

第 3 回 北上川等堤防復旧技術検討会

堤防開削調査資料

- ・阿武隈川枝野地区～P2～
- ・鳴瀬川下中ノ目上流地区～P18～

平成 23 年 7 月 29 日 (金)

国土交通省 東北地方整備局

開削調査のねらい

1. 被災堤防の開削調査の目的

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震で被災した東北地方整備局管内堤防の内、大規模に被災した箇所において、堤体内部の被害状況を直接的に把握し、被災原因及び被災メカニズムを詳細に検討する資料とする。

これらの堤防では、確認されている被災形状や周辺の変状、地質調査結果や液状化検討によって、閉封飽和域の液状化・基礎地盤の液状化・またはその複合、が被災の主要因であると想定されているが、亀裂の到達深度やブロック化した堤体状況、閉封飽和域の地下水位水頭や圧密沈下に伴う堤体下端面の確認、堤体下部からの噴砂の上昇（砂脈形成）等については、開削調査を実施することによってのみ確認することができる。

したがって、被災原因や被災メカニズムを詳細に検討するためには、このような堤体内部の状況を直接的に把握する必要があり、このために現地開削調査を実施する。

2. 開削調査対象箇所

開削調査対象箇所は、①阿武隈川 右岸 枝野地区及び②鳴瀬川左岸 下中ノ目上流地区の 2 箇所とする。

3. 開削調査の内容

開削調査対象箇所である、枝野地区、中下ノ目上流地区は、ともに堤防被災変状タイプが C タイプに分類されることから、閉封飽和域の液状化が被災原因であると考えられる。また、2 箇所とも粘性土から成る旧堤防があり、この部分での変形が小さい。

したがって、被災による変形の特徴を捉えて考察するために、下記に示す 4 項目について調査を実施する。

- ①堤体内の地下水水面の高さ及び横断面方向の水面形状を捉えること
- ②堤体下部及び変形した堤体の土質分布を把握すること（基礎地盤粘性土層上面、Bs 層、Bc 層）
- ③被災変形時にブロック化した土塊の状況（ブロックの深さ、ブロック間のクラック幅や挟在している噴砂、等）を把握すること
- ④ブロック下端部（液状化した層と一体となっている可能性があるために判別が困難な場合がある）の堤体土の特性（密度、透水特性）を把握すること

1) 堤体地下水水位水頭の確認・観察

地下水水位水頭の確認・観察は、トレンチ掘削を注意深く行いながら、地下水水位水頭が確認できた時点で速やかに標高（または掘削面からの深度）を計測して記録する。

2) 開削法面の観察及び土質試験

開削断面観察は、開削直後において、堤防横断方向法面の土質構造（堤体の材質および平面分布、亀裂の状況、噴砂（砂脈）の状況など）を観察・記録する。

また、ブロック化した堤体及び材質毎に現場密度試験を行い、試料を採取して室内土質試験に供する。堤体土の地盤中への陥没状況など境界面を把握する目的で、開削底面においてスウェーデン式サウンディングを実施する。

なお、最終的な試験数量は、開削断面の観察後に決定する。

開削面において亀裂が生じている場合には、亀裂面近傍では応力解放の影響により、せん断強度が低下していることが予想されるため、土壌硬度計やポータブルコーン等の試験器具を用いて、亀裂面から奥部へのせん断強度分布を把握する。また、可能であればブロックサンプリングを実施して室内強度試験に供する。

なお、開削時に基礎地盤まで掘削する過程においては、2 断面を選定し、ベンチカット（段切り）を実施することによって、掘削上盤面及びベンチカット断面の観察・記録する。

表 試験実施項目（案）

調査項目	調査方法	目的	
開削断面観察	目視観察、スケッチ	地質断面の作成	
現場密度試験	砂置換法(JIS A 1214)	密度の把握	
開削底面土質調査	スウェーデン式サウンディング	開削断面下の地質境界面の把握	
土壌硬度試験	山中式土壌硬度計	崩壊箇所の緩み具合の把握	
室内土質試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202 に準拠	盛土築堤などの詳細な情報の把握
	土の含水比試験	JIS A 1203 に準拠	
	土の粒度試験	JIS A 1204 に準拠	
	土の液性・塑性限界試験	JIS A 1205 に準拠	
	突固めによる土の締固め試験	JIS A 1210 に準拠	

参考) ベンチカット（段切り）について

- i) 設定したベンチカット観察面を挟んで、天端から第 1 段階掘削底版までを掘削（①部分）した後、ベンチカット観察面と底版について、観察（スケッチ）及び写真撮影を行う。

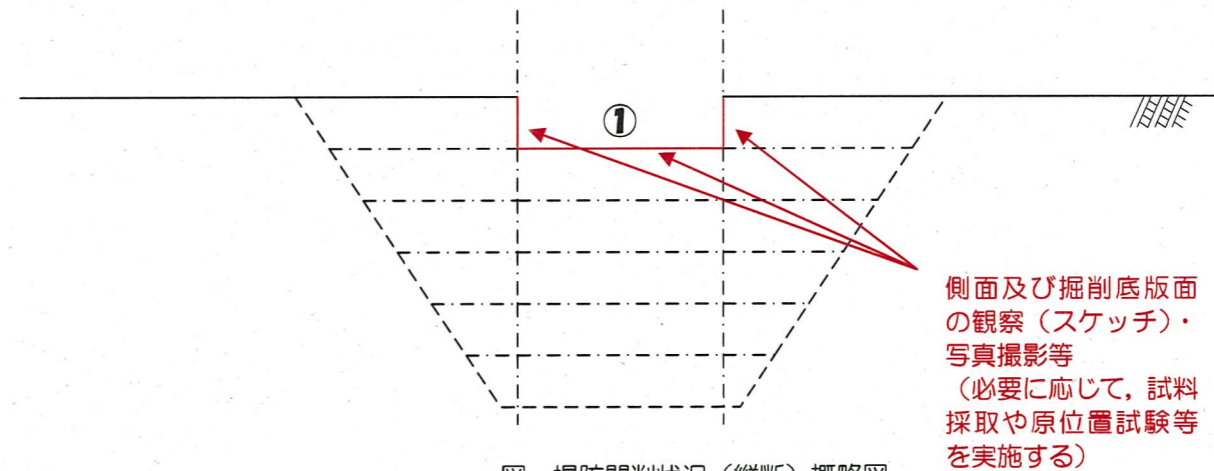


図 堤防開削状況（縦断）概略図

- ii) ベンチカット観察面と底版について、観察及び写真撮影の後、開削範囲を掘削（②及び③部分）し、掘削底版の観察及び写真撮影等を実施する。

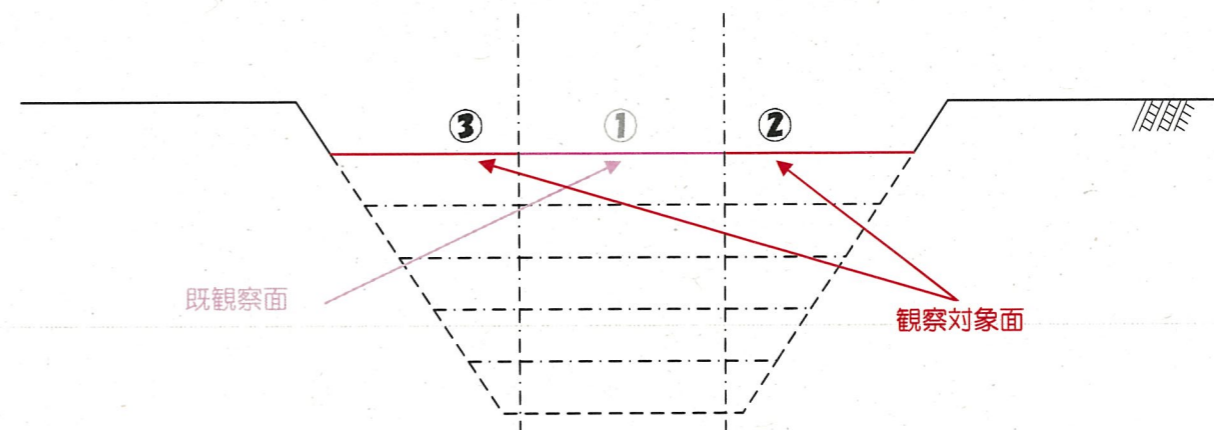


図 堤防開削状況（縦断）概略図

- iii) 以降、目標とする最深開削底版まで、上記のような段階掘削を繰り返し実施する。

堤防開削調査の目的と調査結果

地区名:阿武隈川 枝野地区

確認項目	当初想定事項	開削調査結果	備考
①亀裂の到達深度やブロック化した堤防の状態	亀裂が堤体下部まで到達し、亀裂部には液状化し砂質土が見られる。また、亀裂によりブロック化した堤体土の下面は乱れているのか？	堤体部に生じた開口亀裂沿いに川表側法肩～天端周辺の砂礫層(Bgs)が落ち込み、地表の亀裂が堤体下方に連続する状況を確認した(スケッチ図のBgs層分布参照)。少なくとも2箇所にて開口亀裂に伴う土塊の落ち込みが生じており、それらの落ち込みによって分断された堤体のブロック化を確認した(スケッチ図参照)。地下水面下の掘削作業が困難であったために飽和域にて実施したジオスライサー調査では、4地点での地層境界深度およびその性状を確認した(ジオスライサー調査結果をふまえたスケッチ断面図参照)。	
②閉封飽和域の地下水位等	閉封飽和域の地下水位高は、地下水観測結果で把握できているのか？	①トレンチ掘削による水頭確認調査時に地下水位を確認。 ②TP+15.750m程度で地下水位を確認。堤内地においても、概ね同じ標高で水位を確認。 ③トレンチ掘削による地下水位確認前の事前観測結果はTP+15.450m程度。 ①はトレンチ掘削、②は二丁スコープにより掘削し目視確認。 (開削調査による地下水確認状況参照)	
③堤体下面の圧密沈下状況(基礎地盤の位置)	閉封飽和域を形成する下面(基礎地盤上面)の高さ、形状は事前の土質調査で抑えられているのか？ また、基礎地盤上面の著しい変形はないか？	①開削調査による基礎地盤の位置(堤体と基礎地盤の境界)は不明。 ②事前調査時によるボーリング結果及びSWS結果で地層境界は推定。	
④堤体下部からの噴砂の上昇(砂脈の形成)等	液状化により閉封飽和域から上昇した砂脈の材質及び方向の確認	上流側法面のC・9地点の観察にてブロック境界部を上昇する砂脈を確認し、ジオスライサー調査No.C1にてこの砂脈が飽和域に分布する暗青灰色砂層(Bs3)から上昇している状況を捉えた((ジオスライサー調査結果をふまえたスケッチ断面図参照)。	
⑤その他追加調査	想定した閉封飽和域の規模と開削で確認できた閉封飽和域の規模等	地下水排水困難なため閉封飽和域の規模は確認できていない	ジオスライサー試験を追加実施

②開削箇所の概況



①震災後 3/12撮影 下流側から上流側を望む



②震災後 3/12撮影



③震災後 3/12撮影



⑤仮復旧後 7/4撮影



④仮復旧工事 3/26撮影



②開削箇所の概況

被災箇所の平面図

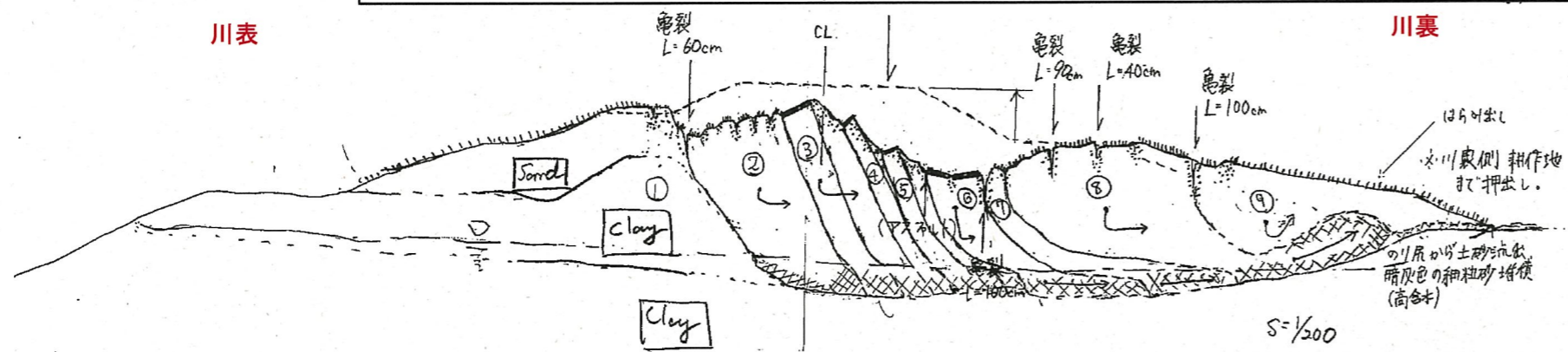


開削調査

<被災状況>

- ①全体的に堤防天端・川裏側において縦断方向のクラックが発生。
- ②川表のり肩から沈下。川裏のり面方向に堤体が移動し、川裏のり面が耕作地へ押出される。
- ③天端から裏のり面の間に発生した亀裂底部に細粒砂が確認された。
- ④川裏側に位置する耕作地での変状は特に確認されない。

(推定)変形略図



<被災箇所>
被災箇所は氾濫平野、自然堤防箇所。
氾濫平野箇所は耕作地、自然堤防箇所は民家が分布する。

①右岸30.8k付近: 縦断クラック発生
深さは1.00m程度。



②右岸31.0k付近: 天端縦断クラック
堤体沈下量=2.30m。



③右岸30.8k付近: 川裏のり尻 土砂流出状況
暗灰色の細砂が分布。砂は高含水である。

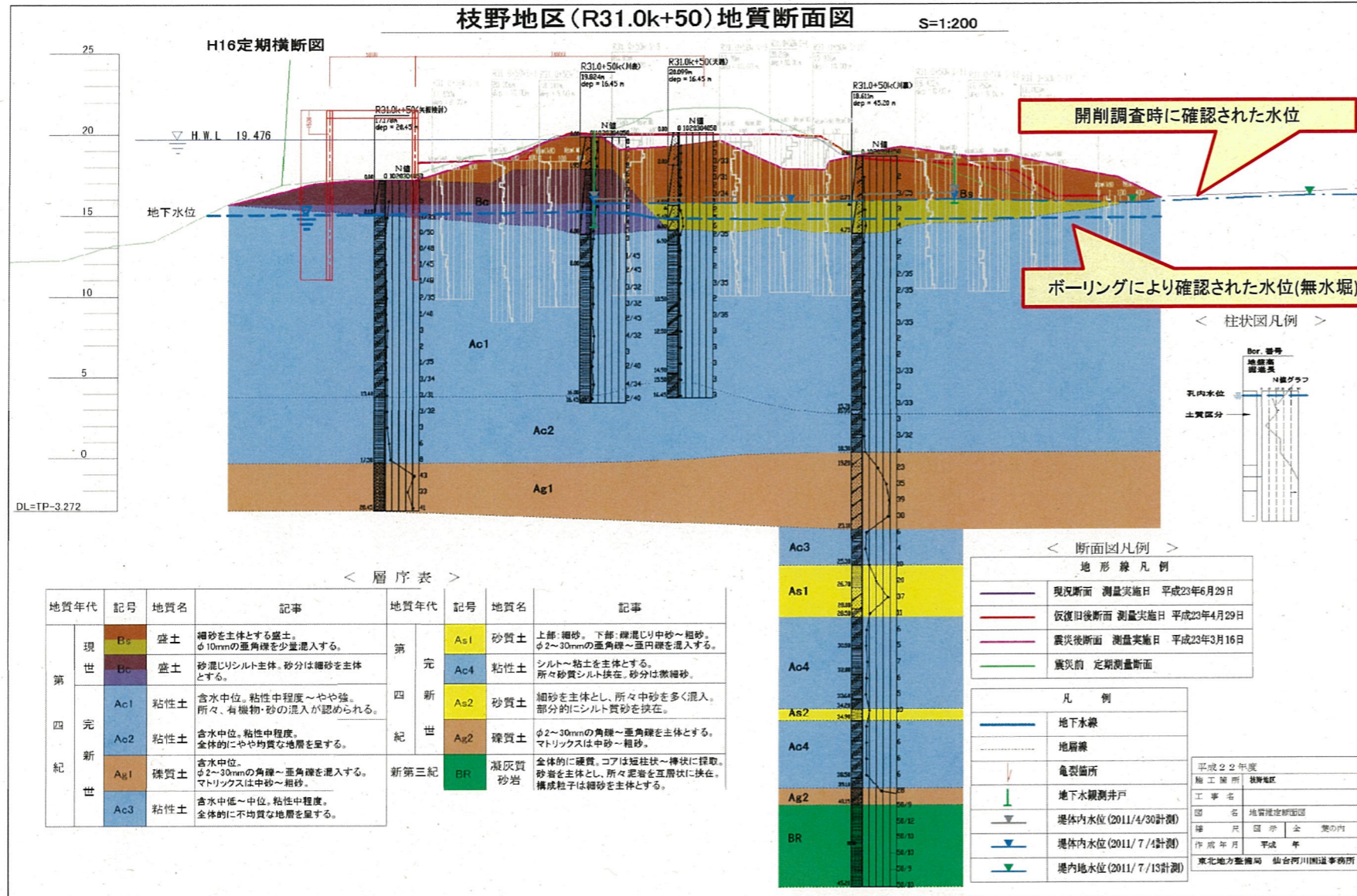


④右岸31.2k付近: 川裏のり尻 堤体押し出し状況
押し出し幅=3.00m程度。



平成23年3月12日撮影

②開削箇所の概況



水系名	阿武隈川水系	河川名	阿武隈川
地区名	枝野地区	区間	右岸 30.6k+34m~31.4k+160m
微地形区分		氾濫平野	
堤防変形 (代表断面)	沈下量	天端(S)	1.65 m
		川表のり肩部	1.60 m
	クラック	川裏のり肩部	1.82 m
		クラック深(天端最大値)	1.00 m
		↳クラック幅	0.30 m
		↳クラック下端高	16.80 TP m
		クラック深(のり部最大値)	1.00 m
		↳クラック幅	0.30 m
		↳クラック下端高	18.00 TP m
		H.W.L.	19.476 TP m
のり尻はらみ出し距離(横断方向):側方変形量			
	川表側	0 m	
	川裏側	9.174 m	
のり肩はらみ出し距離(横断方向):側方変形量			
	川表側	m	
	川裏側	m	
概算変形量(断面積)			
	沈下・陥没等による減少量	29.242 m ²	
	はらみ出し等による増加量	21.977 m ²	
被災パターン		閉封飽和領域での液状化	
変形パターン			
噴砂・噴水	・小段クラック内に噴砂跡を確認。		<被災主要因の推定> ◆堤防変状 ・川裏側への著しい変形(川表側への変形は確認確認されない) ◆噴砂 ・堤体クラック内で確認
川裏のり先標高		16.063 TP m	
周辺状況等	・川表側のり面の変状は確認されない。 ・道路天端に亀裂確認。		◆地下水位 ・堤体土層内に地下水位を確認 ◆周辺状況 ・堤内地側堤脚水路を越えて土砂が流出 ◆堤体土
その他			・細粒分含有率Fc ≤ 35%、D50 ≤ 10mm。 D10mm ≤ 1mmを満たす 一閉封飽和域(堤体土)の液状化

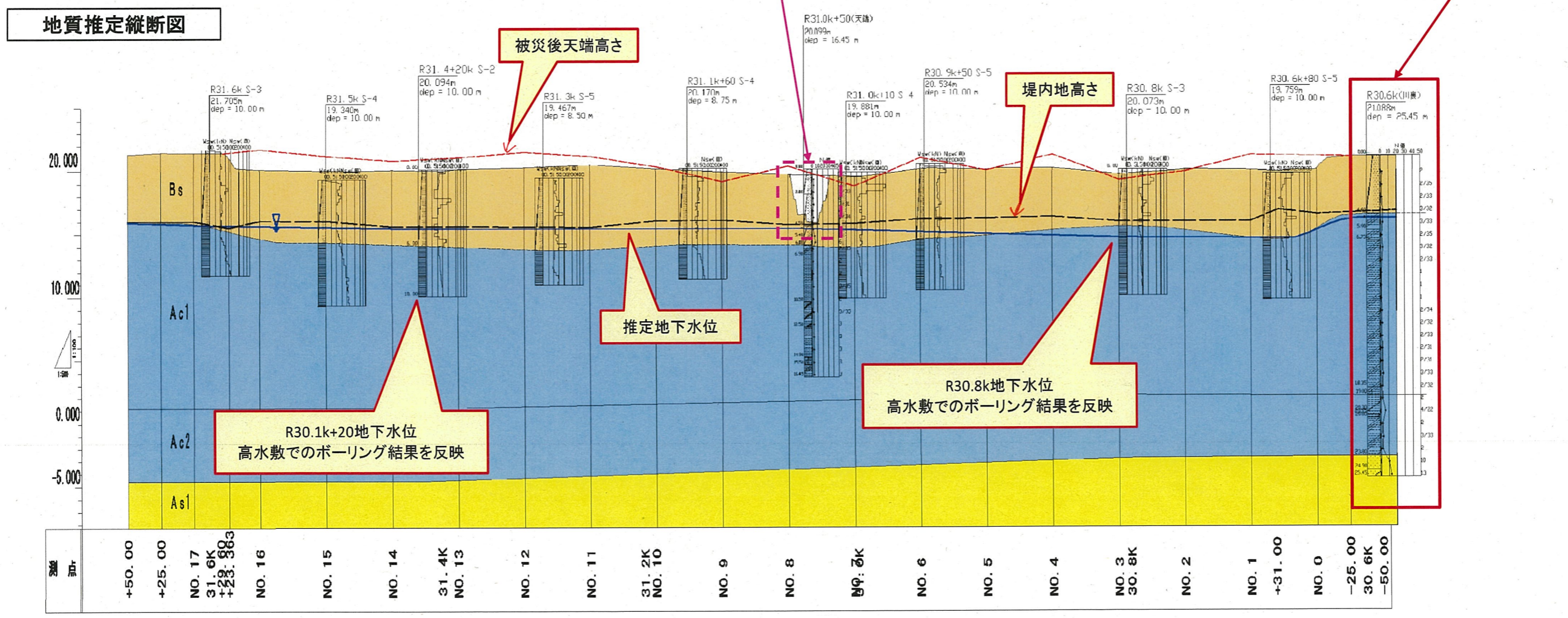
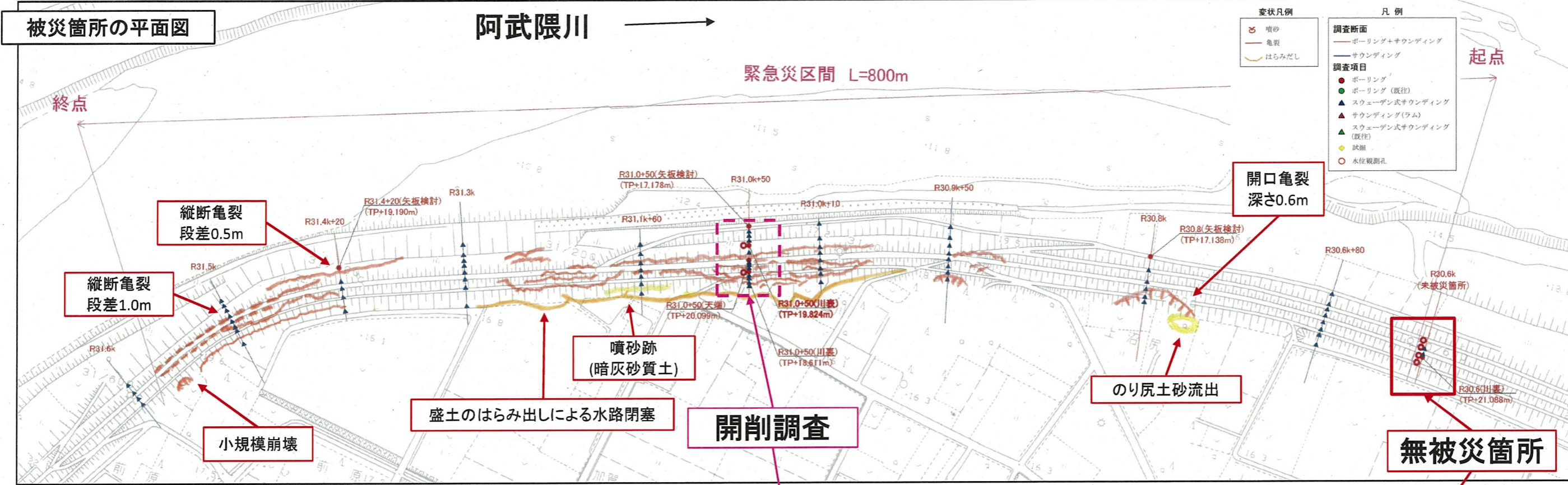
<被災主要因>

- ◆堤防変状
 - ・川裏側への著しい変形(川表側への変形はほとんど見られない。)
- ◆噴砂
 - ・川裏のり尻付近および堤体クラック内での確認。
- ◆地下水位
 - ・堤体土層内に地下水位を確認。
- ◆周辺状況
 - ・堤内地側堤脚水路に土塊が乗り上げ。
- ◆堤体土
 - ・細粒分含有率Fc ≤ 35%、D50 ≤ 10mmを満たす層が存在する。

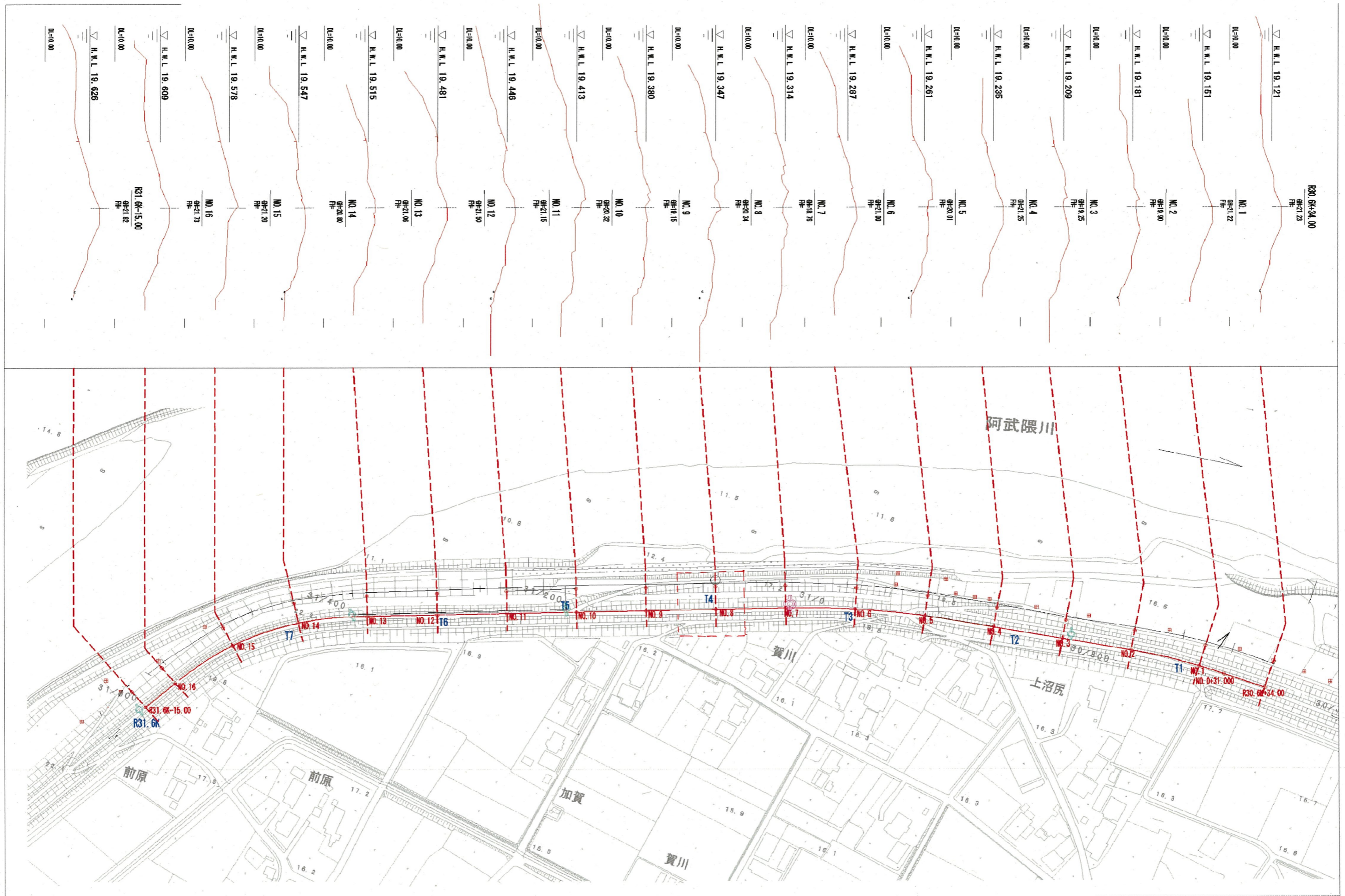
○閉封飽和領域(堤体土)の液状化と推定



③平面図及び断面図

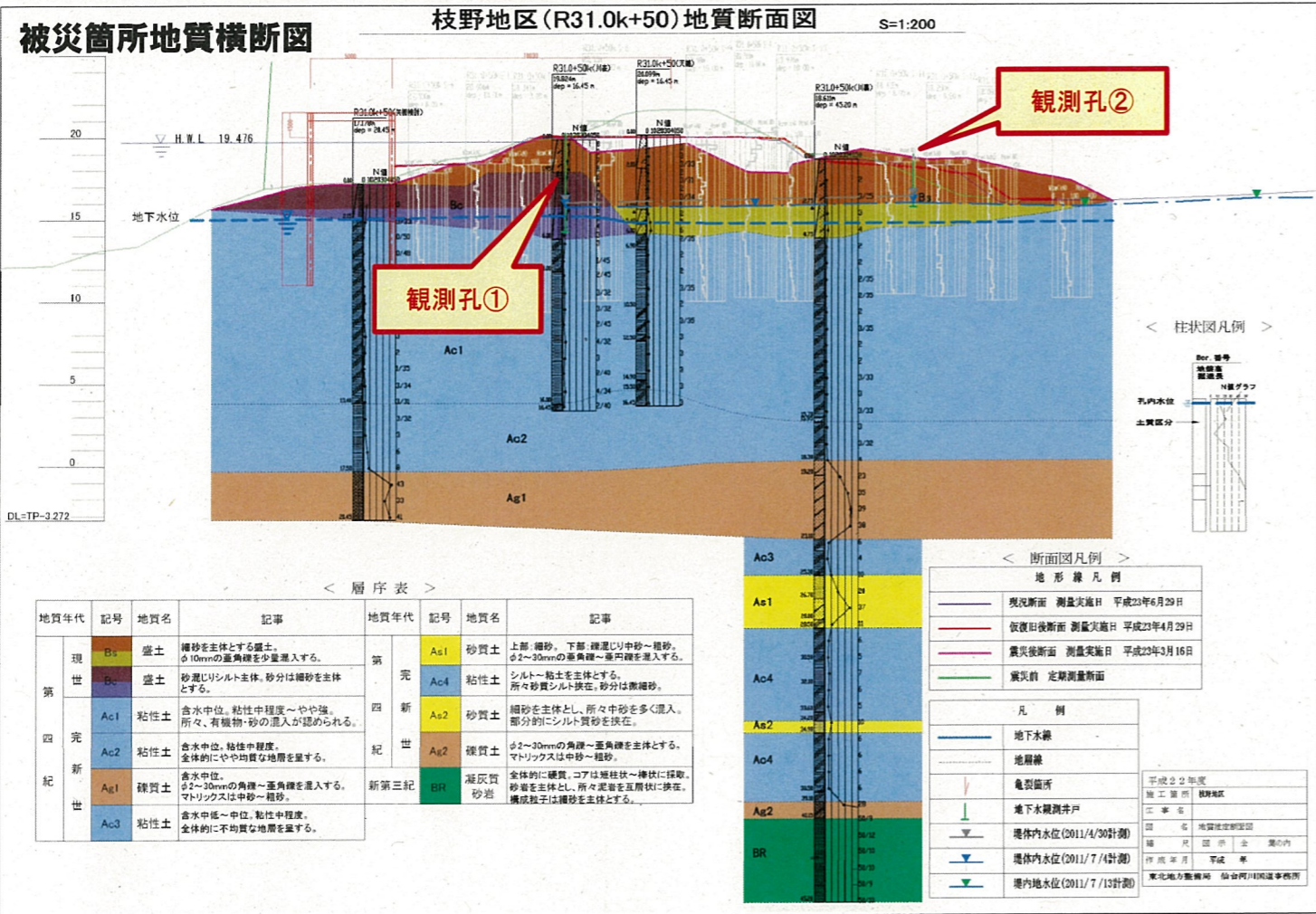


③平面図及び被災後横断面図

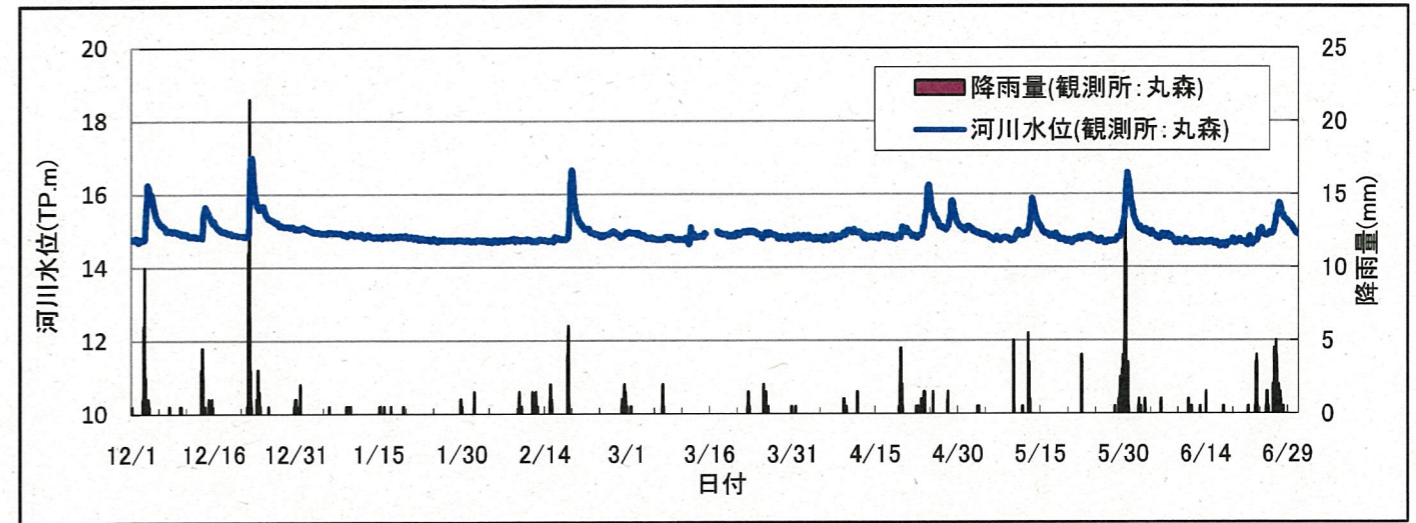


図一被災後測量横断面図及び平面図

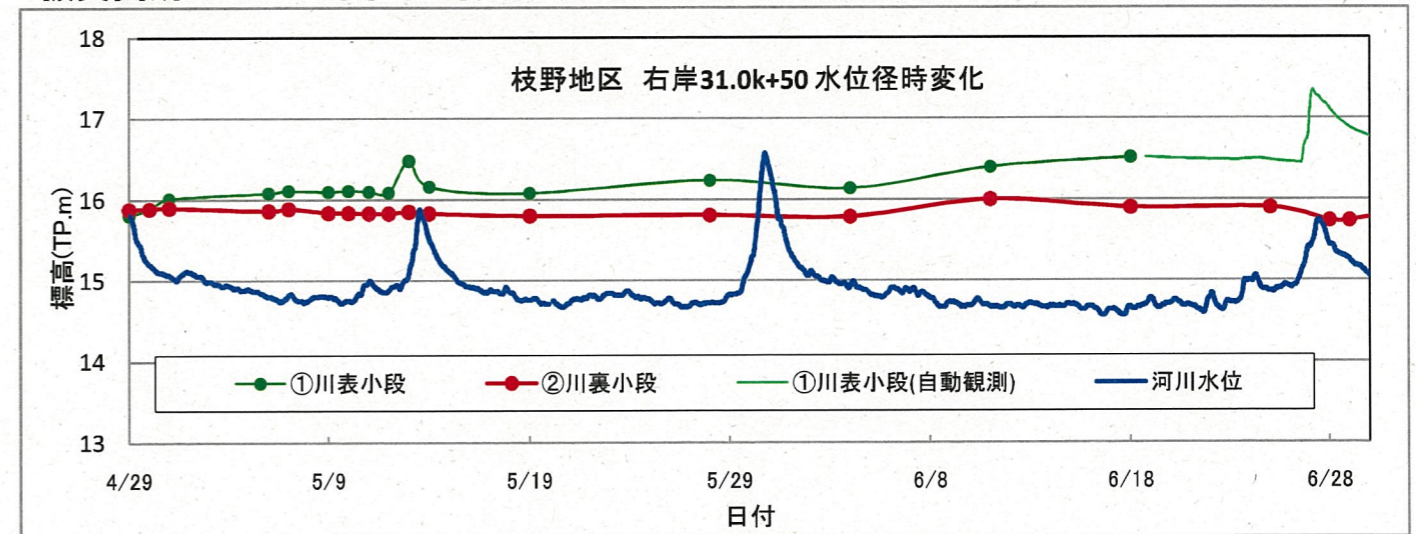
④被災箇所と無被災箇所の地質調査横断及び地下水概況



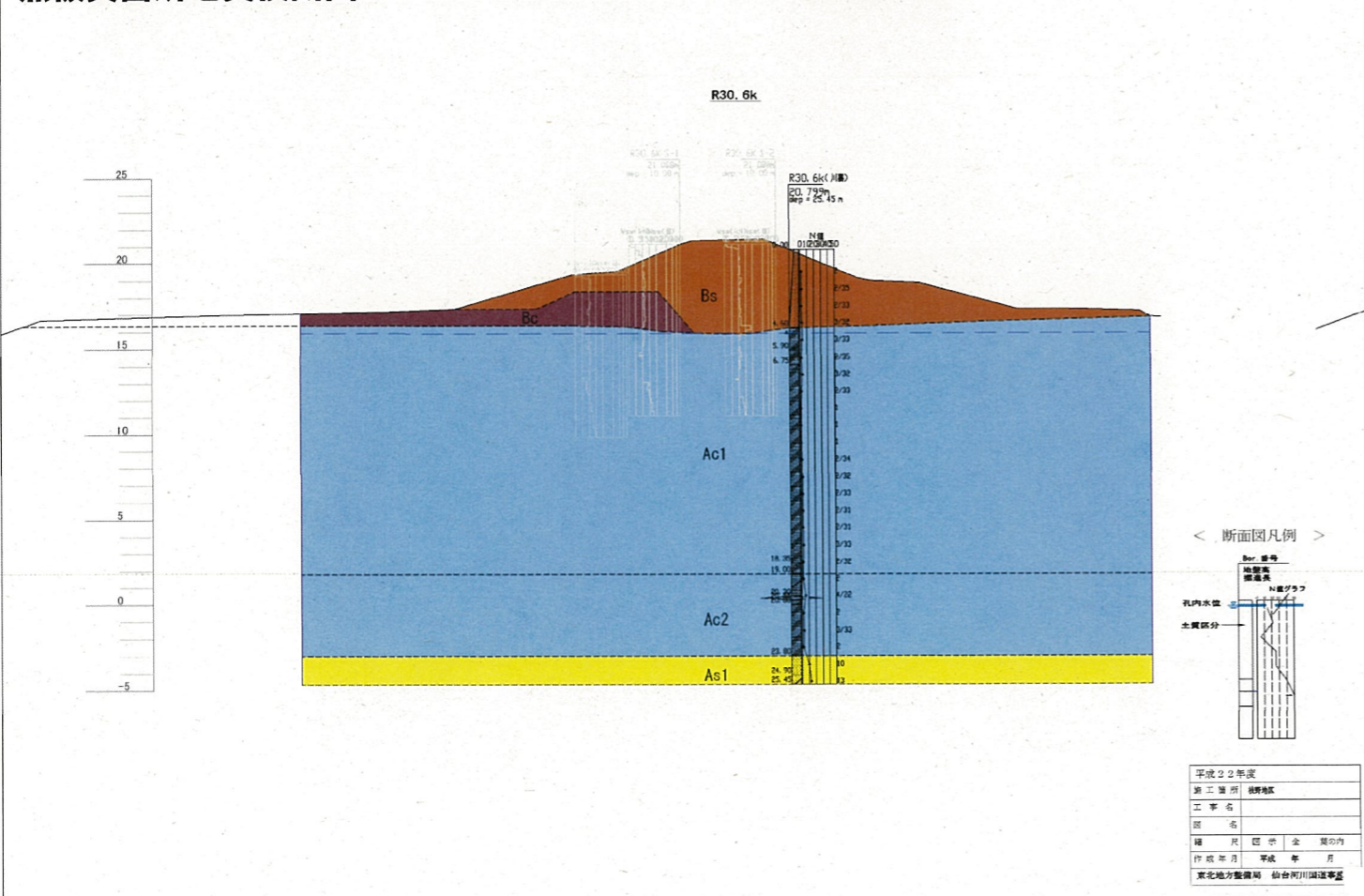
河川水位・降雨量(期間：2010/12/1～2011/6/30)



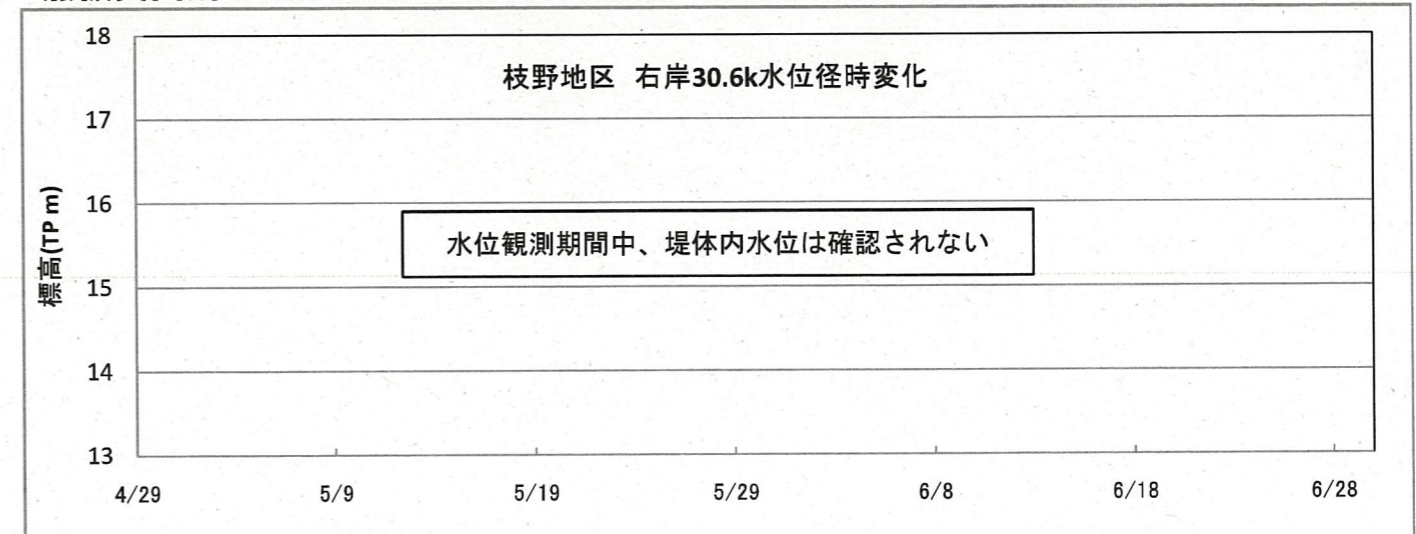
被災箇所における水位径時変化(期間：2011/4/30～2011/7/4)



無被災箇所地質横断図 枝野地区 無被災箇所(R30.6k)地質断面図

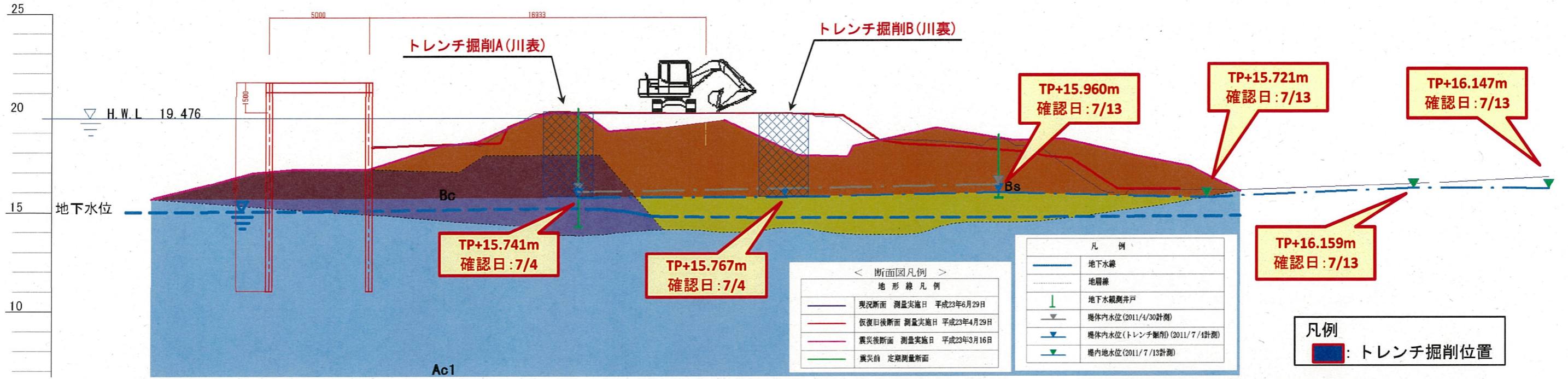


無被災箇所における水位径時変化(期間：2011/4/30～2011/7/4)



⑫開削調査における堤体内地下水位確認状況

トレンチ掘削位置



トレンチ掘削A(川表)



川表部 掘削状況



掘削状況：掘削底面部暗灰色の砂層確認



掘削状況：掘削底面部にて水位確認

トレンチ掘削B(川裏)



川裏部 掘削状況



掘削状況：掘削底面部暗灰色の砂層確認



掘削状況：掘削底面部にて水位確認

⑧開削調査の手順

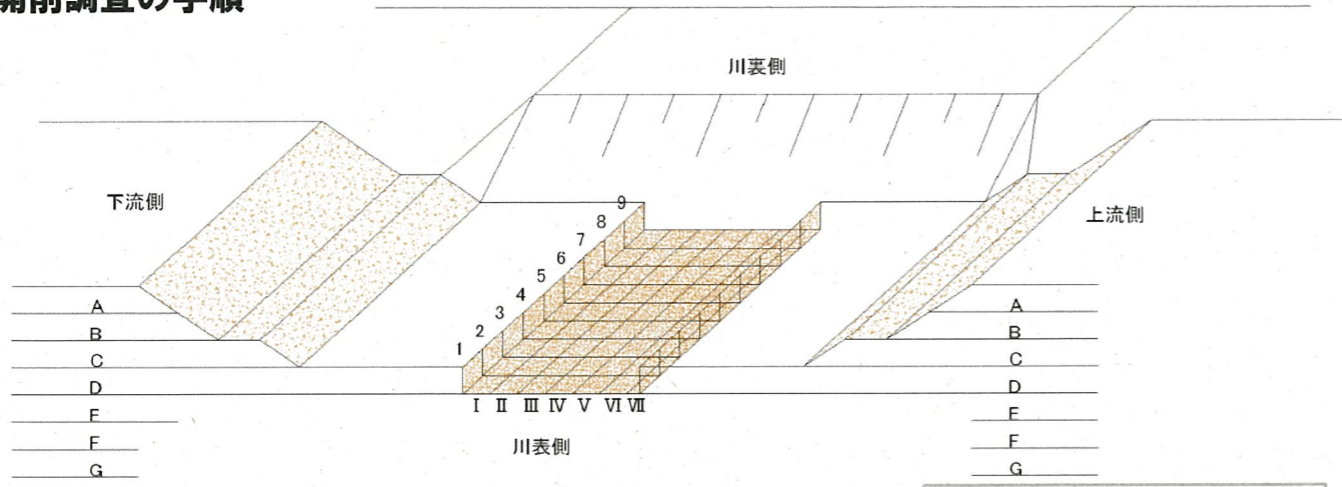
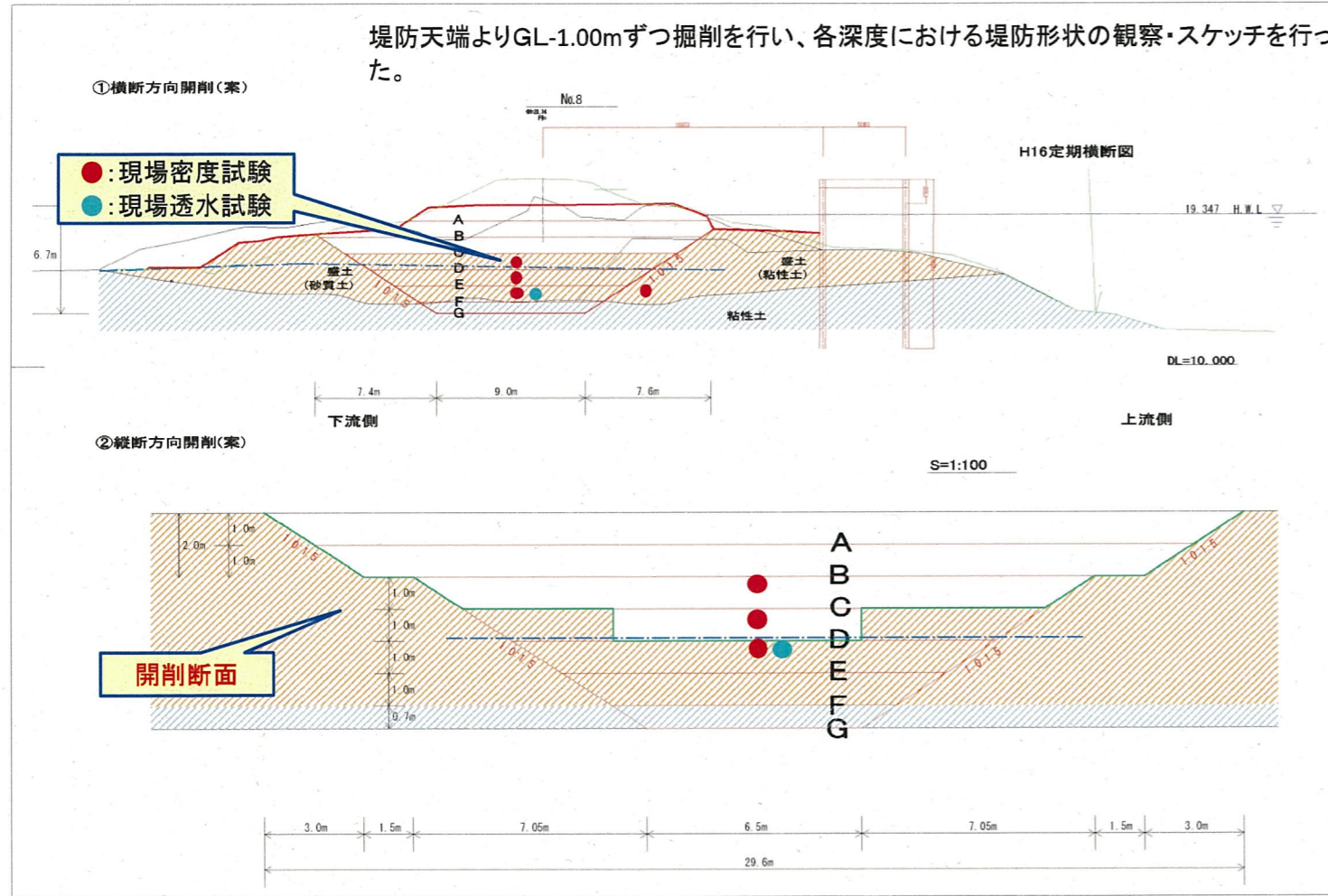


図-観察・スケッチ断面箇所イメージ図

■:観察・スケッチ対象範囲



※今回実施した開削調査は、表層スケッチより想定された変形略図の比較及び被災形状・被災メカニズムの推定・解明を目的とし実施した。

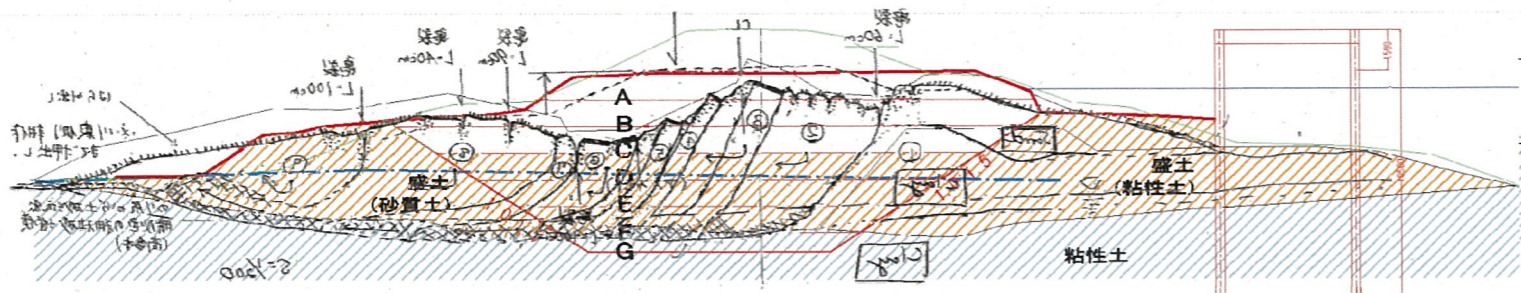


図-表層スケッチより想定した変形略図

開削全景写真

①A断面(7/7)



下流から撮影



川表から撮影

②B断面(7/9)



下流から撮影



川表から撮影

③C断面(7/12)



下流から撮影



川表から撮影

④D断面(7/14)



下流から撮影



川表から撮影

10 開削調査箇所での土質試験結果

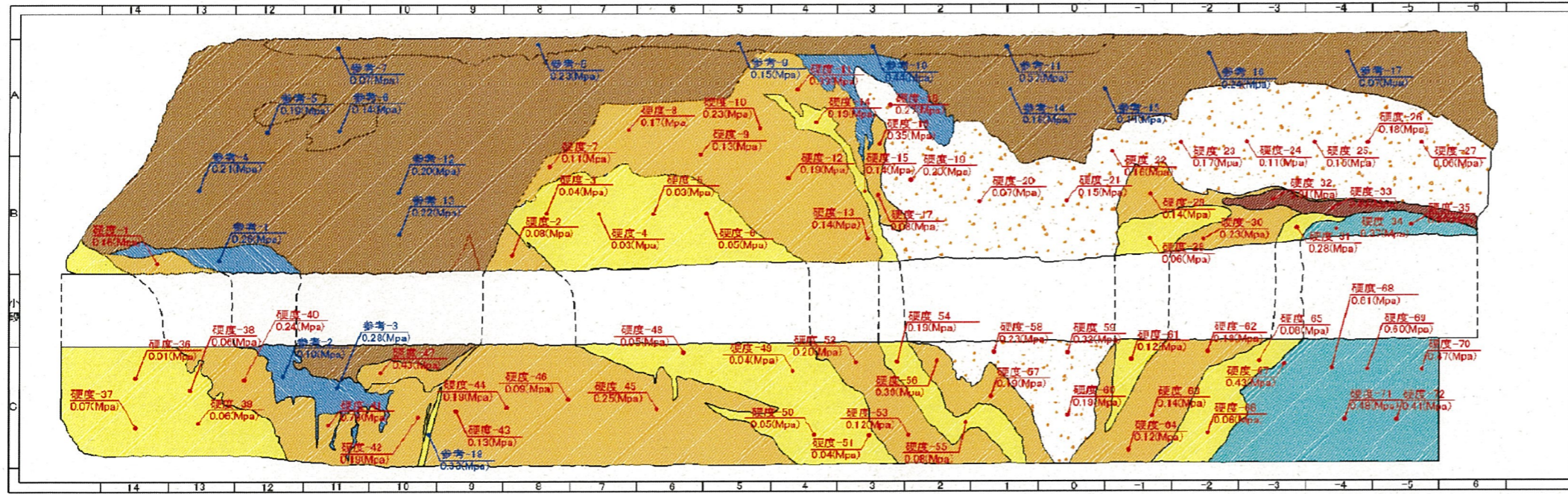


図-山中式土壌硬度計測定分布図

地層記号	区分	色調	土質区分(粒度)	特徴
B	復旧盛土	—	—	震災後復旧のため埋め立てた盛土
Bs	在来盛土	暗灰色	碎石・砂利主体	旧基層アスファルト以深の碎石
Bgs		暗褐色	砂礫	粒径φ10~70mm程度、最大粒径φ150mm程度の重円礫主体から成る砂礫
Bs2		茶褐色	中粗砂	全体に粒径不均一で細砂~中砂~粗砂からなる。所々に礫を混入する。粒径φ2~20mm程度の重円礫主体
Bs1	茶褐色	細砂	全体に粒径均一な細砂主体でシルトを若干混入する。所々に粘土をブロック・パッチ状に挟む	
Bc	青灰色	粘土	全体に粒子均質な粘土主体で、酸化色を帯びた周辺縁を持つ	
B	旧堆体	茶褐~黒褐色	粘土	全体に粒子均質な粘土主体。含水中、粘性中位程度を示し、よく固結している
—	すべり面	—	—	—

分類	地層	平均支持強度(Mpa)	最大支持強度(Mpa)	最小支持強度(Mpa)
復旧土	Bg相当層	0.29	0.72	0.03
	Bs2相当層	0.15	0.35	0.06
	Bs1相当層	0.19	↓ 0.27	0.10
在来盛土	Bg	0.25	0.46	0.13
	Bgs	0.17	0.62	0.02
	Bs2	↓ 0.08	0.44	↓ 0.01
	Bs1	0.21	0.85	0.05
	Bc	0.87	1.35	0.49
	Bc	↑ 0.52	↑ 1.01	↑ 0.26
	液状化砂脈	0.33	0.40	0.26

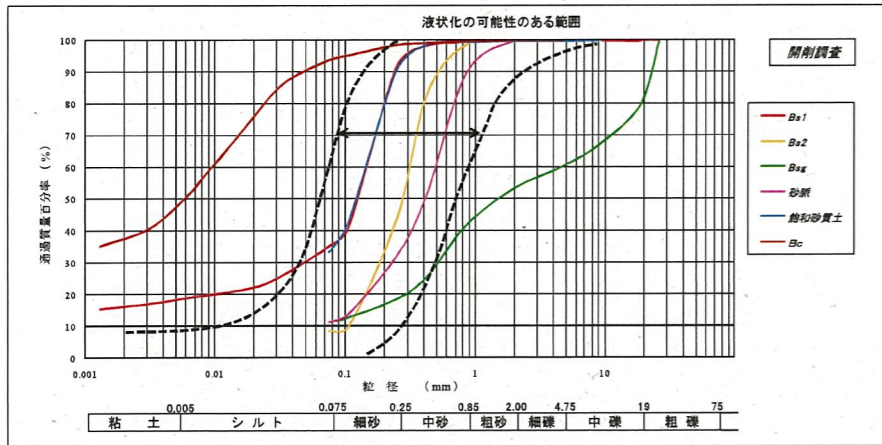


図-堤体土における粒径加積曲線

飽和砂質土
(地下水面に確認された暗灰砂質土)

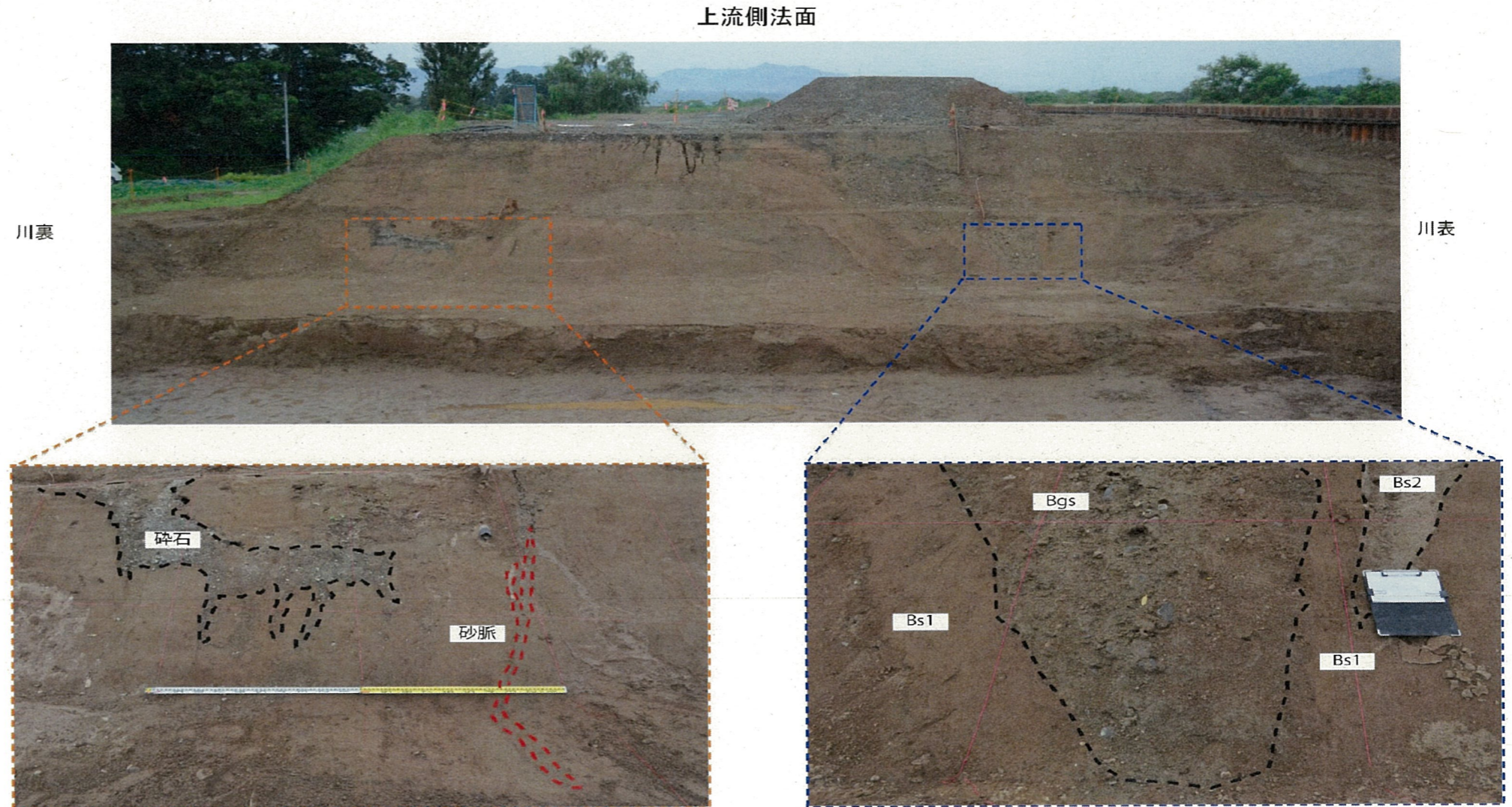
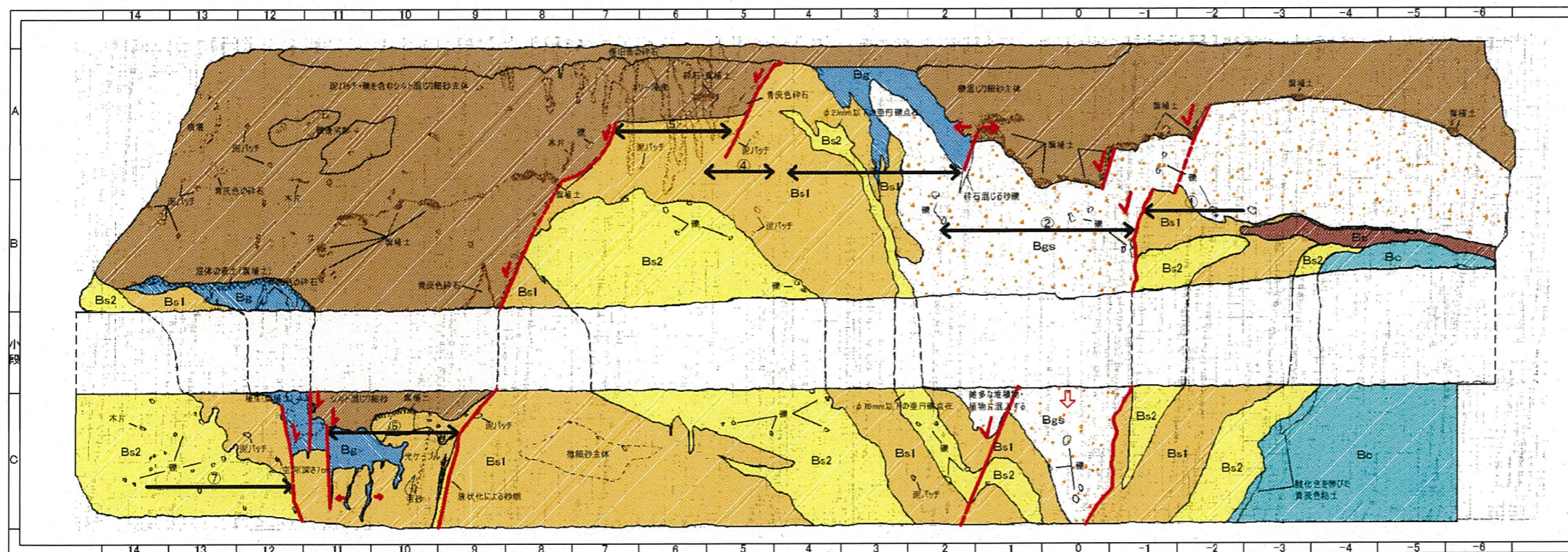


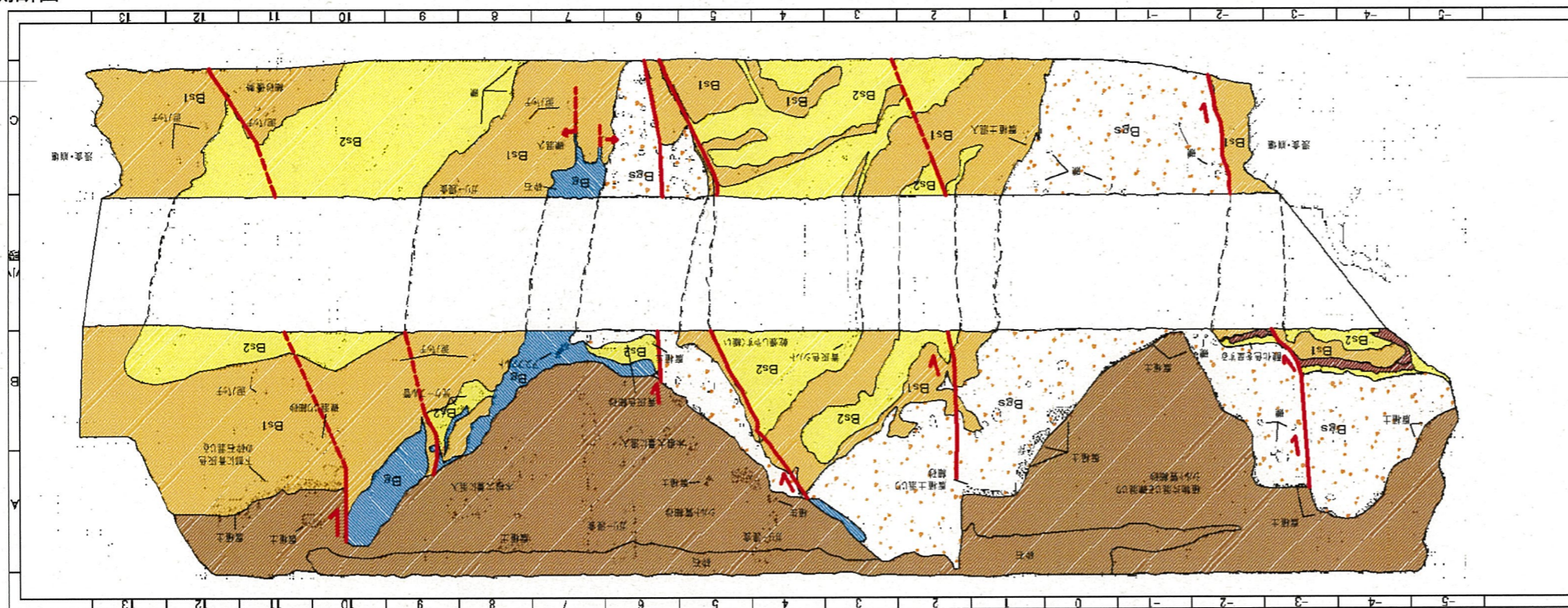
写真-枝野地区-上流側開削断面状況

⑪開削調査断面のスケッチ図(上流断面・下流断面)

上流側断面



下流側断面



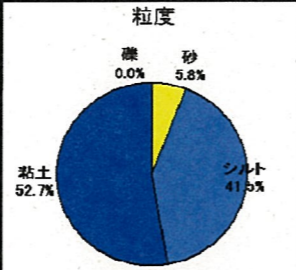
地層記号	区分	色調	土質区分(粒度)	特徴
Bc	旧堤体	—	—	震災後復旧のため埋め立てた盛土
Bgs	在来盛土	暗灰色	砕石・砂利主体	旧表層アスファルト以下の砕石
Bs2		暗褐色	砂礫	粒径φ10~70mm程度、粘土粒径φ1.50mm程度の圓筒主体から成る砂礫
Bs1		茶褐色	中粗砂	全体に粒径不均一で細砂~中砂~粗砂からなる。所々に礫を混入する。粒径φ2~20mm程度の圓筒主体
Bs2		茶褐色	粗砂	全体に粒径均一な粗砂主体でソリトを若干混入する。所々に粘土をブロック~パッチ状に挟む
Bs1	旧堤体	青灰色	粘土	全体に粘土均質な粘土主体で、酸化色を帯びた周辺縁を持つ
Bs2		茶褐~黒褐色	粘土	全体に粘土均質な粘土主体、含水量、粘性中位程度を示し、よく固結している
—	すべり線	—	—	—

・考察

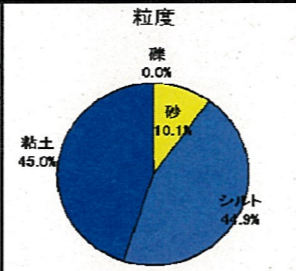
- ・復旧土と在来盛土の境界は、路盤材(碎石)もしくは堤体法面の張芝(腐植土)の確認にて比較的容易に判断できる。
- ・被災時の堤体形状は復旧時にアスファルト等を撤去するなど若干の地形改変が行われているが、工事によって深層までかく乱されている状況ではない。
- ・堤体の土質区分は旧堤体を構成するBc(粘土)層、新堤体の川表側法面周辺に分布するBgs(砂礫)層および新堤体を構成するBs1(細砂~粗砂), Bs2(中~粗砂)層からなる。
- ・Bgs層は、上流側C・0地点や下流側C・0~C・-2地点にて川裏側への堤体移動に伴う開口亀裂への大規模な落ち込みが確認される。
- ・Bs2層には液状化に伴う砂脈が含まれる可能性が高く、明瞭な砂脈上流側C・9~C・10地点付近に確認される。なお、上流側C・1~A・4地点にかけて脈状に分布するBs2層についても、液状化に伴う砂脈の可能性がある。
- ・被災時の地表面にて確認された段差地形や開口亀裂の一部は、スケッチ法面でも確認できる(赤色実線にて表現)。
- ・被災時の地表面にて確認されている変位箇所は、陥没を伴う境界面にて連続性を追跡することができる。

⑩開削調査箇所での土質試験等結果

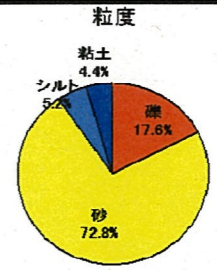
試料番号	R31.0+50(天端)T2(シンウォールサンプリング)		
採取深度(標高)	2.2 m ~ 2.98 m (TP+ 17.624 m ~ 16.844 m)		
自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
45.4	2.708	1.741	1.195
コンシステンシー			
液性限界LL(%)	塑性限界PL(%)	塑性指数IP	
77.1	30.9	46.2	
三軸UU			
C(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$		
68.7	0.0		



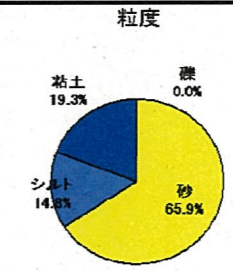
試料番号	R31.0+50(矢板)T1(シンウォールサンプリング)		
採取深度(標高)	1.00 m ~ 1.80 m (TP+ 16.178 m ~ 15.378 m)		
自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
40.4	2.717	1.741	92
コンシステンシー			
液性限界LL(%)	塑性限界PL(%)	塑性指数IP	
61.5	26.9	34.6	
三軸UU			
C(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$		
72.5	0.0		



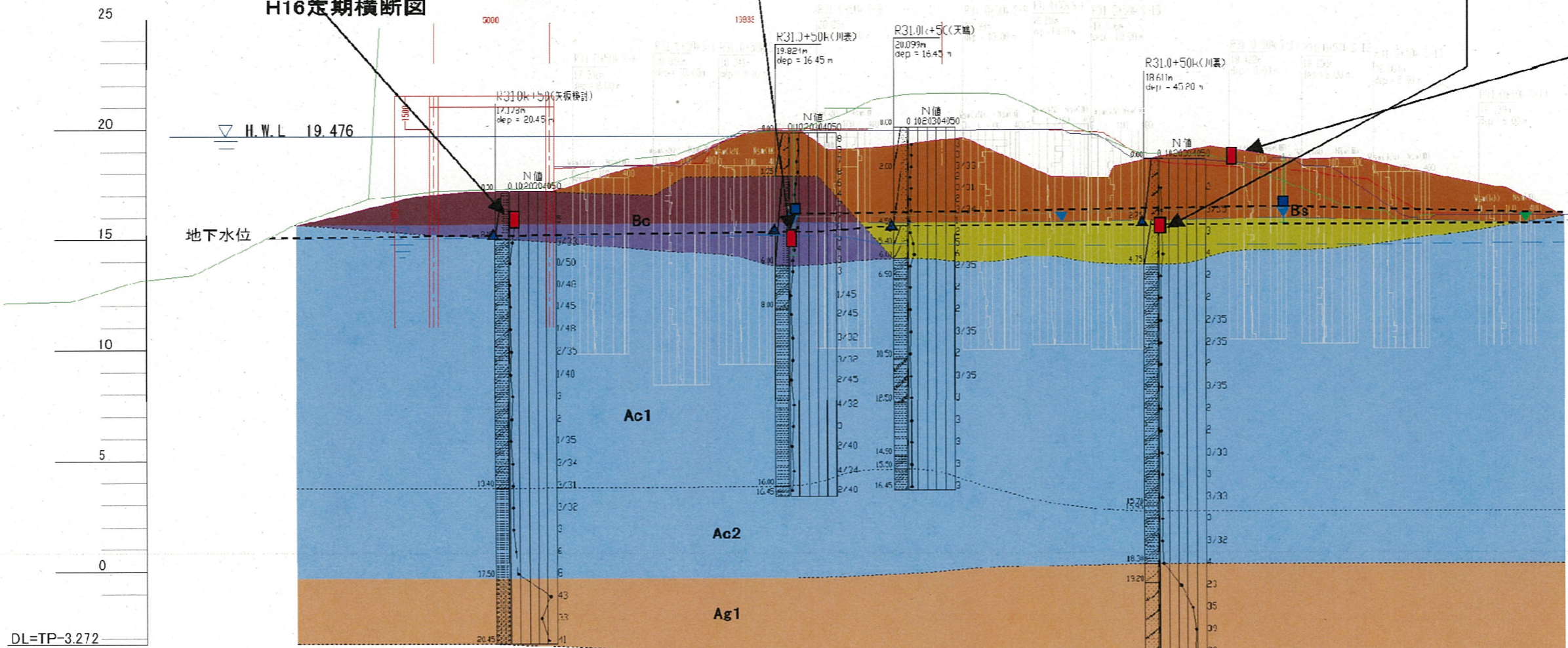
試料番号	ブロックサンプリング(枝野地区S-1)		
採取深度(標高)	川裏堤体(砂質土)		
自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
11.0	2.699	1.856	38.5
コンシステンシー			
液性限界LL(%)	塑性限界PL(%)	塑性指数IP	
-	-	-	
三軸Cubar(現場密度)			
C(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$		
0.0	27.76		



試料番号	R31.0+50(川裏)T3(シンウォールサンプリング)		
採取深度(標高)	3.00 m ~ 3.80 m (TP+ 15.611 m ~ 14.811 m)		
自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
26.8	2.742	1.629	64.5
コンシステンシー			
液性限界LL(%)	塑性限界PL(%)	塑性指数IP	
34.6	21.2	13.4	
三軸Cubar(現場密度)			
C(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$		
4.8	34.78		



H16定期横断面図



⑩開削調査箇所での土質試験等結果

表一現場密度試験結果一覧表

	地点番号	含水比 w _n %	湿潤密度 ρ _t g/cm ³	乾燥密度 ρ _d g/cm ³	単位体積重量 γ _t kN/m ³	乾燥単位体積重量 γ _d kN/m ³	D値 %	透水係数 k cm/sec
①	A-IV-6~A-V-6	20.1	1.601	1.333	15.690	13.063	95.078	-
②	B-III-6~B-IV-6	21.1	1.669	1.378	16.356	13.504	98.288	-
③	C-I-5~C-III-5	41.1	1.571	1.114	15.396	10.917	79.458	5.09 × 10 ⁻⁴
④	C断面旧堤体盛土	40.2	1.656	1.181	16.229	11.574	-	-

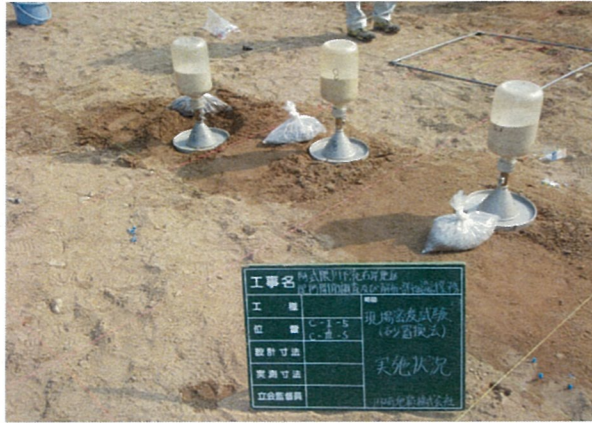


写真-現場密度試験
(砂置換法)

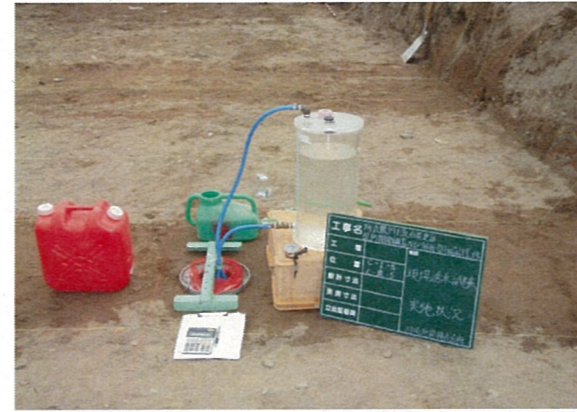
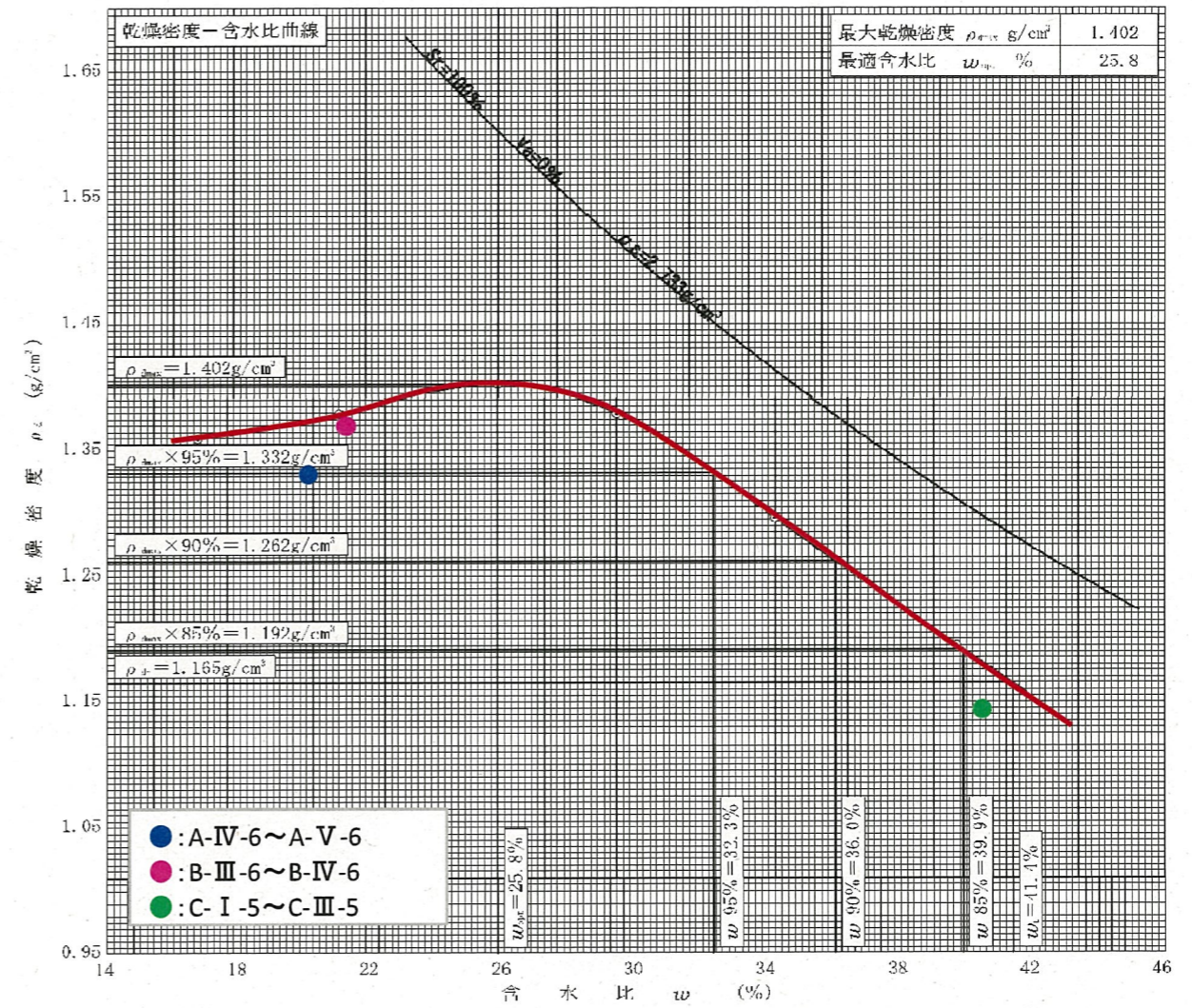
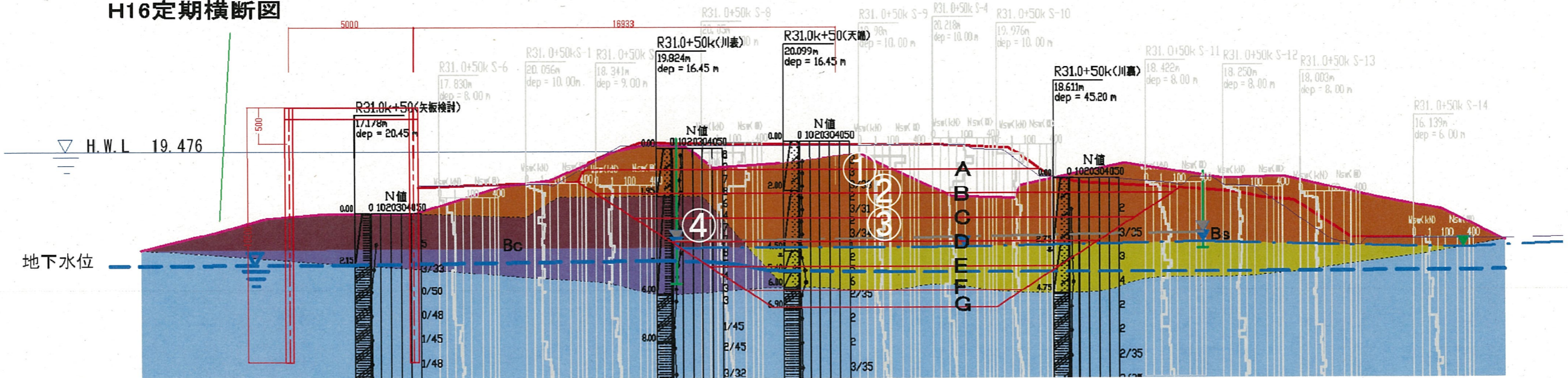


写真-現場透水試験



図一締固め曲線

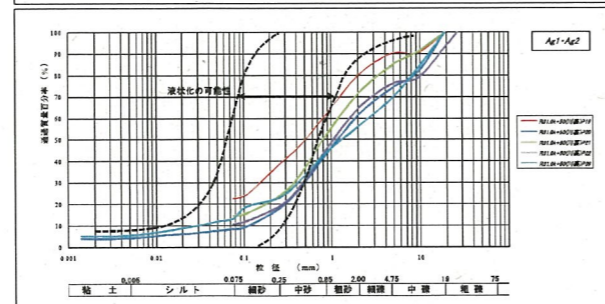
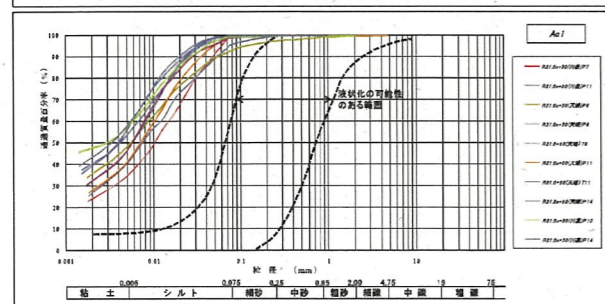
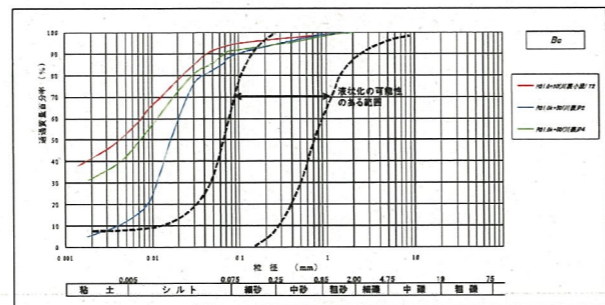
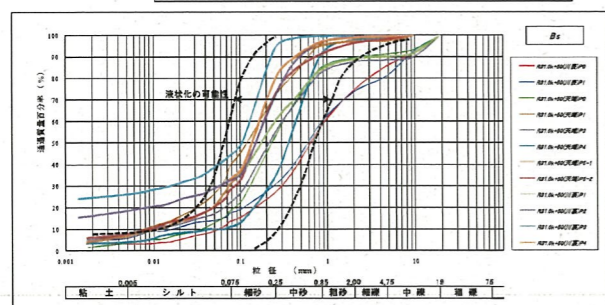
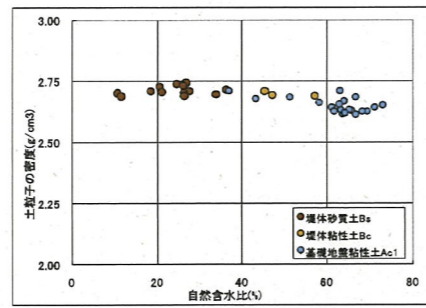
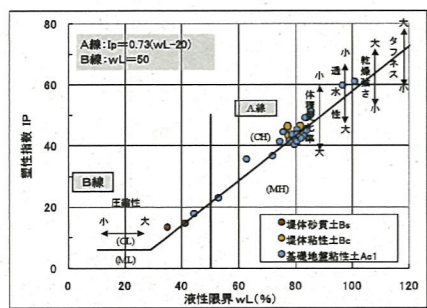
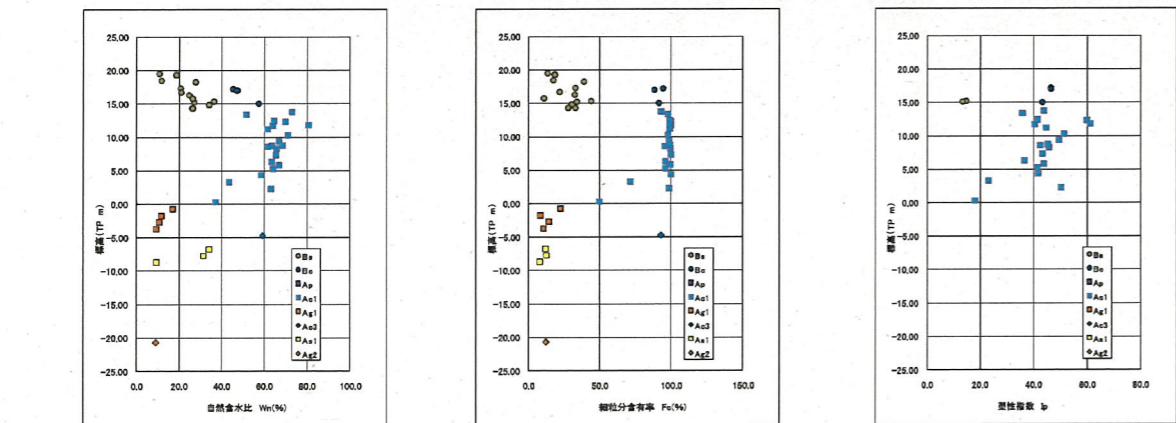
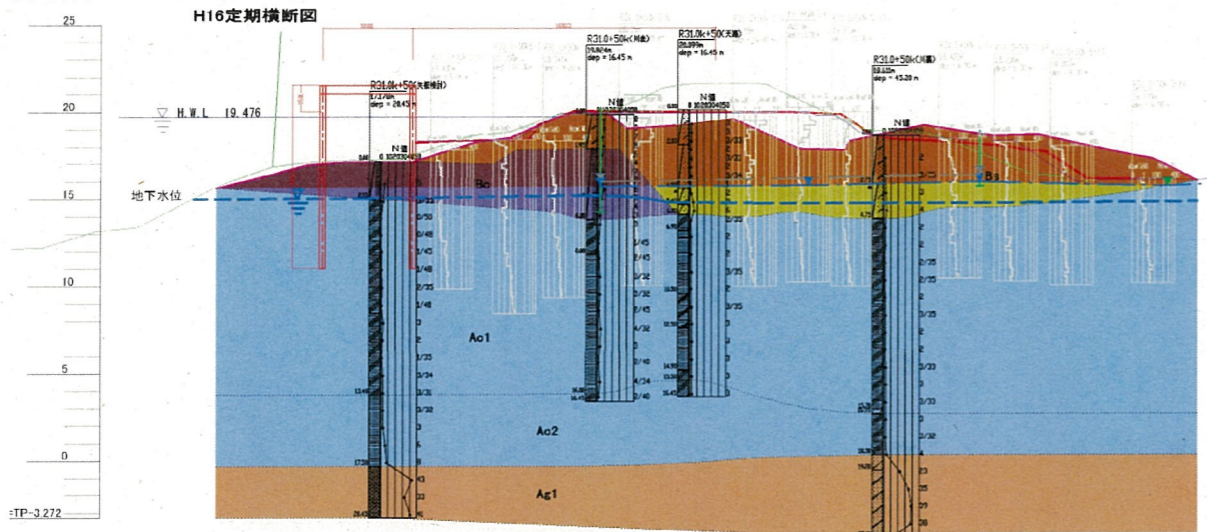
H16定期横断図



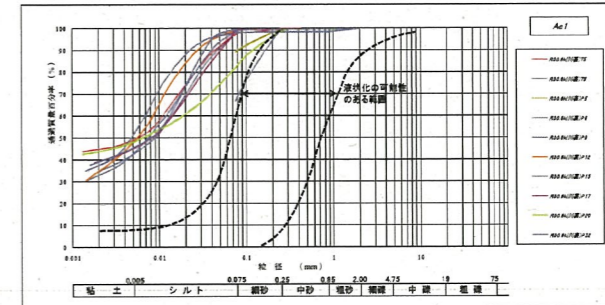
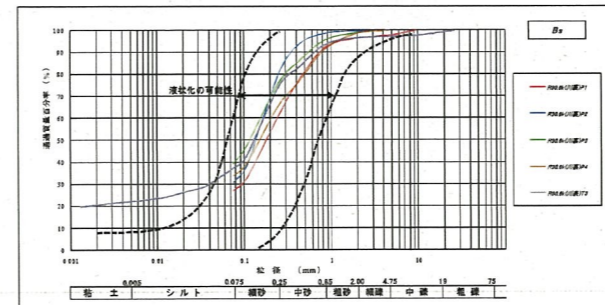
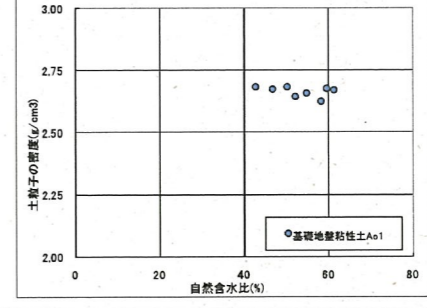
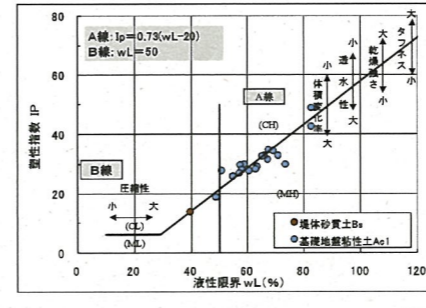
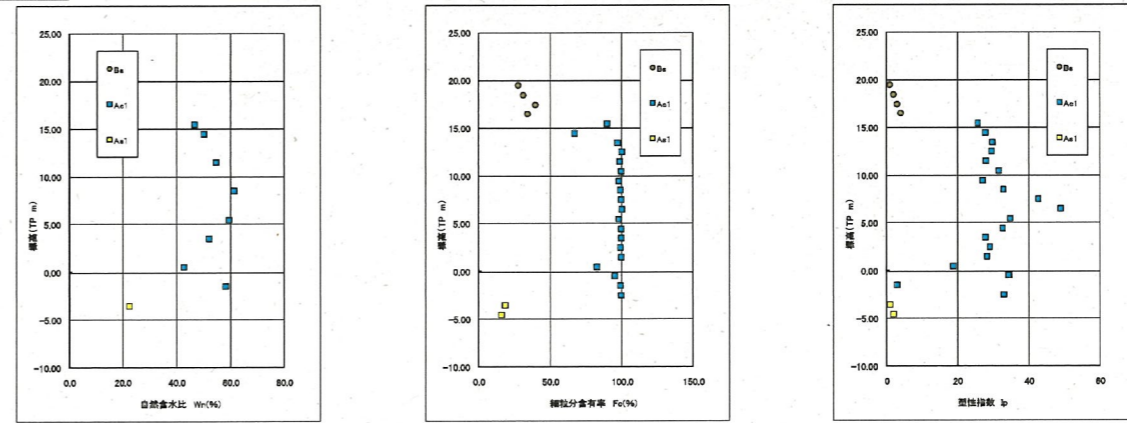
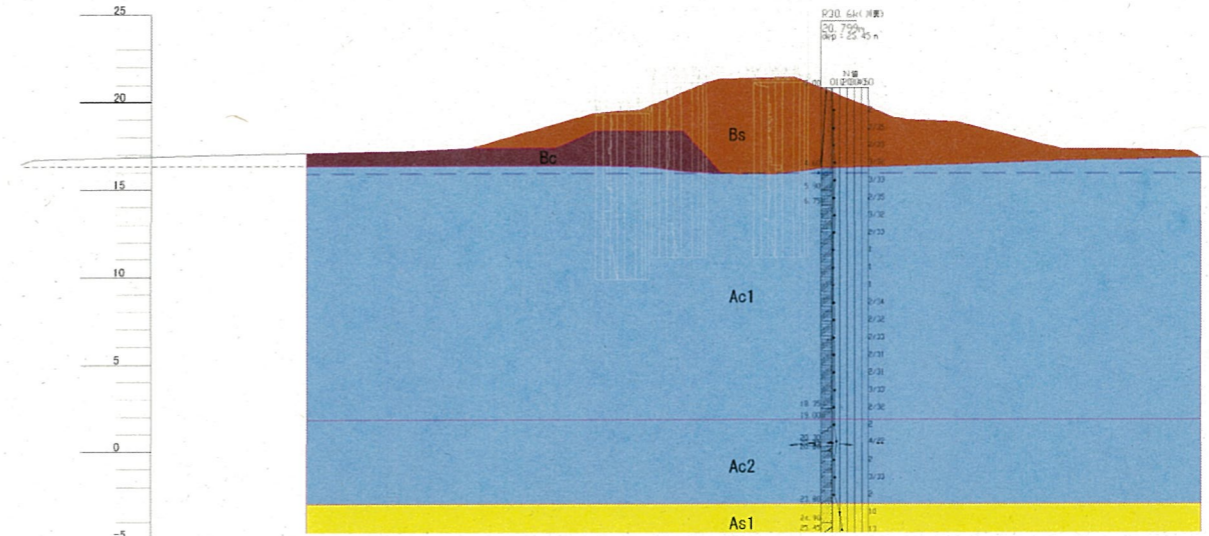
図一原位置試験位置図

⑤土質調査関連

被災箇所 R31.0k+50

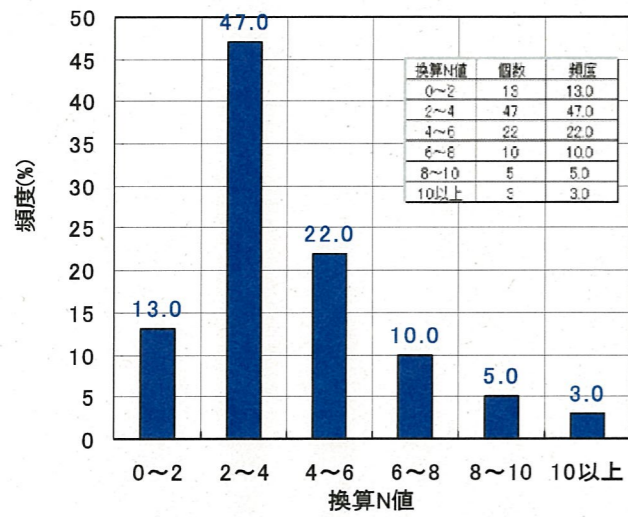


無被災箇所 R30.6k

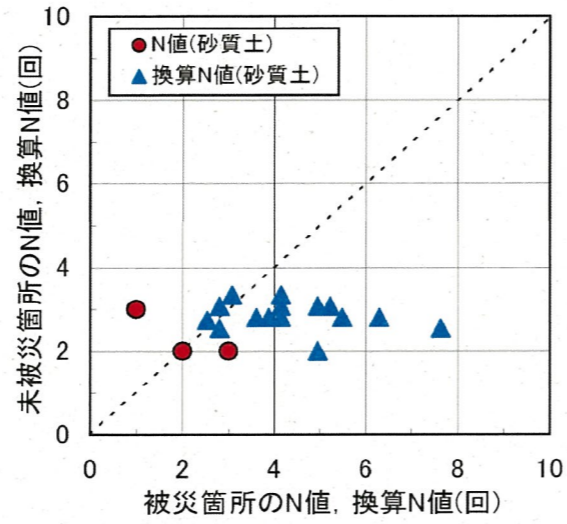


⑥土質調査関連

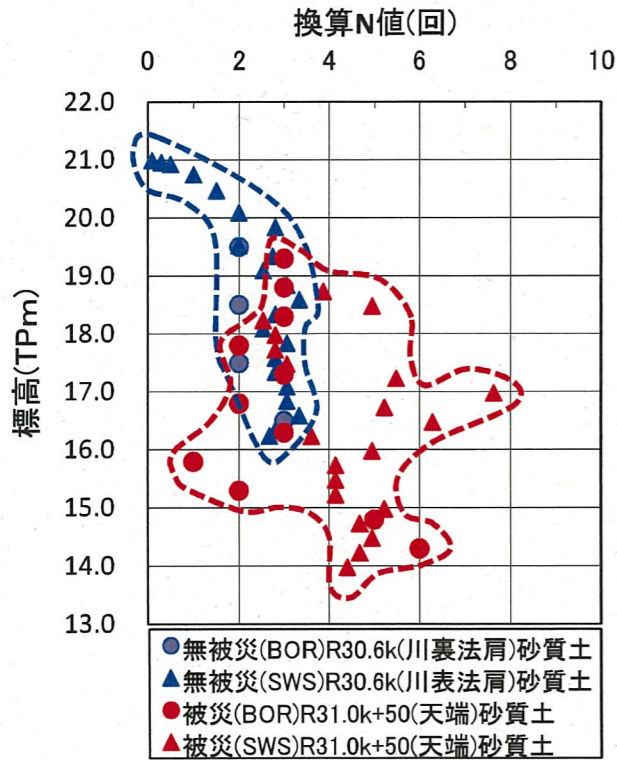
堤体砂質土の換算N値深度分布図(被災・無被災の比較)



(a)被災箇所のN値の頻度分布図



(b)被災箇所と未被災箇所のN値比較図

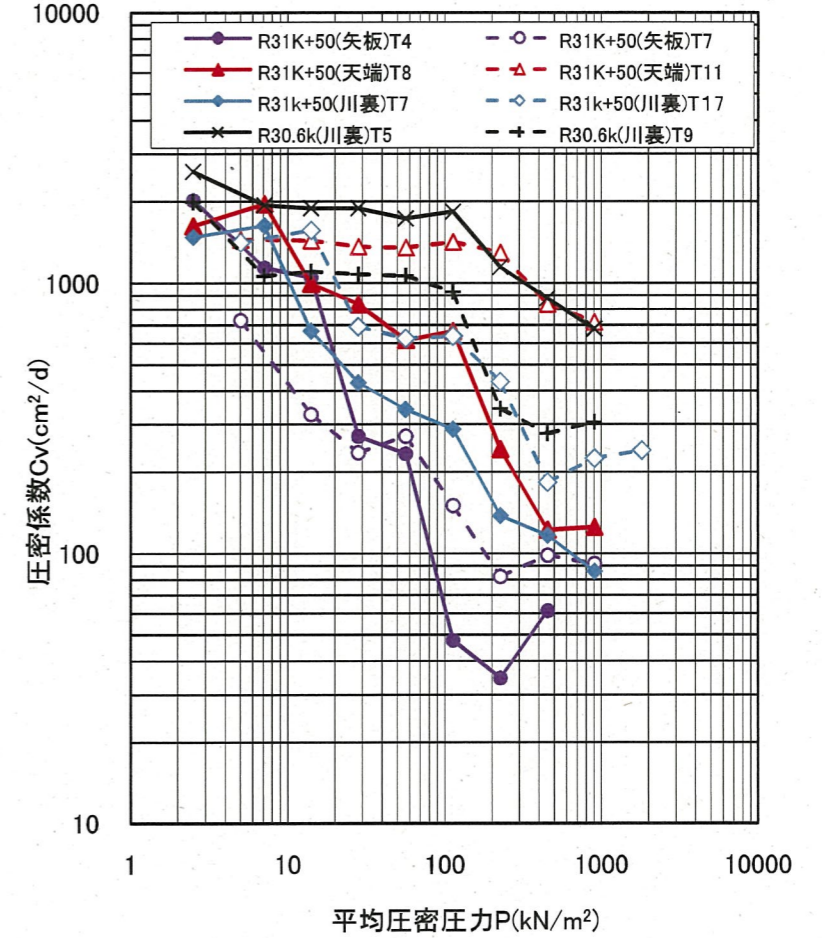
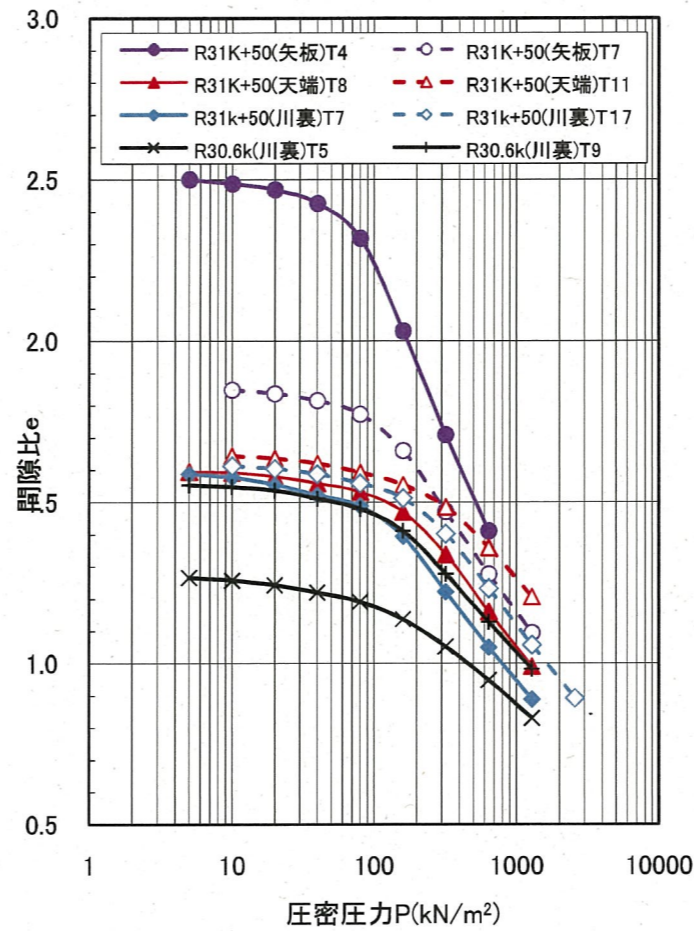


(c)N値深度分布図

代表断面						無被災					
BOR R31.0k+50(天端)			SWS R31.0k+50 S-9			BOR R30.6k(川裏)			SWS R30.6k S-1		
深度(m)	標高(m)	N値	深度(m)	標高(m)	換算N値	深度(m)	標高(m)	N値	深度(m)	標高(m)	換算N値
0.80	19.30	3	0.75	19.23	18.08	1.30	19.50	2	0.09	21.00	0.10
1.30	18.80	3	1.00	18.98	10.84	2.30	18.50	2	0.13	20.96	0.30
1.80	18.30	3	1.25	18.73	3.88	3.30	17.50	2	0.16	20.93	0.50
2.30	17.80	2	1.50	18.48	4.95	4.30	16.50	3	0.34	20.75	1.00
2.80	17.30	3	1.75	18.23	2.54				0.62	20.47	1.50
3.30	16.80	2	2.00	17.98	2.80				1.00	20.09	2.00
3.80	16.30	3	2.25	17.73	2.80				1.25	19.84	2.80
4.30	15.80	1	2.50	17.48	3.07				1.57	19.52	2.00
4.80	15.30	2	2.75	17.23	5.48				1.75	19.34	2.74
5.30	14.80	5	3.00	16.98	7.63				2.00	19.09	2.54
5.80	14.30	6	3.25	16.73	5.22				2.25	18.84	3.07
			3.50	16.48	6.29				2.50	18.59	3.34
			3.75	16.23	3.61				2.75	18.34	2.80
			4.00	15.98	4.95				3.00	18.09	2.54
			4.25	15.73	4.14				3.25	17.84	3.07
			4.50	15.48	4.14				3.50	17.59	2.80
			4.75	15.23	4.14				3.75	17.34	2.80
			5.00	14.98	5.22				4.00	17.09	3.07
			5.25	14.73	4.68				4.25	16.84	3.07
			5.50	14.48	4.95				4.50	16.59	3.34
			5.75	14.23	4.68				4.75	16.34	2.80
			6.00	13.98	4.41				4.85	16.24	2.67

(d)標準貫入試験結果及びスウェーデン式サウンディング結果

基礎地盤(粘性土層)の圧密特性(被災・無被災の比較)



枝野地区-旧堤(Bc層)部の強度比較

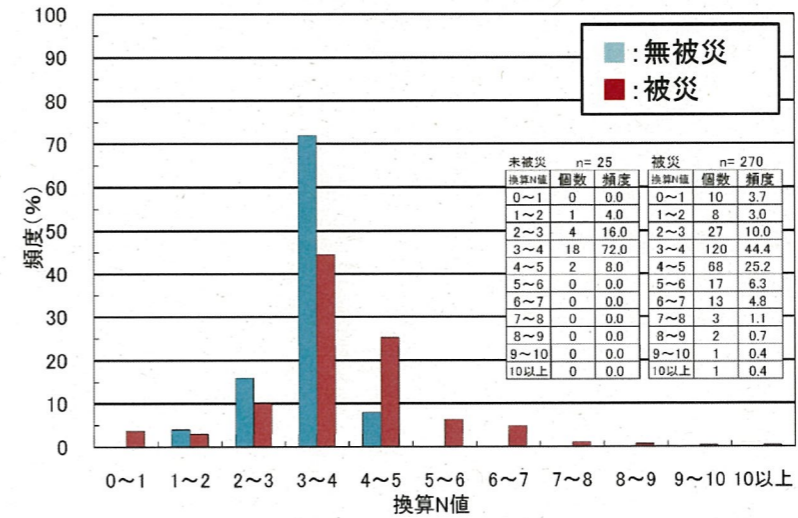
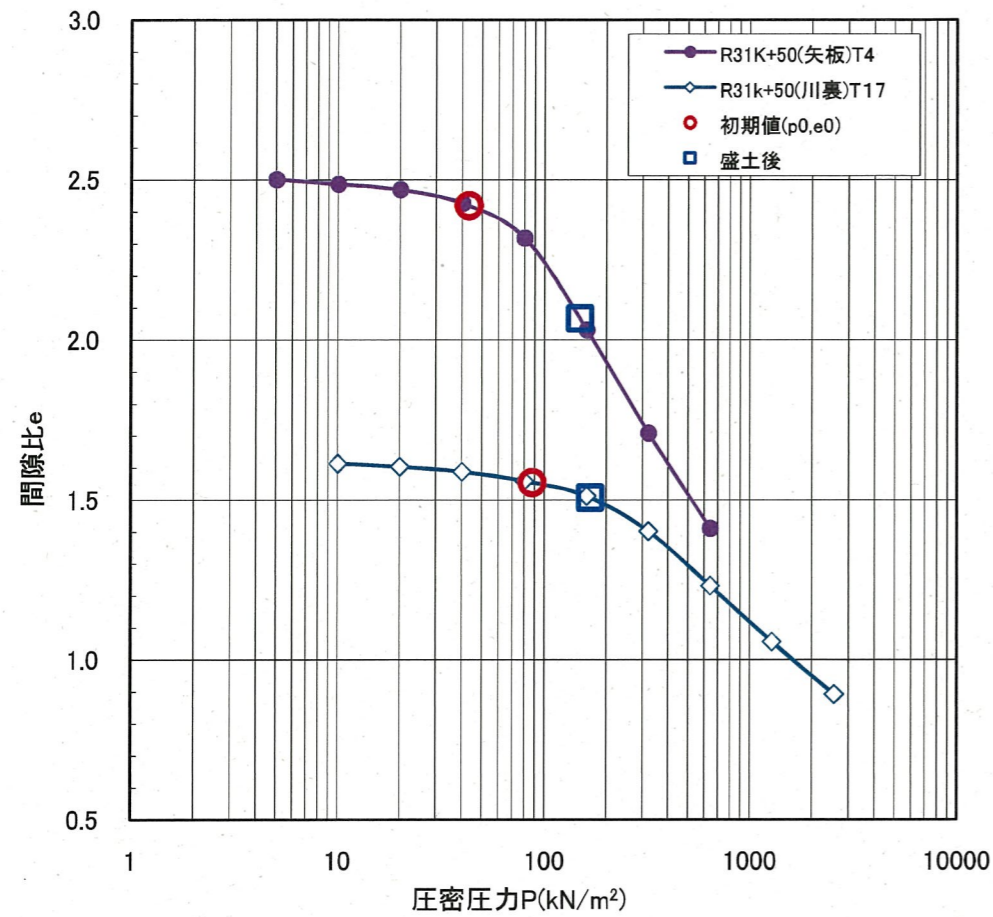


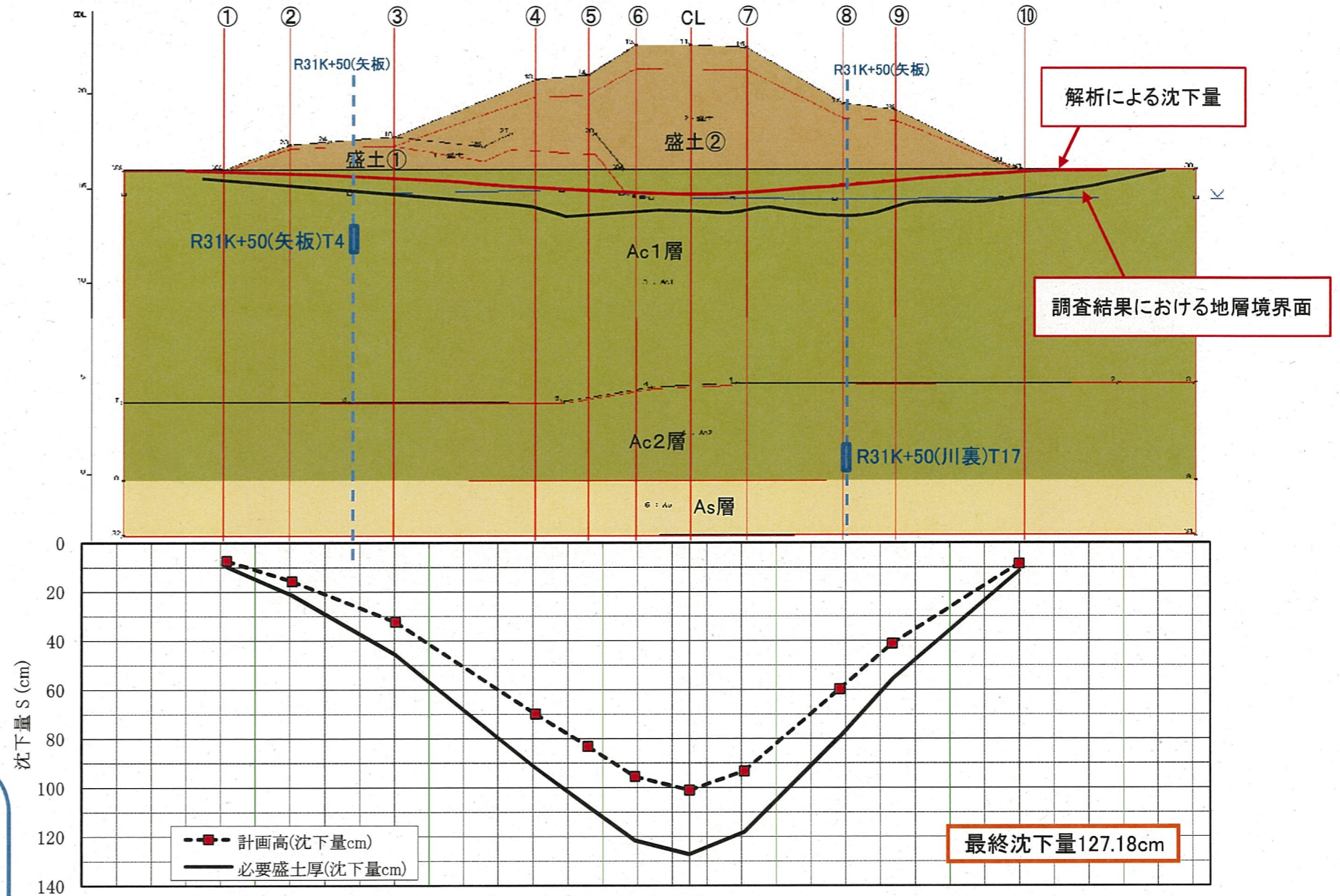
図-旧堤防(粘性土)における強度比較図

図-被災箇所のN値と未被災箇所のN値についての関係図

⑥土質調査関連



圧密沈下想定横断面図 (R31. 0K+50地点)



【計算条件】

- ①盛土
沈下後に計画高となるように沈下量を嵩上げた盛土形状(必要盛土厚)にて計算
- ②地下水位
2重締切り施工前に実施したボーリング調査にて確認した水位
- ③沈下対象層
表層より確認できる沖積軟弱粘性土(Ac1層、Ac2層)とした
- ④圧密特性
沈下計算に用いた圧密試験データは以下の地点の結果とした

Ac1層: 盛土(堤防)による圧密の影響の少ない地点の結果を採用
R31.0K+50(矢板検討) T4(4.00~4.80m)

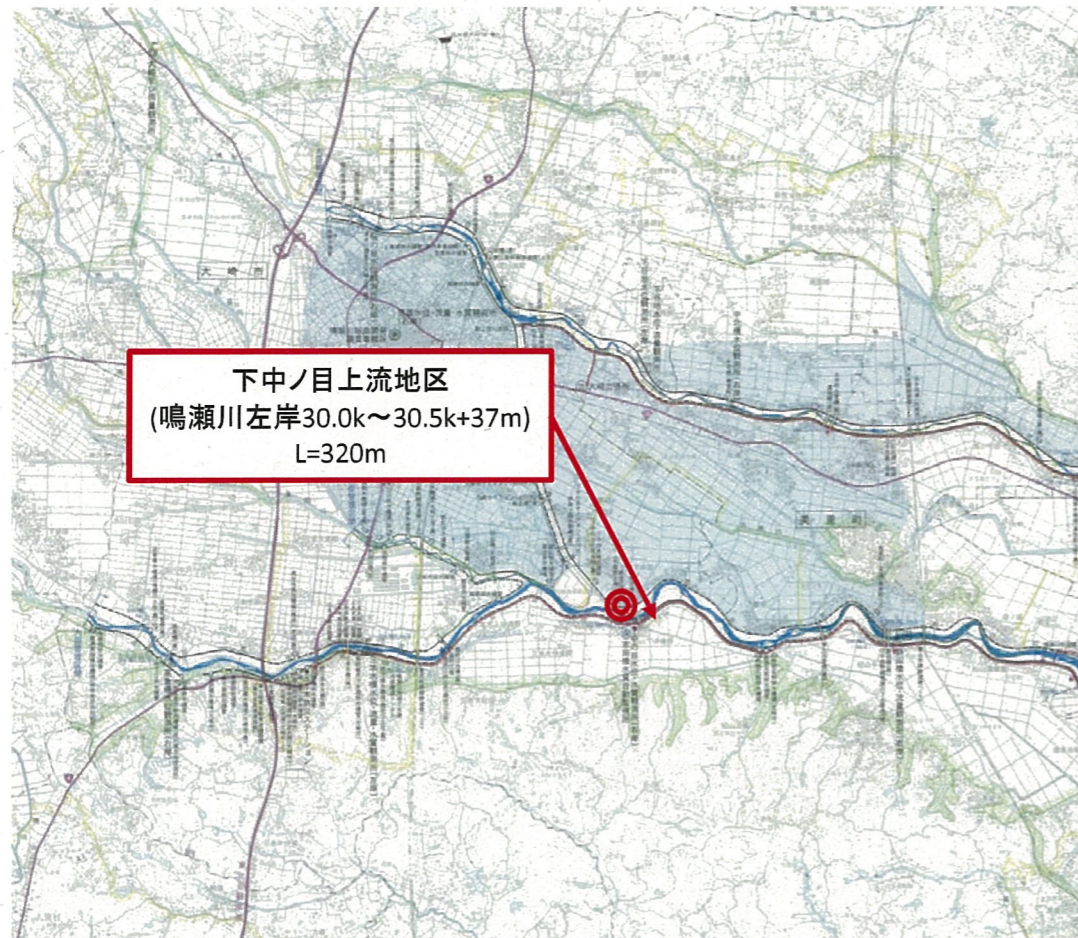
Ac2層: 試料採取を実施し、圧密試験を実施した地点の結果を採用
R31.0K+50(川裏) T17(17.00~17.80m)

沈下量算定位置			沈下量(cm)			圧密度90%到達時間		備考
番号	位置	距離	全沈下量			(日数)	(年数)	
			計画高(沈下量cm)	嵩上げ量(cm)	必要盛土厚(沈下量cm)			
①	L側法尻	-26.64	7.35		9.74			
②	L側盛土法肩	-22.86	15.69	30.0	21.42	2,005	5.5	旧堤:築堤年数不明
③	L側小段法尻	-16.94	32.36	50.0	45.76	2,618	7.2	
④	L側小段法肩	-8.86	69.85	100.0	91.79	4,076	11.2	新堤:S27~33築堤
⑤	L側盛土小断法尻	-5.86	83.20	110.0	107.66	4,298	11.8	
⑥	L側盛土法肩	-3.16	95.50	130.0	121.56	4,293	11.8	
CL	センター	0.00	101.01	130.0	127.18	3,969	10.9	
⑦	R側盛土法肩	3.16	93.31	120.0	118.08	3,565	9.8	
⑧	R側小段のり尻	8.66	59.79	80.0	79.31	2,751	7.5	
⑨	R側小段法肩	11.69	41.22	60.0	55.80	2,326	6.4	
⑩	R側盛土法尻	18.99	8.52		11.46			

堤防開削調査の目的と調査結果

地区名: 鳴瀬川 下中ノ目上流地区

確認項目	当初想定事項	開削調査結果	備考
①亀裂の到達深度やブロック化した堤防の状態	亀裂が堤体下部まで到達し、亀裂部には液状化し砂質土が見られる。また、亀裂によりブロック化した堤体土は、閉封飽和域とその上部で強度等が異なる	堤体下部まで到達する亀裂が確認された 亀裂部に液状化した砂質土が確認された ブロック化した堤体下部(B2-C)は、閉封飽和域の想定されるB2-S層、B1-L層にめり込んでいる状況が確認された。	
②閉封飽和域の地下水位等	閉封飽和域の地下水位高は、地下水観測結果で把握できているのか？	水位確認トレンチで地下水位を確認した(中央TP+14.45m、川裏TP+14.4m)	開削前の水位観測孔の水位はTP+15.4mであり、開削作業中に水位が低下した可能性がある
③堤体下面の圧密沈下状況(基礎地盤の位置)	閉封飽和域を形成する下面(基礎地盤上面)の高さ、形状は事前の土質調査で抑えられているのか？ また、基礎地盤上面の著しい変形はないか？	基礎地盤上面の高さ、形状をトレンチ掘削で確認した ・地層確認トレンチでTP+13.0m ・基礎地盤Ac1の上面は川裏から天端に向かって下がっており、著しい変形は確認されていない。 (スケッチ図、写真参照)	
④堤体下部からの噴砂の上昇(砂脈の形成)等	液状化により閉封飽和域から上昇した砂脈の材質及び方向の確認等	砂脈の材質及び方向が確認された ・液状化砂の土質試験結果: $\rho_s=2.644g/cm^3$ 、 $W_n=41.6\%$ 、 $\rho_t=1.726g/cm^3$ 、 $FC=23.3\%$ 、 $D_{50}=0.27mm$ ・砂脈の方向: 堤体下部から川裏上方に向かうものと、亀裂沿いに上方に向かうものが確認された(スケッチ図、写真参照)	
⑤その他追加調査	想定した閉封飽和域の規模と開削で確認できた閉封飽和域の規模		

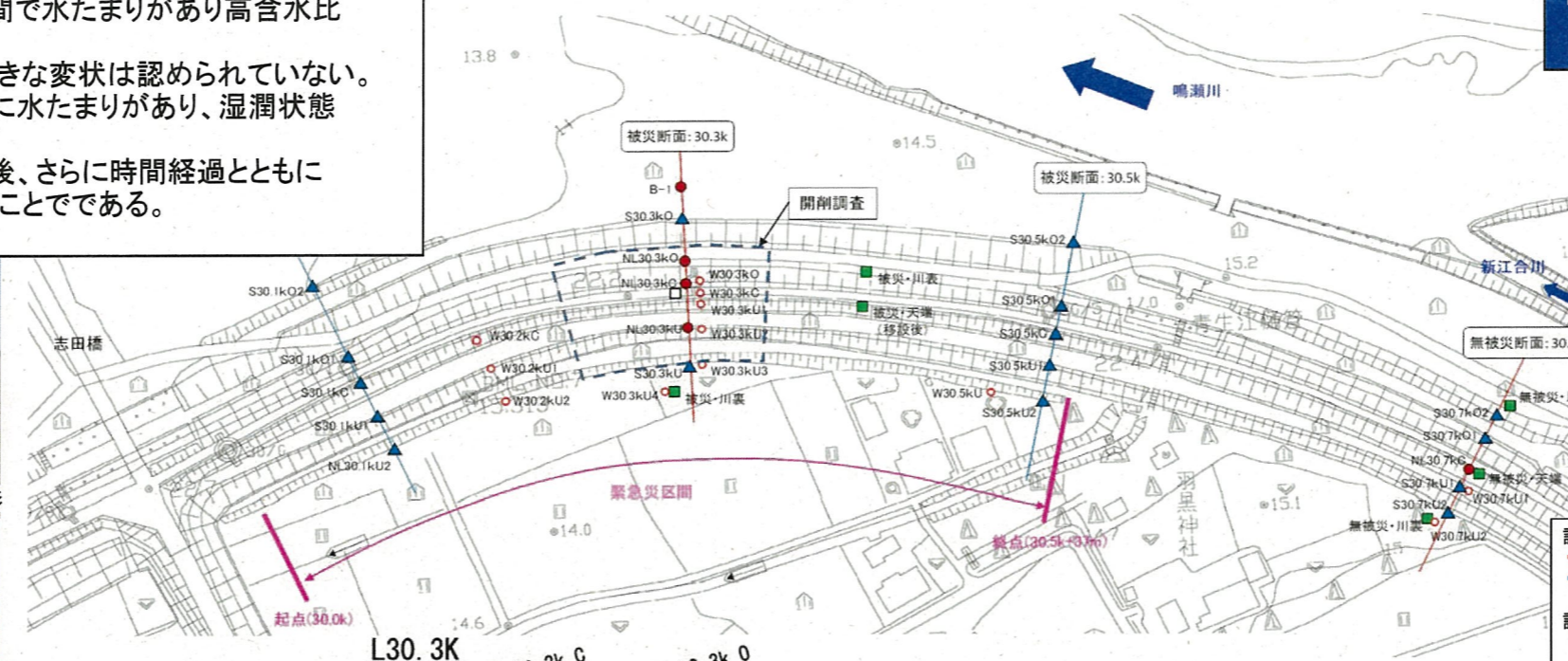


《案内図 北上川下流河川事務所管内図》



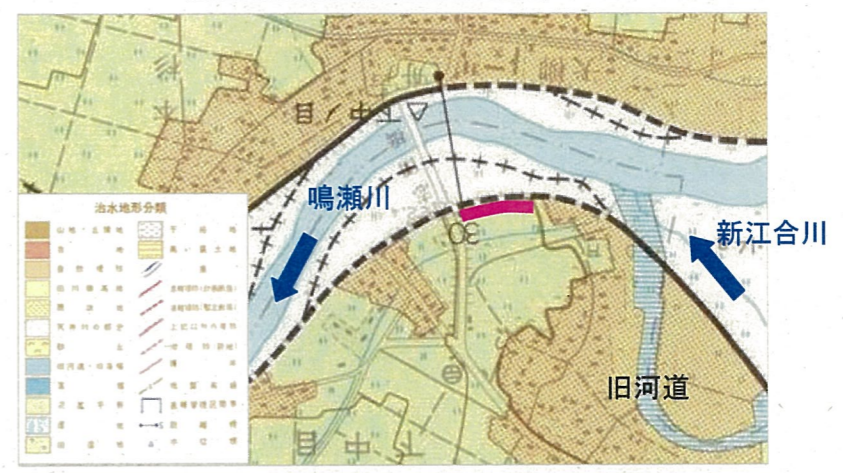
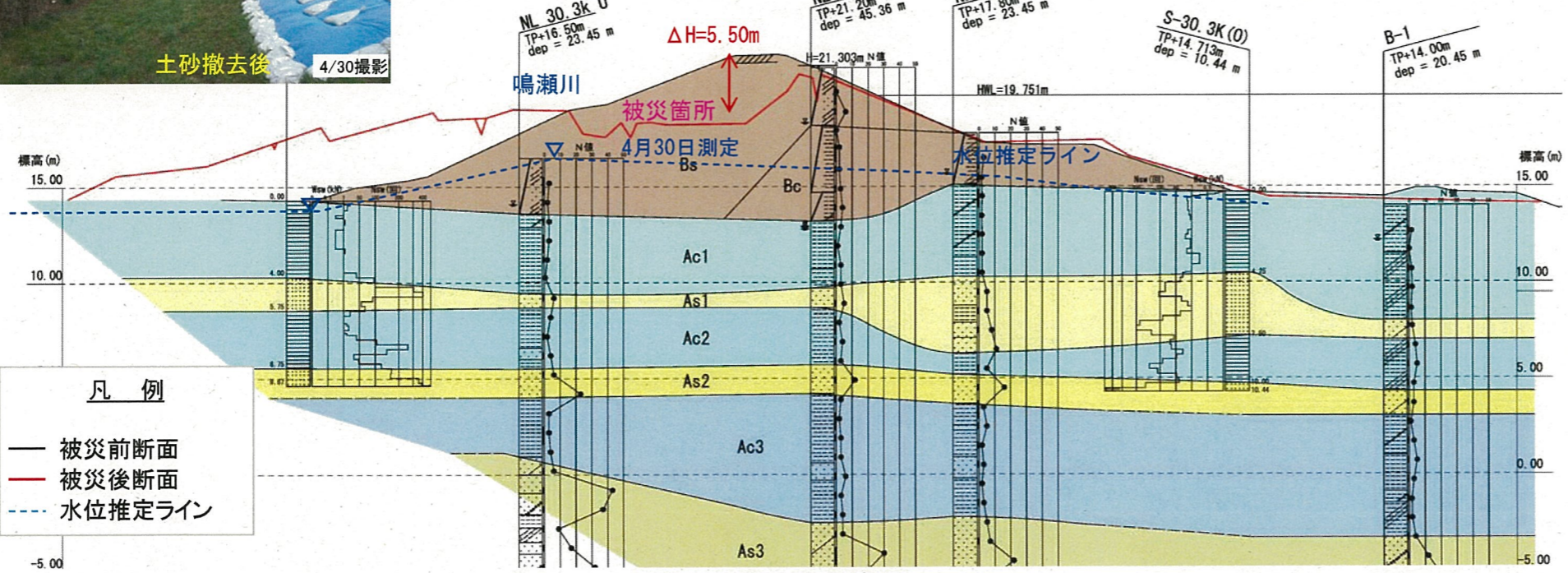
156: 下中ノ目上流地区
鳴瀬川左岸30.0k~30.5k+37m

- 川裏法尻は噴砂が認められ、一連区間で水たまりがあり高含水比状態であった。
- 川表法面はクラックは認められたが大きな変状は認められていない。
- 住民の話では、裏法尻付近は日常的に水たまりがあり、湿潤状態とのことである。
- 住民の話では、被災直後に裏法変状後、さらに時間経過とともに徐々にほらみだしが進行していたとのことである。



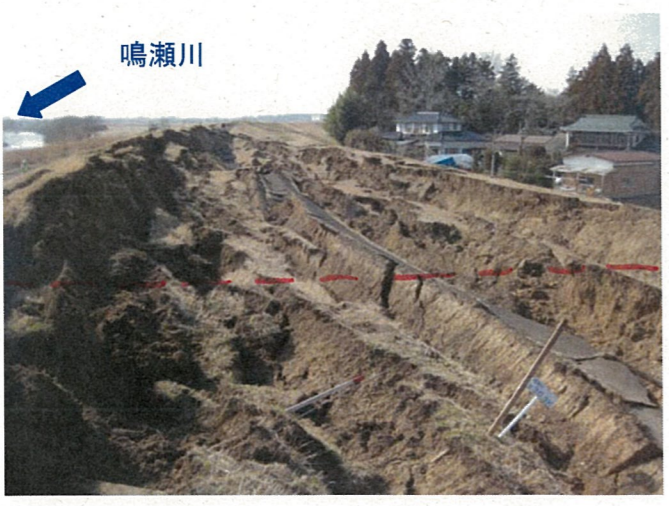
凡例

調査断面	
—	ボーリング+サウンディング
—	サウンディング
調査項目	
●	ボーリング
●	ボーリング(既往)
▲	スウェーデン式サウンディング
▲	サウンディング(その他)
▲	スウェーデン式サウンディング(既往)
○	水位観測孔
■	地震計



被災箇所は、氾濫平野に位置する。旧堤より引堤した築堤区間に該当する。

写真① 裏法は幾重にも縦断クラックが発生するとともにほらみだしが見られる



写真② クラック内は水たまり、高含水の砂質土が充填されている



東北地方太平洋沿岸地震：堤防・護岸・氾濫状況踏査報告(その2)：国土技術政策総合研究所，H23.3.14

写真③ 裏法のほらみだしが見られる

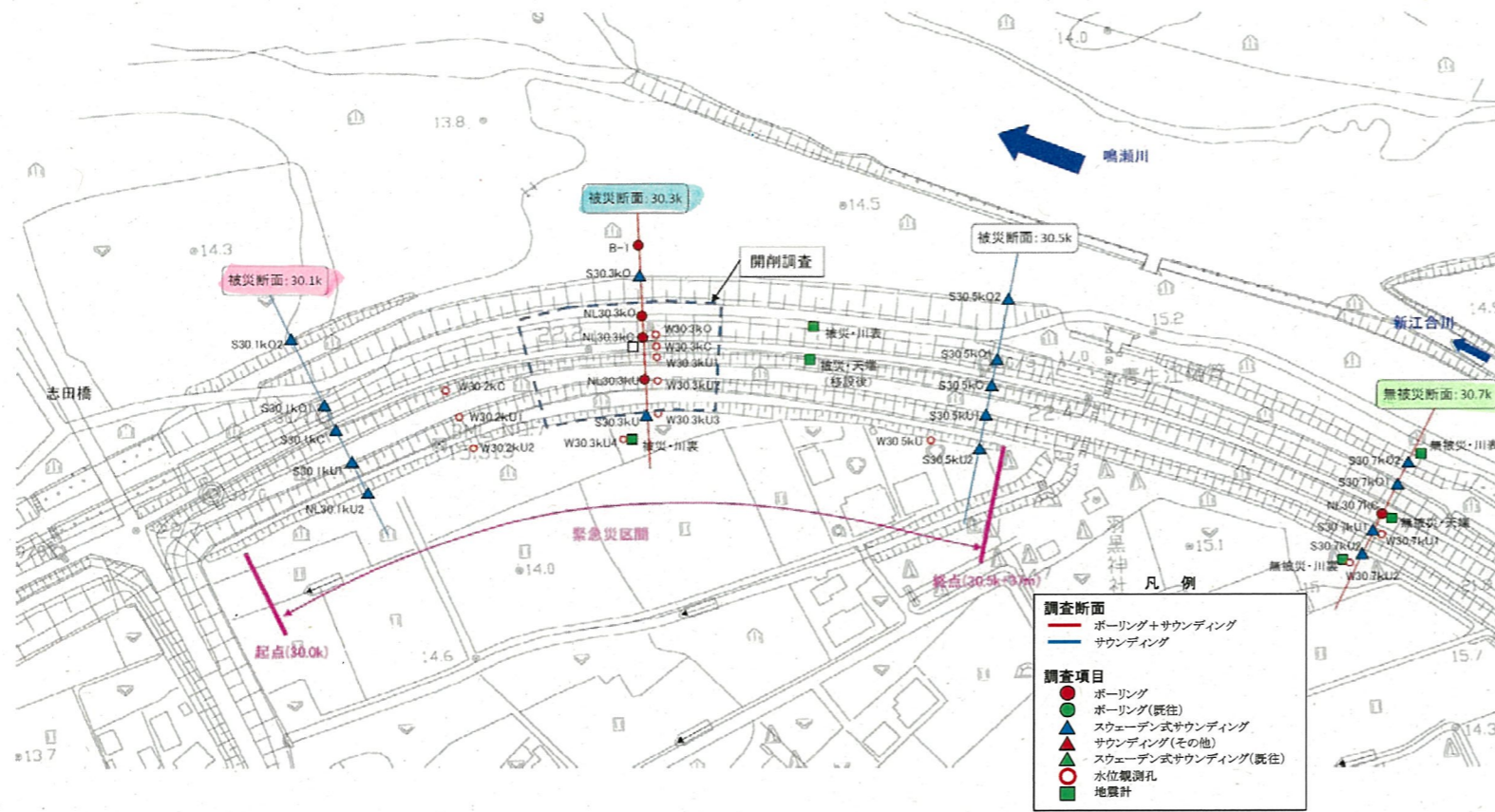


写真④ 裏法尻のほらみだし状況 末端部ではほらみだしが見られる

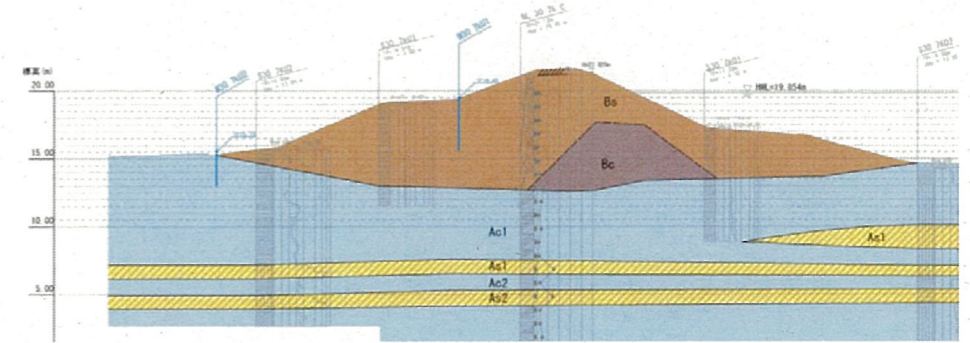


東北地方太平洋沿岸地震：堤防・護岸・氾濫状況踏査報告(その2)：国土技術政策総合研究所，H23.3.14

156: 下中ノ目上流地区
鳴瀬川左岸30.0k~30.5k+37m



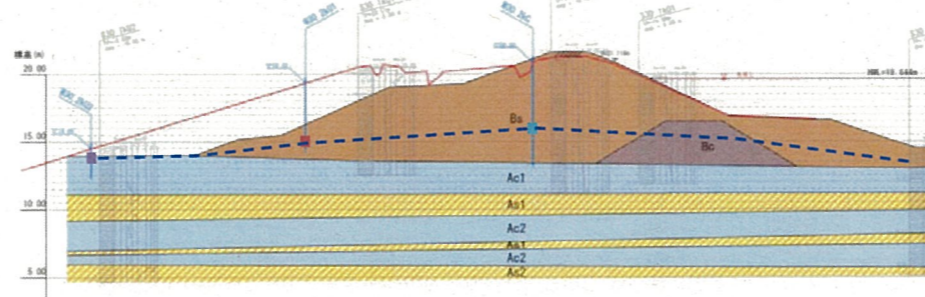
無被災断面 左岸30.7k



堤体内水位は確認されていない

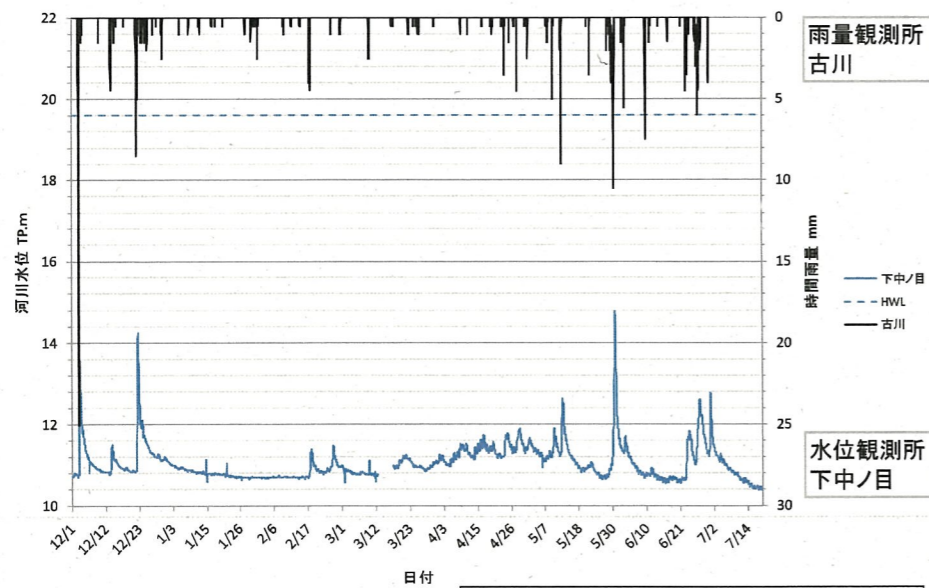
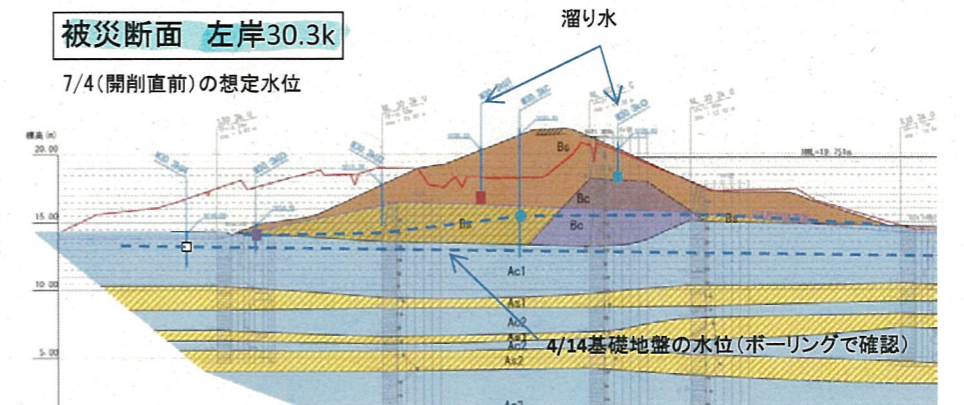
被災断面 左岸30.1k

7/4(開削直前)の水位

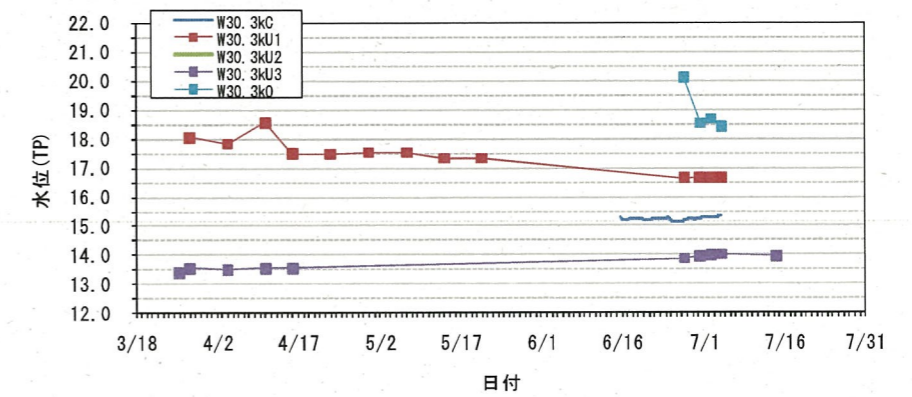
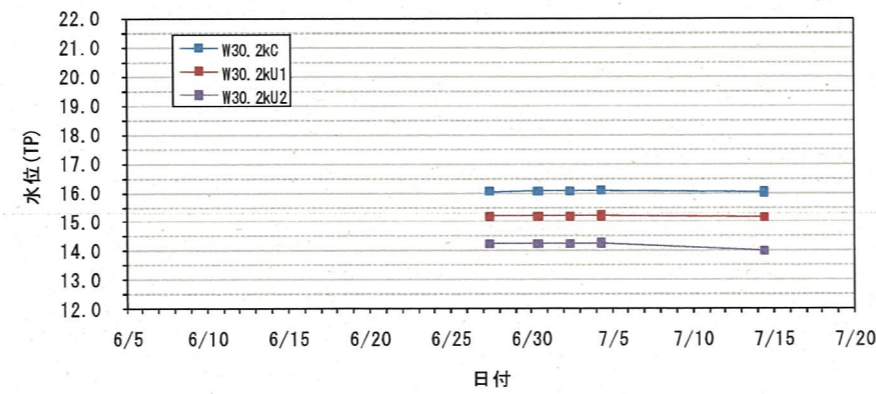


被災断面 左岸30.3k

7/4(開削直前)の想定水位

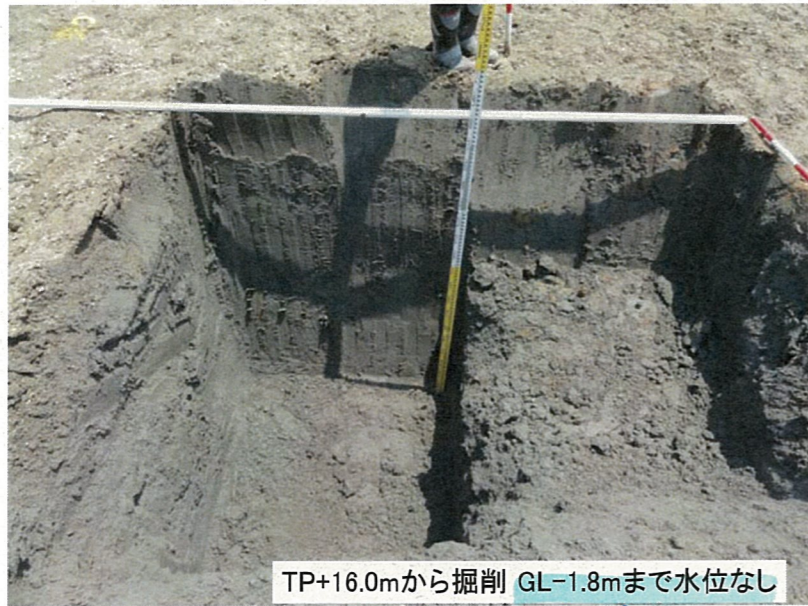


調査地周辺の雨量・河川水位関係



調査位置	河川名: 鳴瀬川	30.1k+71.4m	~ 30.3k+8.1m	左岸	工事名	鳴瀬川水系堤防被災状況把握業務	任意様式-1
記録日	平成 年 月	調査日	平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日				
調査機関名	基礎地盤コンサルタンツ株式会社			調査者名		連絡先Tel	

開削時調査:水位確認トレンチ



TP+16.0mから掘削 GL-1.8mまで水位なし
川表側トレンチ (T.P. (4.2))



TP+16.0mから掘削 水位GL-1.55m(TP+14.45m)
中央トレンチ



TP+16.0mから掘削 水位GL-1.60m(TP+14.40m)
川裏側トレンチ



TP+16.0mから掘削 GL-1.8mまで水位なし
川表側トレンチ



TP+16.0mから掘削
水位GL-1.55m(TP+14.45m)

中央トレンチ



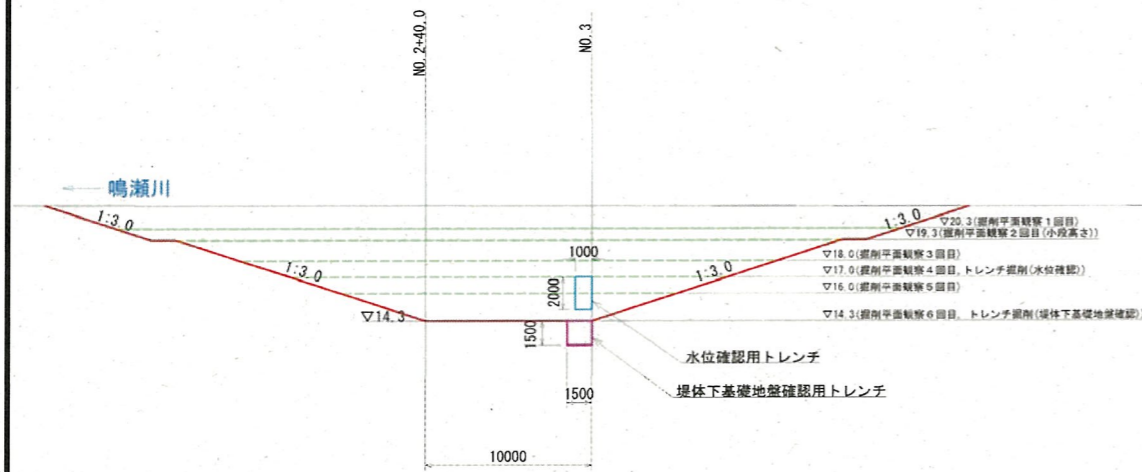
TP+16.0mから掘削 水位GL-1.60m(TP+14.40m)

川裏側トレンチ

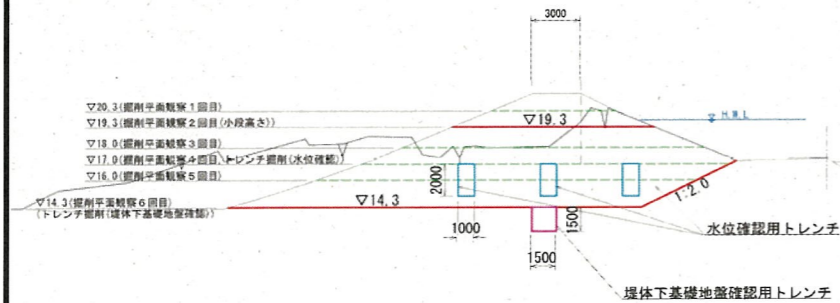
H23.7.13撮影

注) 網掛け部は「様式-1」の入力による挿入される。

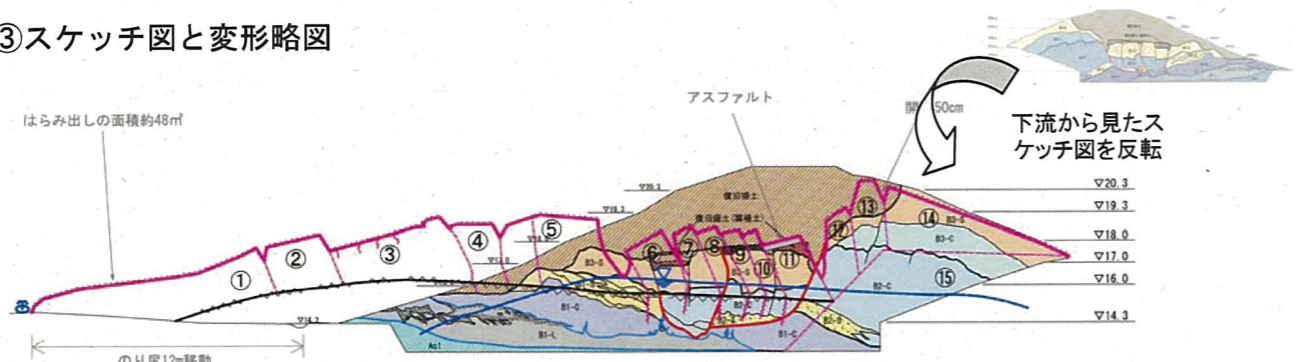
①縦断方向開削



②横断方向開削



③スケッチ図と変形略図

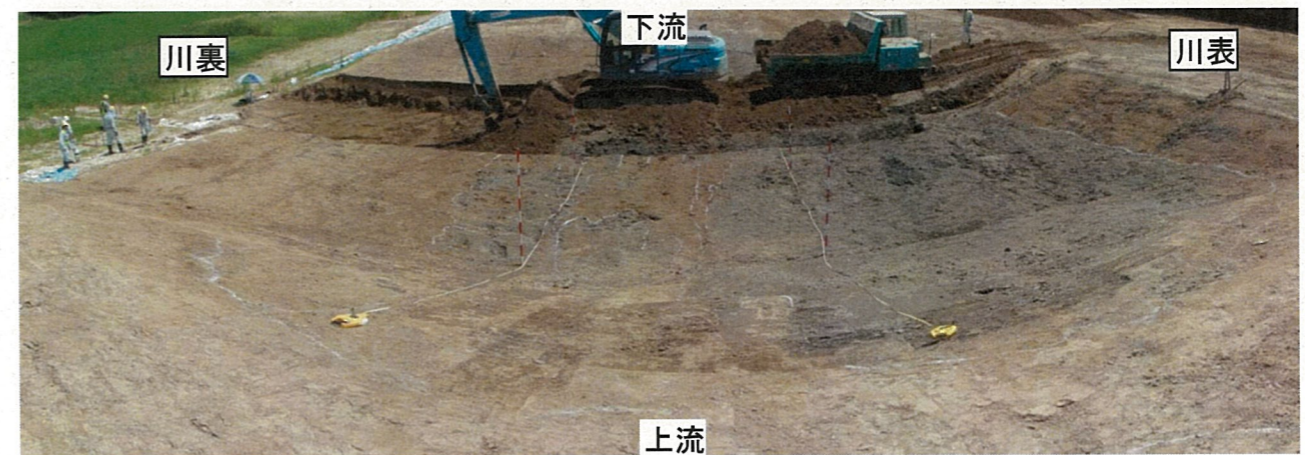


- 〈備考〉
- ①観察時の着目箇所
- A. 堤体の土質分布：堤体の土質分布（砂質土、粘性土）を観察する
 - B. 築堤履歴：腹付け、嵩上げなどの築堤履歴を観察する
 - C. 堤体土基礎地盤の境界：圧密沈下の影響に伴う堤体のめりこみ状況を観察する
 - D. 水ミチの存在：水ミチがあるかどうかを観察する
 - E. 亀裂の状況：堤体内部の亀裂状況を観察する
- ②開削定盤面の観察・スケッチ
- A. 地震に伴い被災した箇所を対象に約1m毎に掘削し、クラック、砂脈等の被災履歴を観察、スケッチを行う
 - B. 掘削はベンチカットにより掘削し、開削底盤、側面の観察、スケッチを行う。
 - C. 観察箇所は、スケッチおよび写真撮影を行う
 - D. 被災想定スケッチを参考とし、被災形状、被災メカニズムを詳細に解明する
 - E. 深度別、土質別に原位置試験、室内土質試験を実施し、堤体土の物理、力学的性質を明らかにする

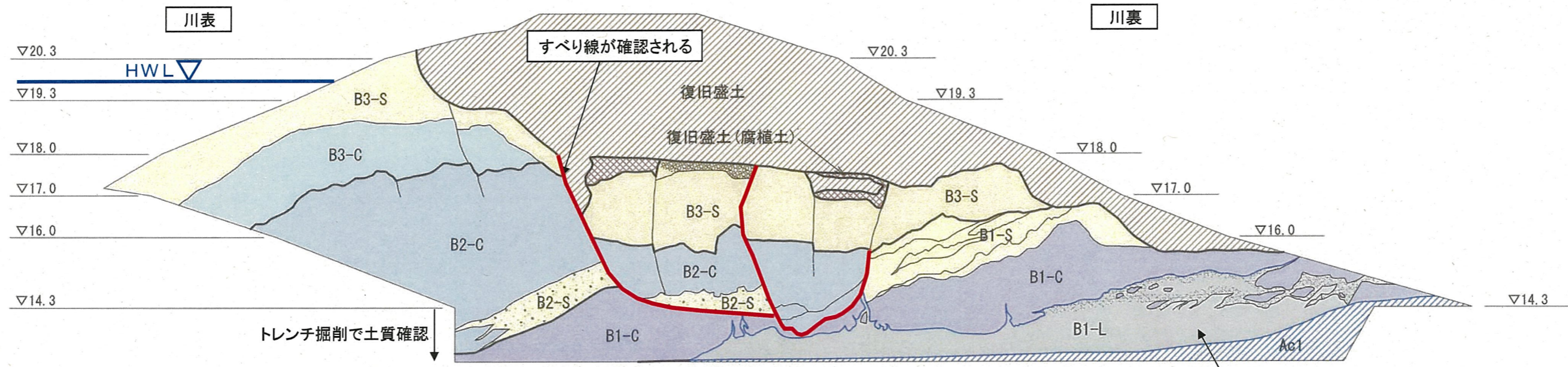
開削全景写真



上流側法面(下流側天端から撮影)

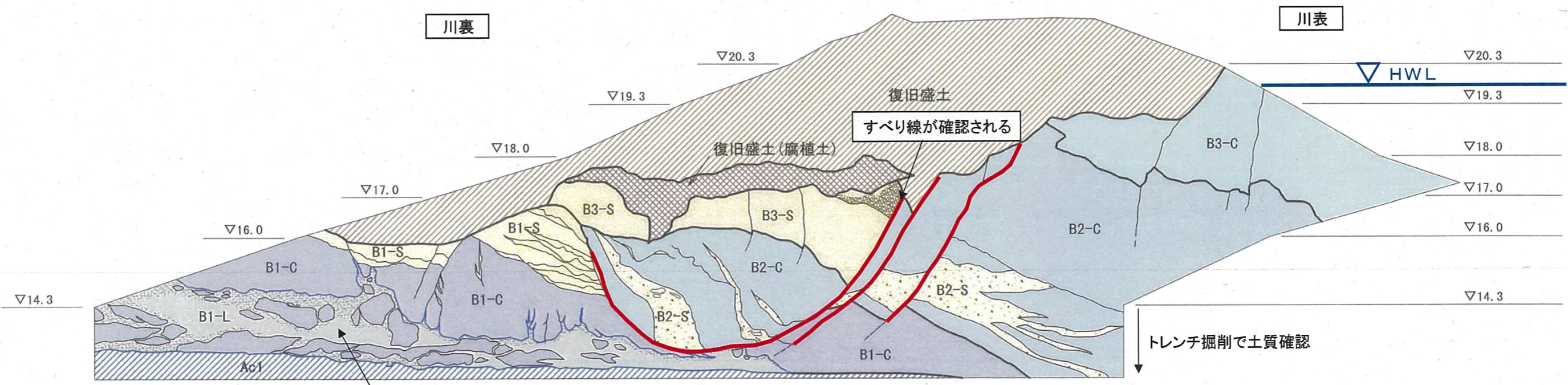


掘削底盤(TP+16.0m) (上流側天端から撮影)



上流側断面

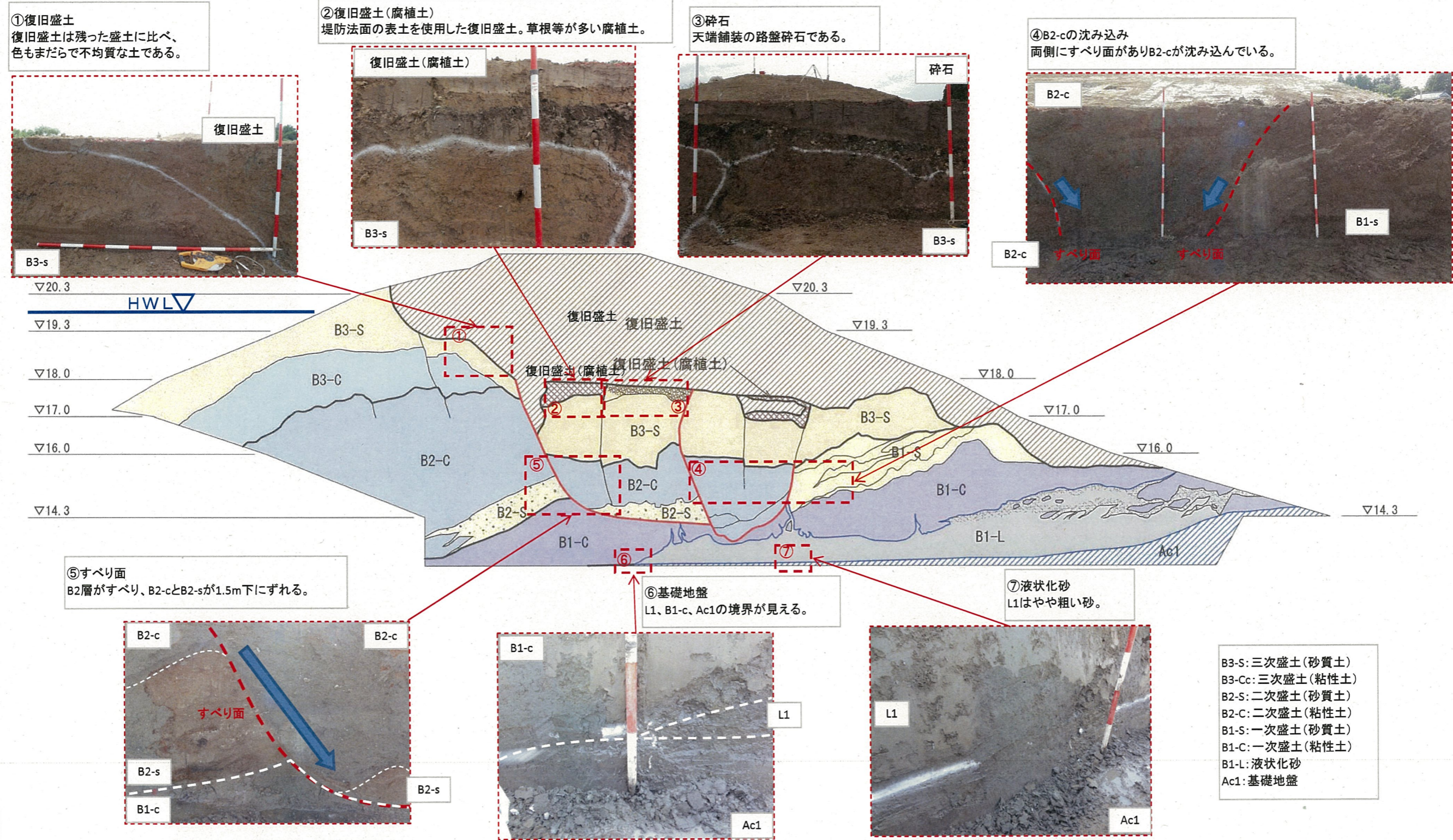
凡 例			
復旧盛土	粘性土	一次盛土	砂質土
	腐植土		粘性土~シルト
三次盛土	砂質土	液状化砂	BC-L
	粘性土	基礎地盤	Ac1
二次盛土	粘性土	すべり面	
	砂質土		
			B1-S
			B1-C
			B3-S
			B3-C
			B2-C
			B2-S



下流側断面

調査位置	河川名: 鳴瀬川	30.1k+71.4m	~ 30.3k+8.1m	左岸	工事名	鳴瀬川水系堤防被災状況把握業務	様式-5'-1
記録日	平成 23 年 7 月 27	調査日	平成 23 年 7 月 4 日 ~ 平成	年	月	日	

開削時調査: 開削面写真・スケッチ等変状詳細



注) 網掛け部は「様式-1」の入力による挿入される。

調査位置	河川名: 鳴瀬川	30.1k+71.4m	~ 30.3k+8.1m	左岸	工事名	鳴瀬川水系堤防被災状況把握業務	様式-7
記録日	平成 23 年 7 月 27	調査日	平成 23 年 7 月 4 日 ~ 平成 年 月 日				
調査機関名	基礎地盤コンサルタンツ株式会社			調査者名	連絡先Tel		

開削時調査:現場密度試験結果

土の密度分布図

試料番号: TP18.0c
採取位置(方法): TP+18.0m(短管によるブロックサンプリング)

自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
39.6	2.648	1.744	94.5
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
62.0	30.2	31.8	
三軸			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.744g/cm^3$	

試料番号: TP17.0s
採取位置(方法): TP+17.0m(短管によるブロックサンプリング)

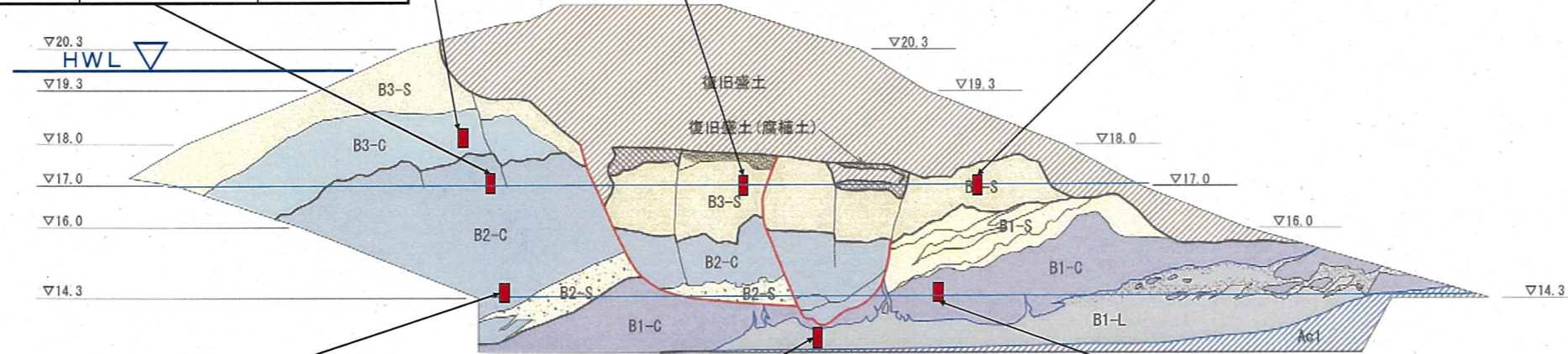
自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
36.3	2.636	1.697	84.8
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
52.4	25.8	26.6	
三軸			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.697g/cm^3$	

試料番号: TP17.0s
採取位置(方法): TP+17.0m(短管によるブロックサンプリング)

自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
26.5	2.599	1.686	72.5
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
49.4	25.7	23.7	
三軸			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.686g/cm^3$	

試料番号: TP17.0c
採取位置(方法): TP+17.0m(短管によるブロックサンプリング)

自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
36.9	2.656	1.774	90.3
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
63.1	28.8	34.3	
三軸			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.774g/cm^3$	



試料番号: TP14.3c
採取位置(方法): TP+14.3m(短管によるブロックサンプリング)

自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
36.2	2.592	1.756	93.1
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
46.2	25.1	21.1	
三軸			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.756g/cm^3$	

試料番号: 液状化①
採取位置(方法): Ac1層上部の砂(短管によるブロックサンプリング)

自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
41.6	2.644	1.726	92.3
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
-	-	-	
三軸			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.726g/cm^3$	

試料番号: TP14.3s
採取位置(方法): TP+14.3m(短管によるブロックサンプリング)

自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
49.7	2.526	1.647	96.9
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
55.2	33.1	22.1	
三軸CUB			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.647g/cm^3$	

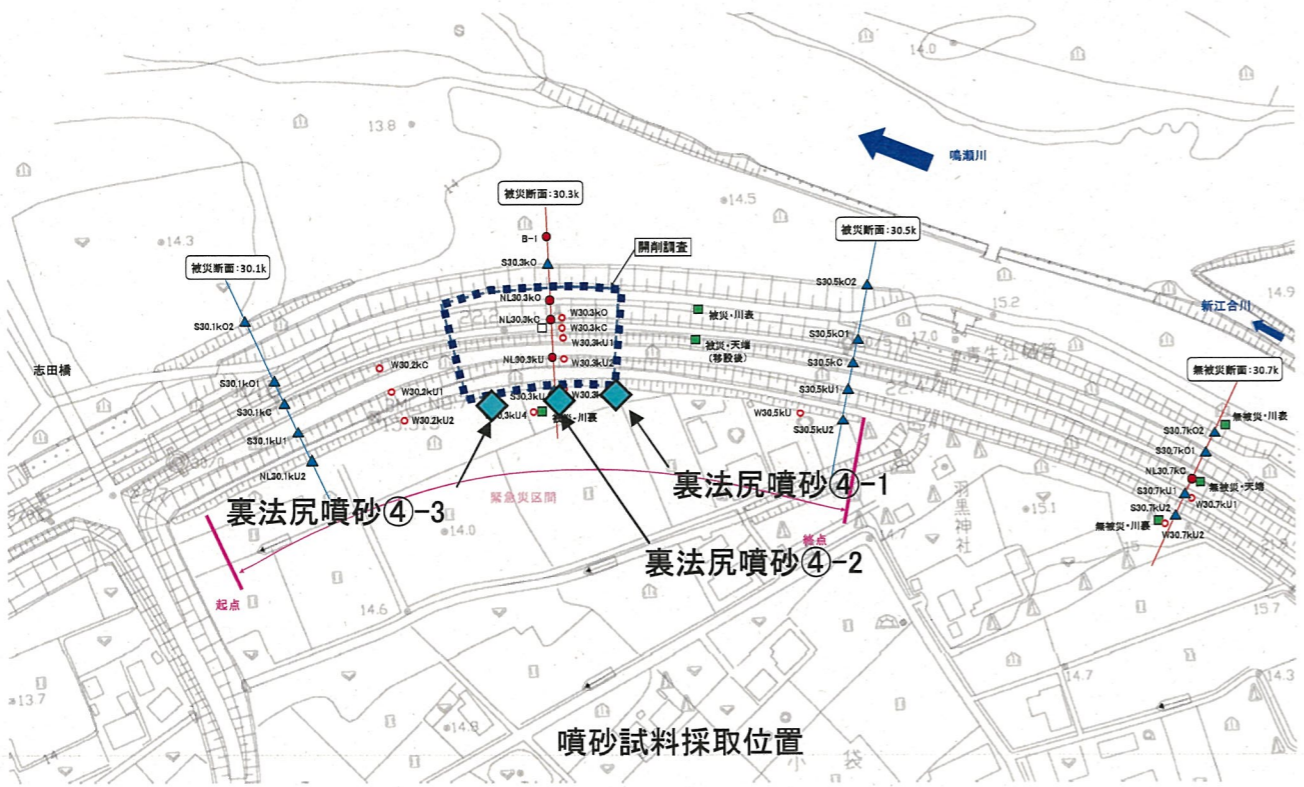
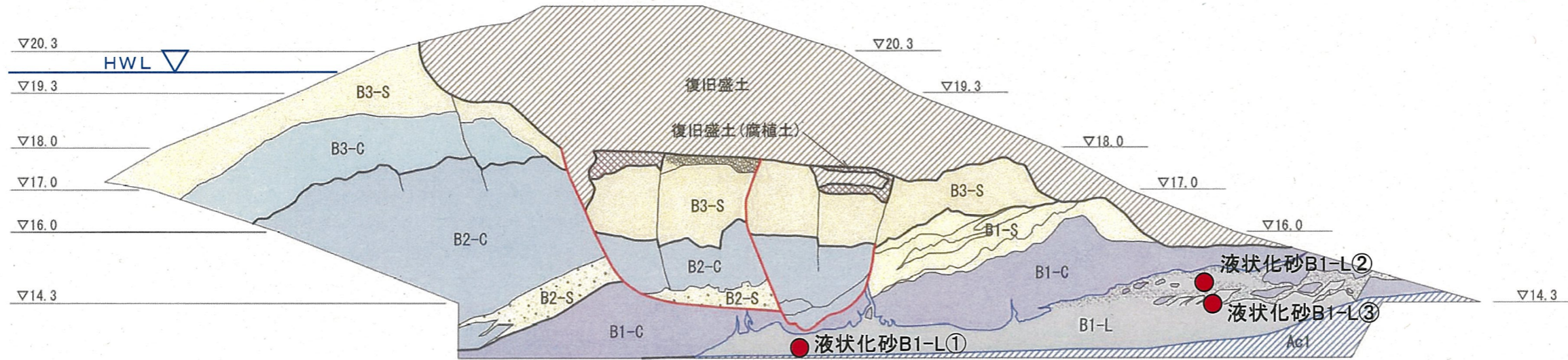
試料番号: TP14.3s
採取位置(方法): TP+14.3m(短管によるブロックサンプリング)

自然含水比 Wn(%)	土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$	飽和度 Sr(%)
50.1	2.594	1.62	92.7
コンシステンシー			
液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
55.1	26.7	28.4	
三軸			
c(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\rho t=1.620g/cm^3$	

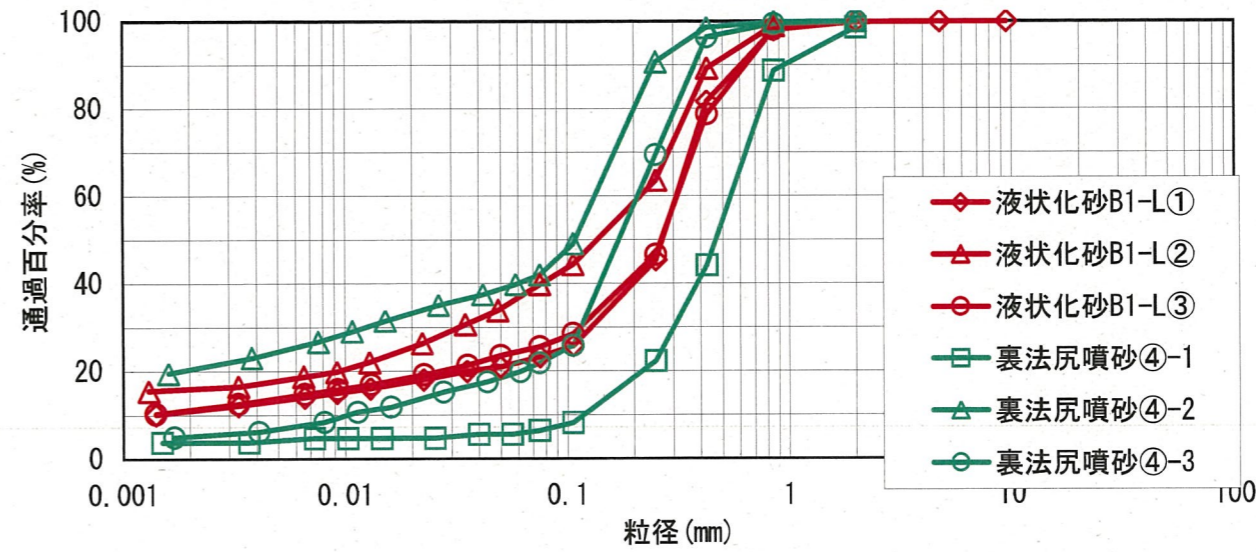
注) 網掛け部は「様式-1」の入力による挿入される。

調査位置	河川名: 鳴瀬川	30.1k+71.4m	~ 30.3k+8.1m	左岸	工事名	鳴瀬川水系堤防被災状況把握業務	任意様式
記録日	平成 年 月	調査日	平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日				
調査機関名	基礎地盤コンサルタンツ株式会社			調査者名	連絡先Tel		

開削時調査:液状化砂の粒度試験結果



項目	液状化砂 B1-L①	液状化砂 B1-L②	液状化砂 B1-L③	裏法尻噴砂 ④-1	裏法尻噴砂 ④-2	裏法尻噴砂 ④-3
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.644	2.639	2.635	2.677	2.611	2.664
含水比 Wn (%)	41.6	34.5	37.6	11.2	47.6	42.8
細粒分含有率 FC (%)	23.3	39.8	37.6	6.4	42	21.9

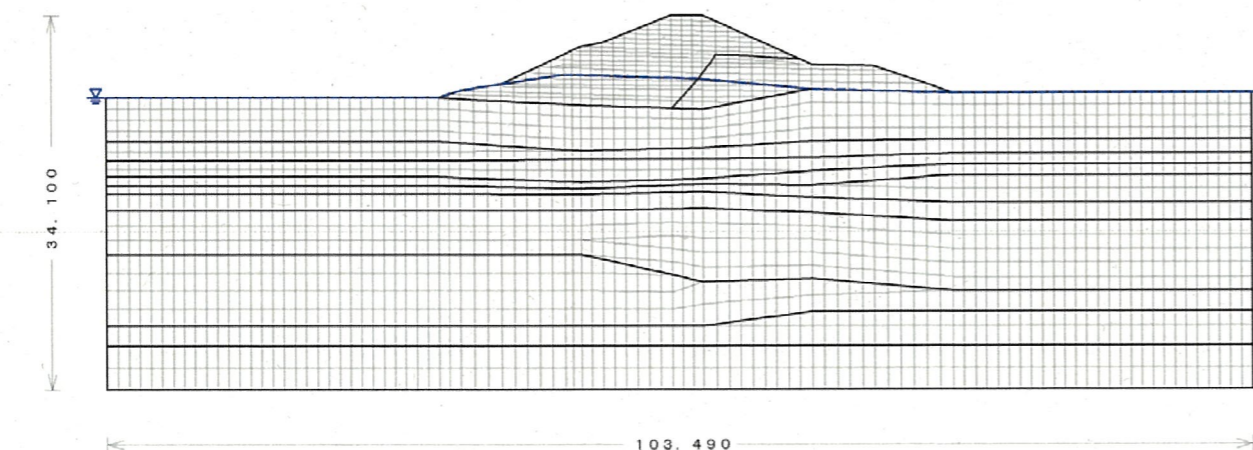


注) 網掛け部は「様式-1」の入力による挿入される。

適用式	道路橋示方書式-新- (2002)
タイトル1	鳴瀬川水系堤防被災状況把握業務
ボーリング名	NL 30.3k C
孔口標高 (m)	TP+21.20m
地下水水位	GL-2.85(m)
PL (加速度)	8.008(500.000gal ●)
低減係数	0.015
計算対象範囲	地下水水位以下で、D50≤10.0mm

30.3k天端
液状化計算結果

TP +m	GL +m	FL +m	No	計算深度 (m)	N 値 (回)	γ_t (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	σ_v' (kN/m ²)	D50 (mm)	FC (%)	土層 区分	N1	Na	RL	Cw	R	500.000(gal)	
																	L	FL
21	0	0	1	1.250	0.00	17.00	21.25	21.25	0.0670	51.70	砂質土							
			2	2.300	6.00	17.00	39.10	39.10	0.0470	59.30	砂質土							
			3	3.250	0.00	18.50	55.12	51.20	0.0096	78.70								
			4	4.150	2.00	18.50	69.97	57.22	0.0460	57.90								
			5	5.300	2.00	18.50	88.95	64.81	0.0140	78.70								
			6	6.320	2.85	18.50	105.78	71.74	0.0300	68.50								
			7	7.300	4.00	18.50	121.95	78.23	0.0200	69.10								
			8	8.300	3.00	18.00	138.30	84.84	0.0130	85.70								
			9	9.300	1.00	18.00	154.30	91.03	0.0120	81.20								
			10	10.300	3.00	18.00	170.30	97.22	0.0096	89.60								
			11	11.300	3.00	18.00	186.30	103.41	0.0130	80.20								
			12	12.300	5.00	17.00	203.10	110.38	0.0980	34.50	砂質土	4.71	8.38	0.198	1.000	0.198	0.785	0.256
			13	13.300	2.00	14.00	217.70	115.19	0.0063	93.40								
			14	14.300	4.00	14.00	231.70	119.38	0.1600	25.00	砂質土	8.58	5.50	0.158	1.000	0.158	0.778	0.204
			15	15.300	3.00	14.00	247.20	125.07	0.0110	84.50								
			16	16.300	12.00	17.00	263.80	131.86	0.1700	18.80	砂質土	10.12	12.33	0.238	1.000	0.238	0.772	0.308
			17	17.300	3.00	15.50	280.15	138.40	0.0058	91.90								
			18	18.300	2.00	15.50	295.85	144.08	0.0085	88.50								
			19	19.300	3.00	15.50	311.15	149.78	0.0051	84.30								
			20	20.300	3.00	15.50	326.85	155.47	0.0110	83.40								
			21	21.300	6.00	17.00	343.20	162.21	0.0790	47.20	砂質土	4.39	9.73	0.211	1.000	0.211	0.735	0.287
			22	22.300	3.00	15.50	359.00	168.19	0.0500	70.80								
			23	23.300	4.00	15.50	374.50	173.88	0.0470	63.20								
			24	24.300	4.00	18.50	391.80	181.38	0.1300	23.80	砂質土	2.71	4.22	0.138	1.000	0.138	0.700	0.198
			25	25.300	30.00	18.50	410.30	190.07	0.4500	8.50	砂質土	19.61	19.61	0.303	1.000	0.303	0.683	0.444
			26	26.300	18.00	18.50	428.80	198.75	0.4500	9.80	砂質土	11.38	11.38	0.228	1.000	0.228	0.686	0.342
			27	27.300	10.00	18.50	447.30	207.44	0.0870	42.70	砂質土							
			28	28.300	4.00	16.00	464.30	214.63	0.0055	94.60								



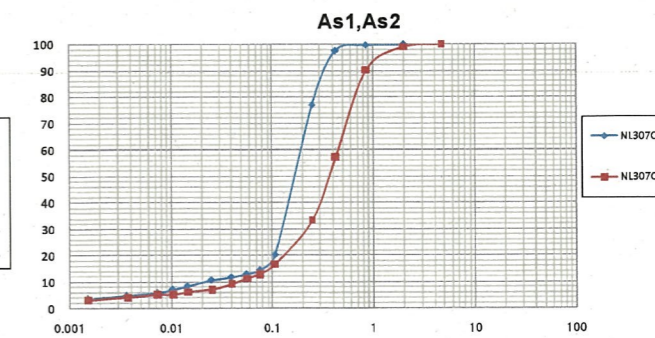
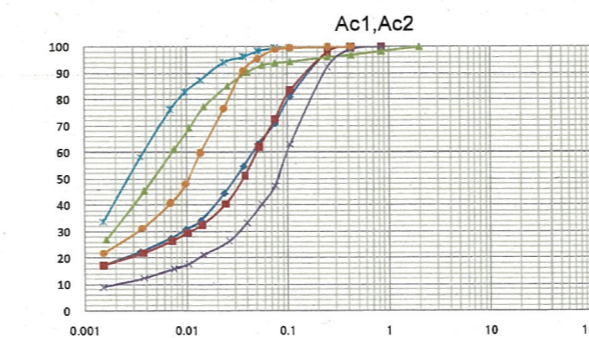
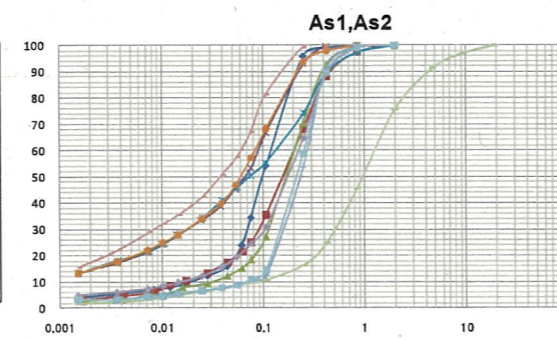
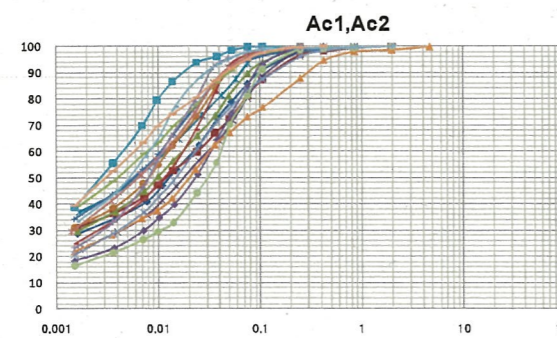
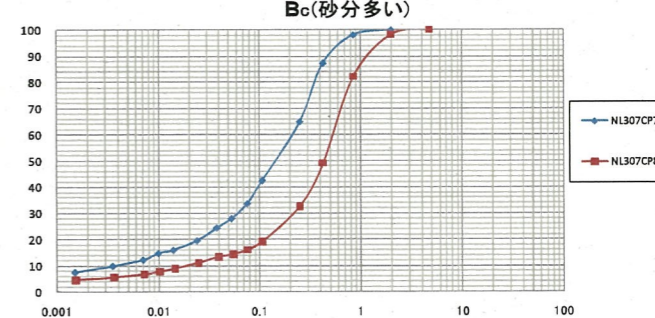
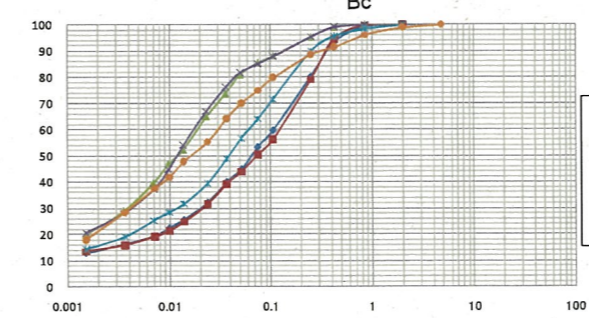
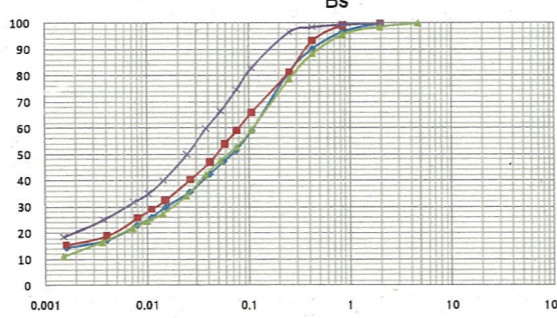
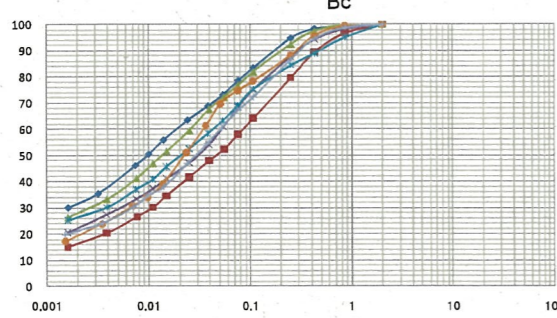
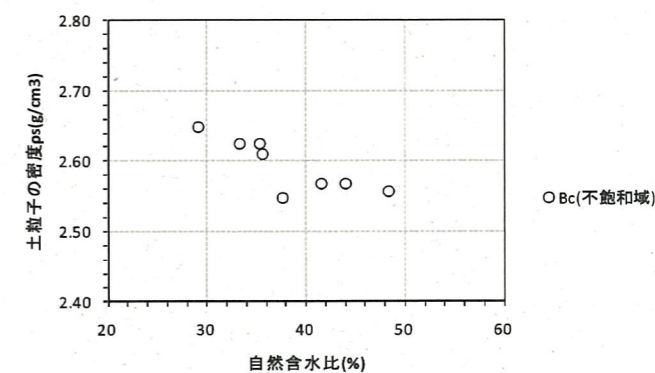
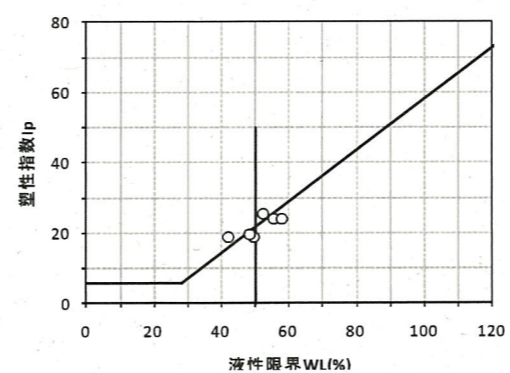
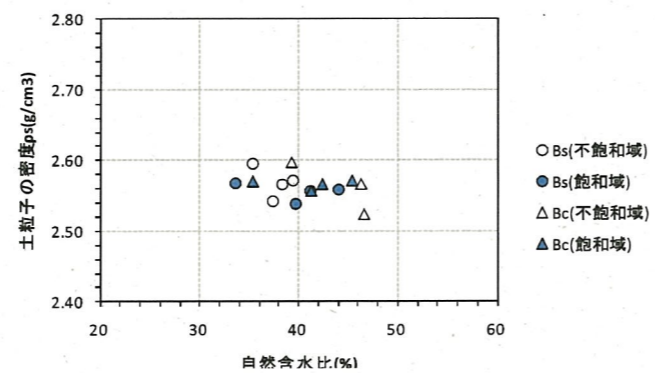
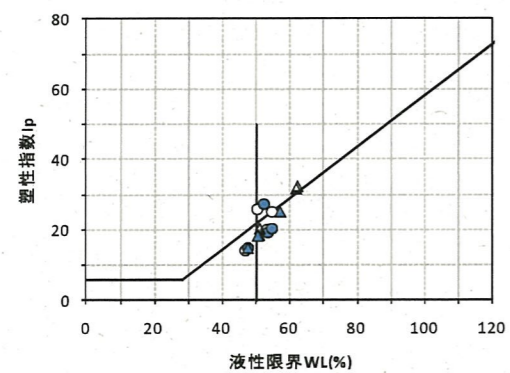
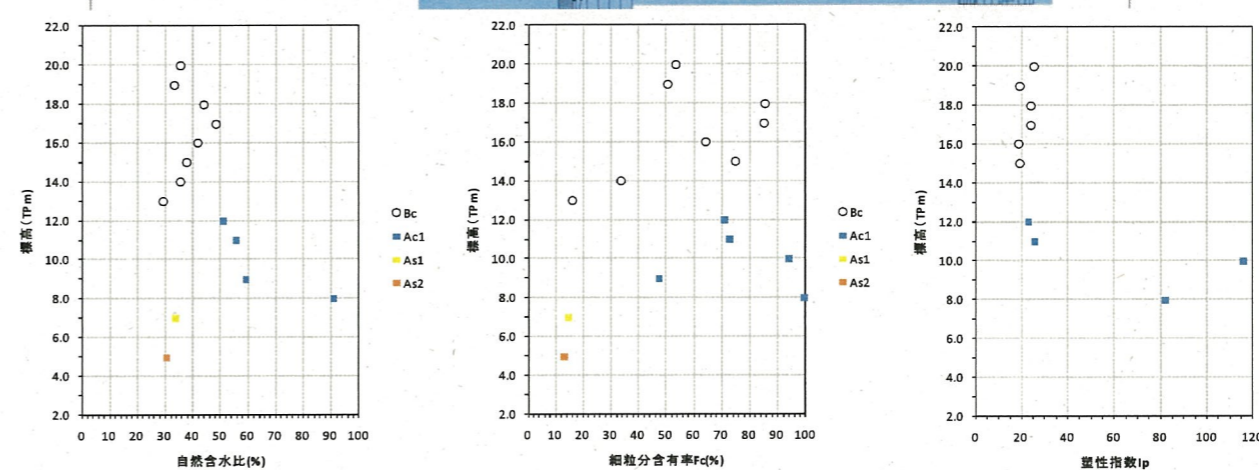
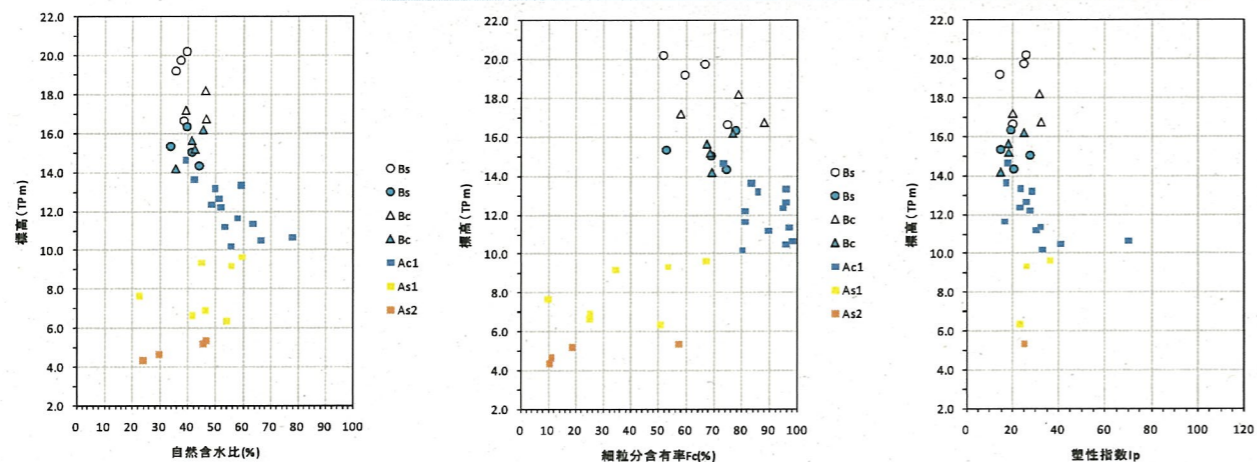
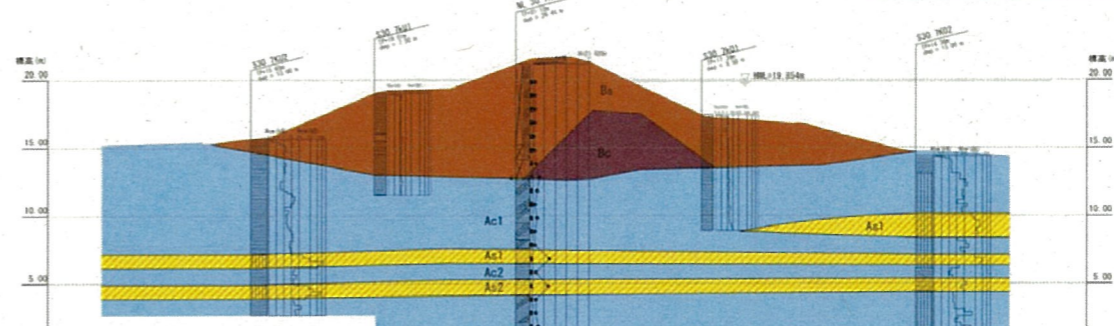
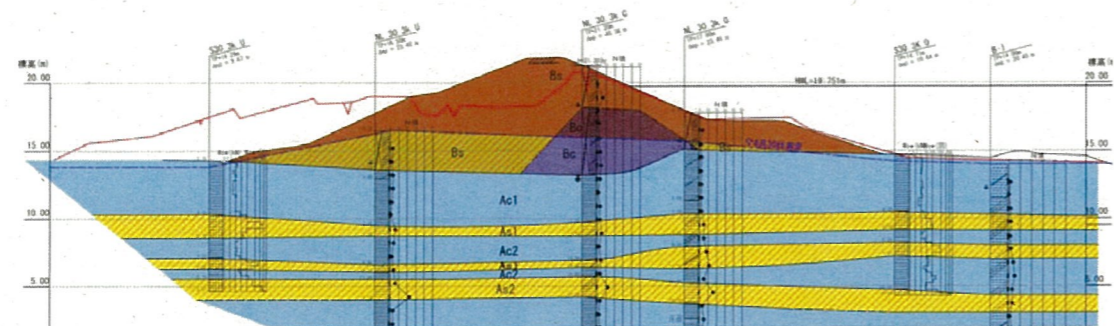
地震時変形解析モデル図

被災箇所と無被災箇所の比較		
項目	被災箇所	無被災箇所
地下水水位	堤体内に水位あり 最大TP+16.5m(堤内地盤高+2.2m)	堤体内に水位は確認されていない (再度観測孔を設置して確認中)
基礎地盤の土質構成	堤体直下は粘性土 薄い砂層を挟むが粘性土主体の地盤 基盤はN≥50の礫質土(堤内地盤高-33m)	堤体直下は粘性土 薄い砂層を挟むが粘性土主体の地盤 基盤は未確認
堤体土の土質構成	築堤履歴は3回 一次盛土(年代等詳細不明) 砂質シルト、 $\rho_s=2.56, W_n=44, FC=75, IP=20$ 二次盛土(昭和10~30年) 砂混じり粘土、 $\rho_s=2.54, W_n=47, FC=88, IP=32$ 三次盛土(昭和10~30年) 砂質シルト、 $\rho_s=2.57, W_n=38, FC=75, IP=20$	築堤履歴は3回(被災区間と同一区間) 砂質シルト、 $\rho_s=2.56, W_n=43, FC=78, IP=22$
堤体下部の基礎地盤層の物性	粘性土 砂混じり粘土、 $\rho_s=2.56, W_n=50, FC=90, IP=29$	粘性土 砂質シルト、 $\rho_s=2.57, W_n=51, FC=70, IP=23$
周辺地盤微地形等	水田、畑、休耕田(湿地) 微地形は氾濫平野	水田、畑、林 微地形は自然堤防
旧地形における土地利用	水田、畑など	水田、畑など

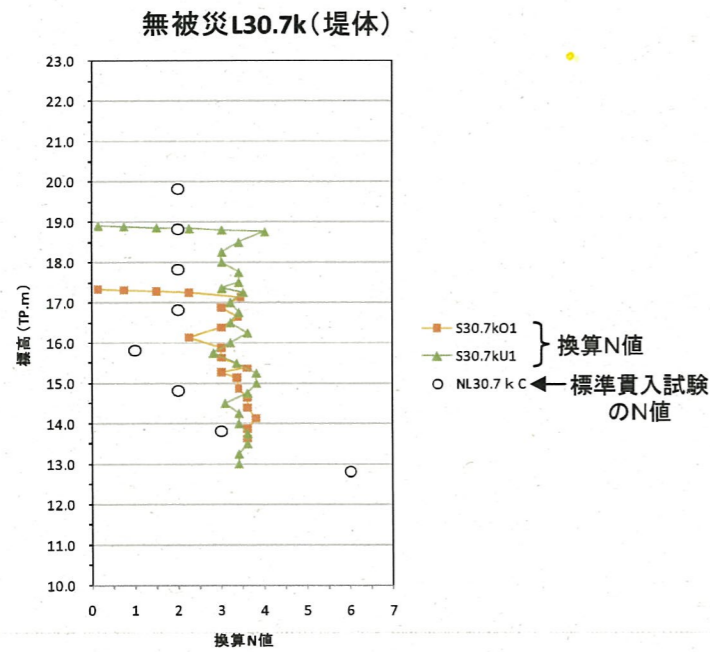
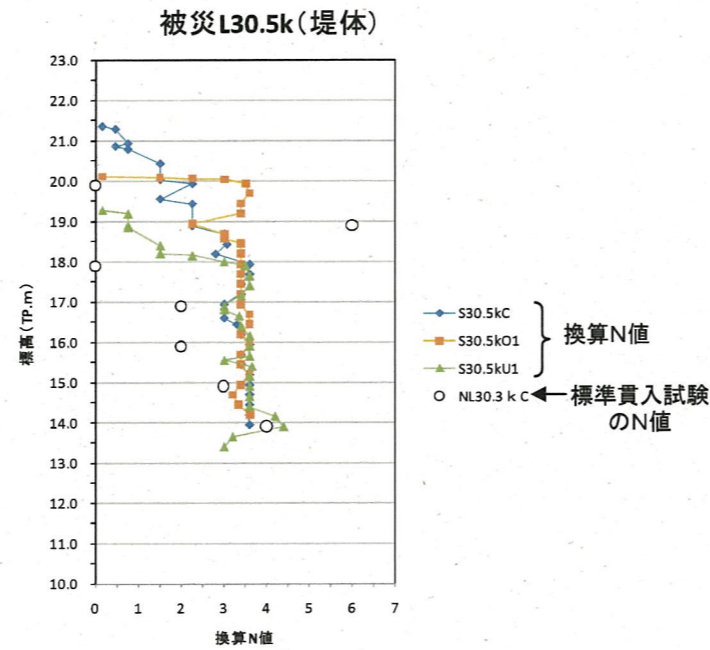
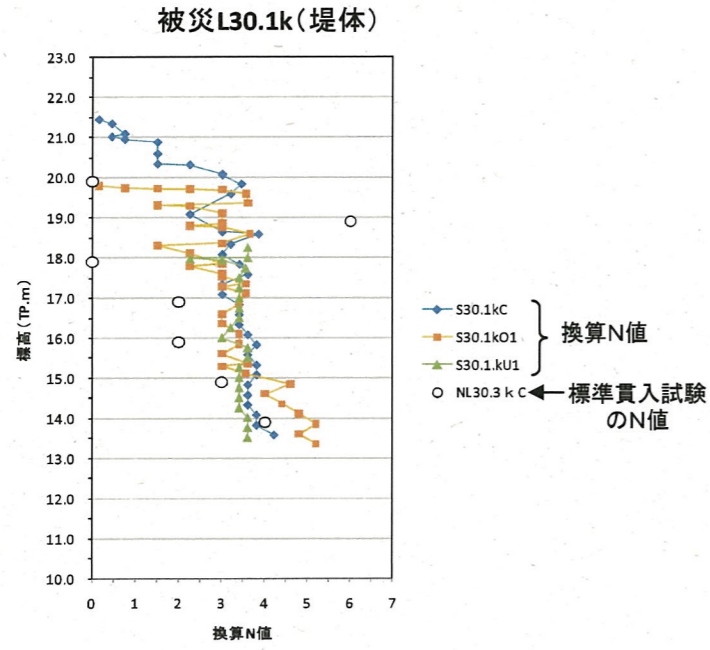
被災断面 30.3k

無被災断面 30.7k

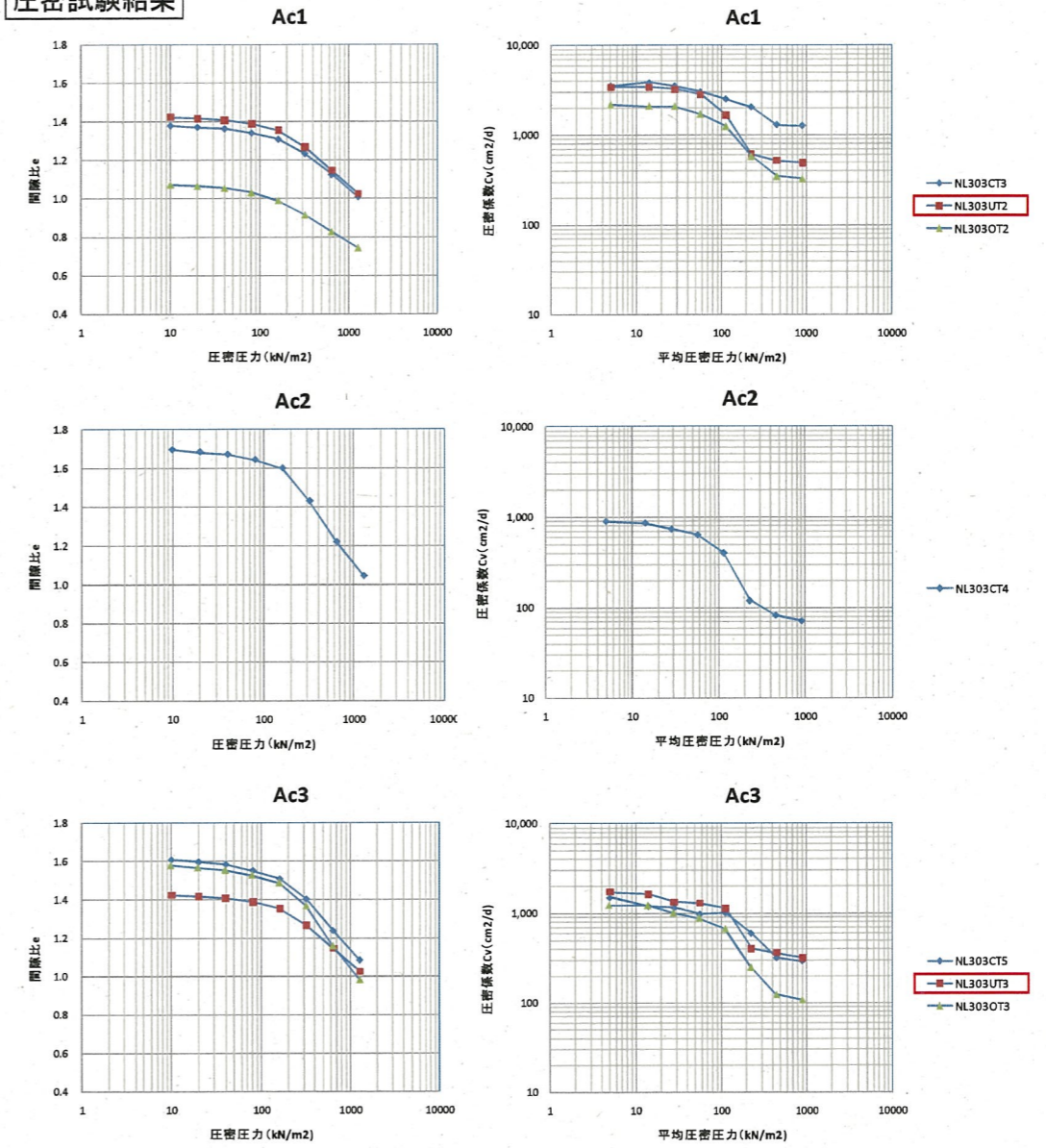
156:下中ノ目上流地区
鳴瀬川左岸30.0k~30.5k+37m



156: 下中ノ目上流地区
鳴瀬川左岸30.0k~30.5k+37m



圧密試験結果



圧密計算結果図

