

令和元年台風19号で被災した河川護岸の 災害復旧事例

第10回技術発表会

主催：一般社団法人 神奈川県建設コンサルタント協会

 株式会社コーセツコンサルタント

Kosetsu consultant Co.,LTD

目次構成

- 1.発表概要
- 2.台風19号の概要
- 3.被災状況
- 4.被災要因について
- 5.設計条件の整理
- 6.復旧工法の選定
- 7.詳細設計

Kosetsu consultant Co.,LTD

1. 発表概要

概要

令和元年台風19号で被災した二級河川中津川の護岸について、現地踏査を踏まえ災害要因等の基本事項をとりまとめ、復旧工法の選定を行い、それを踏まえた詳細設計を行った事例についての発表

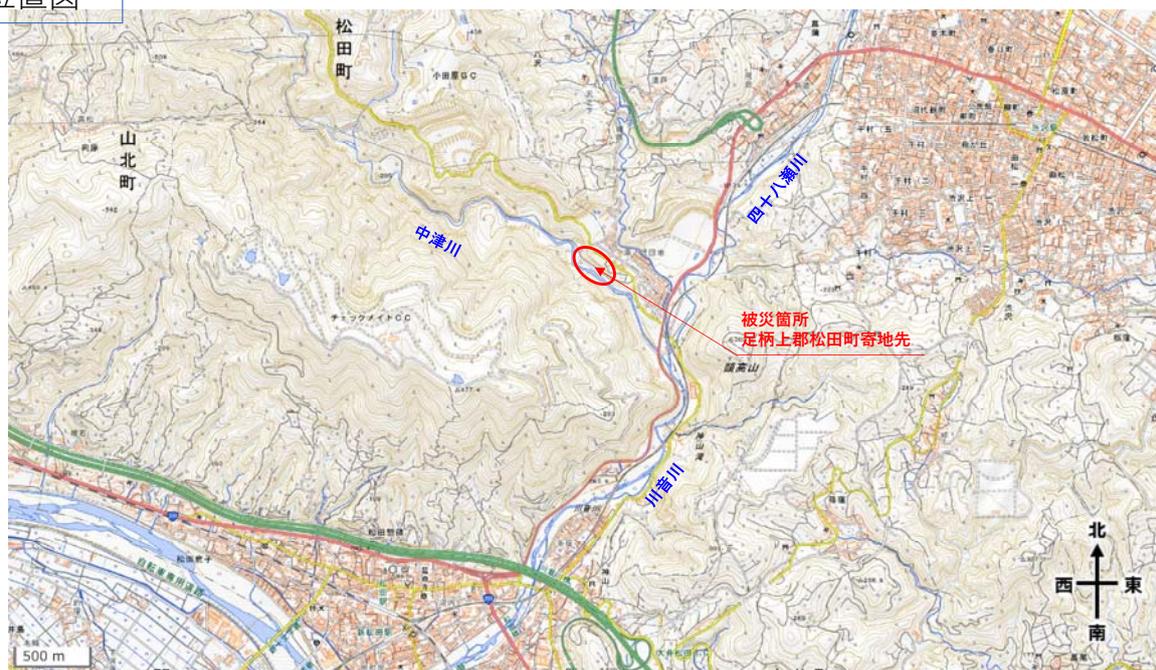
河川：二級河川中津川【湯の沢橋上流700m左岸】設計延長50m

箇所：足柄上郡松田町寄地先

内容：災害復旧設計（被災要因の特定、復旧工法の検討等）

1. 発表概要

被災箇所位置図

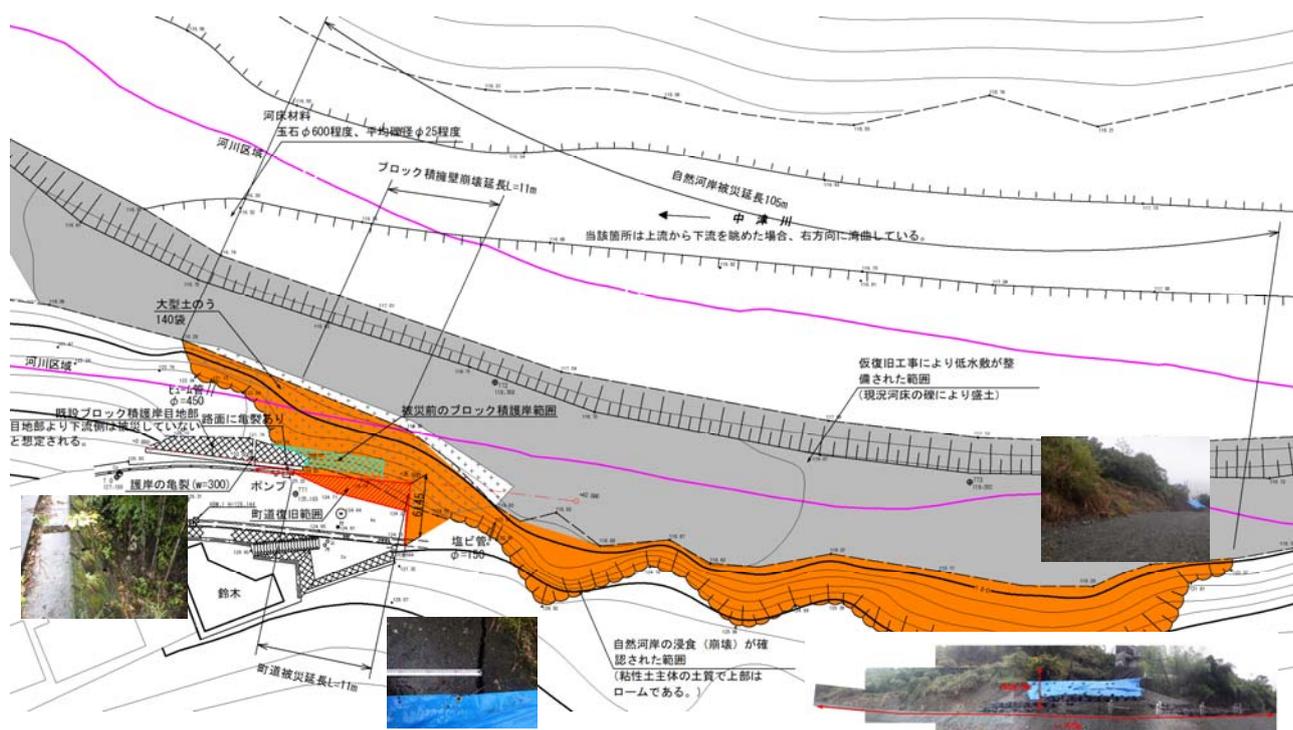


3.被災状況

現地踏査の結果、中津川左岸の自然河岸と道路擁壁等で、以下の被災が確認された。

崩壊範囲	延長 L	高さ h	深さ D
自然河岸	105m	最大 9m程度	1.8m程度
道路擁壁 (ブロック積)	11m	7~8m程度	1.0m程度
町道	11m	—	—

3.被災状況



3. 被災状況

3.1 自然河岸の被災状況

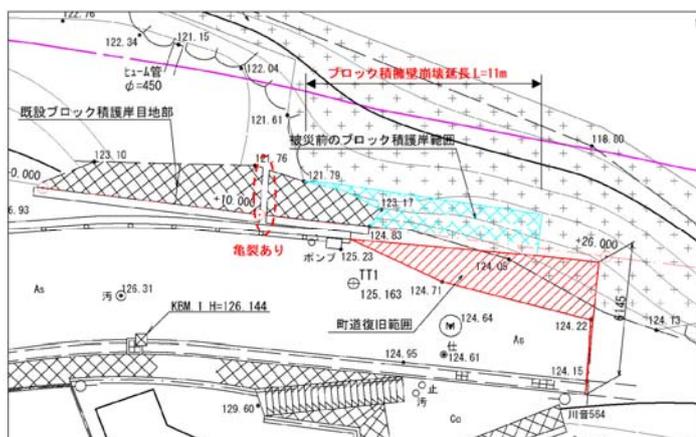
現地調査及び被災後の測量成果等から、自然河岸（道路擁壁区間含む）は延長約105m × 高さ約9m程度 × 深さ約1.8mで崩壊していることが把握できた。



3. 被災状況

3.2 道路擁壁の被災状況

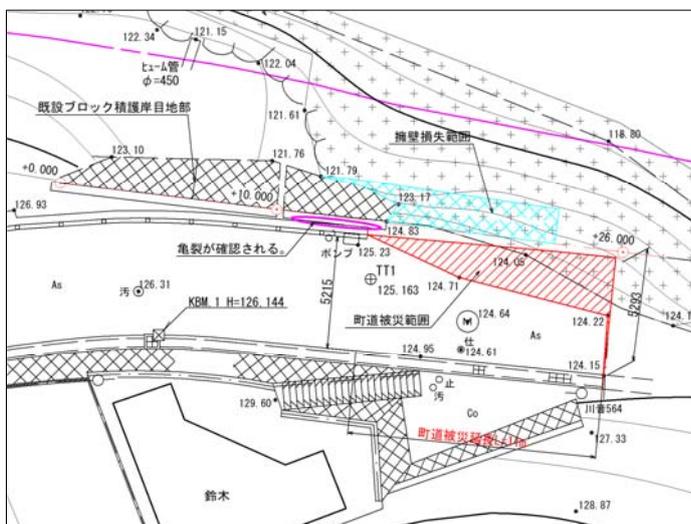
湯ノ沢付近の境界確定図及び測量成果等から、道路擁壁等が延長11.0mで崩壊したことが判明した。また、崩壊していない箇所においても幅30cm程度のクラックが見られた。



3. 被災状況

3.2 町道の被災状況

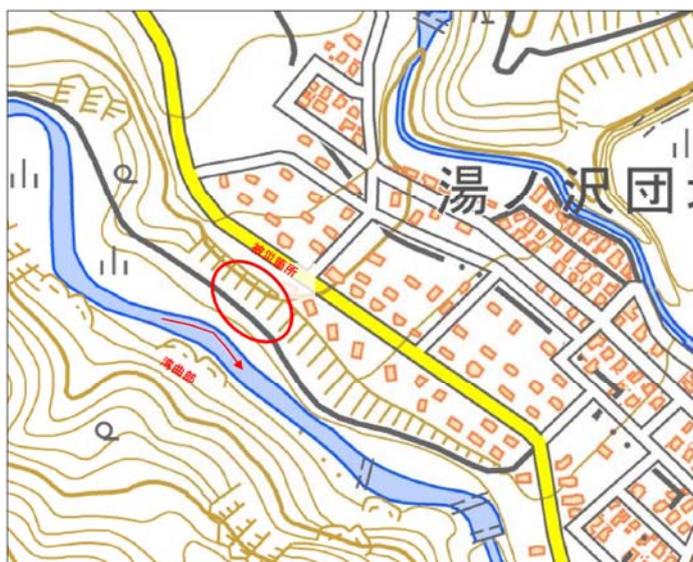
湯ノ沢付近の境界確定図及び測量成果等から、町道が延長約11.0mで崩壊したことが判明した。また、町道内に設置されている湯ノ沢マンホールポンプ付近に路面の亀裂が確認された。



4. 被災要因について

4.1 河道状況

当該箇所は中津川が上流から下流に向かい右に湾曲する水衝部（湾曲部外岸側）の箇所にあたる。その結果、洪水流が左岸に当り、河岸脚部や道路擁壁基礎部が浸食され、河岸が崩壊したと考えられる。



4. 被災要因について

4.1 河道状況

湾曲部より下流側や右岸側においては大規模な河岸浸食は見られなかった。



Kosetsu consultant Co.,LTD

4. 被災要因について

4.2 構造物の被災要因

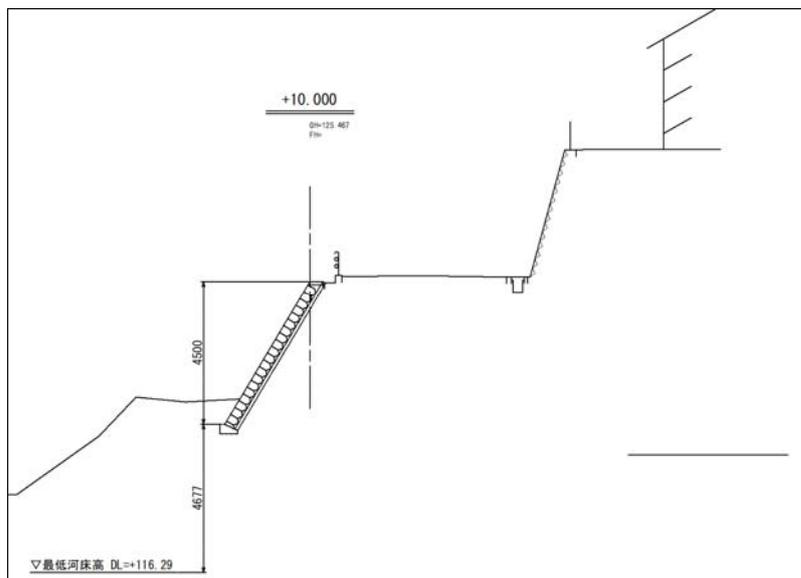
現地踏査の結果から、道路擁壁の基礎は河床から4.7m上方に施工されていた。また、自然河岸において河床から4m上方の地点まで侵食を受け、粘性土層が露呈していた。以上のことから、道路擁壁基礎部の河岸が浸食を受け、脚部が不安定にあり、道路擁壁及び町道が被災したと想定される。



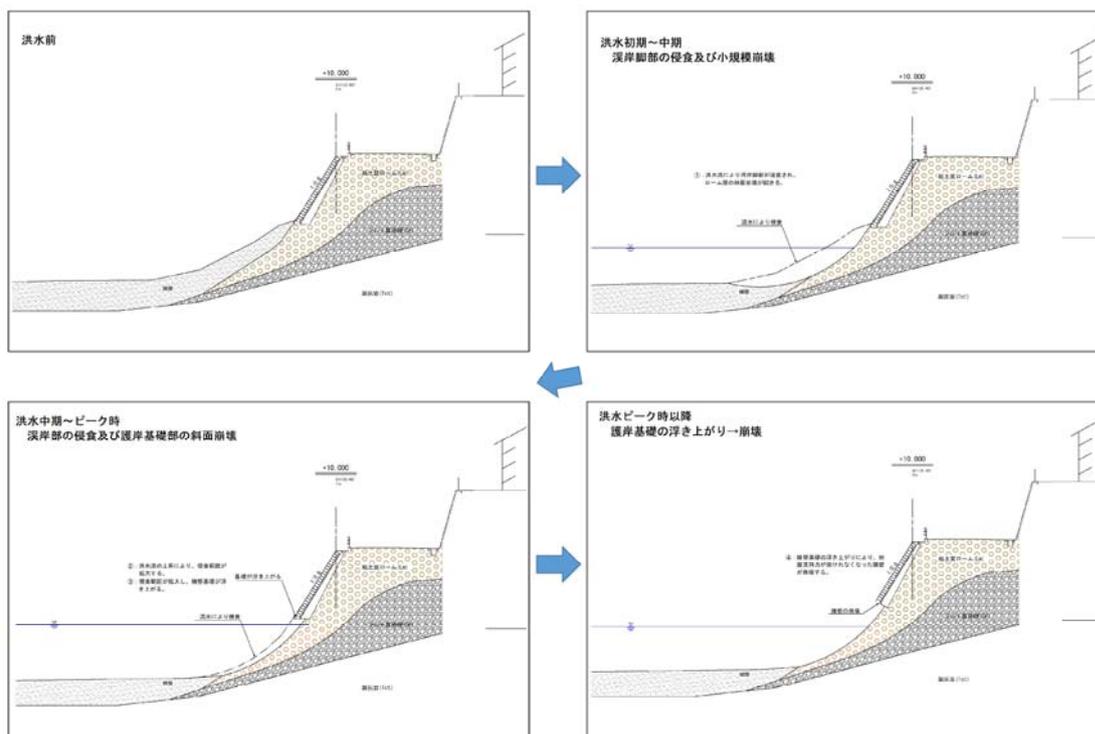
Kosetsu consultant Co.,LTD

4. 被災要因について

4.1 構造物の被災要因



4. 被災要因について



5. 設計条件の整理

5.1 計画流量及び計画高水位

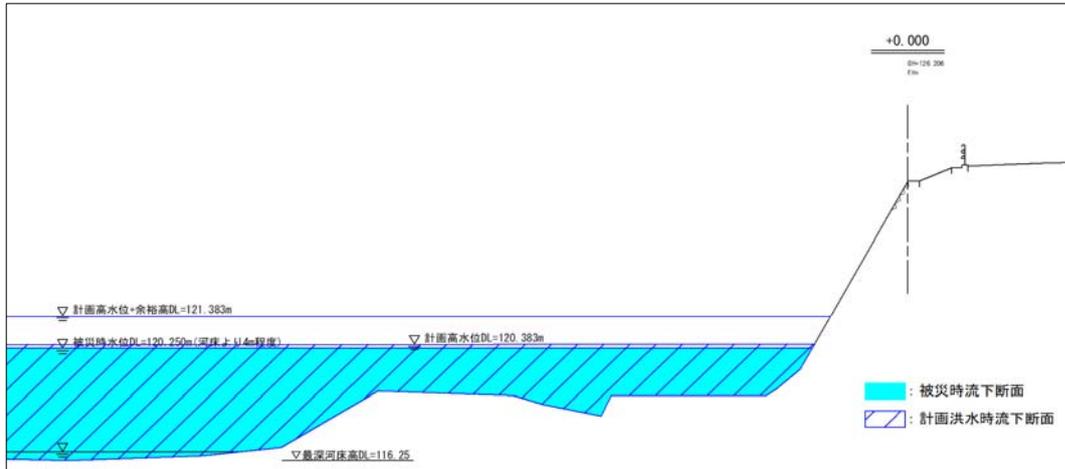
中津川流域に関する河川整備計画等の資料が無かったため、「二級河川川音川水系・浸水想定区域図作成調査委託報告書」より計画流量及び計画高水位を設定した。

計画流量

$Q=520\text{m}^3/\text{s}$ (1/30年)・・・浸水想定区域を設定した流量

計画高水位

manning式より算定(縦断勾配は測量成果より設定した。)



Kosetsu consultant Co.,LTD

5. 設計条件の整理

5.2 設計流速

設計流速は「美しい山河を守る災害復旧基本方針 平成30年 7月 公益社団法人 全国防災協会」巻末資料 設計流速の算定に関する参考資料より求めた。

- マニング平均流速 V_m

$$V_m=4.117\text{m/s}$$

- 補正係数

$$1=1.3(\text{推定最大洗堀深}0.637\text{m})$$

$$2=1.0$$

$$= 1 \cdot 2=1.3 \times 1.0=1.3$$

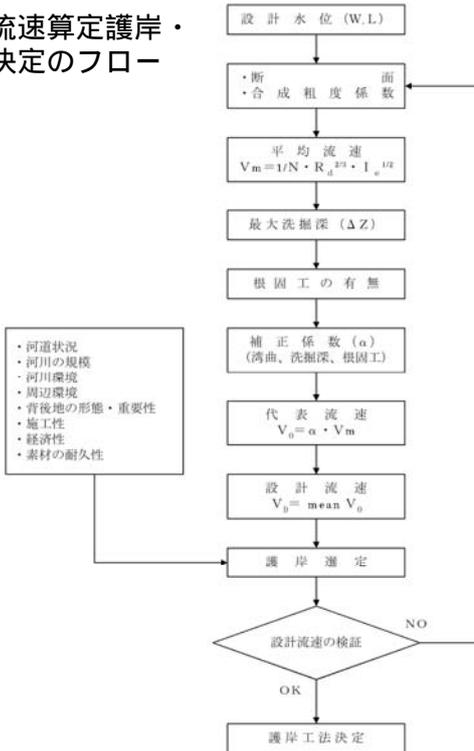
- 設計流速

$$V_d = V_m=1.3 \times 4.117=5.35\text{m/s}$$

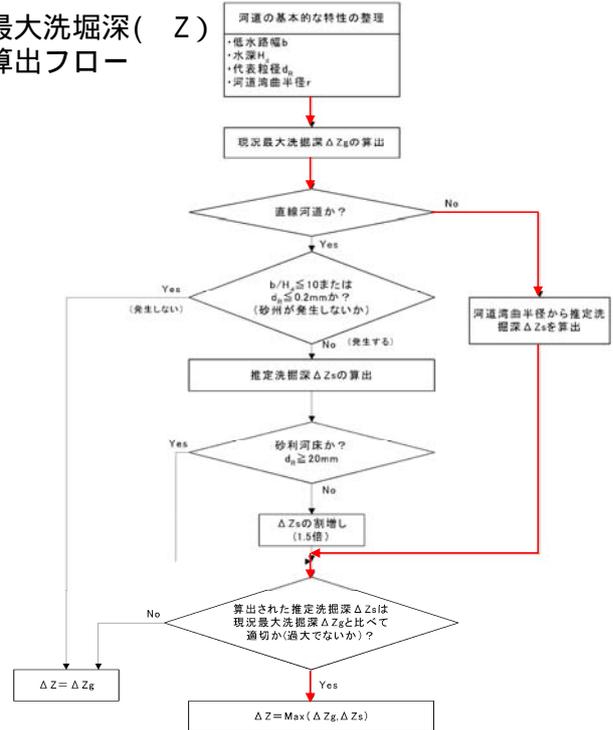
Kosetsu consultant Co.,LTD

5. 設計条件の整理

設計流速算定護岸・工法決定のフロー



最大洗堀深 (Z) 算出フロー



5. 設計条件の整理

5.3 セグメントの分類

当設計箇所河床材料の代表粒径は5cm程度であり、河岸構成材は礫混り粘性土、河床勾配は1/134程度で、本災害において河岸が激しい侵食を受けているため、下表よりセグメントと分類した。

項目と区分	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	山間地	扇状地 谷底平野 自然堤防帯	デルタ		
河床材料の代表粒径 d	様々	2cm 以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm 以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出てることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物		シルト・粘土
勾配の目安	様々	1/60~1/400	1/400~1/5000		1/5000~水平
蛇行程度	様々	曲りが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行または島の発生		蛇行が大きいものもあるが小さいものもある
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河床材料が大きいほうが水路はよく動く		弱、ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	様々	0.5~3m	2~8m		3~8m

出典：沖積河川学

6. 復旧工法の比較検討

6.1 復旧範囲

自然河岸の被災範囲に民地が含まれているが、用地買収が困難ため官地内を対象に復旧対策を行う。なお、撤去が可能なカゴマットや根固めブロック等は民地への設置も可能とする。

6.2 復旧工法選定の基本方針

- ・被災した自然河岸及び、道路擁壁は法覆工で復旧する。
- ・被災要因として基礎の洗堀が挙げられるため、根固めブロックを配置する。
- ・町道及び既設道路擁壁付近は被災し地盤が緩んでいるおそれがあるため、掘削は行わない。

6.3 工法比較検討条件

項目	値	備考
セグメント	セグメント1	扇状地+谷底平野
設計流速	5.35m/s	等流計算結果
法勾配	1 : 0.5	既設道路擁壁法勾配

6. 復旧工法の比較検討

6.4 一次選定

当該箇所はセグメント1（扇状地+谷底平野）に該当し、設計流速は $V_D=5.35\text{m/s}$ であるため、「美しい山河を守る災害復旧基本方針 平成30年7月 公益社団法人 全国防災協会」P64の が適用できる。「積み護岸（自然石及びコンクリートブロック、ポーラスコンクリートブロック等）、鉄線籠型多段積工」

また、擁壁の勾配が1 : 0.5であることから、「改訂護岸の力学設計法（財）国土技術研究センター」P26より積み護岸・擁壁護岸・矢板護岸が適用できる。

護岸の勾配が1 : 1.5より急な場合に適用する工法例

セグメント	復旧工法例			設計流速 (m/s)											
	山腹斜面	河川平野	自然堤防	素材	構造	工法	2	3	4	5	6	7	8		
石系			自然石(軸)	1	円石積(軸)	4~8									
				2	野面積石積(軸)	4~8									
				3	間知石積(軸)	4~8									
			自然石(空)	4	円石積(空)	5									
				5	野面積石積(空)	5									
				6	間知石積(空)	5									
鉄線籠型多段積工			7	連結自然石(空積)	8										
			8	アンカー式空石積	8										
コンクリートブロック(軸積)			9	コンクリートブロック軸積	4~8										
			10	ポーラスコンクリートブロック軸積	4~8										
コンクリートブロック(空積)			11	コンクリートブロック空積	5										
			12	ポーラスコンクリートブロック空積	5										
木系			鉄線籠型多段積工	13	鉄線籠型多段積工	6.5									
				14	ハセル枠工(ダクタイルハセル)	4.5									
			丸太格子	15	丸太格子(井法枠工)	4									
				16	木製ブロック	4									
			板積	17	杭積	4									
				18	板積	4									

6. 復旧工法の比較検討

6.4 一次選定

上記より、「積み護岸」、「擁壁護岸」、「矢板護岸」、「環境配慮型保全ブロック」、「鉄線籠型多段積工」が抽出できるが、

- ・鉄線籠型多段積工

当該箇所の護岸上方は市道であり、鉄線籠型多段積工は一般に車両の振動等により中詰材が偏り部材変形が生じるおそれがあるため、使用しない。

- ・矢板護岸

当該地の河床はN値50以上の砂礫層や凝灰岩であるため、矢板は打込めない。

- ・環境型保全ブロック

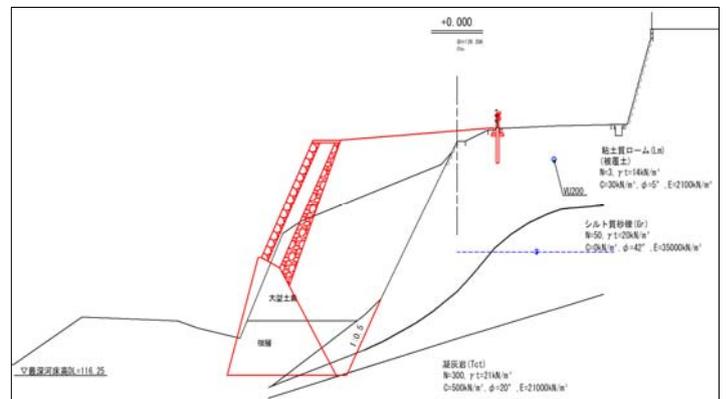
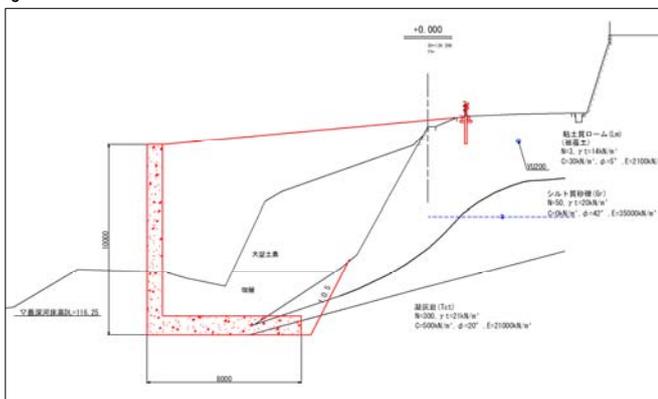
擁壁復旧箇所は低水路から離れており水中生物等に配慮する必要はない。また、対岸に道路等はなく景観に配慮する必要はない。よって、環境型保全ブロックを使用するメリットはない。

ことから一次選定として「積み護岸」、「擁壁護岸」を選定した。

6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

一次選定として「積み護岸」、「擁壁護岸」を選定した。当該箇所は河川整備計画等が無く、計画河床高が不明なため、護岸の根入れは最深河床より1.0mまたは洗堀のおそれのない凝灰岩までとする。その結果、擁壁高は10m以上となる。また、河岸は災害により緩んでいるおそれがあるため掘削は行わない。よって、L型擁壁や混合擁壁では擁壁の規模が大きくなり、更に河川側へせり出して施工するため、河積を大きく阻害する。以上より、切土が少なく河積を阻害しない「大型ブロック積擁壁」及び「もたれ式擁壁」を採用する。



6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

6.5.1 二次選定案

二次選定案として「二段擁壁」、「大型ブロック積擁壁」、「もたれ式擁壁」とした。

・二段擁壁

盛土箇所におけるブロック積擁壁の擁壁高は「道路土工擁壁工指針（平成24年7月） 社団法人日本道路協会」P168より、5.0m以下となる。

よって、上段擁壁はブロック積擁壁（高さ5m以下）とし、下段擁壁は高さが5m以上となるため大型ブロック積擁壁とした。

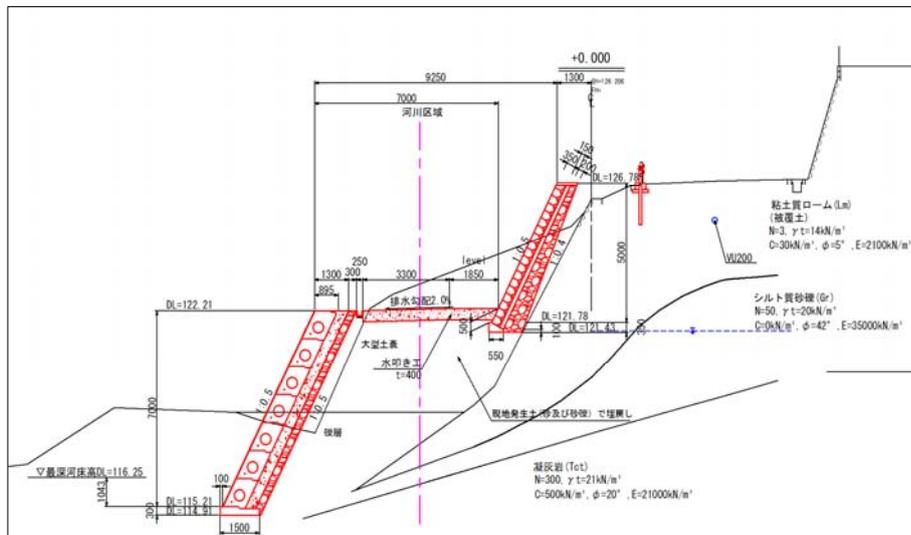
また上段擁壁の荷重の影響が下段擁壁に及ばないように上段擁壁と下段擁壁の間に下段擁壁の高さ分の平場を設け、用地の関係でそれが出来ない場合は構造計算において下段擁壁の安定性を照査した。

表 4-6 直高と背面勾配の関係(控長 35cm 以上)

直高 (m)		~1.5	1.5~3.0	3.0~5.0	5.0~7.0
背面 勾配	盛土	1:0.3	1:0.4	1:0.5	—
	切土	1:0.3	1:0.3	1:0.4	1:0.5
裏込めコンクリート厚 (cm)		5	10	15	20

6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

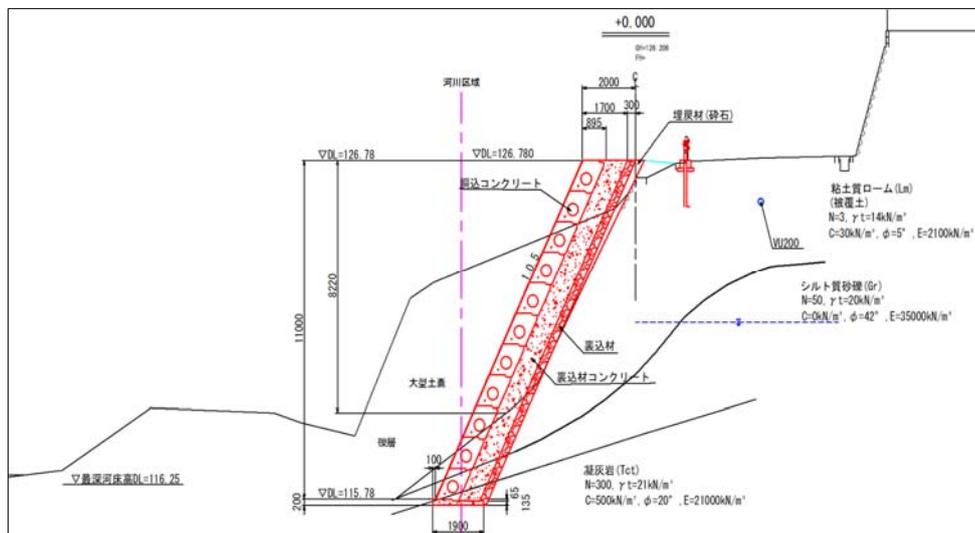


6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

・大型ブロック擁壁

基礎部から擁壁天端まで大型ブロック積擁壁で法覆工を行う。

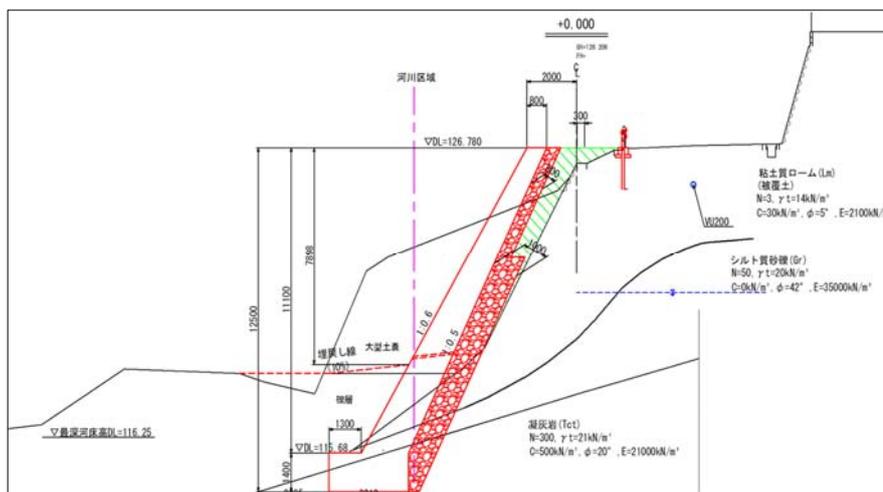


6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

・もたれ式擁壁

基礎部から擁壁天端までもたれ式擁壁で法覆工を行う。



6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

6.5.2 二次選定比較項目

二次選定案として「二段擁壁」、「大型ブロック積擁壁」、「もたれ式擁壁」とし、以下の項目で比較評価を行った。なお、当該箇所は水際から離れ、水生生物の営巣地に当たらないこと、対岸に遊歩道等が無く対策施設は人目に付かないことから、「環境」及び「景観」を比較項目から除外した。

比較評価目	評価内容
河川の安全性	計画流量（流下面積）に対して断面積が確保できているか評価。
維持管理性	道路防災及び河川施設として維持管理が容易であるか評価。
施工性	施工日数により評価
経済性	概算工事費により評価

6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

6.5.2 二次選定結果

・河川の安全性について

計画流量を流下させるためには河積が127m²必要となるが、どの案もその河積を確保している。

・二段擁壁案	A=411m ²	127m ²
・大型ブロック擁壁案	A=431m ²	127m ²
・もたれ式擁壁	A=427m ²	127m ²

よって、どの案を採用しても流下能力に問題はない。

・維持管理について

・第1案

二段積擁壁については、河川境界区域より川側に大型ブロック積擁壁、道路側に練りブロック積擁壁を配置した。その結果、河川構造物として大型ブロック積擁壁、道路防災施設として練りブロック積擁壁を管理することが可能となる。

・第2案

大型ブロック擁壁は河川区域境界を跨ぎ施工されるため、河川構造物と道路防災施設を兼用する。よって、河川管理者と道路管理者の両方で管理が必要となる。

・第2案

もたれ式擁壁は河川区域境界を跨ぎ施工されるため、河川構造物と道路防災施設を兼用する。よって、河川管理者と道路管理者の両方で管理が必要となる。

6. 復旧工法の比較検討

6.5 二次選定

・施工性について

施工日数は大型ブロック積擁壁が最も短く114日となり、114日を1とすると、

- ・二段擁壁 = 153日 / 114日 = 1.3
- ・もたれ式擁壁 = 194日 / 114日 = 1.7

となる。

・経済性について

概算工事費は大型ブロック積擁壁が最も優れ22,101千円となり、22,101千円を1とすると

- ・二段擁壁 = 23,849千円 / 22,101千円 = 1.08
- ・もたれ式擁壁 = 33,581千円 / 22,101千円 = 1.52

となる。ただし、上記は概算工事費であるため、大型ブロック積擁壁と二段擁壁では大きな差はないとした。

・総合評価

河川の安全性、維持管理、施工性、経済性を総合評価し、二段積擁壁を採用する。

6. 復旧工法の比較検討

	2段擁壁 (緑りブロック+大型ブロック)	大型ブロック擁壁	もたれ式擁壁
断面図			
工法概要	ブロック積護岸工の適用範囲は高さ7m以下であるため、2段配置する。神奈川県土砂の適正処理に関する条例届出・申請の手引きより上段擁壁と下段擁壁高層した。	大型ブロックは背面状況により高さ10m程度まで設置可能であるため、安定計算を実施して1段で配置した。大型ブロックが型枠の代わりとなるため、施工期間が短くなる。	もたれ式擁壁の適用高さは10m程度以下であるため、1段で配置する。安定計算を実施し、断面形状を設定した。基礎については凝灰岩部に十分な余裕幅を設定できないため、フーチングタイプとした。
河川の安全性	透水可能面積と洪水時流下面積 透水可能面積 411 m ² ≧ 洪水時流下面積 127 m ² ○ 2点	No. 0+000における河積阻害率 透水可能面積 431 m ² ≧ 洪水時流下面積 127 m ² ○ 2点	No. 0+000における河積阻害率 透水可能面積 427 m ² ≧ 洪水時流下面積 127 m ² ○ 2点
維持管理	河川側と道路側で擁壁が別であり、河川管理者と道路管理者でそれぞれ管理が可能である。 ◎ 3点	河川側と道路側で擁壁が分かれていないため、何を保全する施設が明確にし、管理者を定め維持管理をする必要がある。 △ 1点	河川側と道路側で擁壁が分かれていないため、何を保全する施設が明確にし、管理者を定め維持管理をする必要がある。 △ 1点
施工性	工種 施工日数 ・ 土工 36日 ・ 大型ブロック積擁壁 33日 ・ 緑りブロック積擁壁 19日 ・ 水叩工 2日 合計(1.7倍) 153日 大型ブロックを積むためにラフタークレーン16tが必要である。ただし、河川敷にクレーンの設置スペースは確保できる。 ◎ 3点	工種 施工日数 ・ 土工 17日 ・ 大型ブロック積擁壁 50日 合計(1.7倍) 114日 大型ブロックを積むためにラフタークレーン16tが必要である。ただし、河川敷にクレーンの設置スペースは確保できる。また施工期間はもっとも短い。 ◎ 3点	工種 施工日数 ・ 土工 34日 ・ もたれ式擁壁工 80日 合計(1.7倍) 194日 通常型枠の場合、1回あたりの打設高は一般的に2~3m程度で、打設後に養生が必要となる。よって、養生期間を考慮すると施工期間が最も長くなる。 △ 1点
経済性 (直工費)	工種 概算工事費 ・ 土工 1,547,000 円 ・ 大型ブロック積擁壁 16,617,000 円 ・ 緑りブロック積擁壁 5,124,000 円 ・ 水叩工 561,000 円 合計 23,849,000 円 ◎ 3点	工種 概算工事費 ・ 土工 2,576,000 円 ・ 大型ブロック積擁壁 19,525,000 円 合計 22,101,000 円 ◎ 3点	工種 概算工事費 ・ 土工 5,788,000 円 ・ もたれ式擁壁工 27,793,000 円 合計 33,581,000 円 △ 1点
総合評価	経済性では第2案の1.08倍と大きき差がなく、今後河川区域で道路(上段擁壁)と河川(下段擁壁)で管理でき、最も維持管理が行いやすいため、第1案を採用する。 ◎ 3点	経済性では最も優れるが、直工費は第1案と大きく変わらず、第2案では道路擁壁と河川護岸を兼用し、維持管理が第1案より劣るため不採用とする。 ◎ 3点	基礎の余裕幅を考慮すると施設規模が大きくなり、三案中最も経済性が悪く(第1案の1.52倍)、当該箇所では不採用とする。 △ 1点

経済性については、概算数量により算出していることを考慮し、20,000千円以上~25,000千円未満を「◎」、25,000千円以上~30,000千円未満を「○」、30,000千円以上を「△」とした。

◎: 3点、○: 2点、△: 1点とした。

