

3-5 既設護岸基礎工が露出するまで落差工上流河床が低下

落差工上流側の既設護岸根入れは護岸3枚分

被災前の落差工上流側既設護岸の状況



落差工上流側既設護岸の根入れ状況



既設護岸の根入れ高さの推定

1割勾配で3枚分の護岸が河床面より下に入っている。
 $0.5\text{m} \times 3\text{枚} \times 1/\sqrt{2} (45^\circ) \doteq 1\text{m}$

・仮設落差工上流側の既設護岸の根入れは約1mと推定される
・1m以上の洗掘発生により護岸が被災すると考えられる。

護岸の形状



3-5 既設護岸基礎工が露出するまで落差工上流河床が低下

仮設落差工上流側では、左岸側で土砂堆積、右岸側で流路集中しやすい傾向にあったとみられる

仮設落差工上流端周辺では左岸側で土砂堆積、右岸側で流路集中しやすい傾向があったと考えられる。

仮設落差工設置前



落差工設置後(被災前)



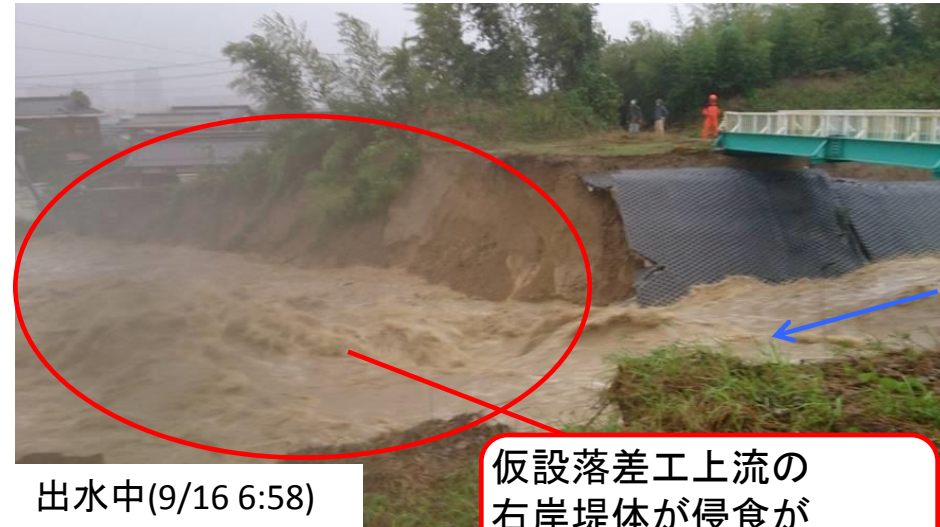
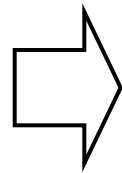
仮設落差工設置



- ・仮設落差工設置の状況を確認すると、落差工上流端周辺では右岸側に流路が集中しやすい傾向があった。(平成24年被災時にも右岸側護岸が被災)
- ・また、左岸側に土砂堆積の傾向が見られる。
- ・台風18号出水でも右岸側の洗掘深が先に大きくなり、右岸側の護岸被災・堤防侵食が先行したと考えられる。

3-6 既設護岸が被災し右岸堤体の侵食開始

上流側既設護岸基礎工が露出するまで落差工上流河床が低下した結果、既設護岸が被災し右岸堤体の侵食が開始



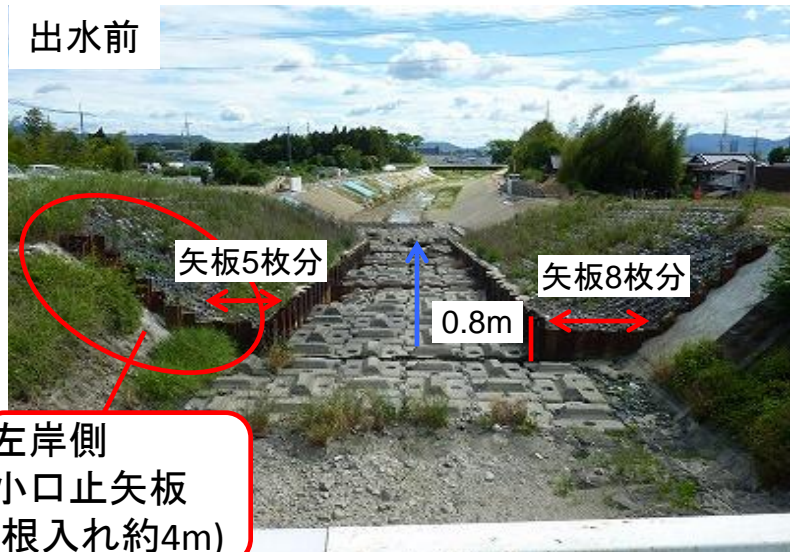
仮設落差工上流の右岸堤体が侵食が進行した結果決壊に至る

仮設落差工上流側の右岸の既設護岸が被災し、堤防侵食・決壊への引き金となったと考えられる。

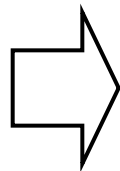
3-7 小口止鋼矢板前面での侵食進行が背後にも回り込み崩落

堤防決壊には至らなかった左岸側小口止矢板周辺で侵食が進行している

出水前



出水後



矢板前は3~4m侵食が進行しており矢板上流側は大部分が露出



左岸側は堤防決壊には至っていないが、小口止矢板周辺での侵食が大きくなっている。



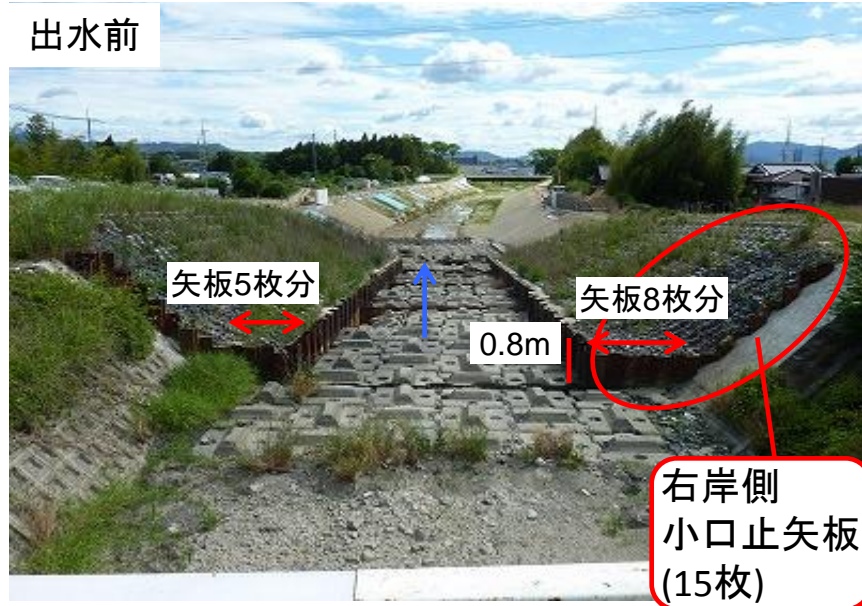
小口止矢板の下流側でも侵食が確認されている。

- ・左岸側の小口止矢板周辺でも堤防侵食が周辺より大きくなっている。
- ・小口止矢板の下流側まで侵食が進んでいる。
→ 右岸側でも同様に小口止矢板周辺の侵食が先行し矢板下流側に侵食が波及したと考えることができる。

3-8 矢板周辺に形成されたみずみちが大きくなり流速が増大し矢板変形

決壊した右岸側の小口止矢板は流失せず下流側にねじまがった状態

出水前



出水後



小口止矢板周辺の侵食から矢板変形に至る流れは以下のように推測される

- ①左岸側と同様に護岸被災により小口止矢板前が露出。
- ②矢板前面で侵食が進行する。
- ③侵食が矢板の下流側にまで波及する。
- ④矢板の下流側に侵食が進行し矢板の安定性が失われるとともに、矢板周辺のみずみちが次第に大きくなり流速が増大する。
- ⑤流体力により矢板が下流側にねじまがるように変形し、さらに堤防侵食が進行する。

出水前に15枚あった小口止矢板のうち12枚が流失せずに残っている。



3-9 想定される決壊シナリオ

以上をまとめると、以下のように堤防決壊が発生したと考えることができる

① 計画規模の洪水が発生し流速が増大

② 仮設落差工上流の河床低下が進行し護床ブロックが不安定化

③ 落差工上流側護床ブロックが流失

④ 上流側既設護岸基礎工が露出するまで落差工上流河床が低下
(特に流路が集中しやすい傾向にあった右岸側での低下が早い・大きい)

⑤ 既設護岸が被災し右岸堤体の侵食開始

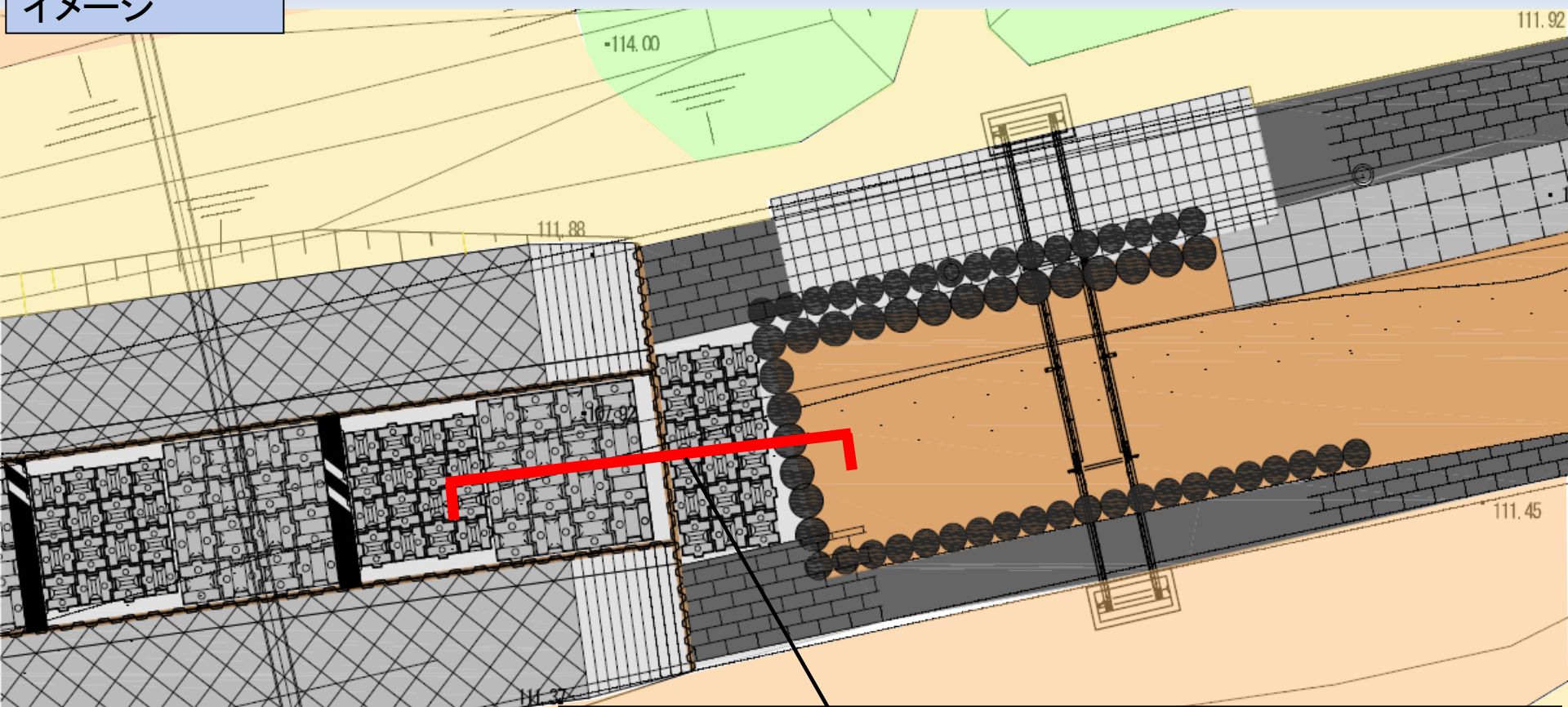
⑥ 小口止鋼矢板前面での侵食進行が
背後にも回り込み崩落

⑦ 矢板まわりに形成されたみずみちが次第に
大きくなり流速が増大し矢板変形

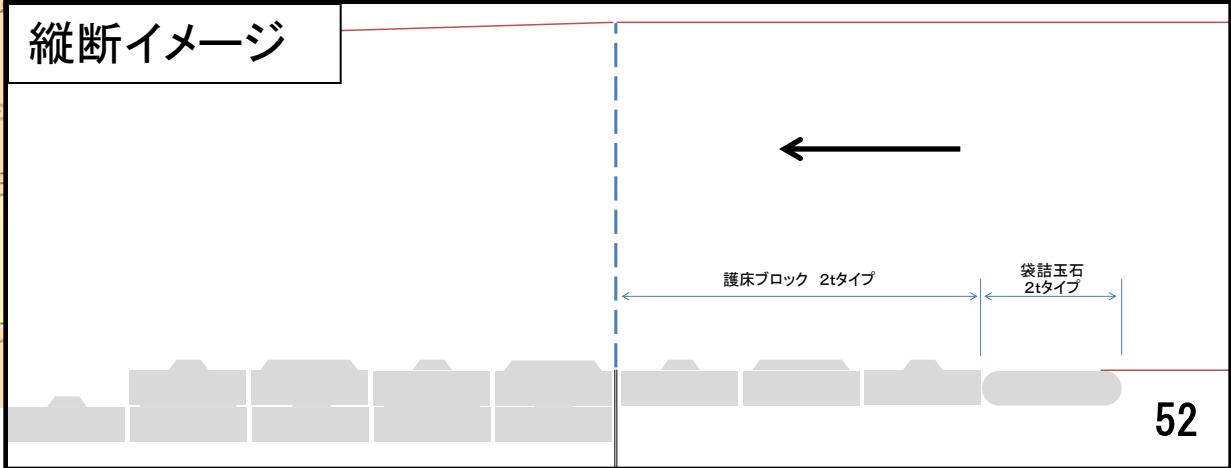
⑧ さらに流速増大により堤体侵食が進行し
堤防決壊にいたる

決壊シナリオのイメージ

出水前の状況

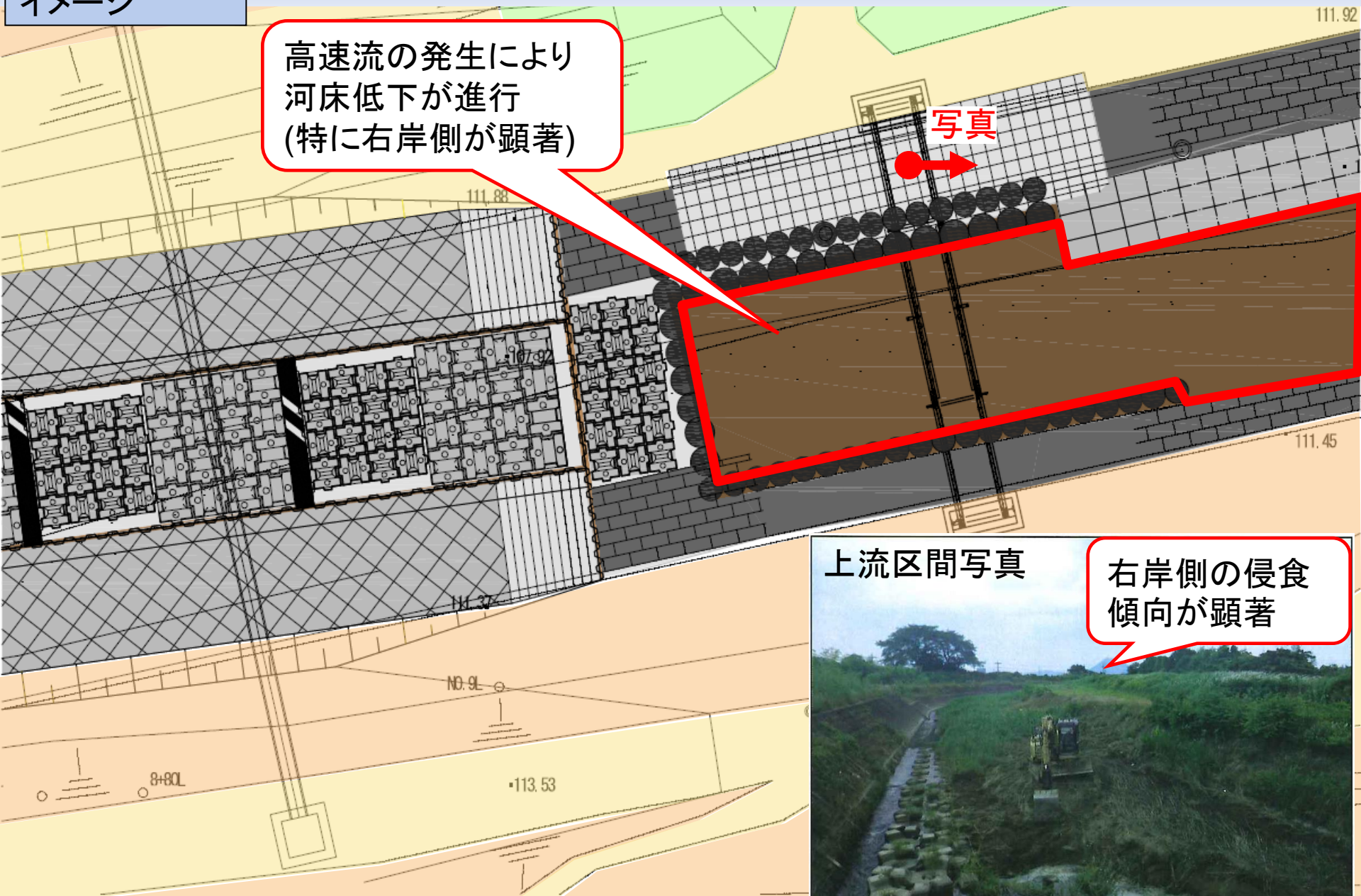


縦断イメージ



①計画規模の洪水が発生し流速が増大

高速流の発生により
河床低下が進行
(特に右岸側が顕著)



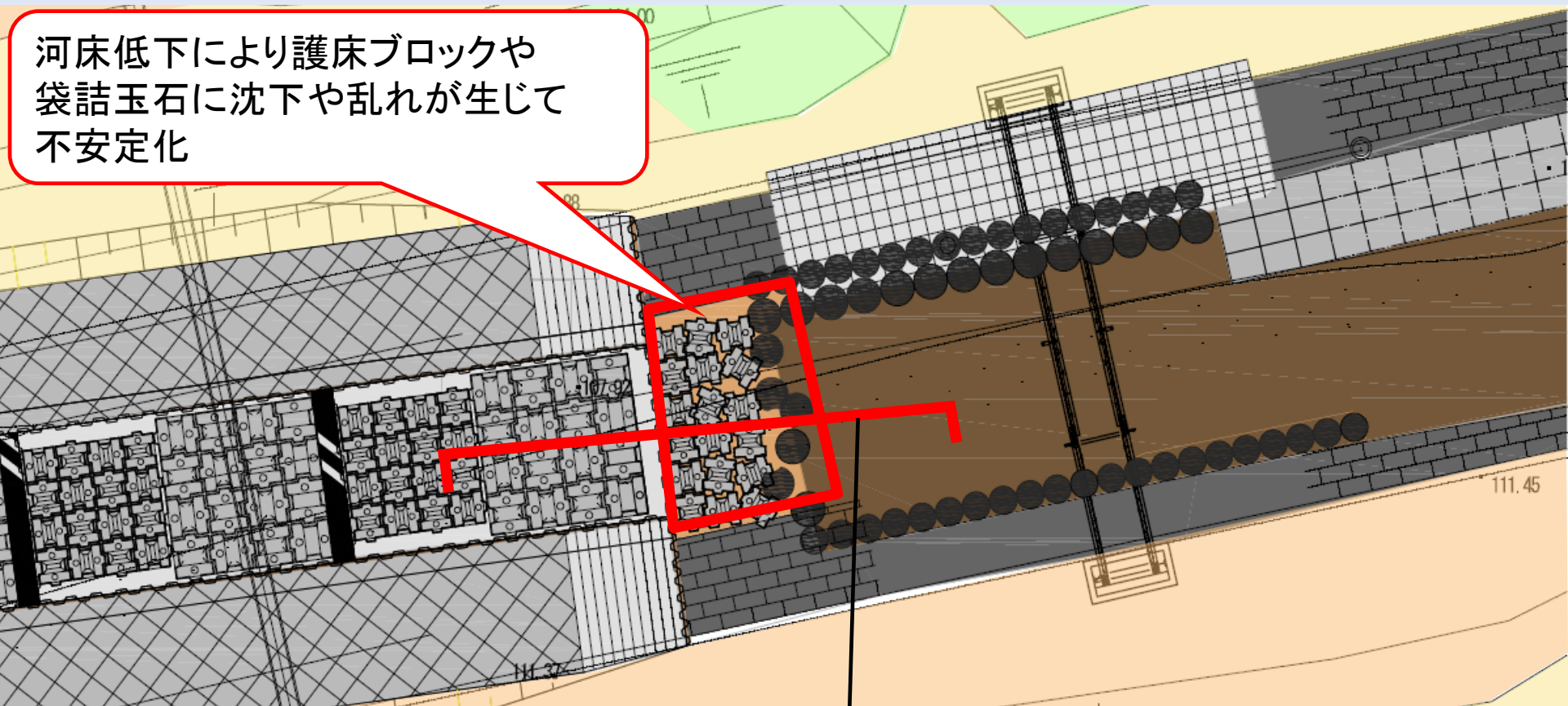
上流区間写真



右岸側の侵食
傾向が顕著

②仮設落差工上流の河床低下が進行し 護床ブロックが不安定化

河床低下により護床ブロックや
袋詰玉石に沈下や乱れが生じて
不安定化

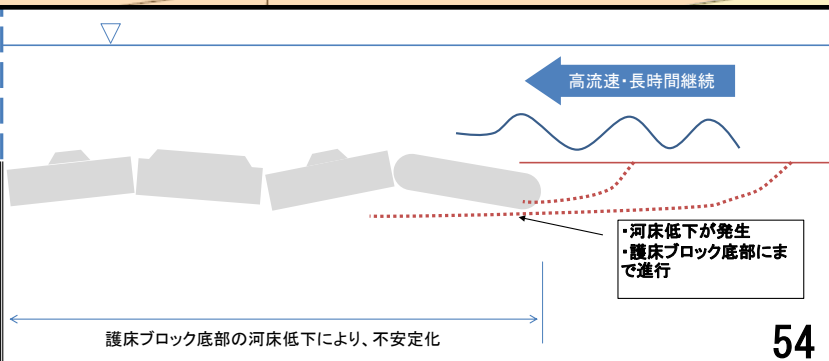


縦断イメージ



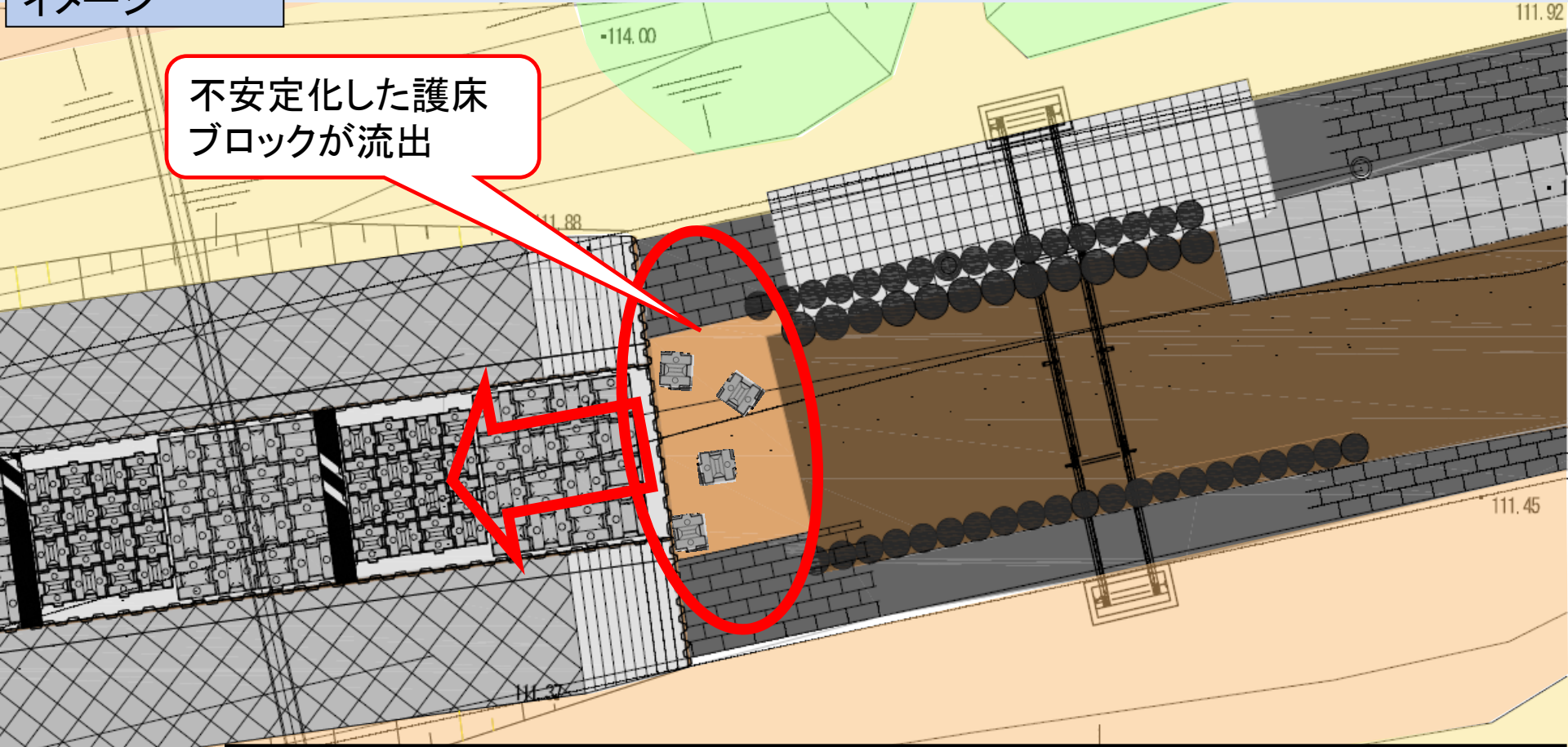
下流側

矢板

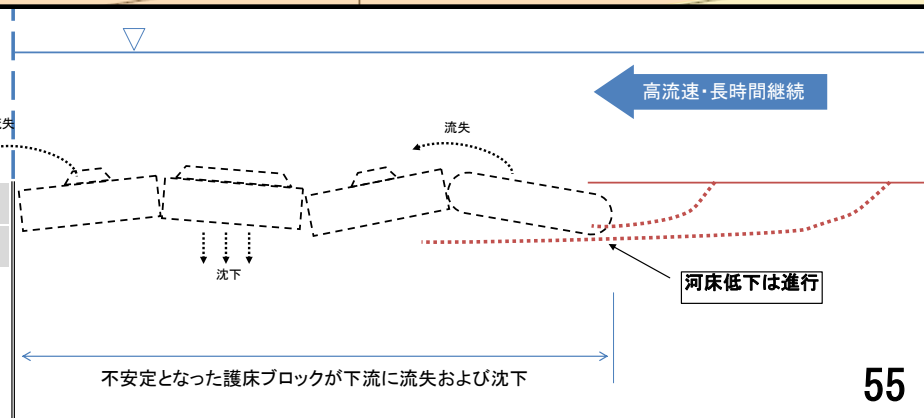
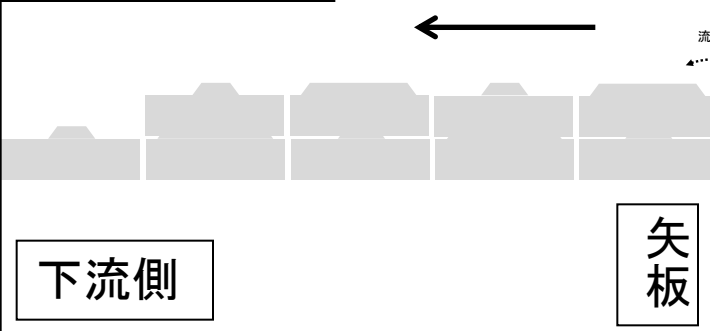


③ 落差工上流側護床ブロックが流失

不安定化した護床ブロックが流出



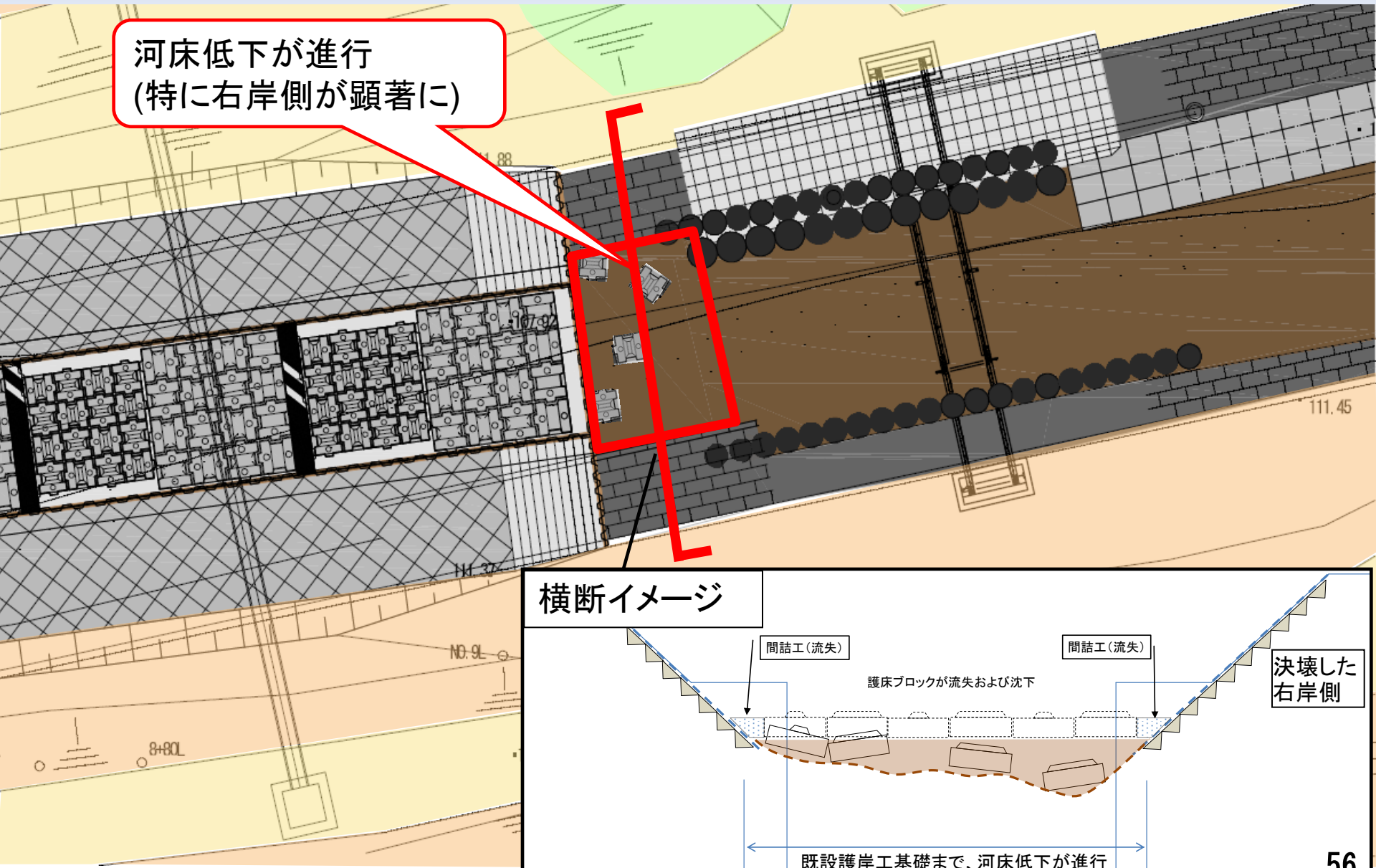
縦断イメージ



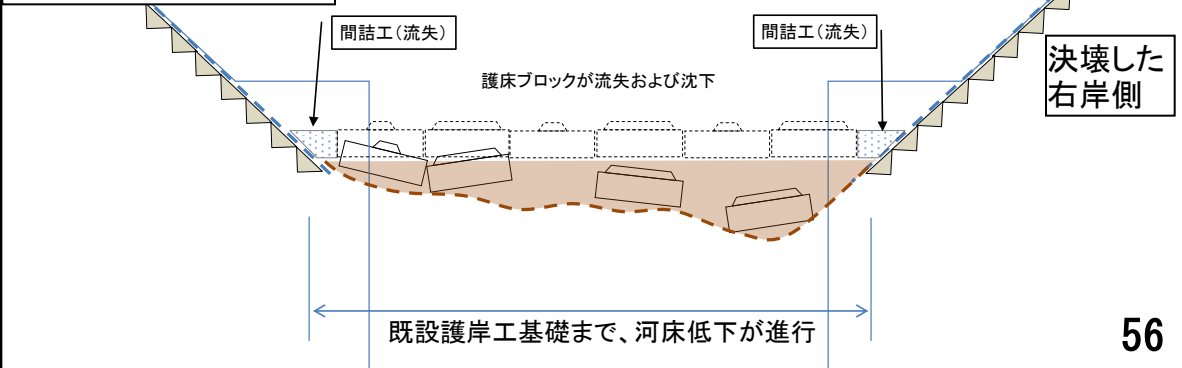
決壊シナリオの
イメージ

④上流側既設護岸基礎工が露出するまで 落差工上流河床が低下

河床低下が進行
(特に右岸側が顕著に)

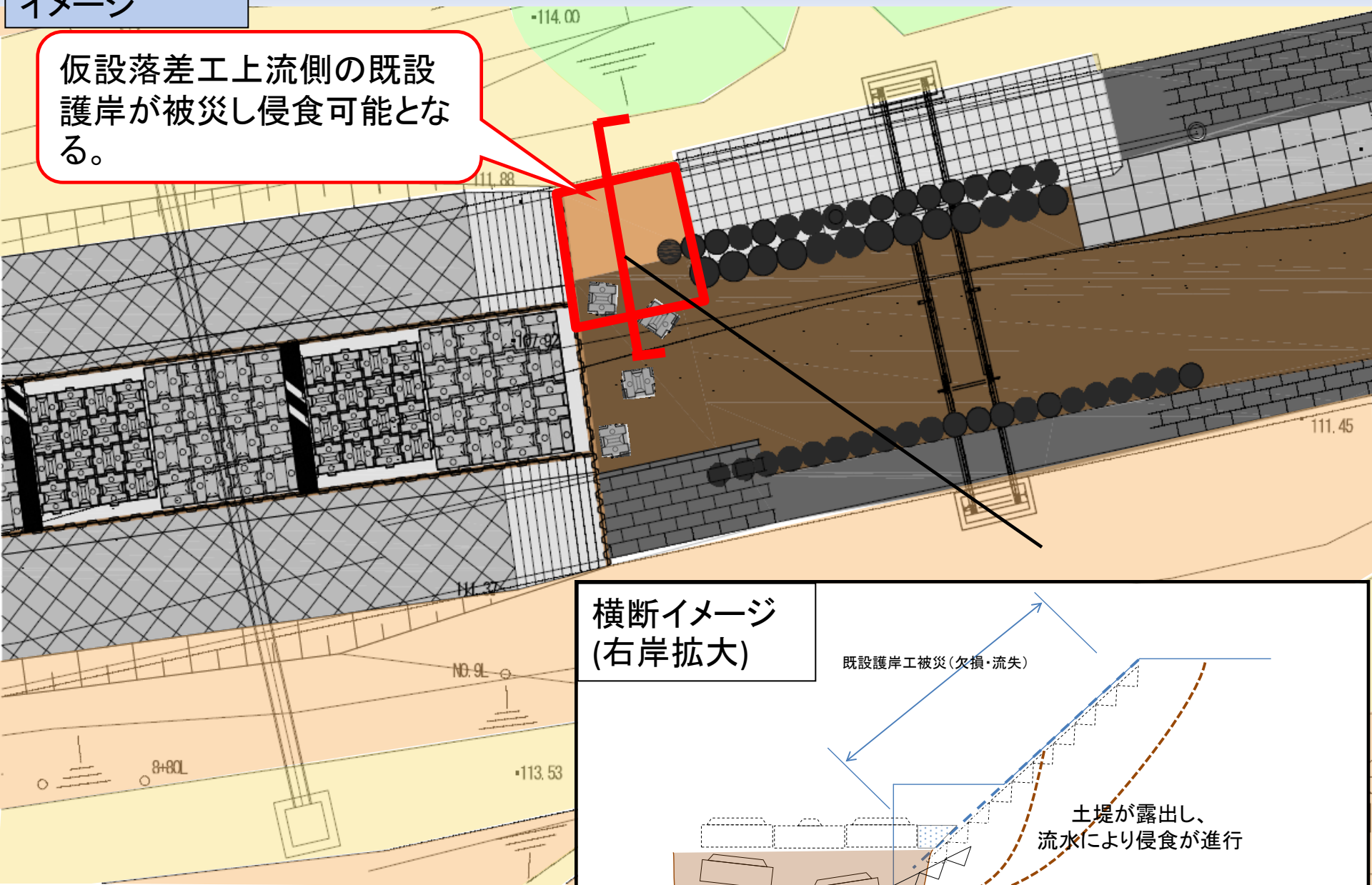


横断イメージ



⑤既設護岸が被災し右岸堤体の侵食開始

仮設落差工上流側の既設護岸が被災し侵食可能となる。



横断イメージ
(右岸拡大)

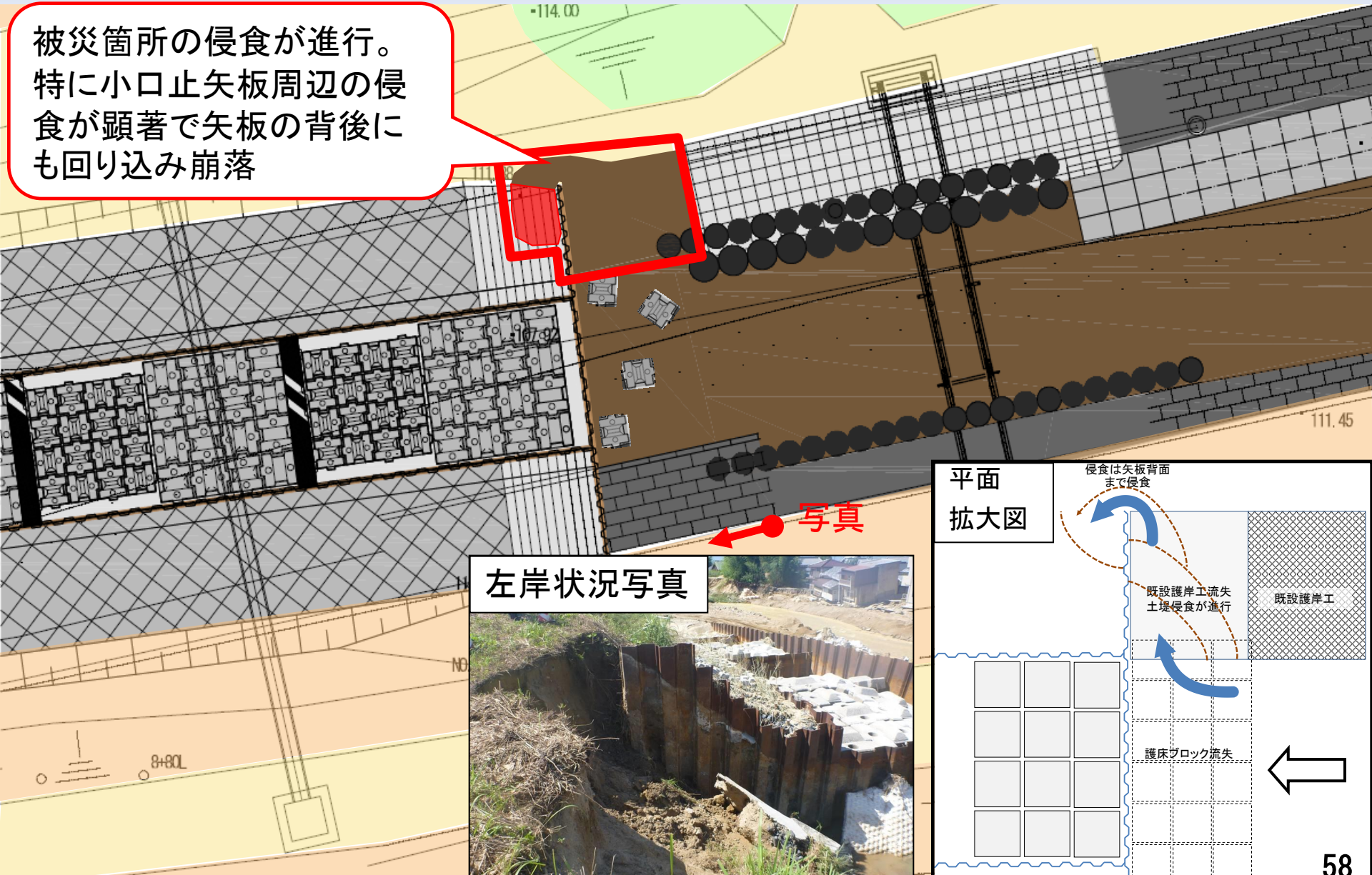
既設護岸工被災(欠損・流失)

土堤が露出し、
流水により侵食が進行

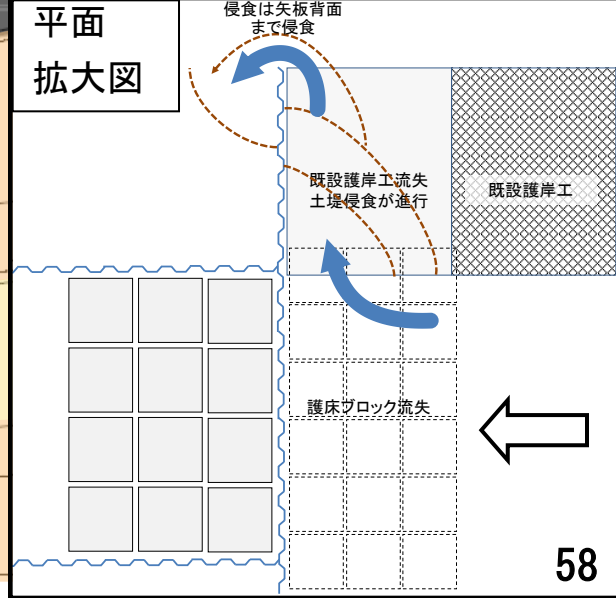
決壊シナリオの
イメージ

⑥小口止鋼矢板前面での侵食進行が 背後にも回り込み崩落

被災箇所の侵食が進行。
特に小口止矢板周辺の侵食が顕著で矢板の背後にも回り込み崩落

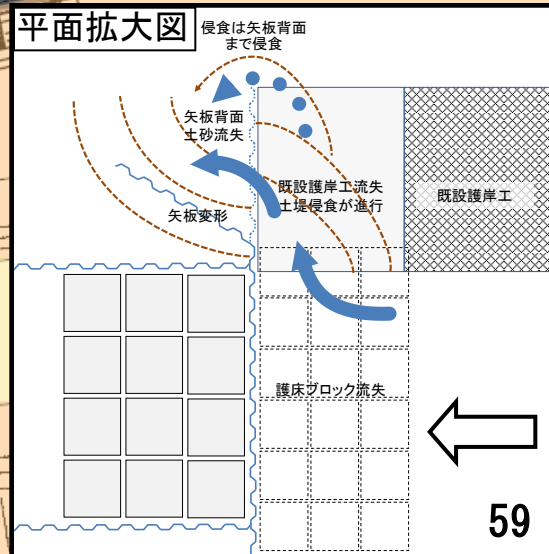
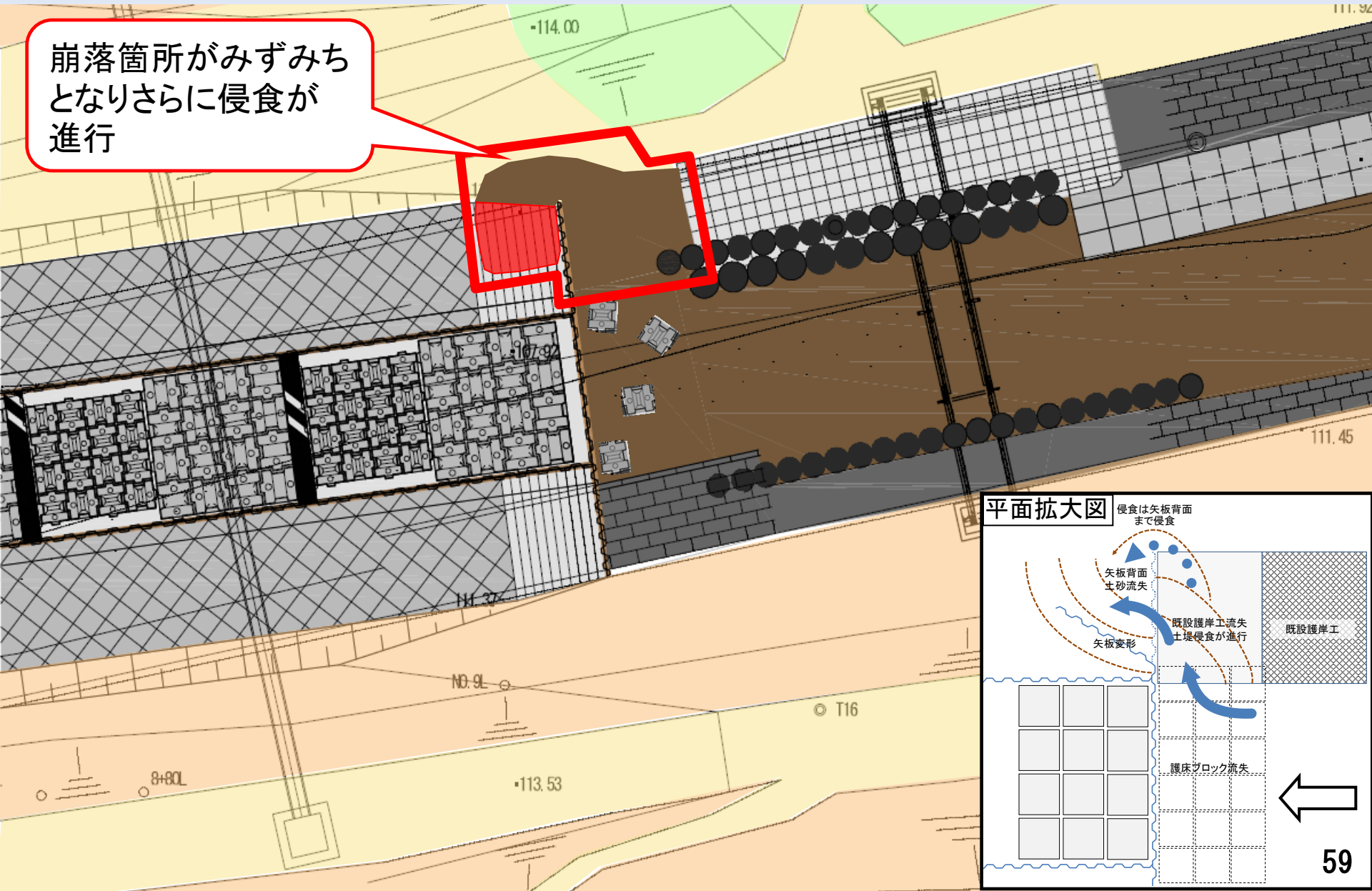


左岸状況写真



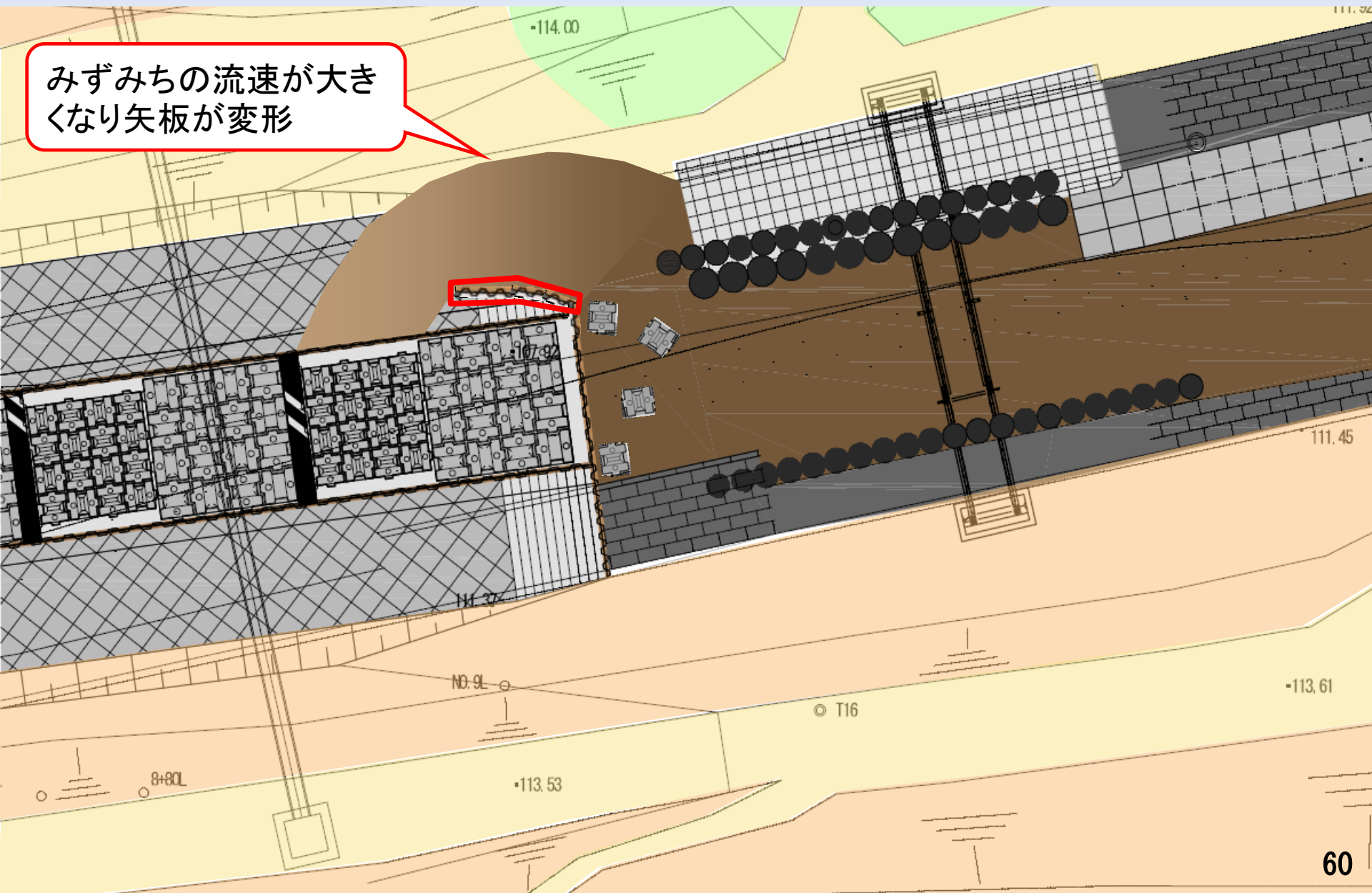
⑦矢板まわりに形成されたみずみちが次第に 大きくなり流速が増大し矢板変形

崩落箇所がみずみち
となりさらに侵食が
進行



⑦矢板まわりに形成されたみずみちが次第に 大きくなり流速が増大し矢板変形

みずみちの流速が大きくなり矢板が変形



⑧さらなる流速増大により堤体侵食が 進行し堤防決壊にいたる



流速増大により
侵食・崩落・堤防決壊

写真

決壊地点写真

4 金勝川決壊要因のまとめ

- 4-1 被災のシナリオと被災要因の関係
- 4-2 被災の引き金となった要因についてのまとめ
- 4-3 被害の甚大化につながった要因についてのまとめ

4-1 被災のシナリオと被災要因の関係

主要因は落差工上流側護床ブロックの不安定化と考えることができる。

① 計画規模の洪水が発生し流速が増大

外力条件

② 仮設落差工上流の河床低下が進行し護床ブロックが不安定化

被災の引き金となった要因

③ 落差工上流側護床ブロックが流失

④ 上流側既設護岸基礎工が露出するまで落差工上流河床が低下
(特に流路が集中しやすい傾向にあった右岸側での低下が早い・大きい)

⑤ 既設護岸が被災し右岸堤体の侵食開始

被害の甚大化につながった要因

⑥ 小口止鋼矢板前面での侵食進行が
背後にも回り込み崩落

⑦ 矢板まわりに形成されたみずみちが次第に
大きくなり流速が増大し矢板変形

⑧ さらに流速増大により堤体侵食が進行し
堤防決壊にいたる

4-2 被災の引き金となった要因についてのまとめ

主要因は落差工上流側護床ブロックの不安定化と考えることができる。

外力条件

台風18号降雨の特徴は「雨雲が停滞し、30mm/hr程度の雨が長時間継続した降雨」

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。

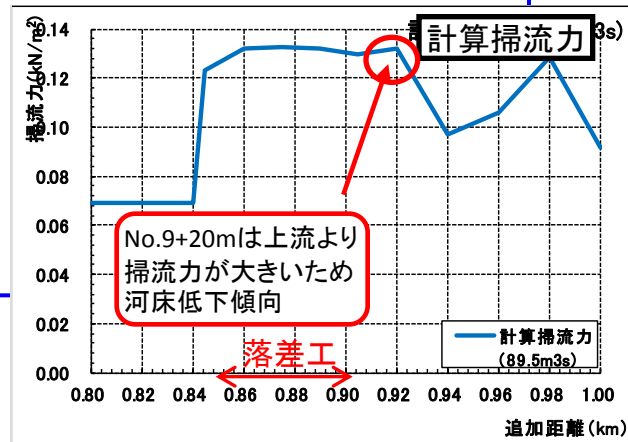
決壊箇所近傍では計画規模出水が長時間継続

落差工

落差工上流側の護床ブロックは基準に基づき縦断方向に約5mの設置配置であり、その上流側は砂河床であった。

落差工は急勾配であり、低下背水の影響により落差工上流側約20mまでは流速が増大。

供給土砂よりも流下土砂量が多くなり河床低下が発生しやすい

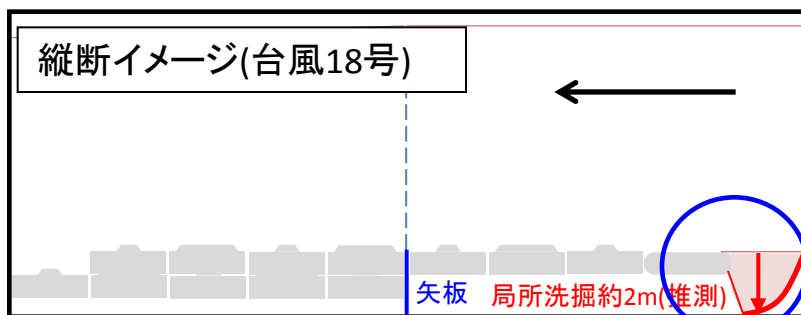


護床ブロック設置箇所上流側で著しい河床低下が発生しブロックが不安定化。
→ 護床ブロックの流失。

落差工直上流での河床低下の進行
→ 護岸・堤体・小口止矢板等の被災の進行

右岸堤体の決壊

縦断イメージ(台風18号)



上流側河床高が約2m低下(ブロック厚の約4倍)
→ 不安定性増大(単体相当)

4-3 被害の甚大化につながった要因についてのまとめ

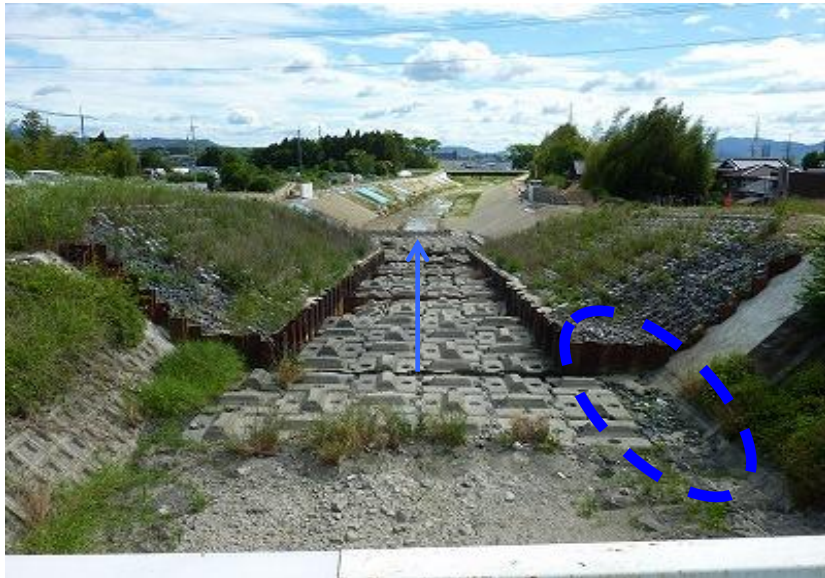
被害の甚大化に寄与した要因あるいは寄与する危険性があった要因として以下が考えられる。

①間詰周辺からの被害拡大の可能性

- ・張りコンクリートが脆弱であることにより護岸被災に影響した可能性が考えられる。
- ・間詰材の安定性不足による河床低下が護岸被災に影響した可能性が考えられる。

②小口止矢板による被害拡大の可能性

- ・小口止周辺で堤体侵食が拡大しており、これが決壊に影響した可能性が考えられる。



小口止矢板周辺での侵食が大きくなっている。

5 復旧方法について

5 復旧方法について

再度災害防止のため仮設落差工の復旧は以下の考え方で検討を行い概ね施工完了。

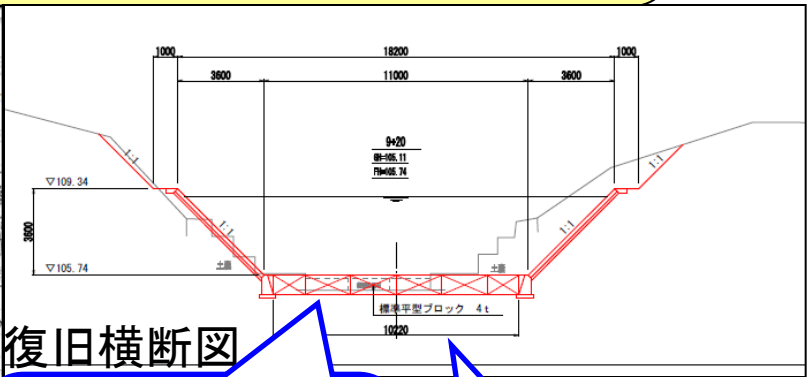
- ・ 落差工区間を延伸し緩勾配とする
- ・ 落差工や小口止に矢板を使用しない
- ・ 間詰材や河床材料の流出・吸出しを防ぐ

復旧平面図



落差工による流速増大を抑えるため、落差工区間を延伸し緩勾配とした

被災前の
落差工範囲

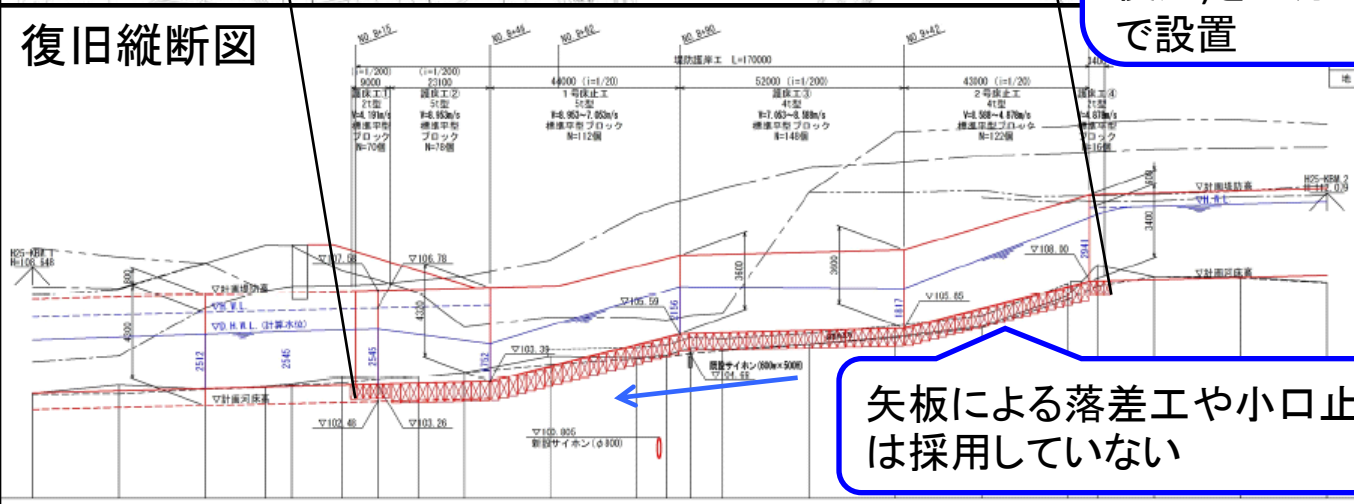


復旧横断図

護岸の根入れ1mに加えて護床ブロック(4t,5tタイプを連結使用)を十分な長さで設置

間詰材や河床材料の流出・吸出しを防ぐため間詰材にコンクリートを使用

復旧縦断図



矢板による落差工や小口止は採用していない

5 復旧方法について

復旧施工中の出水により施工中の護岸被災が発生している。

5月21日 被災状況

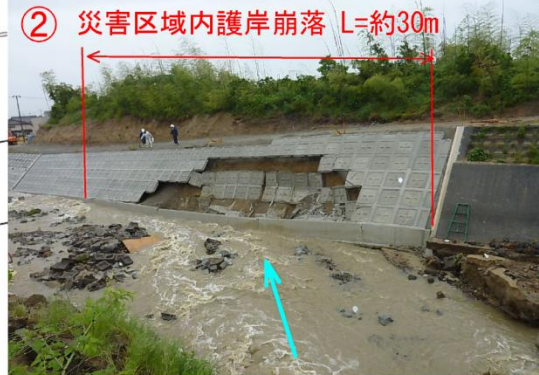


原因

災害復旧区域の上流取付け部において、一時的に既存の根固めブロックを右岸側に移動させていたため、今回の出水で主流が左岸側に偏り、河床洗掘を受け左岸の既設護岸が崩落した。
 また、左岸側に当たった主流は、右岸側に方向転換し、災害復旧区域内で施工である右岸護岸の基礎を洗掘し護岸崩落を起こしたものと考えられる。

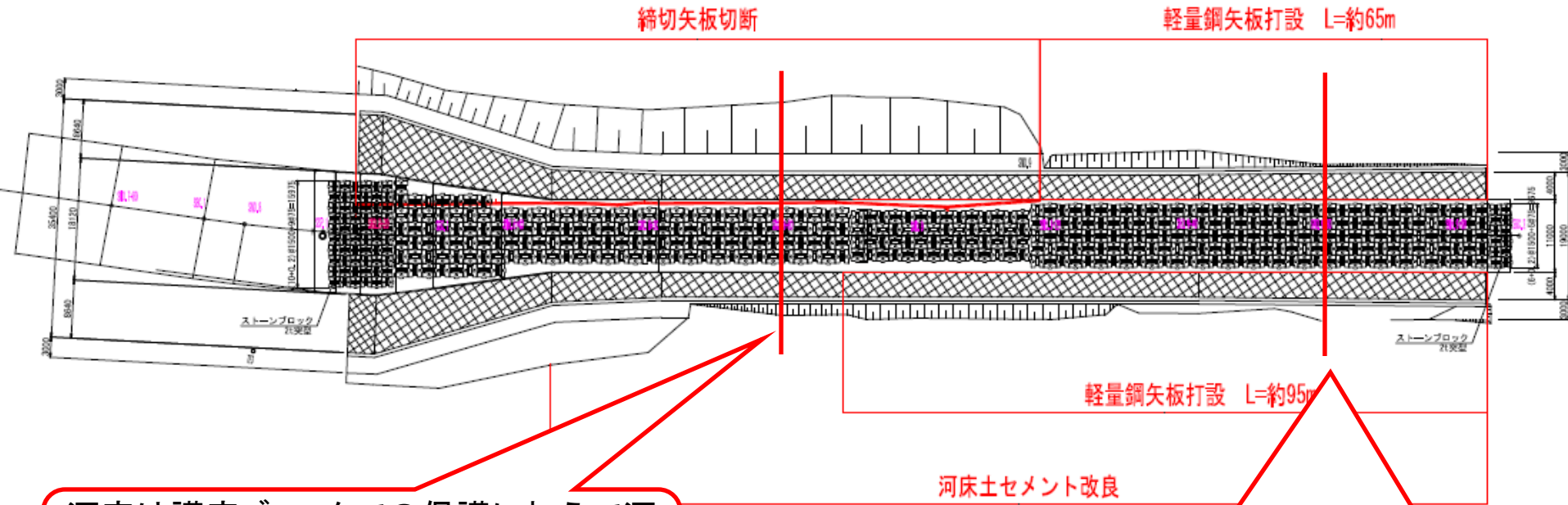
対策

災害復旧区域内での護岸施工中においては、主流の蛇行による洗掘を防止するため、袋詰め玉石により流路の安定および護岸基礎部の保護を行いながら進める。
 最終的には河床全面に吸出し防止材を敷いたうえで護床ブロックによる河床保護を行うため、河床の安定および護岸の安全性は確保される。

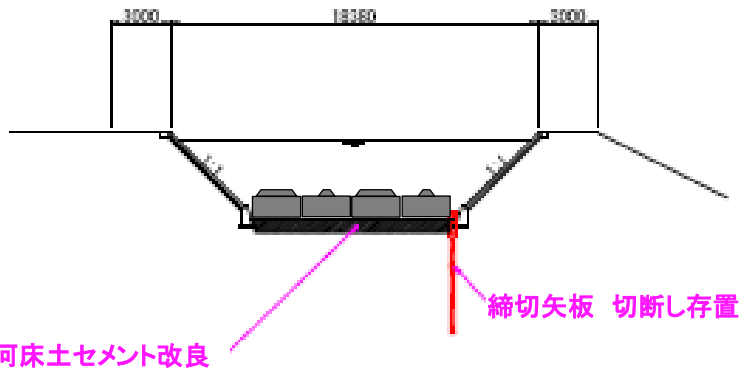


5 復旧方法について

再発防止のため、袋詰め玉石等による流路の固定、護岸基礎保護を行いながら進める。



河床は護床ブロックでの保護に加えて河床土はセメント改良も実施
締め切り矢板は切断し存置



軽量鋼矢板・袋詰め玉石により流路固定・護岸基礎保護を行いながら進める。
最終的には護床ブロック+河床土セメント改良

