保存期間：平成 19 年 12 月 15 日
西湘バイパス構造物崩落に関する調査検討委員会限り

資料-3

第３回　西湘バイパス構造物崩落に関する調査検討委員会資料

本復旧構造物の検討条件について

平成１９年１２月１５日（平成２０年１月修正版）

国土交通省　関東地方整備局　横浜国道事務所

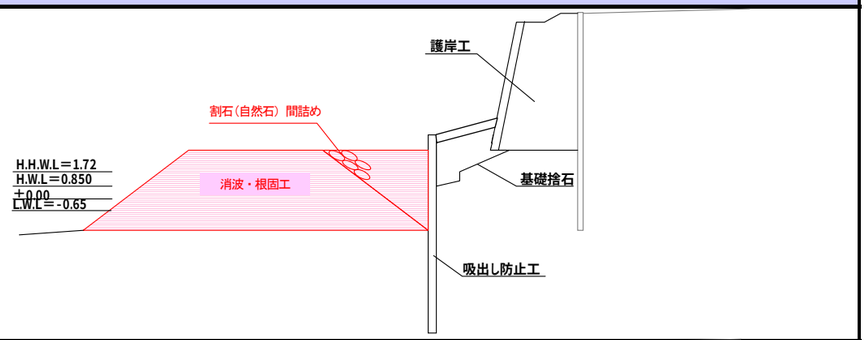
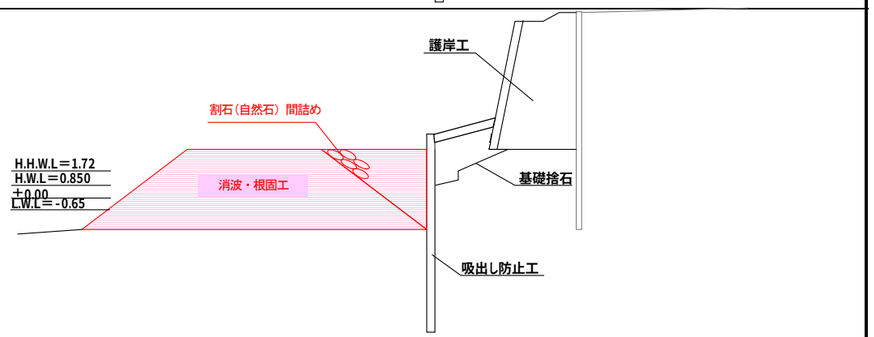
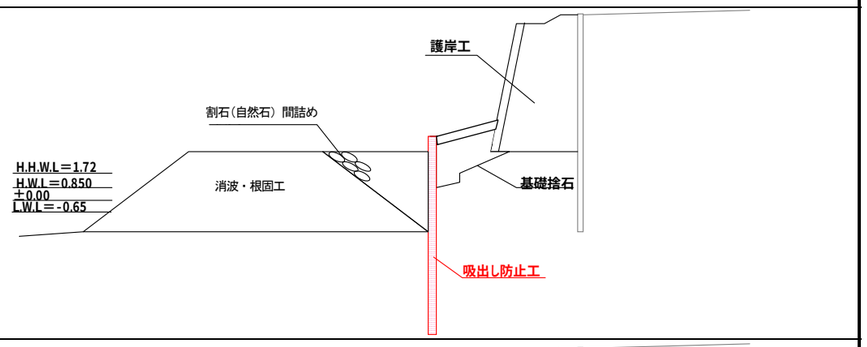
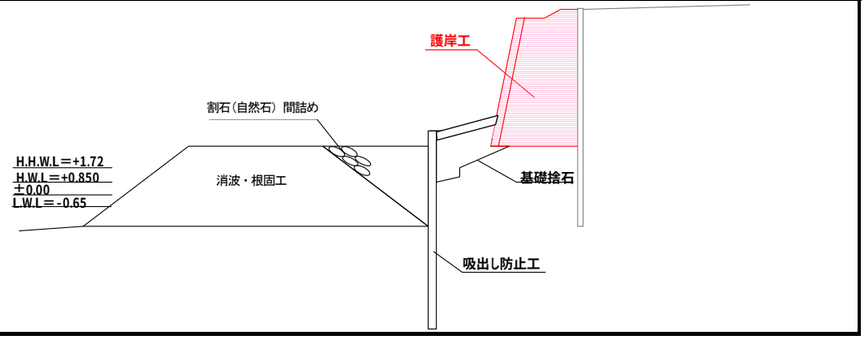
１．検討条件及び検討結果について

本復旧構造の検討条件を表 1.1 に、検討結果を表 1.2 に示す。
なお、条件を設定する上で比較・検討した諸基準等として、関連する基準・指針等での推奨値や平成 19 年台風 9 号における評価値及び西湘バイパス完成時の設計条件を表 1.1 に整理した。

表 1.1　検討条件

	西湘バイパス本復旧	道路関係の指針 （道路土工擁壁工指針） 及び道路護岸事例	海岸保全施設の技術上の 基準・同解説	神奈川県の海岸保全施設・港湾施設の基準	平成 19 年台風 9 号	完成当時(S46) の設計条件
(1)　設計波浪	・50 年確率波浪 H_0'=9.49(m)，T_0=13.0(sec) （神奈川県大磯港計画値） ・10 年確率波浪 H_0'=6.95(m)，T_0=11.0(sec) （波浮極値統計結果より算出）	設計波浪の設定なし。	長期間の観測データに基づいた統計解析によって設定する。 ただし観測データが十分でない場合は波浪推算の結果を準用できる。	30 年再現確率波浪 計画波浪（大磯海岸） H_0'=8.85(m)，T_0=12.8(sec) 計画波浪（二宮海岸） H_0'=9.14(m)，T_0=12.2(sec) 50 年再現確率波浪 計画波浪（大磯港） H_0'=9.49(m)，T_0=13.0(sec) （出典：相模灘沿岸海岸保全基本計画，海岸保全施設台帳，神奈川県）	・最大観測値 $H_{1/3}$=8.31m（波浮） $T_{1/3}$=14.2sec（平塚） 波向：SSE ・極値統計評価 約 20 年再現確率波浪 ・周期の長い成分 $H_{1/3}$=0.4～1.2m（平塚） $T_{1/3}$=40～100sec（平塚）	波高 H_0=6.2m 周期 T=11sec 約 10 年確率波浪 （狩野川台風，昭和 33 年 21 号台風，伊勢湾台風）
(2)　設計潮位	H.H.W.L.　T.P.+1.72m H.W.L.　T.P.+0.85m L.W.L.　T.P.-0.65m 各検討時の設計潮位 ・消波工の異型ブロック所要質量算定： H.H.W.L.　T.P.+1.72m ・消波工天端高： H.W.L.　T.P.+0.85m ・越波流量： H.H.W.L.　T.P.+1.72m ・長周期水位上昇量：0.6m	設計潮位の設定なし。 擁壁前後で水位差が生じるような場合には水圧・浮力を考慮する。その場合、擁壁に最も不利となるよう載荷する。	(1)既往最高潮位 (2)朔望平均満潮位に潮位偏差の最大を加えたもの (3)朔望平均満潮位に推算した潮位偏差の最大値を加えたものより、当該海岸保全施設の状況等を考慮して海岸管理者が総合的に判断して定める。 また、必要に応じて当該満潮位の時に当該潮位偏差及び設計波が発生する可能性を考慮して、当該潮位偏差の最大値の範囲内において下方補正や，平均海水面変動を考慮して上方補正することもできる。	H.H.W.L.　T.P.+1.61m(大磯海岸) H.H.W.L.　T.P.+1.50m(二宮海岸) H.H.W.L.　T.P.+1.61m(大磯港) 潮位偏差：0.65～0.76（30 年確率相当） H.H.W.L.　T.P.+1.72m(大磯港) 潮位偏差：0.87m（50 年確率相当） H.W.L T.P.+0.85m L.W.L T.P.-0.65m （出典：相模灘沿岸海岸保全基本計画，海岸保全施設台帳，H15 海岸高潮対策事業・港湾修築事業・県営漁港整備事業合併相模灘沿岸海岸保全基本計画潮位推算業務委託報告書，神奈川県）	T.P.+1.27m（湘南港）	T.P.+2.50m 朔望平均満潮位：T.P.+0.80m 気圧低下による吸い上げ：0.72m 風による吹き寄せ：0.98m （神奈川県土木部設定値，1964～1966 年西湘バイパス道路護岸の水理的検討，土木研究所，採用値） ※上記値の根拠となっている潮位は 1970 年，2003 年に県により見直されている。見直し値は本表神奈川県の海岸保全施設の基準参照。
(3)　許容越波量	・自動車通行時 10 年確率波浪に対して： 2×10^{-4} ($m^3/m/s$) （自動車が運転可能な流量） ・道路護岸機能 50 年確率波浪に対して： 0.2 ($m^3/m/s$) （被災越波流量）	特に記述なし。 例：日立バイパス 50～100 年確率波に対して ・道路護岸の許容越波量 5×10^{-3}($m^3/m/s$) ・道路面への許容越波量 2×10^{-5}($m^3/m/s$)	・許容越波流量（護岸被災限界の越波流量） 天端被覆工なし：0.05($m^3/m/s$) 天端被覆工有り：0.2($m^3/m/s$) ・背後地の重要度からみた許容越波流量 背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しぶき等の侵入により重大な被害が予想される地区：0.01($m^3/m/s$)	許容越波流量についての基準・内規はない。	ー ※上記波浪条件に基づく試算の結果、越波流量は許容越波流量（護岸の被災限界越波流量）以下（海岸保全施設の技術上の基準・同解説）となった。	ー ※打上高の検討であり、許容越波流量に関する詳細な記述はない。 （出典：土木研究所資料，西湘バイパスの護岸の水理的検討）
(4)　地震時外力	道路土工擁壁工指針による。 重要度：重要 交通量が多く、万一崩壊した場合に地域の社会経済に甚大な影響を与えるため。 復旧の難易度：困難 （海岸道路であり、崩壊した場合、復旧は極めて困難） 以上から耐震検討を行う。 地震規模：大規模地震対応 設計水平震度：0.16	擁壁の重要度および復旧の難易度を考慮し、必要に応じて地震時の安定検討を行う。 中規模地震対応～大規模地震対応	基本的にレベル 1 地震動（供用期間中に 1～2 回発生する確率を有する地震動）に対処する。 さらに、海岸保全施設のうち、施設及び構造、施設背後地の重要度、地盤高、当該地域の地震活動等に基づいてより高い耐震性能が必要と判断されるものに係る耐震設計はレベル 2 地震動について対処する。	基準書に基づくと考えられる。 海岸保全基本計画においては、地震動についての記述はない。 津波：地域防災計画で想定されている外力に対して対処する。 ・　想定南関東地震 ・　神奈川県西部地震 想定最大津波高：4.62m（二宮） ：5.82m（国府本郷）	ー	ー

表 1.2　検討結果

工　種	検討結果	対策工位置図
洗掘対策工	・消波・根固工 吸い出し防止工前面に消波・根固め工を設置し、台風等の異常時の気象擾乱による洗掘に対して対処する。消波工底部には、沈下対策工を実施して沈下を抑制するとともに、高波浪により消波工が沈下した場合は、消波工の異型ブロックを増し積みする等の維持管理を行う。	
消波工	・異型ブロック 16t 型以上 ・消波工天端高 T.P.+3.0m 消波工を設置し、護岸工に対する波圧および道路面への越波量を抑制するとともに、台風等の異常時の気象擾乱による洗掘に対して対処する。	
吸出し防止工	・鋼管矢板 ・根入れ長 T.P.-9.5m 根入れは洪積砂層まで入れることとする。また、洗掘された状態においても自立するよう根入れする。	
護岸工	・天端高：T.P.+12.5m（≒道路路面高） 50 年確率波浪に対する被災限界越波流量及び 10 年確率波浪に対する自動車が運転可能な許容越波流量を下回る高さとする。 ・コンクリート被覆厚：t=0.5m 以上 設計波に対して所要の被覆厚を確保する。 ・大規模地震に対する設計水平震度に対して安全な構造とする。	

２．検討条件

（１）設計波浪

１） 設計波浪の再現確率年の設定

【構造物の安定検討等に用いる設計波浪】

設計波浪の確率年数の考え方を表2.1に整理する。

表2.1　確率年数の考え方

確率年数	海岸計画・他の被災事例での考え方
30 年	・ 神奈川県の海岸保全基本計画に定められている海岸保全施設検討に対する設計波浪の考え方。 ・ 漁港施設の設計確率と同じ。
50 年	・ 海岸構造物設計における一般的な確率年数として用いられる。 ・ 北海道大森大橋復旧（H16 年 18 号台風）においても、消波工検討による 50 年確率波浪を用いている。他県でも 50 年確率波を用いる場合が多い。 ・ 「道路橋耐風設計便覧」での基本風速 U_{10} の考え方も、50 年確率を基本にしている。
その他	・ 日立バイパスでは、台風モデルを設定し、50～100 年規模の波浪を設定している。 ・ 今回被災時波浪は波高規模としては、約 20 年確率波に相当している。波向き別（SSE）の波高規模では約 300 年確率波となる。

表2.1より、

- 海岸構造物、港湾構造物に関する一般的な確率波浪は50年である。
- 道路橋における風荷重の考え方も、50年確率を基本としている。

以上から、構造物の安定検討等に用いる設計波浪の再現確率年は、**50年確率**とする。

【越波の検討に用いる設計波浪】

西湘バイパスでは、高波により年に1～2回以上の通行止めが発生しているが、通行止め回数を低減するためには、被災区間以外の区間についても越波対策が必要となる。

従って、越波に対する防護水準を被災区間のみ突出して上げることは適切ではないと考えられ、越波に対しては被災前以上の防護水準でかつ過度な設計とならないよう設定する必要がある。

以上より、越波の検討に用いる設計波浪の再現確率年は、**10年確率**とする。

２） 設計波浪の検討結果

「神奈川県の海岸保全施設・港湾施設の基準」及び「波浮における1973年～2005年の最大波高を極値資料として極値統計を行い推定した沖波波高」，「平成19年台風9号における評価値」，「建設当初の設計波浪」等を比較検討した結果、西湘バイパス本復旧設計波浪を以下の通り設定する。

表2.2　西湘バイパス本復旧設計波浪

項　目	50年確率波浪	10年確率波浪
換算沖波波高（m）	9.49	6.95
沖波周期（s）	13.0	11.0
備　考	神奈川県大磯港計画波浪 50年再現確率波浪	波浮港観測資料より極値統計により推定した沖波波高

（2）設計潮位

「海岸保全施設の技術上の基準」によると、設計高潮位は、

① 既往最高潮位

② 朔望平均満潮位に既往の潮位偏差の最大値を加えたもの

③ 朔望平均満潮位に推算した潮位偏差の最大値を加えたもの

とされている。

一方、「相模灘沿岸海岸保全基本計画，海岸保全施設台帳，（神奈川県）」によると当海岸における潮位は以下のとおりである。

H.H.W.L.　T.P.＋1.61m
H.W.L.　T.P.＋0.85m
L.W.L.　T.P.－0.65m
計画偏差：0.76m

※ 朔望平均満潮位（H.W.L.）は「H11海岸高潮対策工事（県単・その3）報告書」の推算結果とする。偏差は、「S45相模湾における津波の推算および高潮調査報告書（神奈川県土木部河口課）」の値を整理した結果とする。

なお、「平成15年海岸高潮対策事業・港湾修築事業・県営漁港整備事業合併相模灘沿岸海岸保全基本計画推算業務委託報告書，神奈川県」によると、上記の偏差の再現確率は約30年とされている（同報告書では、50年確率の偏差は0.87m，H.H.W.L. T.P.+1.72m）。

また、台風9号来襲時における潮位のピーク値は、湘南港のT.P.+1.27mであった。

被災時の潮位は、神奈川県の設計高潮位を下回っており、神奈川県の設定値は、上記③の結果に該当すると考えられる。ただし、神奈川県設計潮位の偏差の再現確率は30年となっており、前述のように本復旧設計波浪の再現確率を50年としていることから、これに合わせて神奈川県の報告書を参考に再現確率50年の計画偏差を採用することとする。

図2.2に西湘バイパス本復旧の設計潮位関係図を示す。

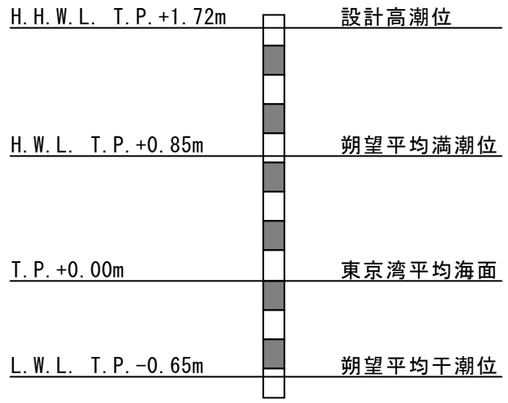


図2.2　西湘バイパス本復旧設計潮位関係図

【周期の長い水位変動】

平塚観測所（（財）防災科学技術研究所）の波浪データの分析より、被災時周期が40～100秒，有義波高で0.4～1.2m程度の水位変動があったことが判明した。相模湾では、沿岸で周期の長い水位変動があることが知られており、本復旧においてもこの影響を考慮することとする。具体的には越波流量照査時の設計潮位に長周期成分の水位上昇量最大値[1)]を加算することとした。

設計に用いる潮位は、対象とする施設に求められる要求性能と安全性能に対し、適切に設定された設計高潮位を上限値として最も危険となる潮位として設定する。

検討項目ごとの設計潮位を表2.3に示す。

表2.3　各検討における設計潮位

検討項目	設計潮位
消波工 異型ブロック所要質量算定	H.H.W.L.　T.P.＋1.72m
消波工 天端高	H.W.L.　T.P.＋0.85m
越波流量 （護岸天端高）	T.P.＋2.32m （設計潮位＋長周期成分の水位上昇量[1)]）

[1)] 長周期成分の水位上昇量は、平成19年台風9号の長周期成分の有義波高観測最大値の1/2（=0.6m）とした。

（3）許容越波量

許容越波流量については背後地に状況により様々な値が決定されている。

表2.4　既往文献における越波流量の評価

被災限界の越波流量（※1,※2）		
種　別	被覆工	越波流量（$m^3/m・s$）
護　岸	背後舗装済み	0.2
	背後舗装なし	0.05
堤　防	コンクリート三面巻き 天端舗装・裏法未施工 天端舗装なし	0.05 0.02 0.005 以下
背後地の重要度から見た許容越波流量（$m^3/s・m$）（※1,※2）		
背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しぶき等の侵食により重大な被害が予想される地区		0.01 程度
その他の重要な地区		0.02 程度
その他の地区		0.02～0.06
背後地利用状況からみた許容越波流量　（※2）		
利用方法	状態（護岸のすぐ背後）	越波流量 q（$m^3/m・s$）
歩　　行	危険ない	2×10^{-4} （コップ 1 杯程度）
自 動 車	高速通行可能	2×10^{-5}
	運転可能	2×10^{-4}
家　　屋	大丈夫	7×10^{-5}

※1：海岸保全施設の技術上の基準，海岸保全施設技術研究会編，平成16年6月

※2：漁港・漁場の施設の設計の手引（2003年版），（社）全国漁港漁場協会，平成15年10月

表2.4に基づき、背後の利用形態等を勘案して設定した許容越波流量を表2.5に示す。

表2.5　許容越波流量設定値

対象ケース	対象波浪	対象潮位	許容越波流量
自動車通行時	10年確率波浪	H.H.W.L.	2×10^{-4}　$m^3/m・s$
道路護岸機能	50年確率波浪	H.H.W.L. ＋長周期成分の水位上昇量	0.2　$m^3/m・s$

（4）地震時外力

検討対象とする擁壁は、道路施設であることから、道路土工擁壁工指針の基準を適用する。

道路土工擁壁工指針においては、「擁壁の重要度および復旧の難易度を考慮し、必要に応じて地震時の安定検討を行う」とされている。

これを西湘バイパスに適用すると、

重要度：重要（交通量が多く、万一崩壊した場合に地域の社会経済に甚大な影響を与えるため）
復旧の難易度：困難（海岸道路であり、崩壊した場合、復旧は極めて困難）

となり、表 2.6 より、耐震検討を行い、大規模地震対応とすることになる。

表 2.6　地震時の安定検討における設計地震動

重要度	被災限界の越波流量	
	困　難	容　易
重　要	耐震検討を行う。 （中規模地震対応 ただし、きわめて重要な二次的被害のおそれのあるものについては大規模地震対応）	耐震検討を行う。 （中規模地震対応）
その他	耐震検討を行う。 （中規模地震対応）	耐震検討を行う （中規模地震対応 ただし、高さ 8 以下の擁壁の場合は地震時の検討を省略できる。）

注）重要とは、万一崩壊すると隣接する施設等に重大な損害を与える場合や、迂回路がなく交流出来なくなる場合や交流が出来なくなる場合を判断の目安とする。
復旧の難易度が困難とは、万一崩壊すると復旧に長時間を要し、道路機能を著しく阻害する場合を判断の目安とする。
大規模地震動とは、供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ激しい地震動を意味する。
中規模地震動とは、供用期間中に発生する確率が高い地震動を意味する。
（出典：道路土工擁壁工指針，（社）日本道路協会，平成 11 年 3 月）

【設計水平震度】

地震の影響を考慮する場合の設計水平震度は、以下の式により算出する。

$$k_h = c_z k_{h0}$$

ここに、k_h　：設計水平震度
k_{h0}：設計水平震度の標準値（表 2.6 参照）
c_z　：地域別補正係数（神奈川県：1.0）

地盤の特性値 T_G は、次式により算出する。

$$T_G = 4\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i}{V_{si}}$$

ここに、T_G：地盤特性値(s)，H_i：i 番目の地層の厚さ(m)，V_{si}：i 番目の地層の平均せん断弾性波速度(m/s)，N_i：標準貫入試験による i 番目の地層の平均 N 値，i：当該地盤が地表面から基盤面まで n 層に区分されるときの地表面から i 番目の地層の番号，
ここに、V_{si} 値は砂質土の場合、次式による。

$$V_{si} = 80N_i^{1/3} \qquad (1 \leqq N_i \leqq 50)$$

これから、対象地区のボーリングデータを用いると地盤種別は 1 種地盤となる。

地盤特性値（T_G）の計算

A断面（使用Bor：No.3）

地層	層厚 Hi (m)	せん断弾性波速度 Vsi (m/s)	Hi/Vsi
埋め土	1.54	231	0.0067
中　砂	3.55	237	0.0150
計			0.0216

T_G = 4 × 0.0216 = 0.0866 < 0.2

従って地盤種別は　I 種地盤　である。

C断面（使用Bor：No.1）

地層	層厚 Hi (m)	せん断弾性波速度 Vsi (m/s)	Hi/Vsi
埋め土	5.46	224	0.0244
計			0.0244

T_G = 4 × 0.0244 = 0.0975 < 0.2

従って地盤種別は　I 種地盤　である。

表 2.7　設計水平震度の標準値 k_{h0}

地盤種別	I 種	II 種	III 種
中規模地震対応	0.12	0.15	0.18
大規模地震対応	0.16	0.20	0.24

（出典：道路土工 擁壁工指針，（社）日本道路協会，平成 11 年 3 月）

以上から、設計震度は、

$$k_h = c_z k_{h0}$$

$=1.0 \times 0.16$
$=0.16$

となる。

３．検討結果

（１）洗掘対策工

１） 最大洗掘深さの検討

各基準および平成 19 年台風 9 号の被災状況より、本復旧において考慮すべき最大洗掘深さを検討する。

① 平成19年台風9号

被災前後の深浅測量結果を図 3.1 に、地盤高別の地盤低下量を図 3.2 に示す。図 3.1 より、沿岸の原地盤は約 2.0～4.0m 程度低下したと推測される。また、図 3.2 より、汀線（T.P.＋0.0m）の地盤低下量は概ね 1.0～2.5m となっている。

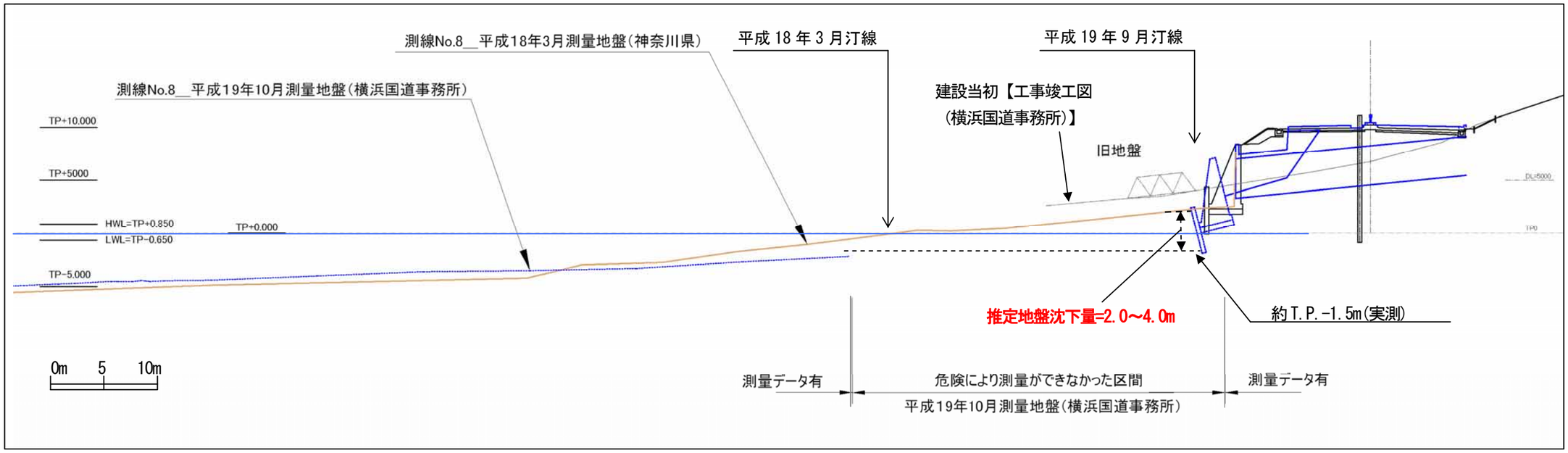
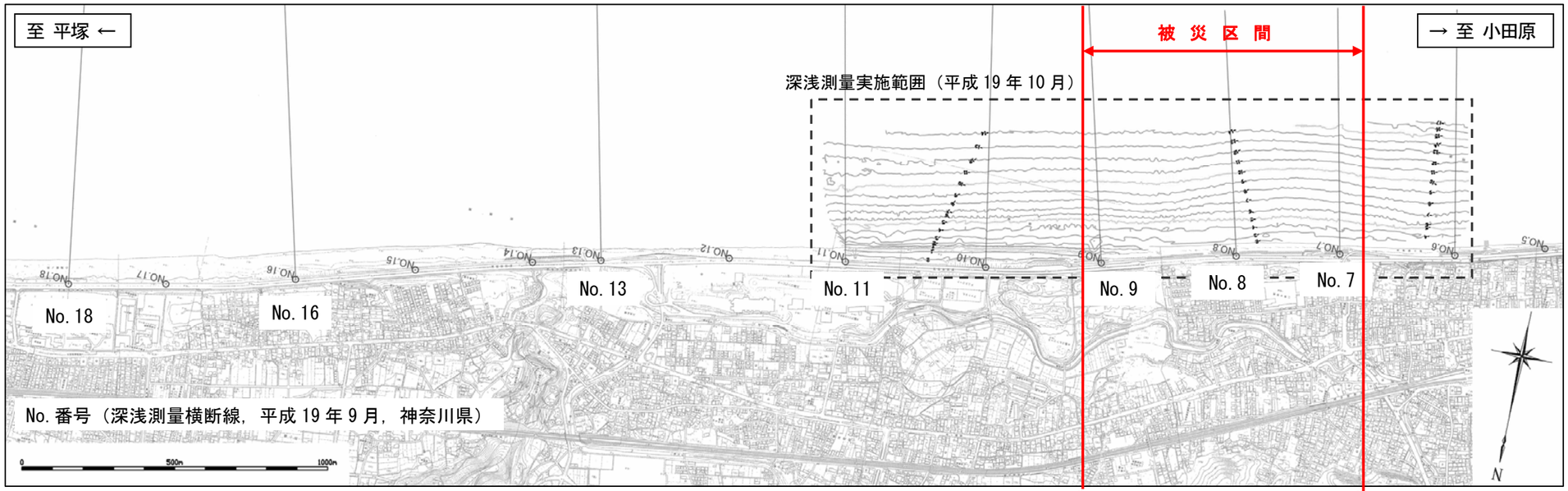
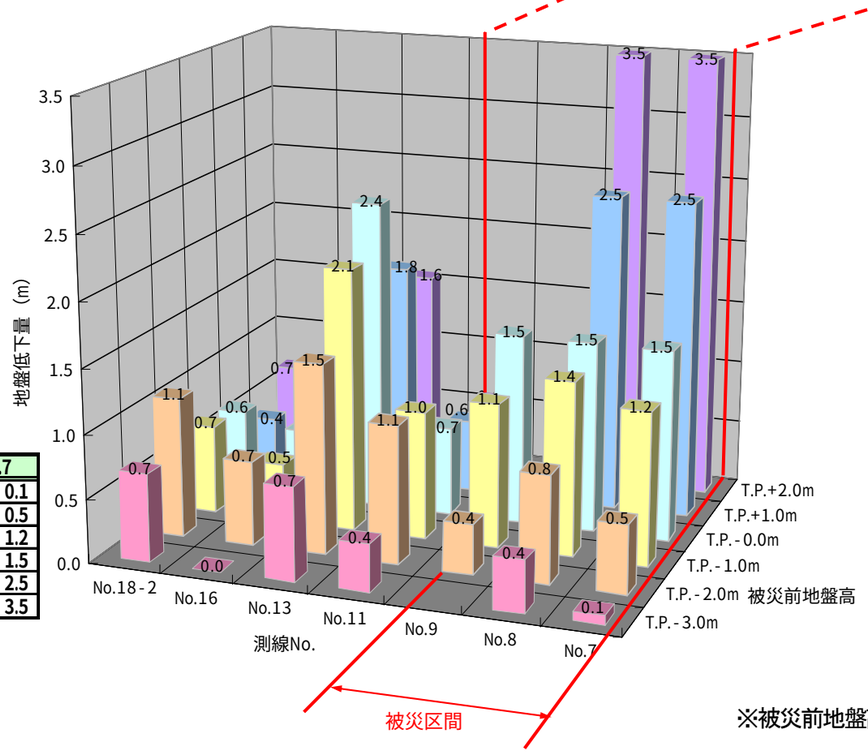


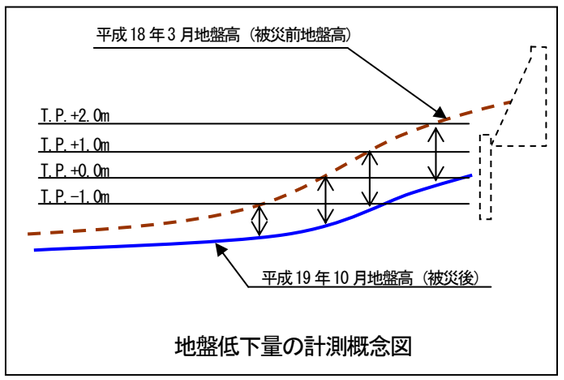
図 3.1　被災前後の深浅測量結果の重ね合わせ図





地盤低下量（m）

	No.18-2	No.16	No.13	No.11	No.9	No.8	No.7
T.P.-3.0m	0.7	0.0	0.7	0.4		0.4	0.1
T.P.-2.0m	1.1	0.7	1.5	1.1	0.4	0.8	0.5
T.P.-1.0m	0.7	0.5	2.1	1.0	1.1	1.4	1.2
T.P.-0.0m	0.6	0.5	2.4	0.7	1.5	1.5	1.5
T.P.+1.0m	0.4	0.2	1.8	0.6		2.5	2.5
T.P.+2.0m	0.7	0.6	1.6	0.6		3.5	3.5



※被災前地盤高は、平成 18 年 3 月神奈川県深浅測量横断図地盤高とした。

図 3.2　被災前地盤高別地盤低下量

② 道路関係の指針

道路土工擁壁工指針においては、海岸の最大洗掘深についての直接的な記述はないが、擁壁基礎の根入れ深さとして、次のように記述されている。

直接基礎の根入れ深さの決定にあたっては、将来予想される地盤の洗掘や掘削（既存構造物の維持補修や改築，新規構造物の施工など）の影響を考慮する必要がある。特に河川などの浸水域内に直接基礎を設ける場合には、河床低下や洗掘について十分検討したうえで根入れ深さを決めなければならない。

③ 海岸保全施設の技術上の基準

海浜形状の変化として、「長期的変化」及び「短期的変化」を考慮するとされている。

その推定方法としては、

「長期的変化」：広域的土砂収支より推定

「短期的変化」：実測を基に推定された形状又は良好な再現が可能とされている数値計算による推定。

となっている。

④ 神奈川県の基準

相模灘沿岸海岸保全基本計画に最大洗掘深について直接的な記述はない。しかし砂浜に対する目標として、以下のように記述されている。

１整備目標

現状（平成 14 年 3 月）の汀線位置を保全することを原則とするが，その位置は，各海岸の地形特性，施設特性，利用特性，背後地の重要度などに応じて決定する。

２要整備目標

防災上の観点のみならず、環境、利用上の観点から、現在、整備が必要である区間について、砂浜幅が防災上最低 30m 程度必要であることから、30m 以下の砂浜幅の場合は、要整備箇所として位置付け必要最低限の海浜を確保する。

ー被災対象区間の評価ー

汀線変化位置±10m 内外で安定。但し、葛川河口部は S40 年代まで海砂が採取され後退、中止後、S55 年まで 30m 近く前進し、H2 年では 10m 後退し、現在安定。

⑤ 完成当時の設計条件

【西湘バイパス建設当時の土木研究所資料】

- 深浅測量および空中写真の解析から、汀線位置が年間で±15～20m 変化すると予測。
- 堤防前面で地盤高が最大 4.0～5.0m 変動し、根固工の設置が必要。

【橋脚についての移動床実験】

- 計画波を 6m とした場合、橋脚部で 4.5～6m の洗掘を覚悟する。

⑥　ボーリングデータの反映

図 3.3 示すボーリング結果より、沖積砂層と洪積砂層の境界は T.P.-0.5～-4.0m となっており、沖積砂層までは侵食履歴がある層、洪積砂層（N 値 50 以上）は侵食履歴がない層と想定した場合、T.P.-4.0m までが侵食の可能性が高い層と考えられる。

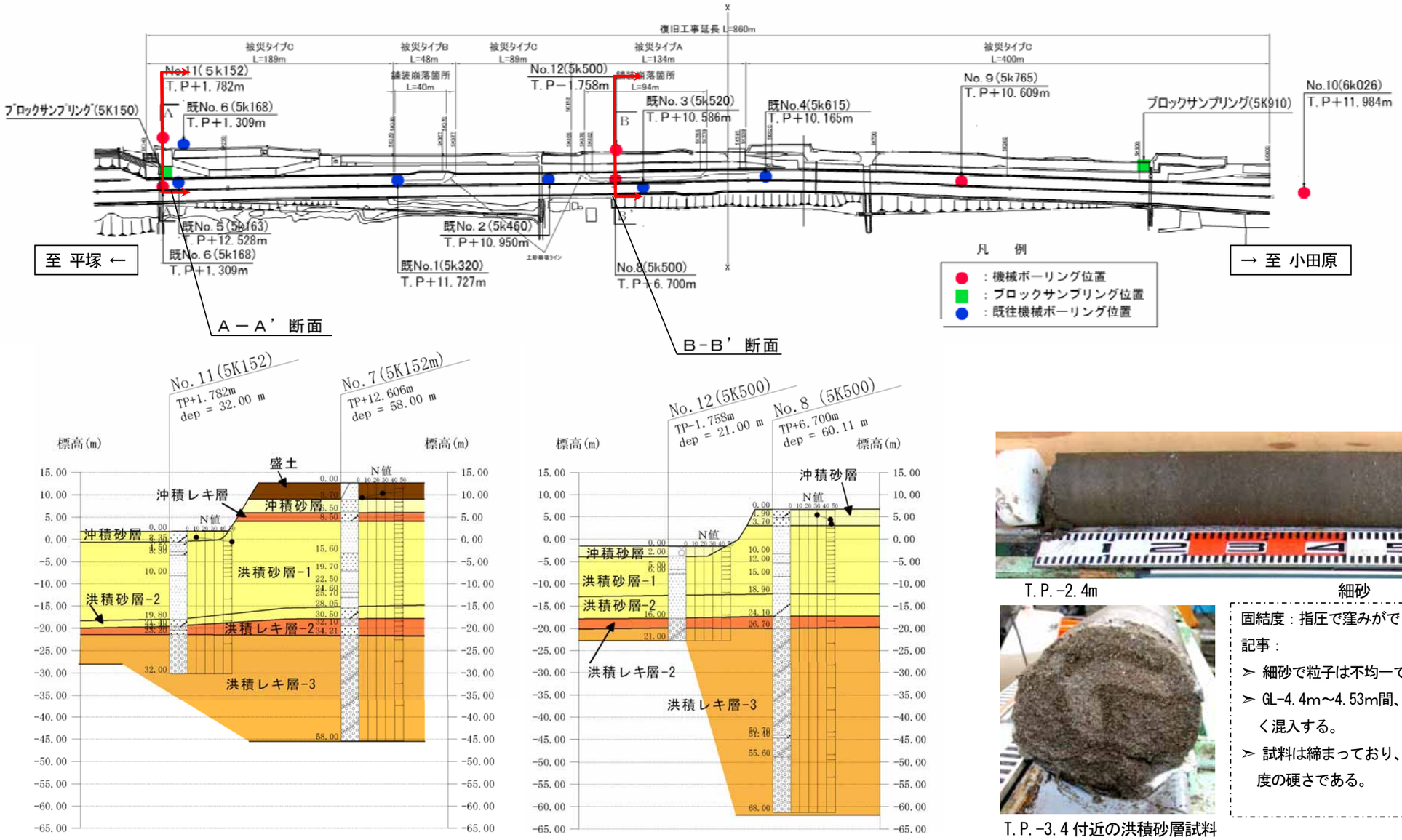
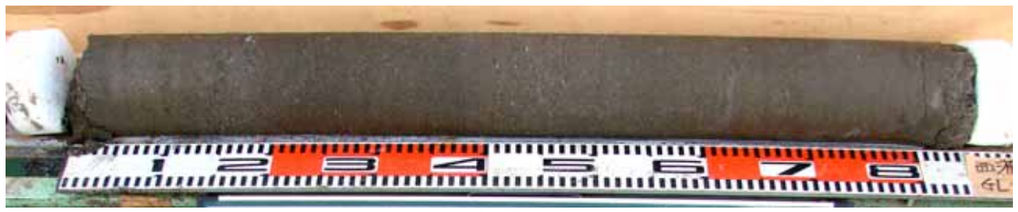


図 3.3　ボーリング結果



T.P.-2.4m　　細砂　　T.P.-3.485m

T.P.-3.4 付近の洪積砂層試料

固結度：指圧で窪みができない程度の硬さである。

記事：

- 細砂で粒子は不均一である。
- GL-4.4m～4.53m間、φ2mm前後の亜円礫を多く混入する。
- 試料は締まっており、指圧で窪みができない程度の硬さである。

【最大洗掘深さの設定】

①～⑥の資料から、当該海岸では一つの気象擾乱で 2～4m 地盤高が低下する恐れがあるといえる。

上記の検討結果を踏まえ、今回の本復旧において考慮すべき最大洗掘深さは、吸出し防止工の前面地盤高を T.P.-1.5m とした場合、以下の式により算出する。

最大洗掘深さ　＝（吸出し防止工前面の地盤高）－（平成19年9号台風実績洗掘深さ：原地盤高T.P.-1.5m））
＝　T.P.-1.5m　－　2.0m
＝　T.P.-3.5m
≒　T.P.-4.0m　（0.5mの余裕を見込む）

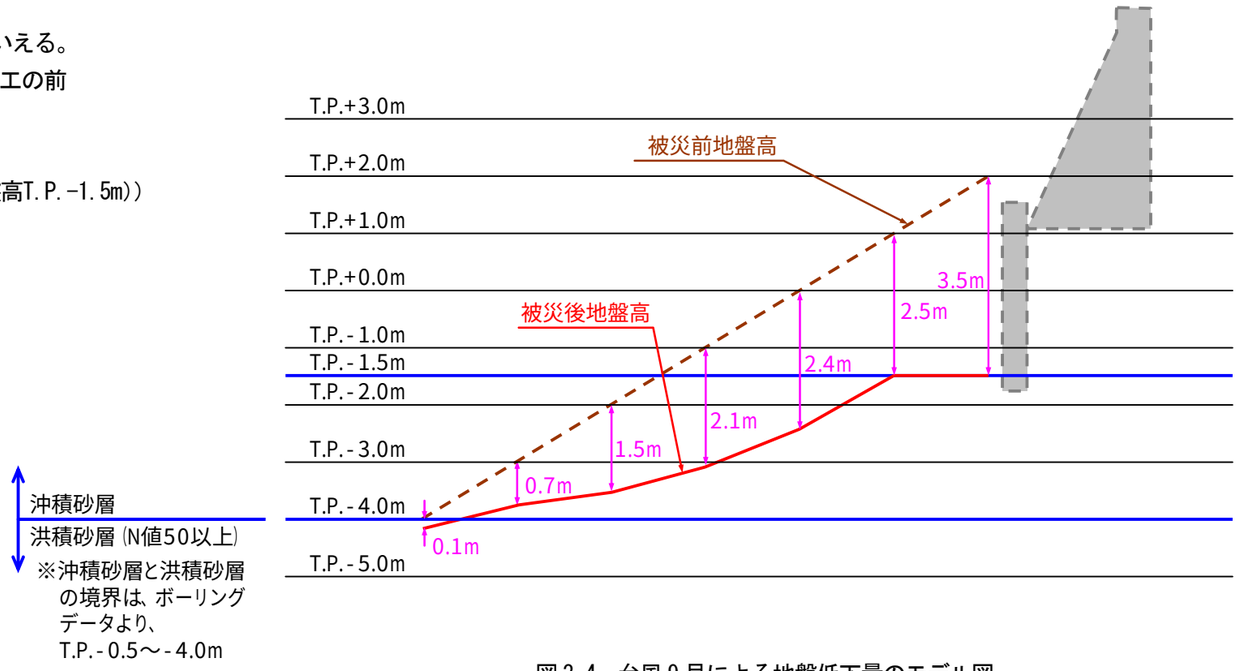


図 3.4　台風 9 号による地盤低下量のモデル図

２）　洗掘対策工

洗掘対策工として、吸い出し防止工前面に消波工を設置し、台風等の異常時の気象擾乱による洗掘に対して対処する。消波工底部には、沈下対策工を実施して沈下を抑制するとともに、高波浪により消波工が沈下した場合は、消波工の異型ブロックを増し積みする等の維持管理を行う。

（2）消波工

消波工として前面に異型ブロック、根固め工として袋詰め玉石による根固め工を採用する。

1） 天端高・天端幅

天端高は、海岸保全施設の技術上の基準・同解説によると次のようになる。

> 天端高＝朔望平均満潮位＋1/2H
> 天端高＝朔望平均満潮位＋1.0～1.5m
> （H は設置水深における進行波として年数回波程度の有義波高）
> さらに想定される沈下量を見込んで設置することが望ましい。

ここで、朔望平均満潮位： T.P.+0.85m
設置水深 ： T.P.-2.00m
年数回波として、1年確率沖波波浪（波浮） ：H_0 = 5.82（m）、T_0 =10.6 （s）
1年確率換算沖波波高 ：H_0' = 5.82×0.82 = 4.75（m）
砕波浅水変形後の進行波高：$H_{1/3}$ = 2.53m = H

これを基に検討すると、
（天端高）=（朔望平均満潮位）+ 1/2H=T.P.+0.85 + 2.53/2=T.P.+2.12m
または、
（天端高）=（朔望平均満潮位）+1～2m=T.P.+0.85 + 1.5m=T.P.+2.35m

沈下量をこれまでの年変動量から0～0.5mと仮定すると、天端高はT.P.+2.00m～T.P.+2.85mとなることから m ラウンドに整理して、**（天端高）=T.P.+3.00mとする。**

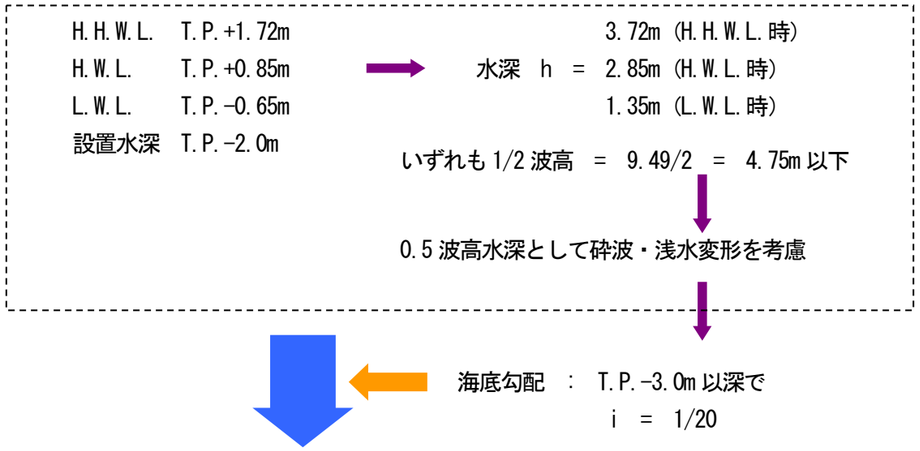
また、天端幅は、ブロックの安定性を考慮して、**ブロック 3 個並び幅とする**。

2） ブロック質量

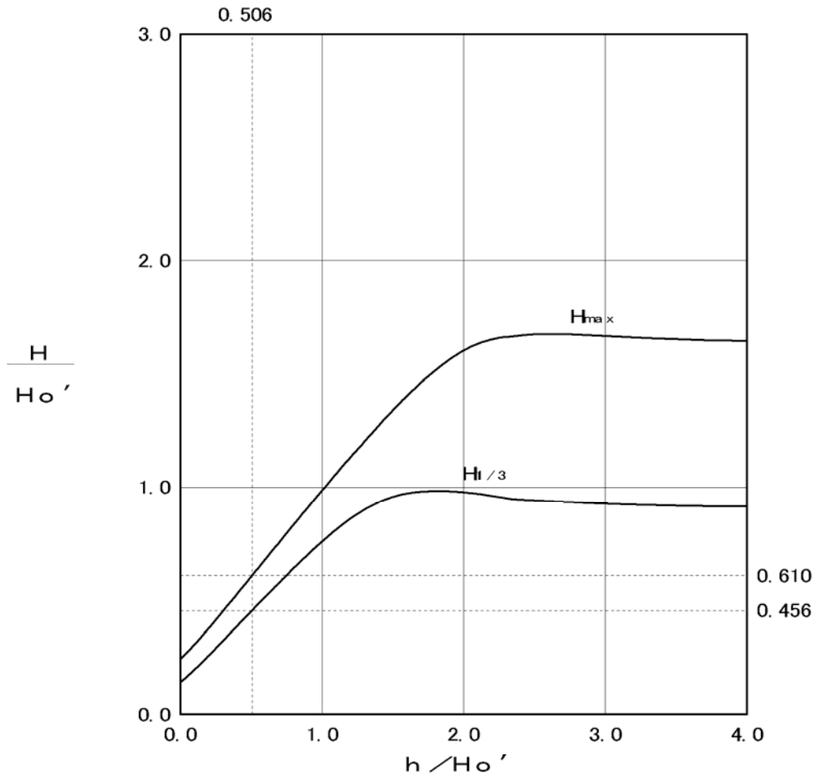
対象波浪は、以下の通りである。

換算沖波波高H_0' = 9.49m
周期T_0= 13.0sec

消波工の異型ブロック所要質量算出のための進行波H_bは、水深T.P.-2.0mでの砕波・浅水変形を考慮して算出する。



H_b = H_0' × 0.457（砕波変形） = **4.33 m**



[沖波条件]

沖波波高	（Ho'）	:	9. 49 m
沖波周期	（T o）	:	13. 0 s
沖波波長	（L o）	:	263. 6 m
波形勾配	（Ho'／L o）	:	0. 0360
海底勾配	（tanθ）	:	1 ／ 20

[砕波波高]

計算水深	（h）	:	4. 80 m （ 検討潮位）
相対水深	（h ／Ho'）	:	0. 506
浅水係数		:	2. 54
有義波高	（H 1/3 ）	:	4. 33 m
最大波高	（Hmax）	:	5. 79 m

図3.5　砕波・浅水変形計算結果

ハドソン式より、必要ブロック質量を算出する。

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_D^{\,3}}{K_D\left(\gamma_r / w_0 - 1\right)^3 \cot\alpha}$$

ここに、

W :　のり面における表面捨石などの質量（tf）
γ_r :　捨石などの空中単位体積質量（tf/㎥）
w_0 :　海水の単位体積質量（tf/㎥）
α :　斜面が水面となす角度（°）
K_D :　捨石などの種類によって決まる係数
H_D :　斜面の法先における進行波の波高（m）

γ_r :　2.3（tf/㎥）
w_0 :　1.03（tf/㎥）
α :　1.33（4/3勾配）
K_D :　8.3
H_D :　4.33（m）

W = 9.00（tf）

必要ブロック質量としては、被災した実績から上式より求められる質量の1.5倍とし（「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」(p.3-96)）、

9.00 × 1.5 = **13.5（tf）** → **質量14ｔ以上**→ **16ｔ型以上**

なお、詳細設計において、各種異型ブロックの比較を行い、型式を決定する。

（3）吸出し防止工

吸出し防止工は、遮水工として実績が多く、腐食対策も多くの実績がある鋼管矢板とする。
暴波浪等による吸出し防止工前面地盤の洗掘深さは、下記①～③に基づき設定する。

① 検討対象区間内における台風9号による洗掘量は平均2.0～4.0m程度である。（侵食前の地盤高がT.P.-1.5mの地盤低下量の実績値：約1.5～2.0m）

② 今回の道路護岸被災の主原因は、基礎の極度な洗掘と基礎下面からの吸出しによるものと考えられる。

③ 洗掘防止対策として、消波・根固め工を堤体前面に設置する。

①～③を踏まえ、吸出し防止工前面の地盤高をT.P.-1.5mとして洗掘深さを算出する。

（吸出し防止工前面の洗掘深さ）
＝（吸出し防止工前面の地盤高）－（平成19年9号台風実績洗掘深さ：原地盤高T.P.-1.5m））
＝ T.P.-1.5m － 2.0m
＝ T.P.-3.5m
≒ T.P.-4.0m （0.5mの余裕を見込む）

以上より、吸い出し防止工前面地盤の洗掘深さはT.P.-4mと設定する。

前面地盤が T.P.-4.0m（常時，地震時 T.P.-2.0m）まで洗掘された場合でも自立する構造として、吸出し防止工は、

鋼管矢板（φ=800mm）、L＝13.5m(T.P.+4.0～-9.5m)

とする。

（4）護岸工

1） 天端高

護岸天端高は、対象波浪、潮位、許容越波流量の組み合わせから必要となる天端高を確保する。
天端高を道路面と同じとして検討を行った結果を表3.1に示す。

表3.1 越波量検討結果

波浪		許容越波流量	天端高	想定越波流量	判定
50年確率	H_0' =9.49m T_0' =13.0sec	0.2m³/m/s	T.P.+12.5m	0.03m³/m/s	○
10年確率	H_0' =6.95m T_0' =11.0sec	2×10^{-4}m³/m/s	T.P.+12.5m	1.2×10^{-4}m³/m/s	○

以上より、護岸天端高を道路面と同じとすることで許容越波流量に対するある程度の余裕も見込めることから、

護岸天端高 ＝ 道路路面高（T.P.+12.5m）

とする。

2） 被覆厚

護岸の被覆厚については、吸い出し防止工前面がT.P.-4.0mまで洗掘された状態を想定し、設計波浪・設計高潮位で擁壁に作用する波圧を算出して、断面の照査を行った。検討結果を表3.2に示す。
尚、照査対象の被覆厚は、「海岸保全施設の技術所の基準・同解説」より、海岸保全施設の過去の実績・被災例から最小厚50cmのコンクリートとした。

表3.2 被覆厚検討結果

波浪		潮位	設置水深	照査対象被覆厚	判定
50年確率	H_0' =9.49m T_0' =13.0sec	H.H.W.L. T.P.+1.72m	T.P.-4.0m	0.5m (Co)	○

以上から、

護岸工最小被覆厚（Co）： t=0.5(m)

とする。

3） 安定性の検討

護岸工の安定性については、所要の設計水平震度（大規模地震対応：Kh=0.16）を作用させた場合にも安全な構造とする。