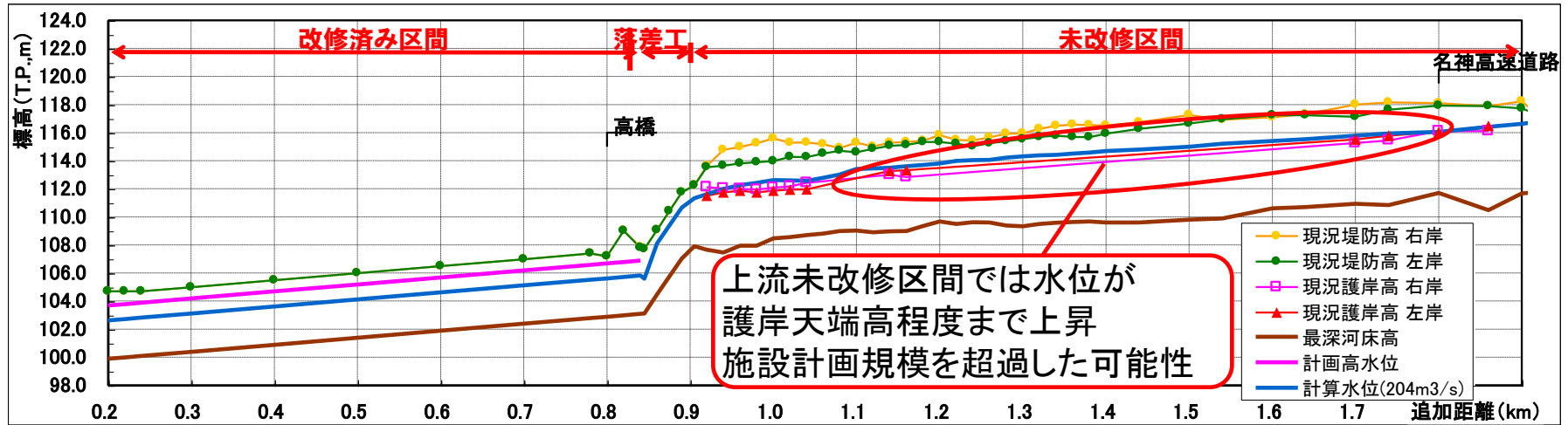
出水時



被災後

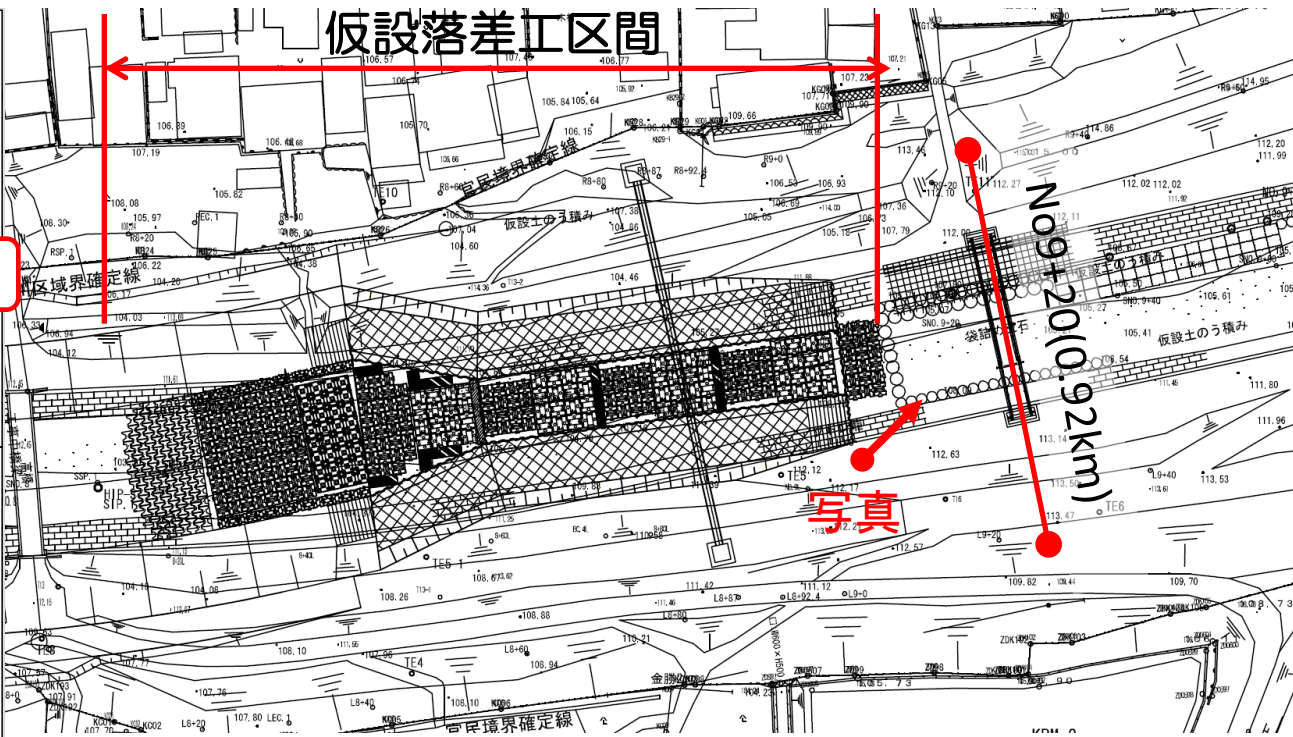
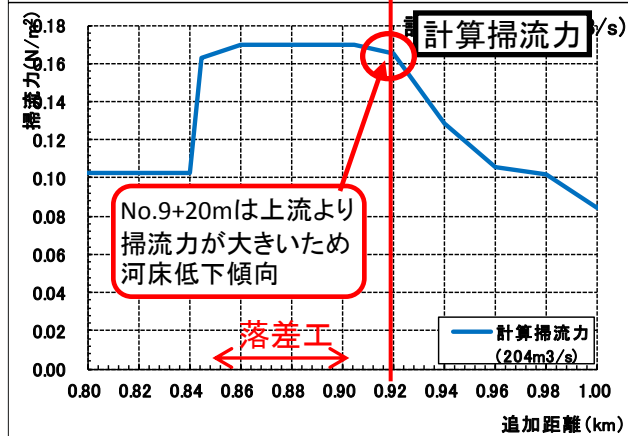
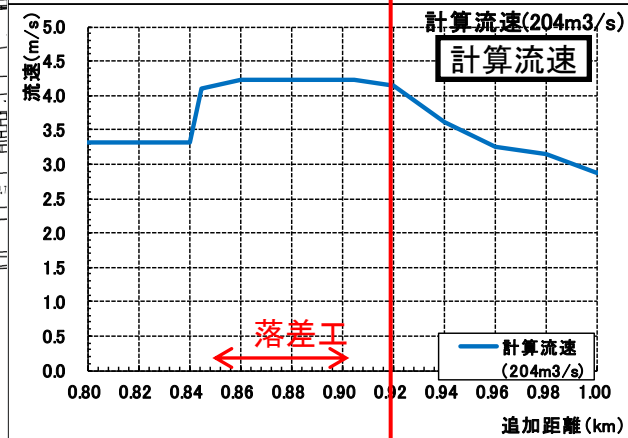
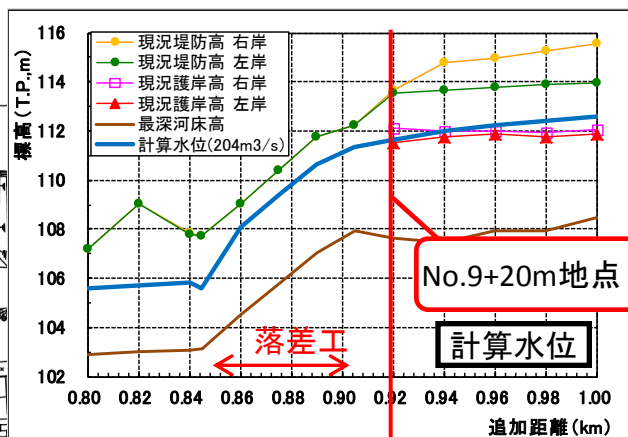


3-1 計画規模の洪水が発生し流速が増大



- ・護岸高程度の出水が発生 = 上流側河道の施設計画規模程度
- ・流速が4m/s超過
- ブロックを敷設した範囲(No.9+5mまで)より上流も流速が4m/s超過

3-2 上流河床低下進行と護床ブロックの不安定化



仮設落差工の護床ブロックより上流側

上流よりも掃流力が増大
 ↓
 上流からの供給土砂よりも下流へ
 流下する土砂量の方が多い
 ↓
 著しい河床低下の可能性はある

3-2 上流河床低下進行と護床ブロックの不安定化

仮設落差工上流部分の流速時系列

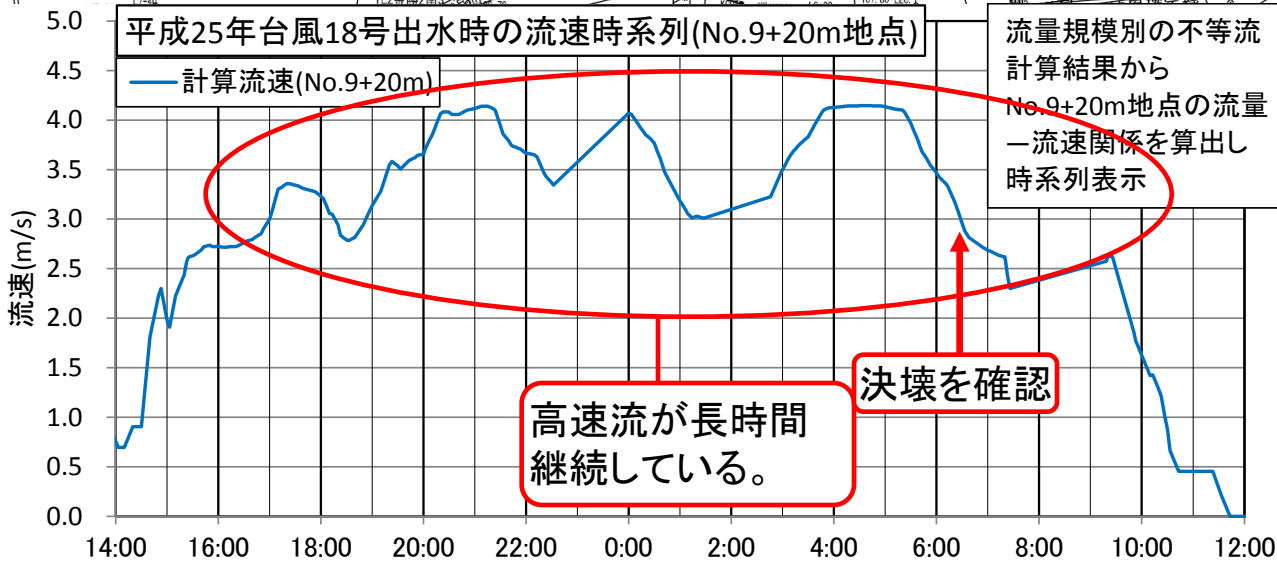
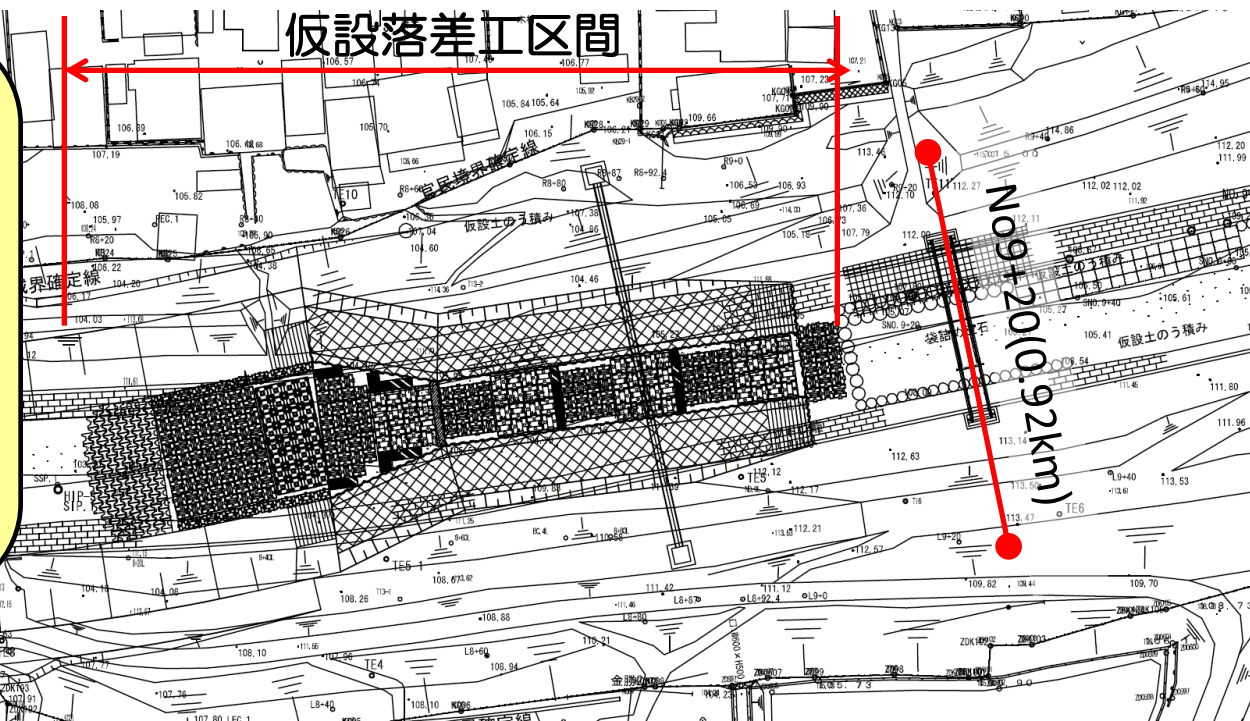
約3.5m/sの高速流が長時間継続



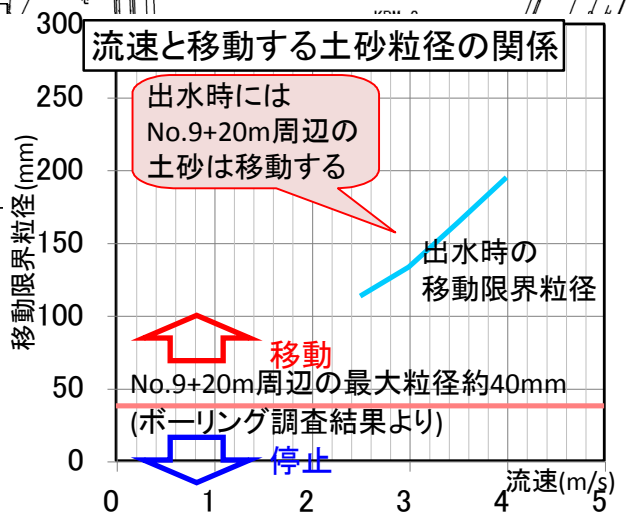
仮設落差工上流側で長時間にわたり河床低下が進行



護床ブロックに沈下や乱れが生じ不安定化の可能性がある

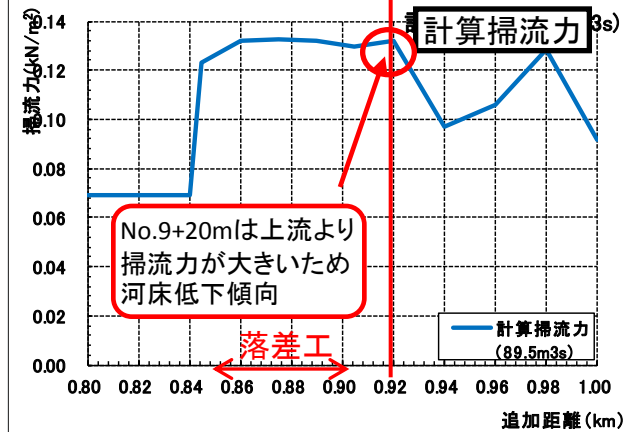
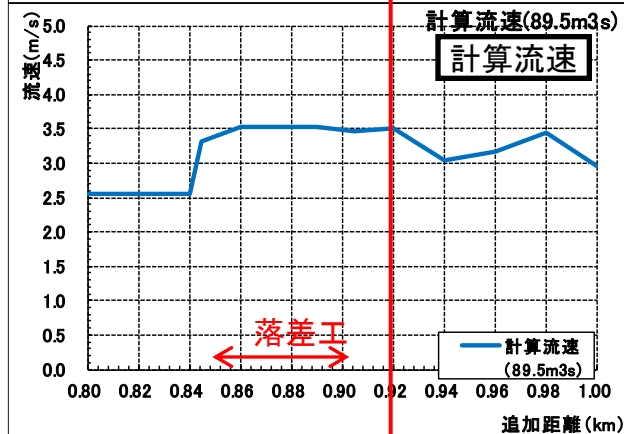
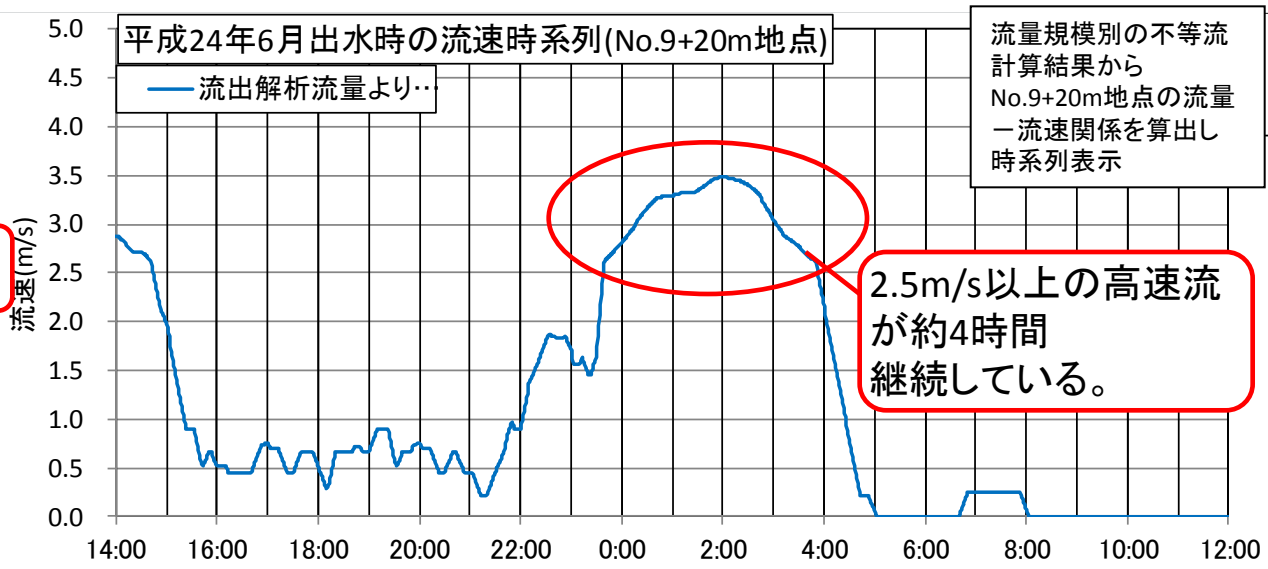
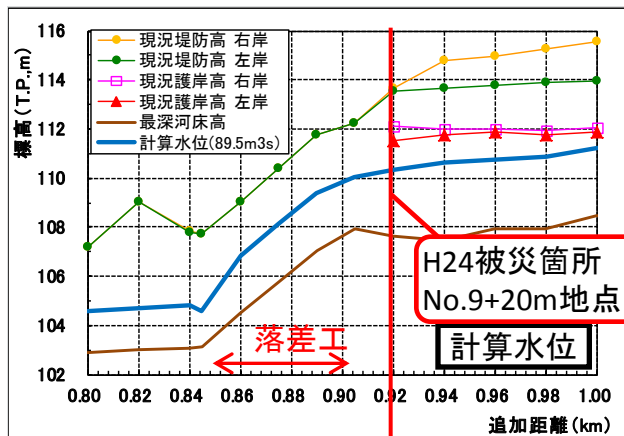


流量規模別の不等流計算結果からNo.9+20m地点の流量—流速関係を算出し時系列表示



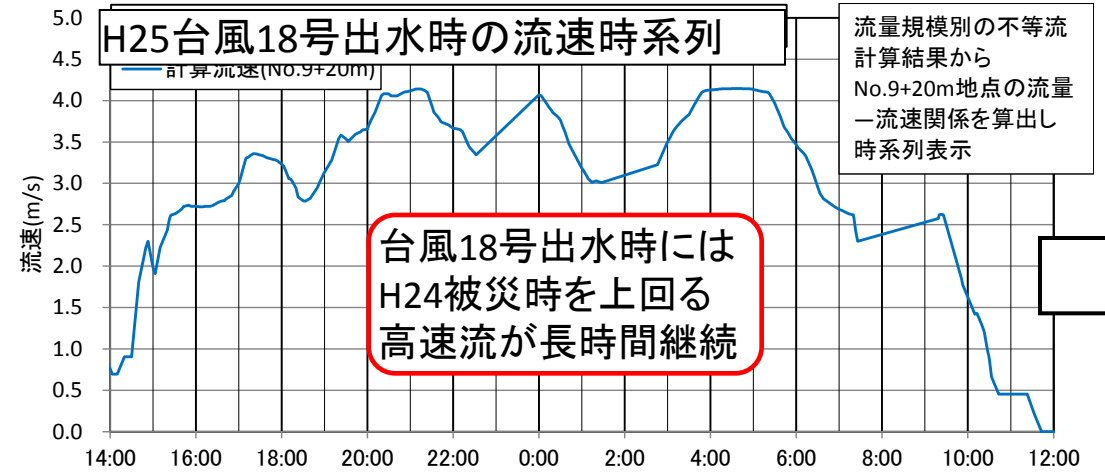
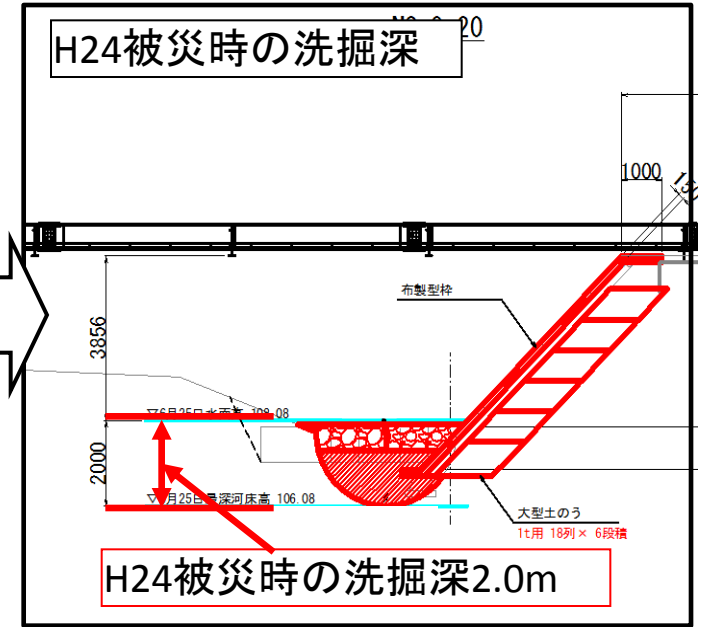
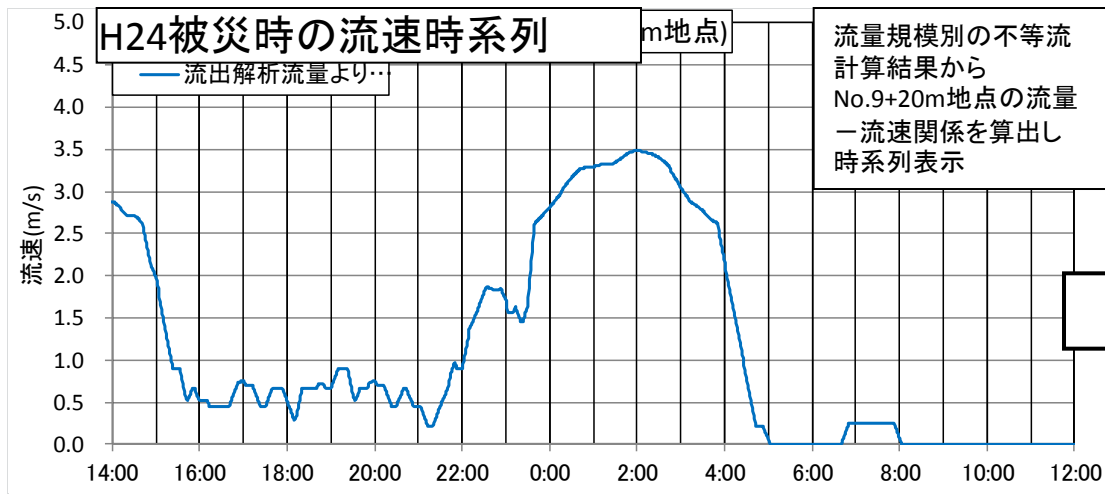
流量規模別の不等流計算結果からNo.9+20m地点の関係を整理

3-2 平成24年6月出水時の状況検証：ピーク時



平成24年6月出水時
 仮設落差工上流部分の流速時系列
 約2.5m/s以上の高速流が継続
 ↓
 仮設落差工上流側で河床低下進行
 ↓
 右岸護岸の被災

3-2 平成24年被災時の状況検証まとめ



H24被災時の実績(2.0m)を上回る局所洗掘が発生した可能性が高い。

台風18号出水時にはH24被災時を上回る高速流が長時間継続
 → H24被災時の実績(2.0m)を上回る局所洗掘発生の可能性が高く、それが堤防決壊に至る右岸側護岸被災に影響を及ぼした可能性が高い。



3-3 落差工上流側護床ブロックが流失

落差工上流工に敷かれていた護床ブロックはほぼ全て流失している。

出水前

出水前には仮設落差工上流側には2tタイプの護床ブロックが18個敷かれている。

矢板5枚分

矢板8枚分

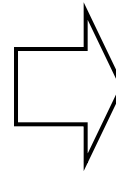
0.8m

護床ブロック(2tタイプ)



出水後

出水後にはほぼ全て流失している。



同タイプの護床ブロックで残っていることが確認できるのはこの1つだけ。

当該箇所に見られる護床ブロックは上流湾曲部周辺から流下したものの。

上流湾曲部の護床ブロック



- ・護床ブロックの不安定化と高速流の継続により上流側の護床ブロックが流失
- ・その結果、護床ブロックで保護されていた落差工直上流部分の河床低下も進行したと考えられる。

3-4 護床ブロック等流失の検証：護床ブロック

落差工上流側護床ブロック流失の可能性について検証を行った。



落差工上流側の護床ブロックの安定性について、敷設状況と出水時流況に基づき検証を実施

護床ブロック移動限界条件
(滑動、転動-層積みモデル)
(護岸の力学設計法)

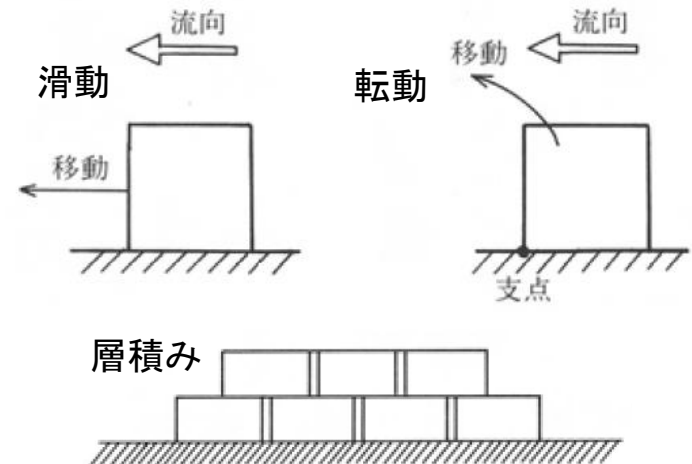
$$W > a \left(\frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \frac{\rho_b}{g^2} \left(\frac{V_d}{\beta} \right)^6$$

表 変数一覧

記号	説明	値	単位
W	根固工の空中重量	-	-
a	ブロックの形状による係数	0.54	-
β	ブロックの形状による係数	-	-
ρ_b	根固工の密度	2,030	kg/m ³
ρ_w	水の密度	1,000	kg/m ³
g	重力加速度	9.8	m/s ²
V _d	流速	-	-

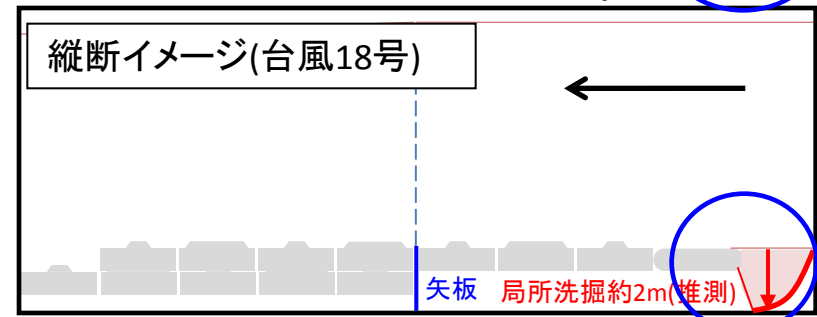
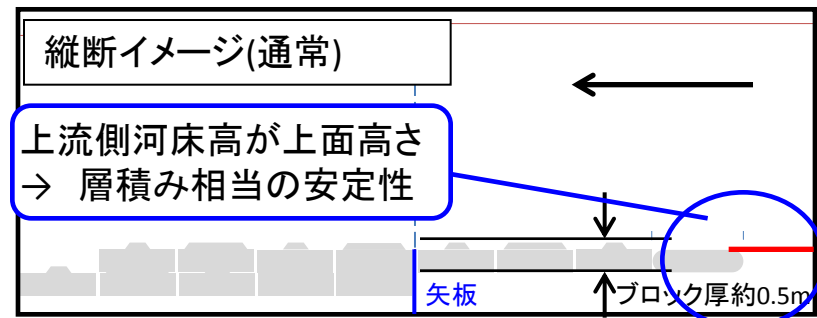
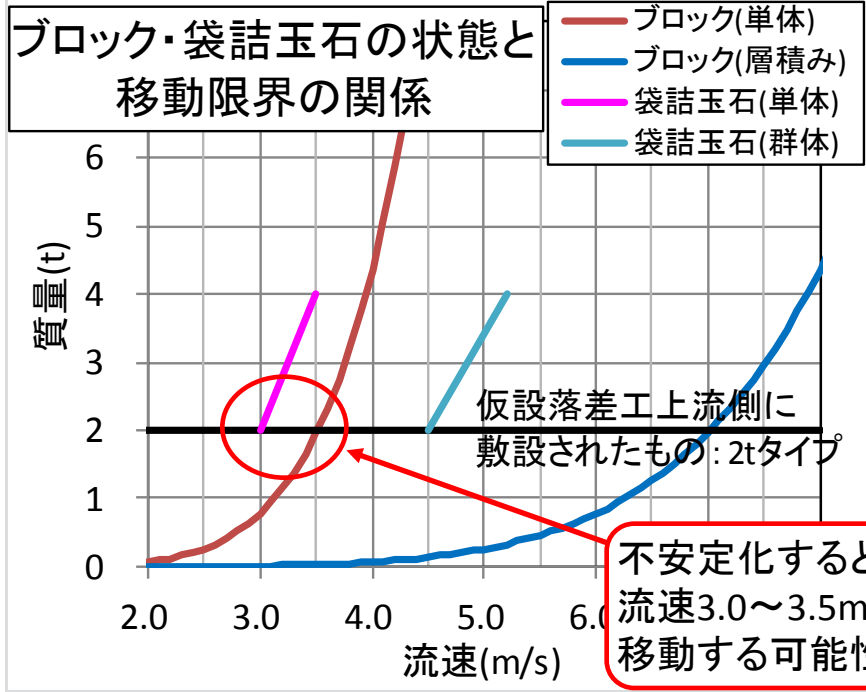
表 根固工の安定性評価モデル一覧(護岸の力学設計法)

NO.	破壊要因	破壊形態	設置状態	構造モデル
①	流体力	滑動, 転動	層積み	「滑動・転動-層積み」モデル
②	流体力	滑動, 転動	乱積み	「滑動・転動-乱積み」モデル
③	流体力	掃流	乱積み	「掃流-乱積み」モデル
④	流体力	掃流	籠詰め	「掃流-籠詰め」モデル
⑤	流体力	掃流	中詰め	「掃流-中詰め」モデル



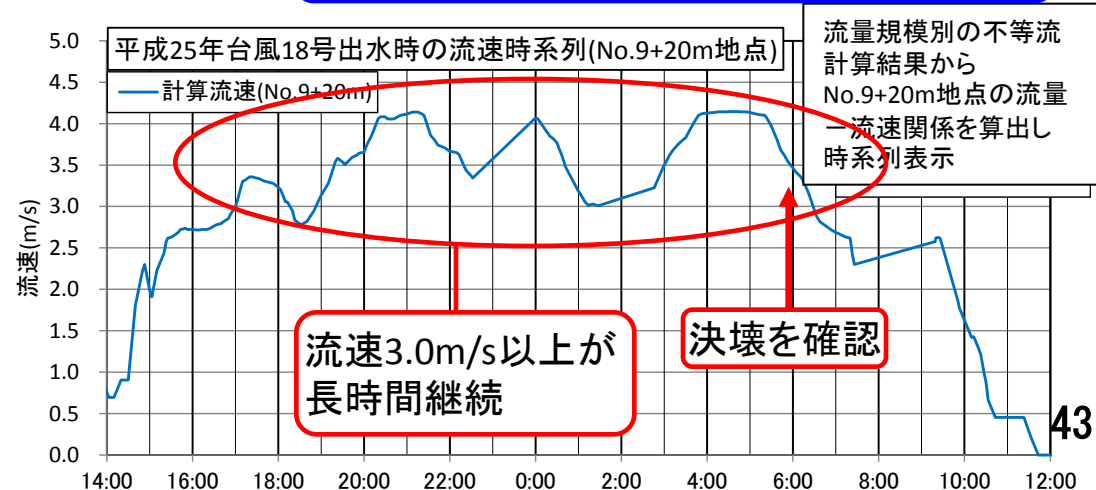
3-4 護床ブロック等流失の検証：護床ブロック

落差工上流側の護床ブロック等は、上流側河床低下により不安定化し流出した可能性がある。



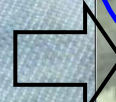
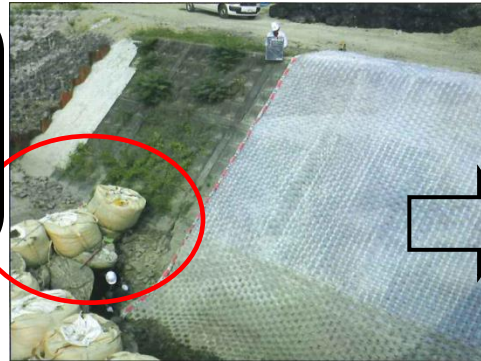
ブロック移動限界: 護岸の力学設計法に基づき算出
 袋詰玉石: メーカー公表値(参考)

・上流側河床高が大幅に低下し、護床ブロック等が不安定化したと考えられる。
 ・不安定化したブロック等の移動限界を上回る高速流が長時間継続し、上流側の護床ブロックが流失したと考えられる。



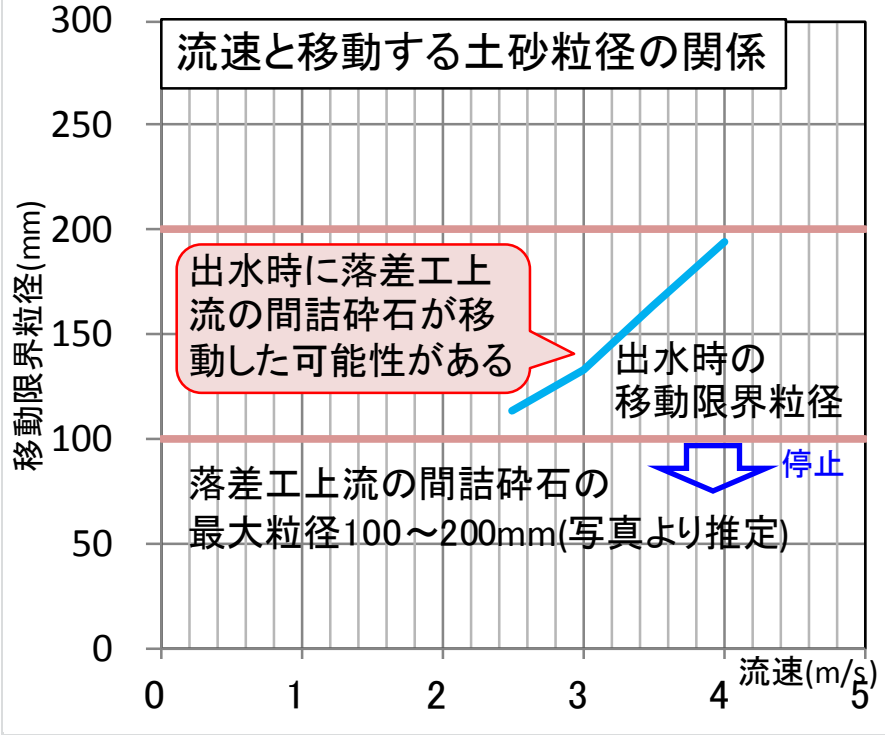
3-4 護床ブロック等流失の検証：間詰砕石

仮設落差工上流側の護床工の状況
護床工は大型ブロックを採用しているが、小さな隙間等のブロックを敷設できない部分には砕石による間詰を実施し、河床低下の抑制を図っている。



砕石の粒径はいずれの範囲も概ね等しい

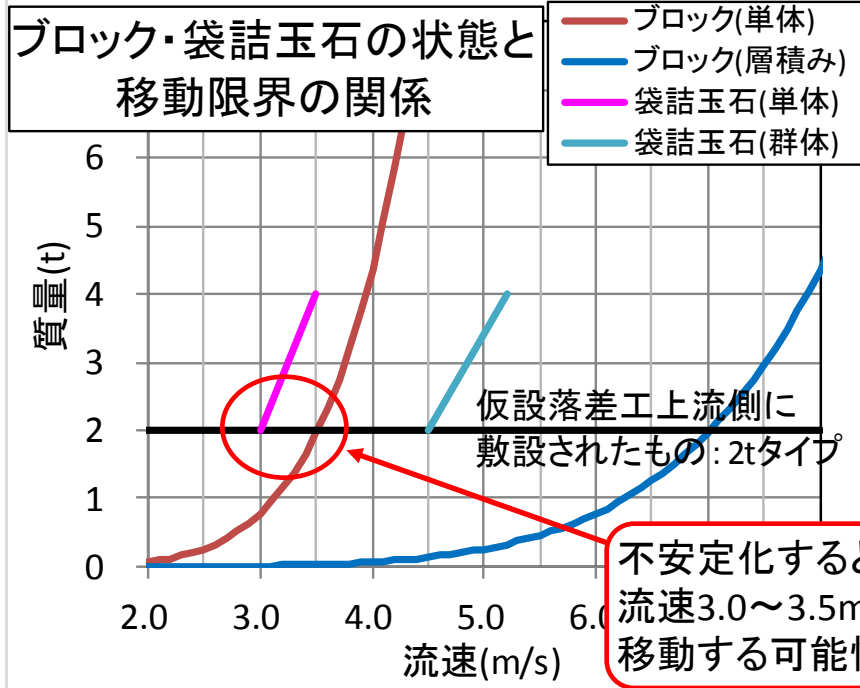
間詰砕石の安定性評価を実施



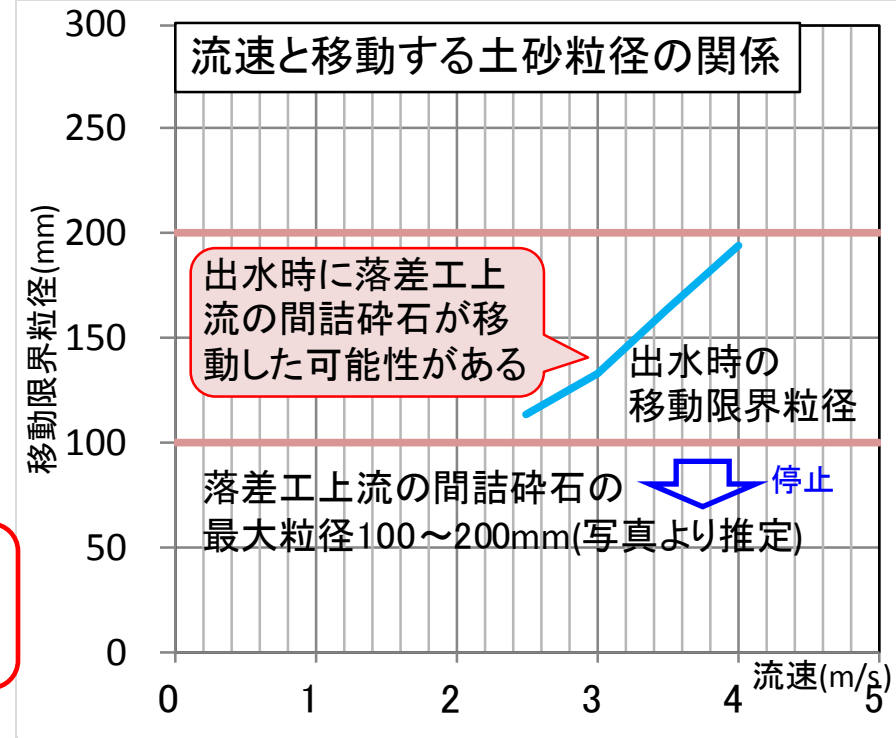
砕石の粒径は約100~200mm

間詰砕石の移動限界程度的高速流が長時間継続
→ 護岸前面の河床低下が進行した可能性がある。

3-4 護床ブロック等流失の検証まとめ



ブロック移動限界: 護岸の力学設計法に基づき算出
 袋詰玉石: メーカー公表値(参考)



- ・護岸被災の主たる原因として、護床ブロック流失と間詰碎石流失の両方の可能性が考えられる。
- ・どちらかに特定するのは困難であり、複合的に被災・決壊の原因となっている可能性が考えられる。
- ・したがって、今後の管理にあたっては、この2点両方に留意した施工の検討が必要といえる。