

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

参考資料

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

目次

1 . 第2回委員会の指摘事項への対応（被災要因の検討）について.....	1
1 - 1 波の周期成分について	2
1 - 2 波の集中	4
1 - 3 漂砂	6
2 . 本復旧構造の検討条件	13
2 - 1 平成19年台風9号による被災と対策工について	13
2 - 2 設計波浪	15
2 - 3 反射率について～天然海浜と消波ブロックの比較～	19

1. 第2回委員会の指摘事項への対応（被災要因の検討）について

表1.1 第2回委員会の指摘と対応

項 目	指摘・要請次項	対 応
波の周期成分について	突出した周期データの棄却は現段階では正しいと思うが、スペクトルの形状をきちんと出した上で議論すべきである。	気象庁に原データおよびスペクトル形状の解析の有無を確認した結果、原データおよびスペクトル解析等については提供していないとの回答であった。このため、石廊崎の既往観測資料との比較を行った（p.2）。
	波浮は長周期波成分が出ないよう水深50mに設置してあるが、浅いところでは長周期波成分はもう少し大きくなり、局所的な水位上昇によって越波や吸い出しが起きやすくなっていたと考えられる。局所的な水位上昇の危険性については記述しておくべき。	被災要因で述べている「周期の長い波」と、スペクトルとしての「長周期成分」は異なるため、混乱を招かないよう記載する。また、平塚観測所のデータを解析して沿岸の長周期成分を抽出し、その影響を検討した（p.3）。
波の集中	14.2秒の周期で、屈折線を描いて波の集中を示すべきである。また、もう少し周期が短く出現頻度も高い波が砂を動かす大きな役割を果たしているはずである。それに対しても屈折線を描くべきである。	エネルギーが継続的に作用した周期帯について、波がどのように屈折し海岸線に対して入ってきたかを示す資料を作成した（p.4～5）。
	今回、14.2秒の波が目立つが、台風するときにはそれにあわせて、もっとゆっくりした波が入っており、そういう波は海脚の影響をすごく受ける。14.2秒の波向き線も重要だが、もう少し長いものも検討したほうがいい。	平塚観測所のデータを解析し、長周期成分を抽出する。その長周期成分を用いて屈折図を描き、長周期成分の影響を説明する資料を作成した（p.4～5）。
漂砂	被災前後の深浅測量図から、砂が深いところに落ちたのかどうかという判断がつかめるのはいか。問題となっているような礫の大きさを考えると、それを動かす移動限界水深はどのくらいかというの分かる。	神奈川県が実施している深浅測量データから資料を作成した（p.6）。
	森戸川の西で、西向きから東向きの流れに波向きが変わっている。そこに砂がたまっているのか、さらに沖に行っているのか、神奈川県が実施を予定している空中写真で確認することも長期的な問題を考える課題として記録にとどめておく。	被災後の斜め空中写真から確認を行った（p.7～11）。
	今回の高波による侵食はきっかけであり、これまでにずっと侵食されていたということを確認しておく必要がある。	神奈川県が実施している深浅測量データから資料を作成した（p.12）。

1 - 1 波の周期成分について

1 - 1 - 1 石廊崎の波浪

平成19年台風9号時、石廊崎において最大有義波周期22.6秒という長周期の波が観測された。しかし、波高・周期の観測結果の時系列および周辺の他の波浪観測資料と比較した結果、著しく大きい観測値であるため、被災波浪の検討値としては除外した。

ここでは、石廊崎の既往観測資料と比較し、長周期波発生の可能性について再検討を行う。石廊崎の累年の月別最大値を図1.1に、高波一覧表を表1.2示す。

(気象庁に原データおよびスペクトル形状の解析の有無を確認した結果、原データおよびスペクトル解析等については提供していないとの回答であった。また、石廊崎の波浪データは確定値として発表されていない。)

これによると石廊崎累年の最大波は有義波で波高10.2m、周期14.7秒となっており、特に6月～10月の波高が大きい。累年の高波上位20位は、有義波高6.41～10.2m、有義波周期で10.1～15.5秒となっている。従って、既往の高波と比較して今回観測した22.6秒という周期は非常に大きいことがわかる。

高波一覧表より高波・周期関係の相関をとったものを図1.2に示す。波高-周期では相関が低いことから、 $H_{1/3}^2$ と波高の相関とした。この相関関係より算出した近似式を用いて22.6秒に対応した波高より周期を算出した結果を表1.3に示す。これから、波高から推測される周期より観測値が非常に大きい値を示しており、現時点では、検討対象から除外することとする。

表1.2 高波一覧表(石廊崎)

順位	有義波高	有義波周期	最大値観測時刻	備考
	(m)	(秒)		
1	10.2	14.7	04/10/20 23	2004年台風第23号
2	10.15	12.6	82/08/01 24	1982年台風第10号
3	9.93	13.1	85/07/01 04	1985年台風第6号
4	9.83	13.4	97/06/20 14	1997年台風第7号
5	9.36	13.1	02/10/01 19	2002年台風第21号
6	9.02	13.1	82/09/12 18	1982年台風第18号
7	8.87	12.9	98/09/16 05	1998年台風第5号
8	8.43	15.5	05/08/25 21	2005年台風第11号
9	8.24	12.9	79/10/19 15	1979年台風第20号
10	8.07	13	90/09/20 02	1990年台風第19号
11	7.37	10.1	04/10/09 16	2004年台風第22号
12	7.37	14.2	98/09/22 20	1998年台風第7号
13	7.1	15	90/11/30 19	1990年台風第28号
14	6.96	13.9	97/07/26 15	1997年台風第9号
15	6.95	10.4	04/12/05 07	低気圧
16	6.92	12.5	02/07/10 23	2002年台風第6号
17	6.81	12.4	87/10/17 09	1987年台風第19号
18	6.69	11.3	83/08/17 09	1983年台風第5号
19	6.42	10.7	90/08/10 09	1990年台風第11号
20	6.41	10.8	04/08/31 06	2004年台風第16号

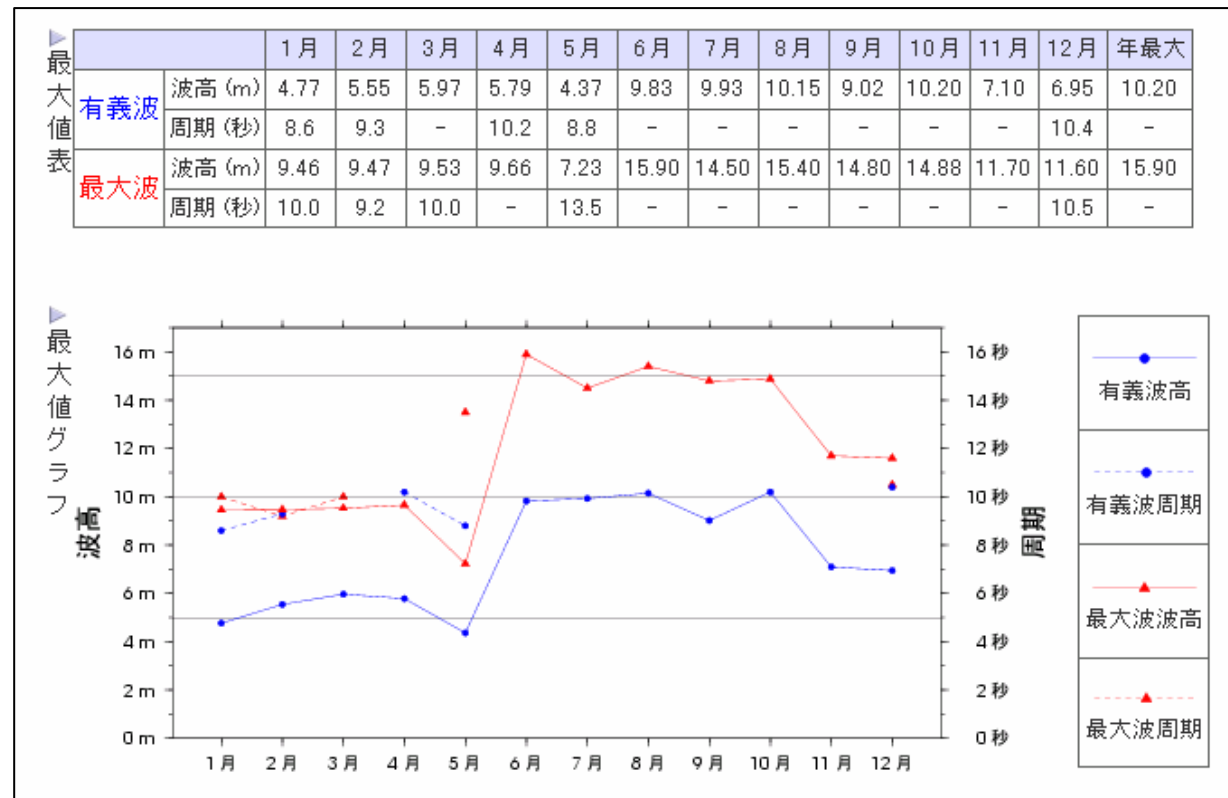


図1.1 累年月別最大値一覧表(石廊崎)

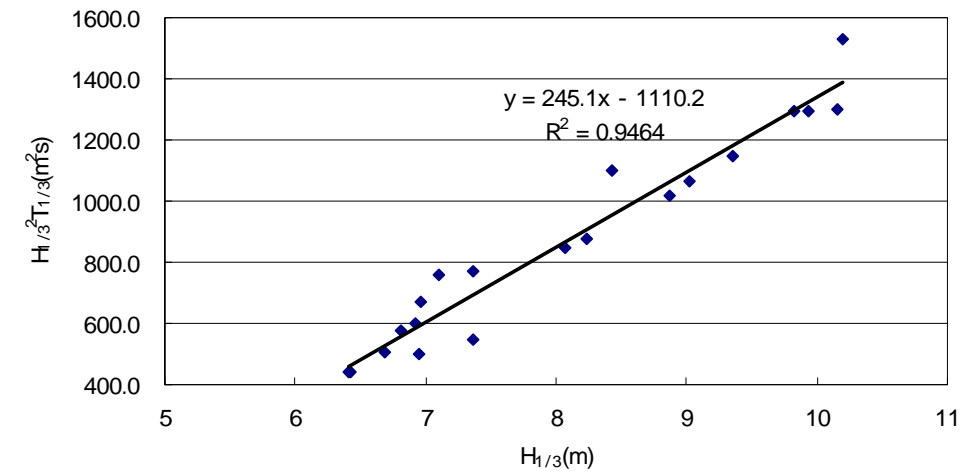


図1.2 高波の波高・周期関係

表1.3 近似式から算出した有義波周期と実測値との比較

	$H_{1/3}$ (m)	周期計算値 (s)	有義波周期(s) (実測値:異常値として棄却)
有義波高最大値	7.8	13.2	20.4
有義波周期最大値	5.0	4.6	22.6

図1.2近似式より算出

1 - 1 - 2 平塚沖の長周期波

西湘バイパスに最も近い波浪観測地点として平塚実験場（防災科学技術研究所）の波浪データがある。そこで、台風9号における平塚観測塔の波高の原データを収集し、波高の長周期変動について検討を行った。

図1.3は、平塚波高計の1分平均値の変動である。台風通過時の9月6日の23時に波高計のセンサーが高波浪により破壊されたため、6日23時から水位は異常をきたしている。なお、水位の基準はL.W.L.である。

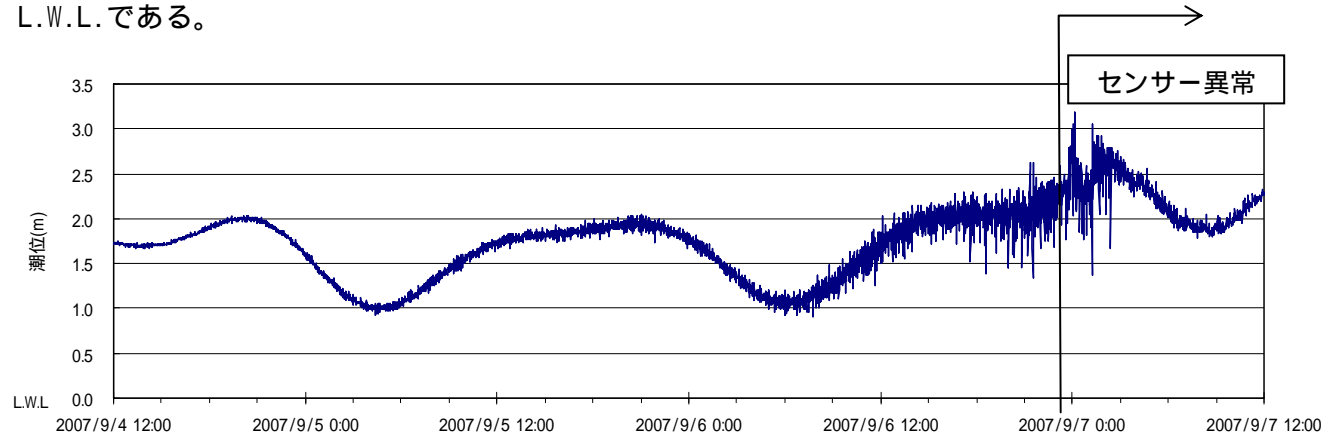


図1.3 平塚波高変動

9月6日の台風の接近とともに1分間の平均水位の乱れは大きくなる。波高データの原データ(0.3秒インターバル)を見ると、9月4日と台風接近時の9月5日では波高の振幅も大きくなりノイズも多くなっている。このため、40分毎のデータから平均±2.5（標準偏差）を上限、下限としてノイズデータを除外した。

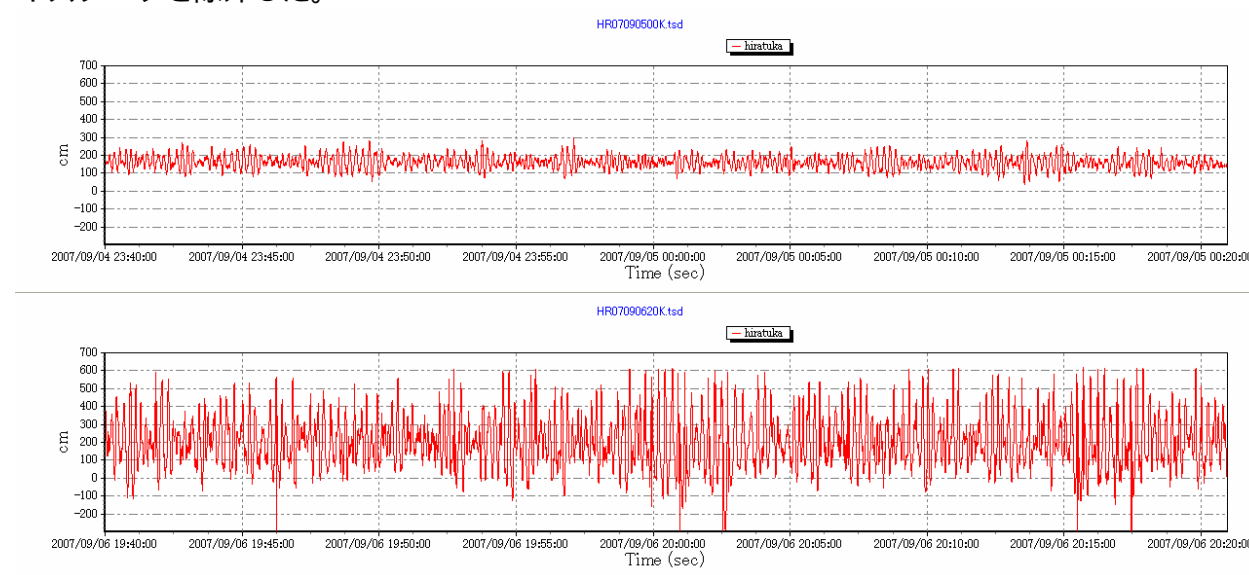


図1.4 波高の原データ

原データのパワースペクトル(図1.5)を見ると、約10秒の波浪のスペクトルピークの他に高波浪時には100秒前後の長周期のスペクトルピークが見られる。

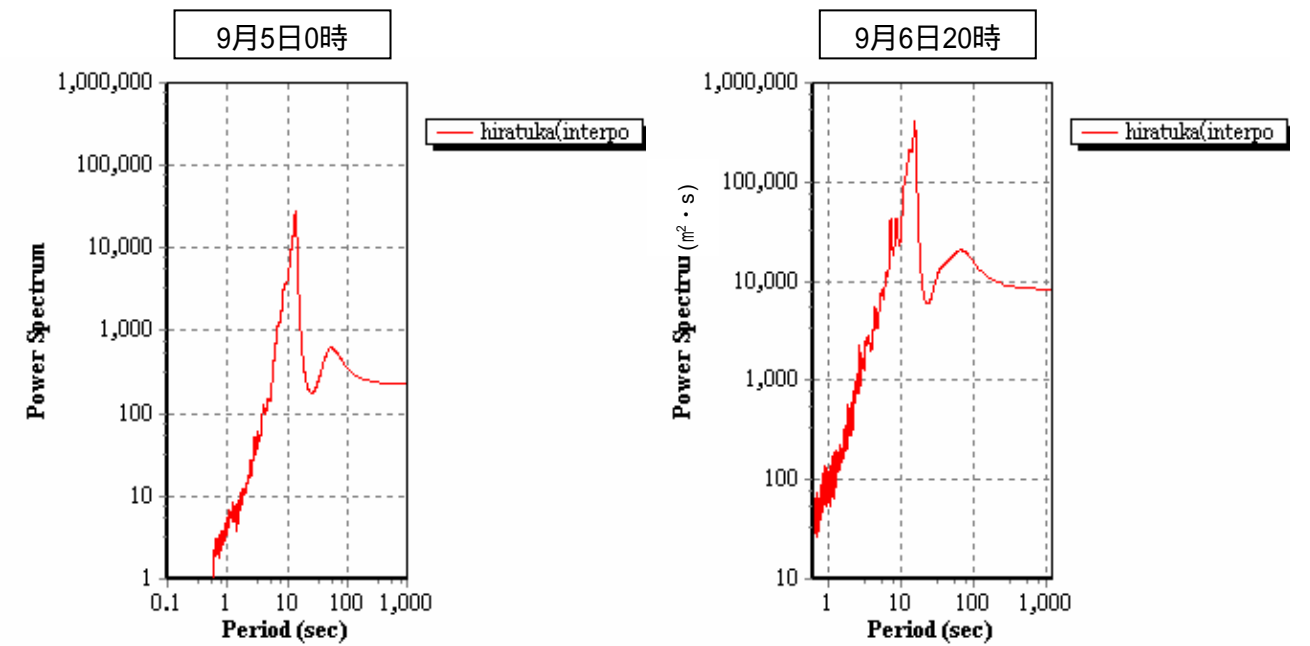


図1.5 波のパワースペクトル

以上より、長周期波について検討するため、0.3秒毎の波高データから30秒以上1000秒以下のバンドパスフィルターをかけて長周期波を抽出した。このデータからゼロアップクロス法により、1/3最大波高及び1/3最大波高周期をもとめ、図1.6に示す。波高は、通常の波高が最も高い9月6日の20時から23時に、長周期波でも約1.2mと高い。周期は、40秒から100秒の間で、長周期波高が高くなる時期には60～90秒となっている。

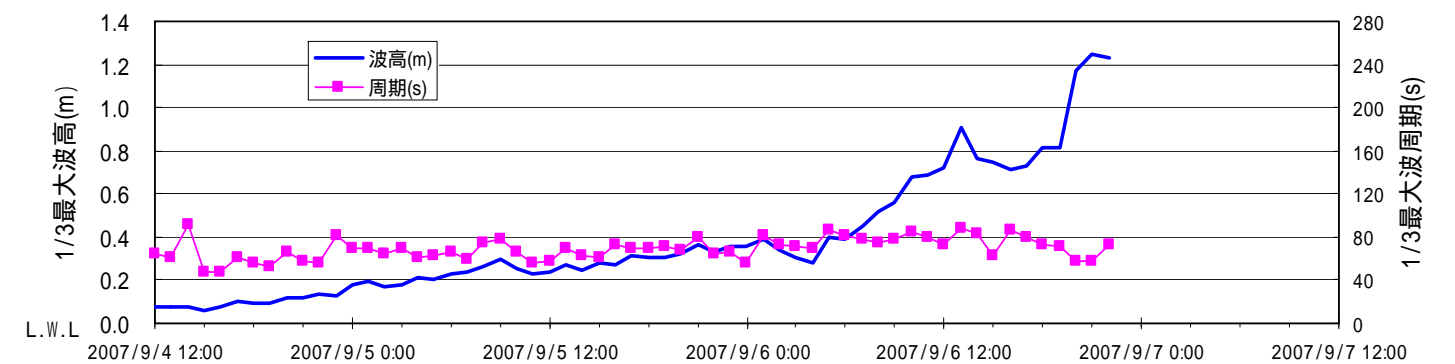


図1.6 長周期波の1/3最大波高及び周期の変動

【長周期波高の評価】

以上から、台風通過時には周期が60～90秒の1mを越える水位変動があったと考えられる。これは沿岸で発生していることから、砕波によって発生する平均水位の上昇（wave setup）および長周期振動と考えられる。「港湾の施設の技術上の基準・同解説」によると、波による平均水位の上昇やサーフビートは「砕波帯に施設を建設する場合は、必要に応じて考慮することが望ましい。」とあり、長周期波及び副振動については、「できるだけ現地観測を実施し、その結果に基づいた適切な対応を行う必要がある」とあることから、長周期波高の観測結果に基づき、越波量等の検討においては、必要に応じて長周期の水位上昇を考慮することとする。

1 - 2 波の集中

被災区間周辺の波浪の現地観測データの中から、最大波高を記録した波浮の有義波高(8.31m)を基本として、観測資料をもとに周期を10.4秒~14.2秒まで変化させて被災時の被災箇所前面の波浪の再現計算(波浪変形計算)を行った。この結果、被災区間前面に位置する大磯海脚の地形の影響で波が屈折し、被災区間に波が集中する結果となった。

この集中状況について波の屈折図を作成した。

屈折図の検討ケースを表1.4に、検討結果を図1.7に示す。屈折図はその間隔が狭いほど波が集中していることを示す。

検討結果より、周期が短いケースは沿岸にほぼ一様に入射し、周期が大きくなると海底地形の影響を受け、被災区間周辺に波が集中する傾向にあることが分かる。

前項より沿岸では長周期の水位変動が発生していたことが分かっており、被災区間は水位変動が大きく、波浪エネルギーが集中したと考えられる。

表1.4 検討ケース

ケース	ケース概要	有義波高(m)	有義波周期(s)	波向
1	観測最大値	8.31(波浮)	14.2	S33.75°E
2	スペクトルピーク周期平均値 (波浮,9/5~7)	8.31(波浮)	11.8	S33.75°E
3	長周期波1/3周期の比較的短い周期帯の代表値	0.4	50.0	S33.75°E
4	長周期波1/3周期の9/4 12時~9/6 22時までの平均値	0.4	70.0	S33.75°E

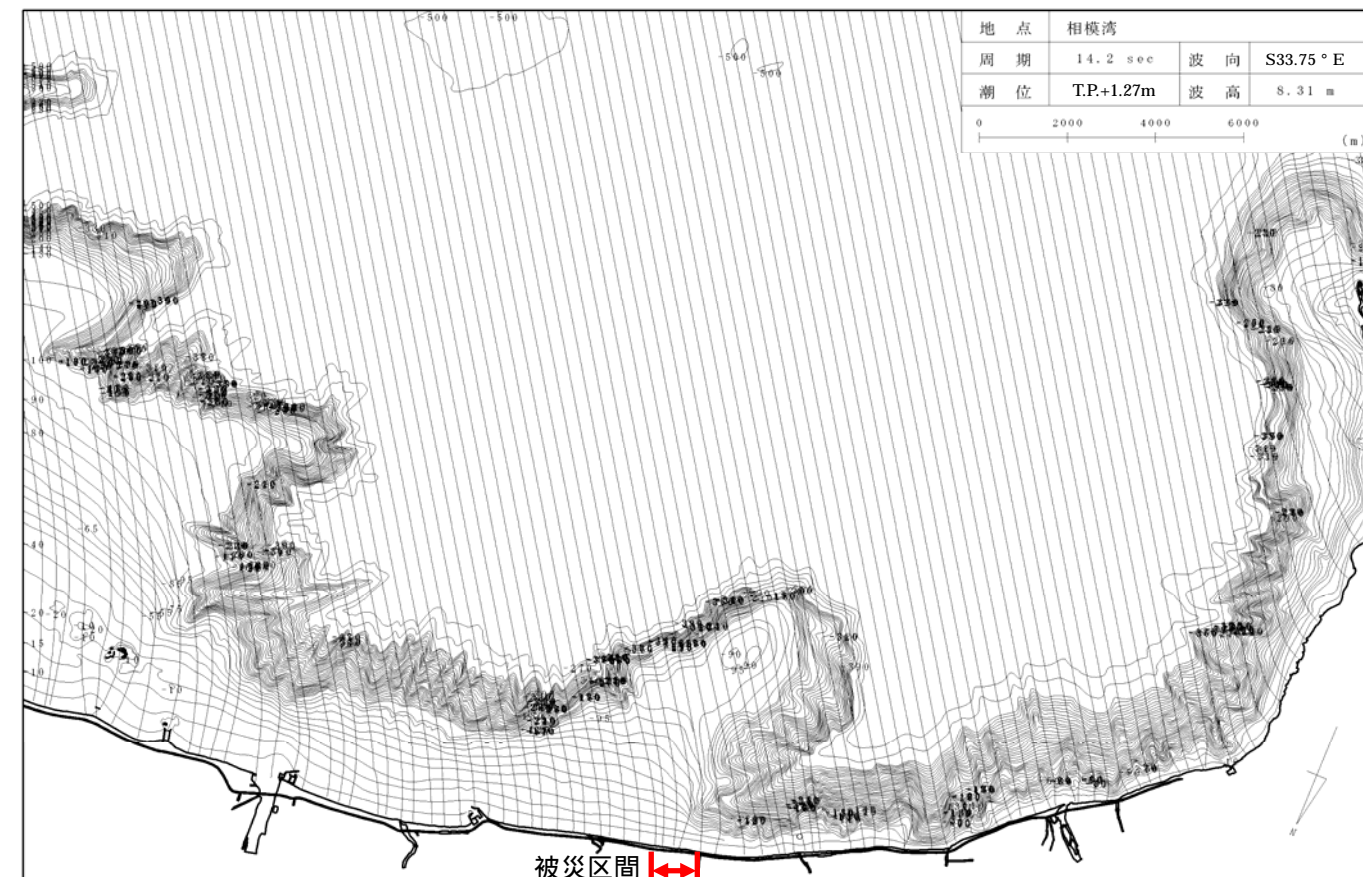


図1.7(1) 屈折図(ケース1)

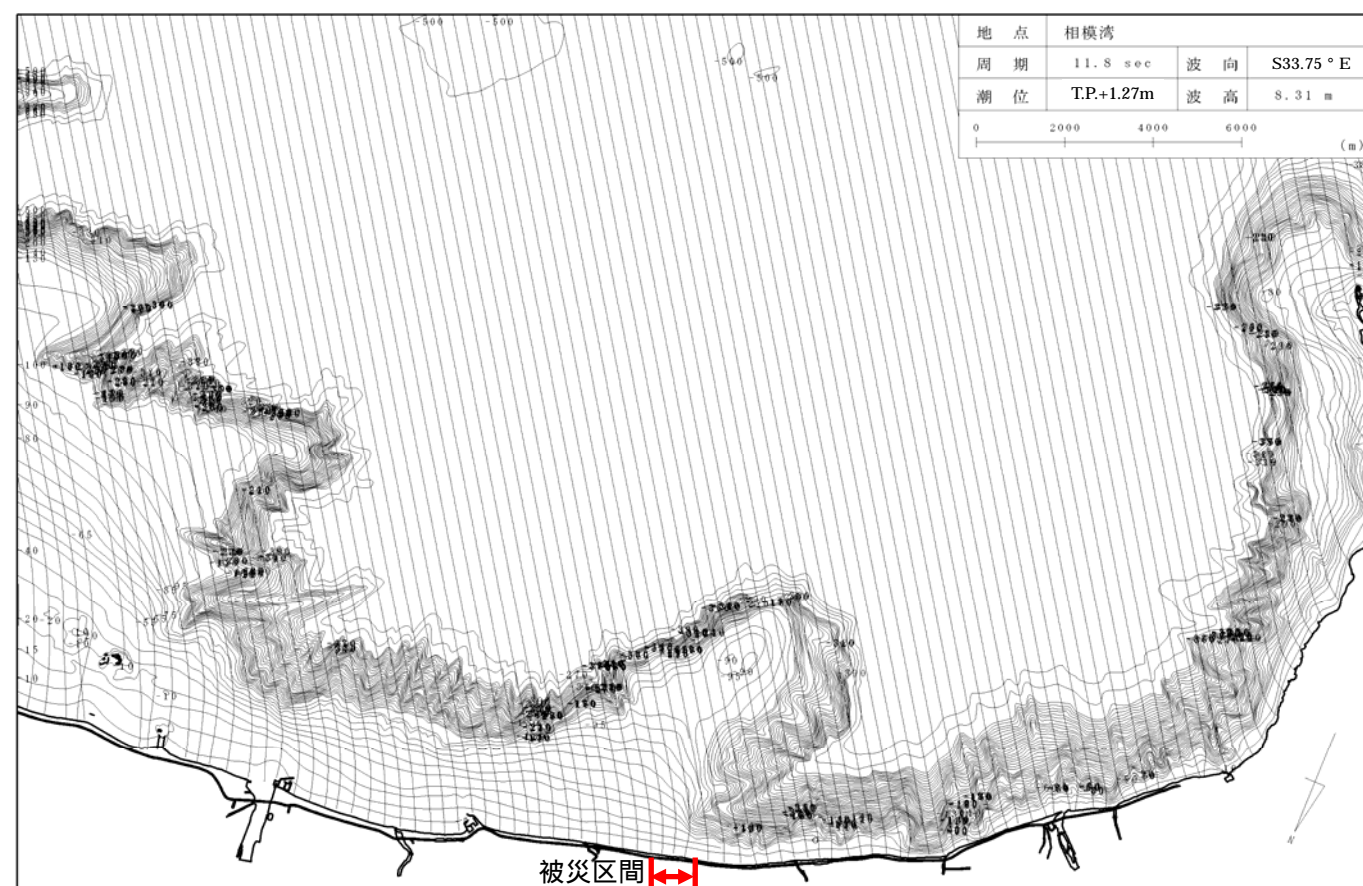


図1.7(2) 屈折図(ケース2)

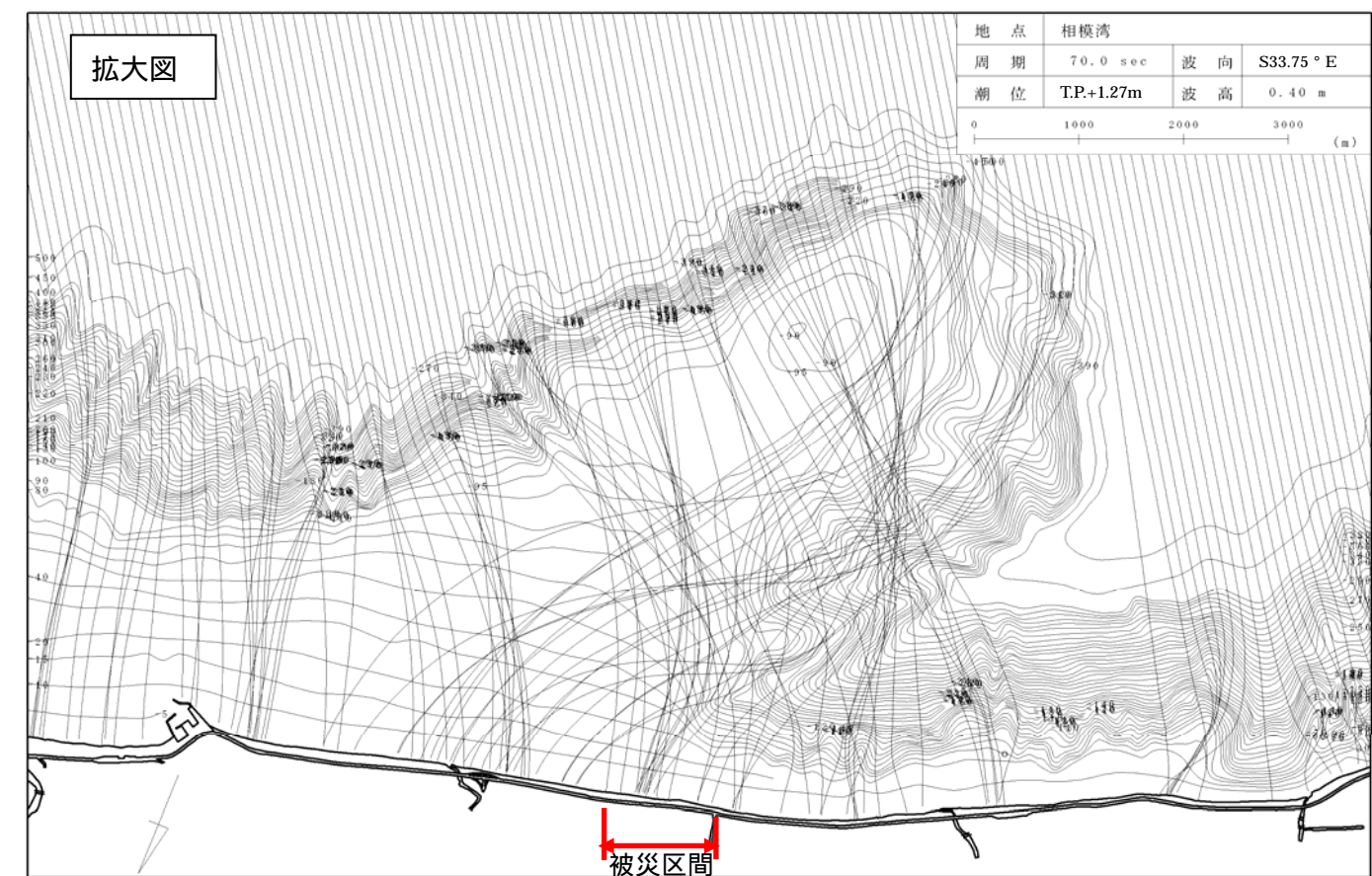
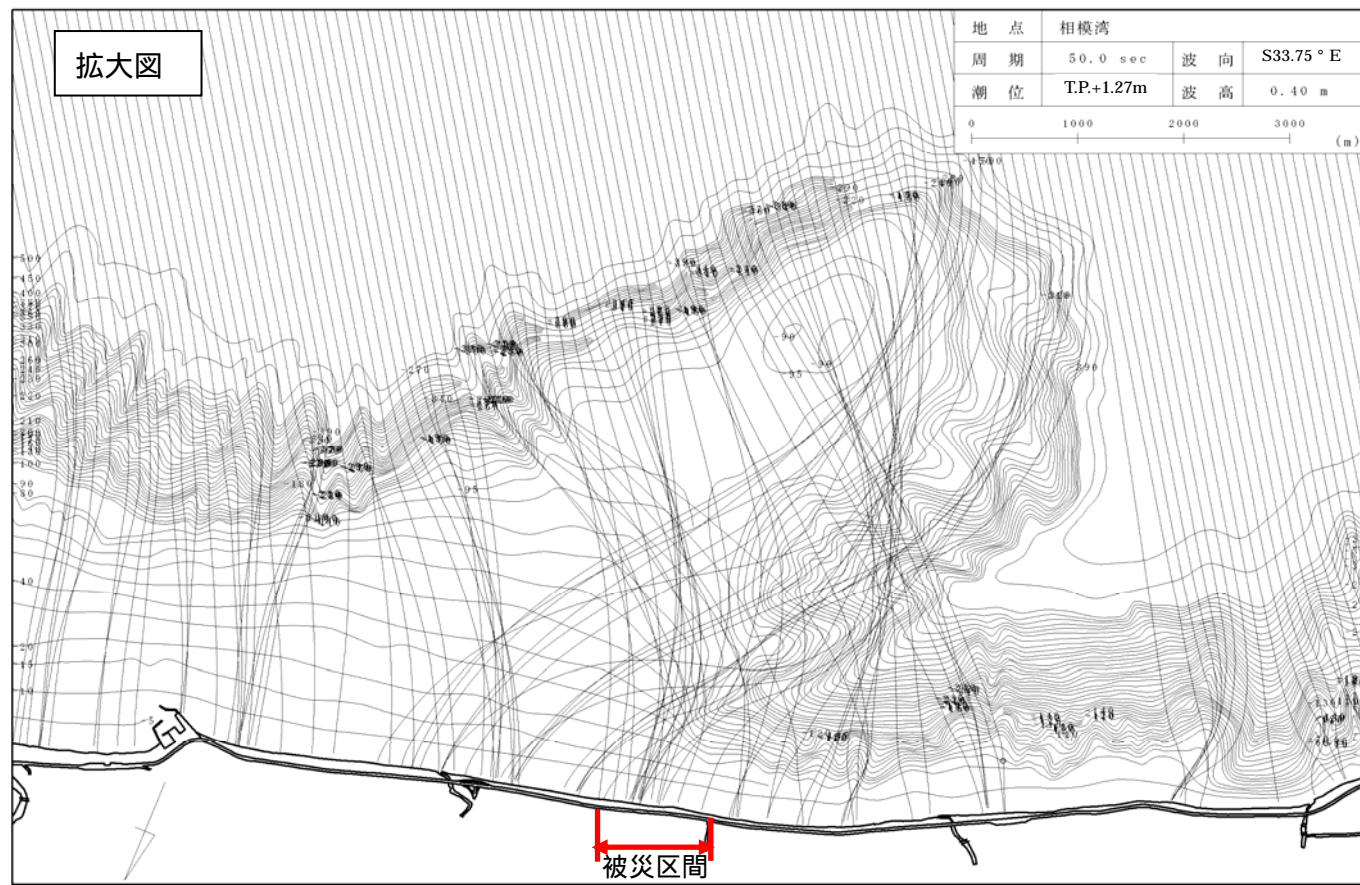
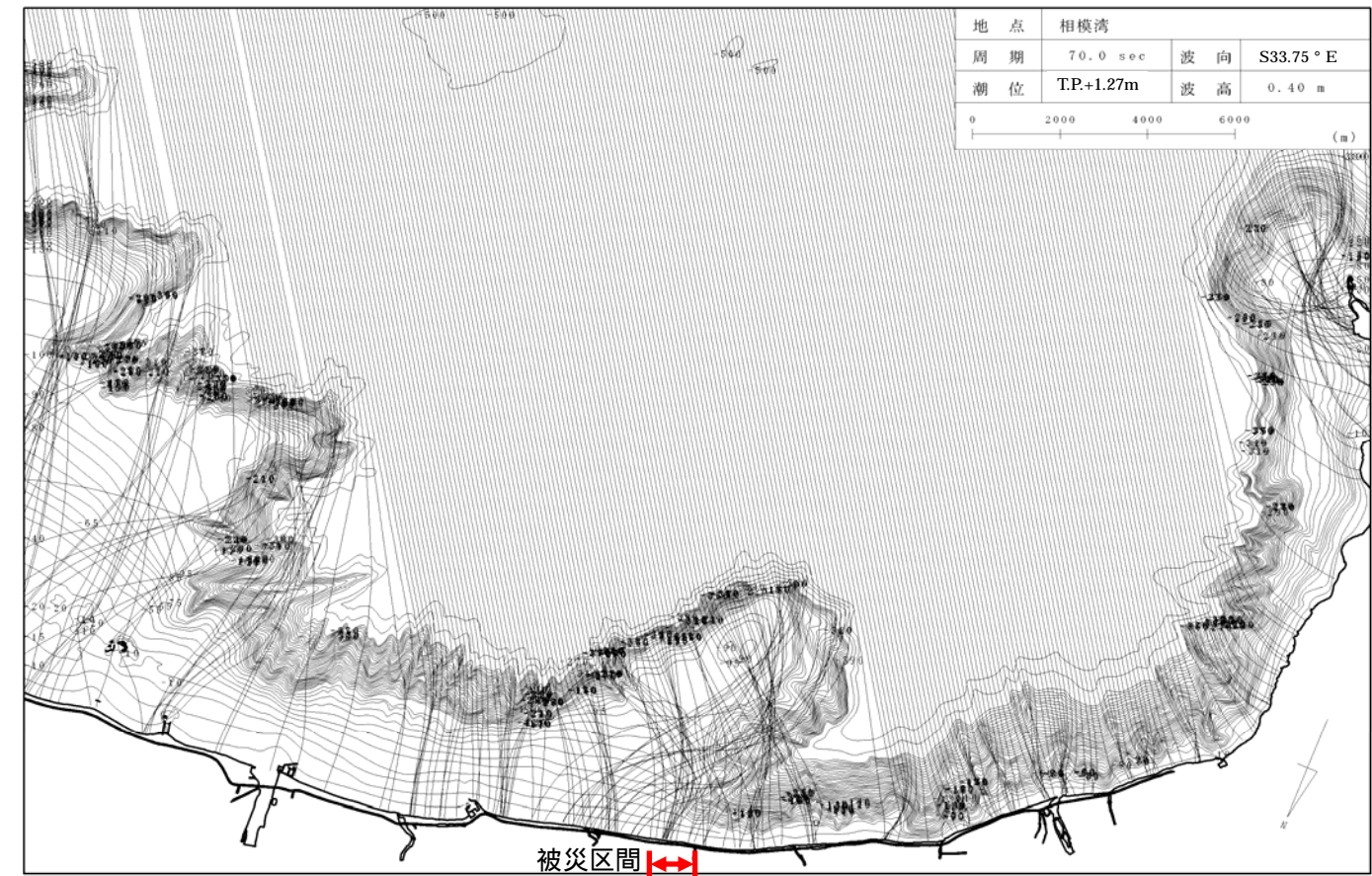
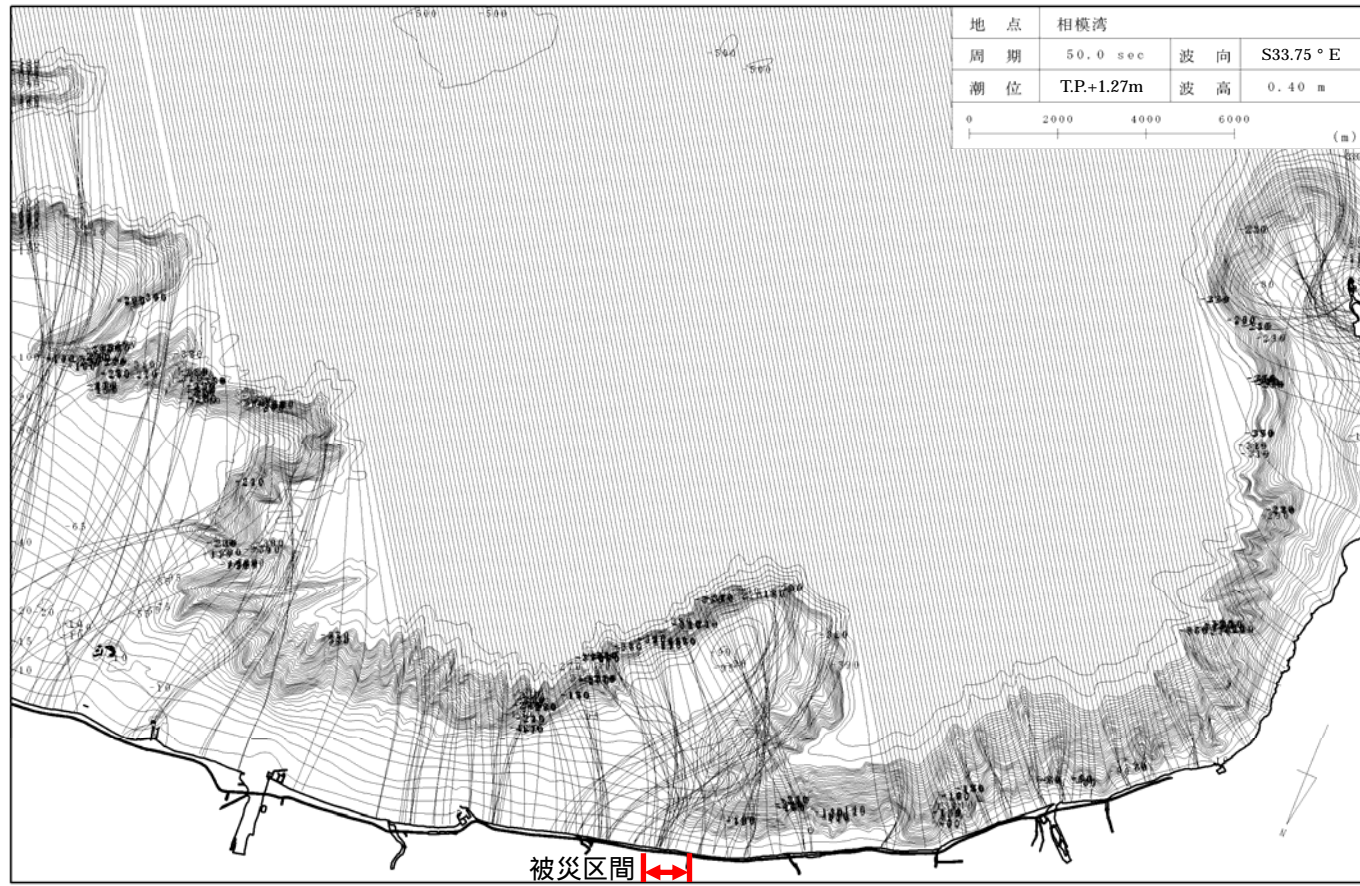


図1.7(3) 屈折図(ケース3, T=50s)

図1.7(4) 屈折図(ケース4, T=70s)

1 - 3 漂砂

1 - 3 - 1 平成19年台風9号による広域の地形変化の整理

(1) 深浅測量結果の整理(被災区間以西)

波浪变形計算結果より、被災区間で西向の卓越した沿岸漂砂が想定されたことから、被災区間以西の被災前後の深浅測量結果(神奈川県小田原土木事務所実施)について整理を行った。

この結果から、岸沖方向の土砂の移動(汀線部:侵食, 沖合部:堆積)は見られるものの、沿岸部に被災区間での侵食に対応するように大規模な堆積は見られていないことが分かる。

なお、海浜縦断形の比較から、西湘海岸の地形変化の限界水深は、7.0mと推測されている(出典:日本の海岸侵食)。

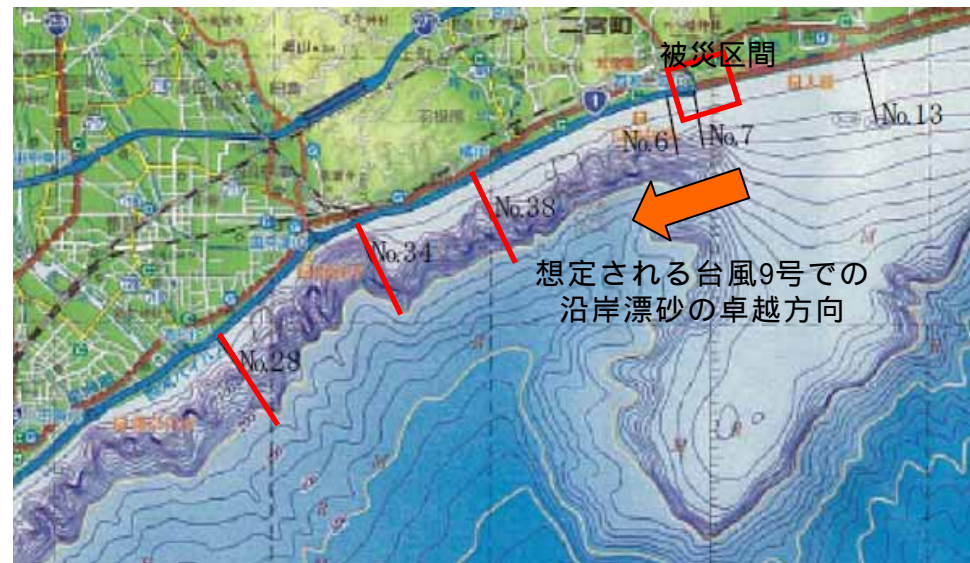


図1.8 測線位置図

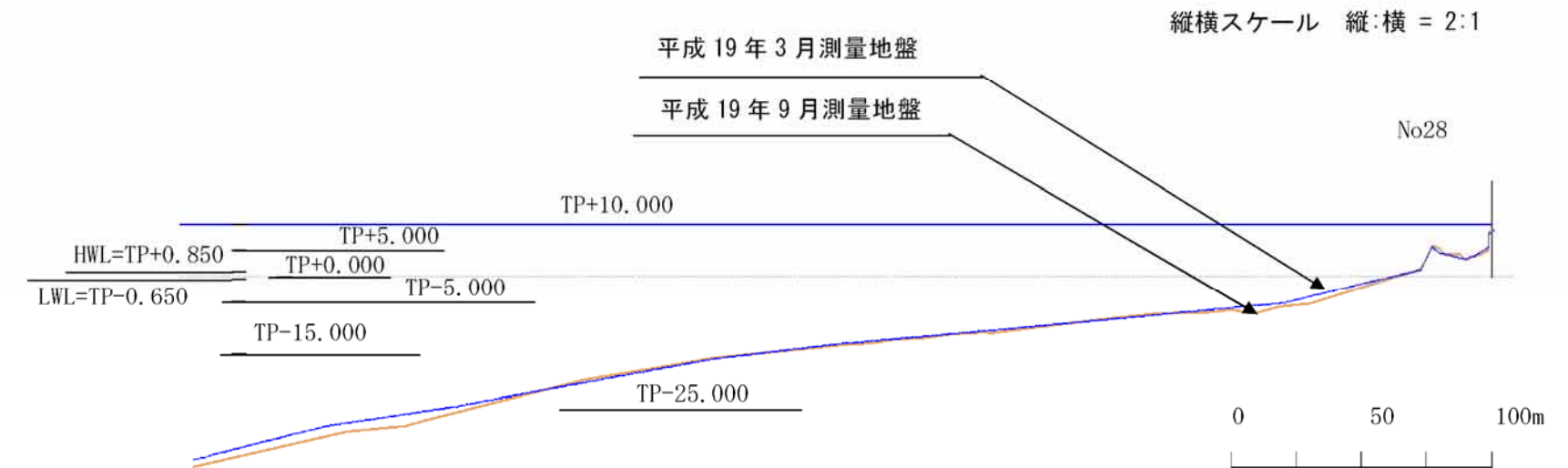
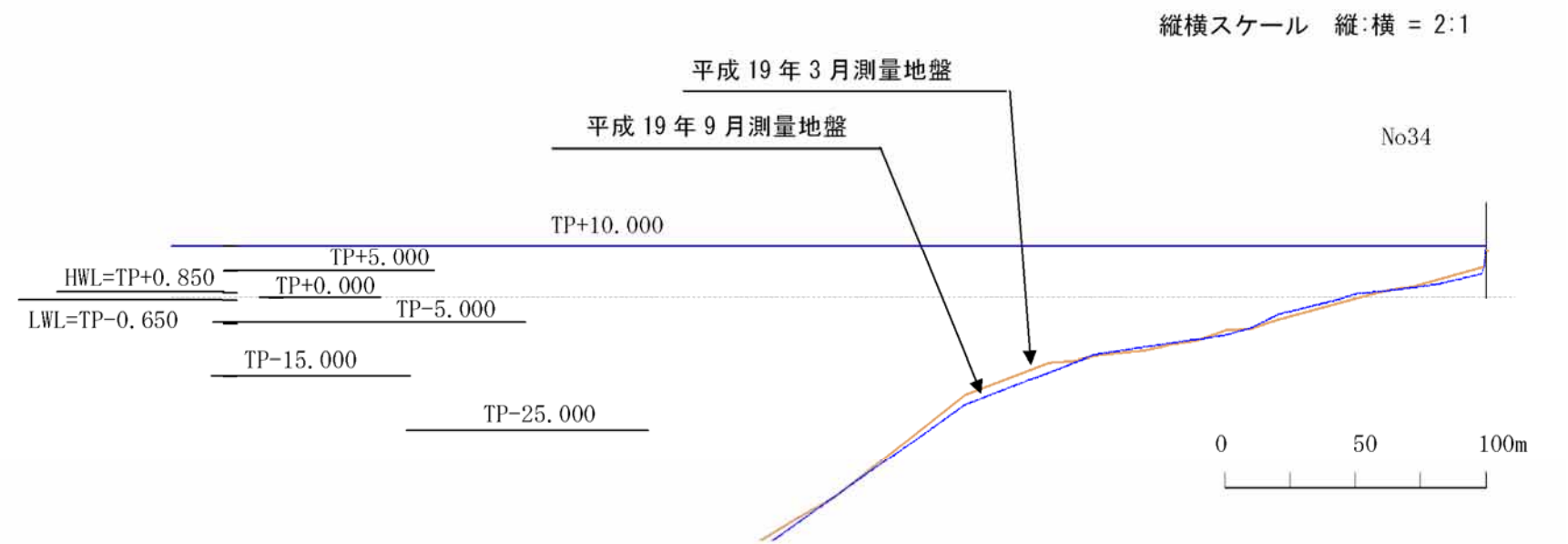
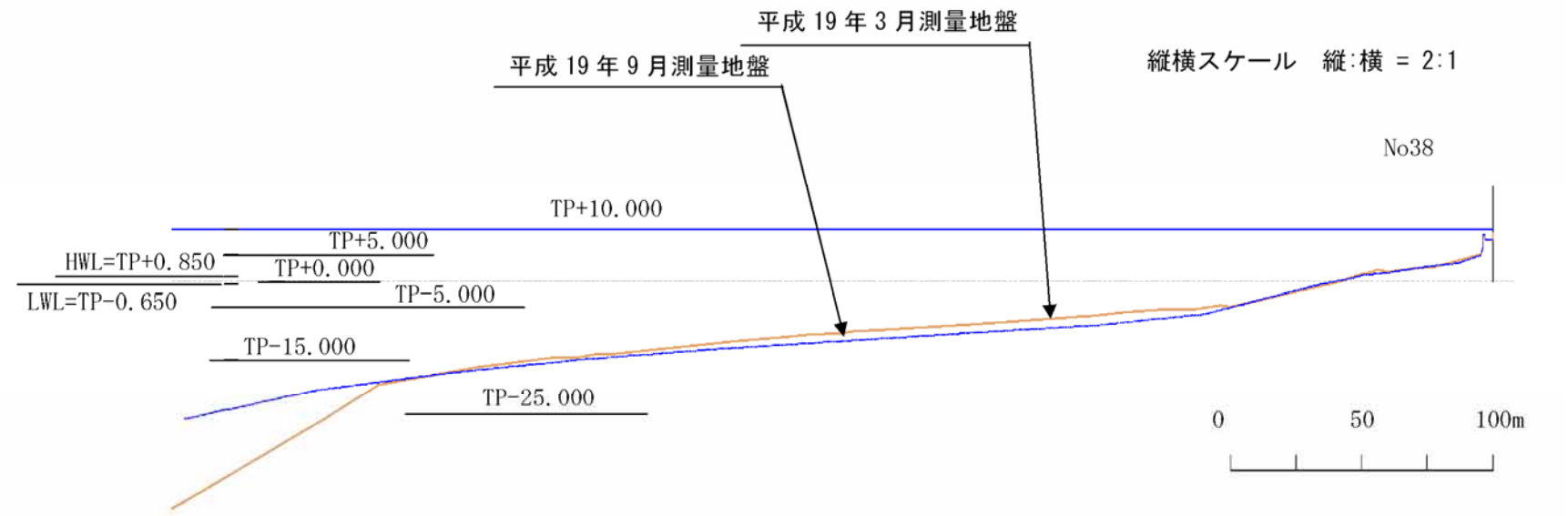


図1.9 被災区間以西横断測量比較図

(2) 空中写真結果の整理(平成19年9月25日)

波浪変形計算結果より、被災区間で西向の卓越した沿岸漂砂が想定されたことから、被災区間以西の被災後の空中写真について整理を行った。鉛直空中写真がなかったため、定量的な判断はできないものの、被災区間の侵食に対応するような大規模な堆積は見られていない。

至：平塚

至：藤沢

A



A

B



B

A

A

至：小田原



至：藤沢



至：小田原

至：平塚



葛川



西湘二宮 I.C.

被災区間



至：小田原



至：二宮



1 - 3 - 2 長期的侵食

図1.10に深浅測量位置図、図1.11に深浅測量結果を基にした汀線変化量の経年変化、図1.12に二宮漁港海岸で実施された養浜量を示す。

図1.11より、被災地区は長期的な侵食傾向にあり、平成8年（1996年）からの養浜で侵食傾向が抑制され、汀線が一時的に前進したものの、被災地区の土砂収支は依然マイナスであり、侵食傾向は続いていることがわかる。

また、被災区間を含む西湘二宮IC～小田原IC間が4車線で完成し、有料道路として供用開始した1971年（昭和46年）4月を基準として汀線変化量の経年変化を10mオーダーで整理すると汀線後退量は、10～20mとなる。

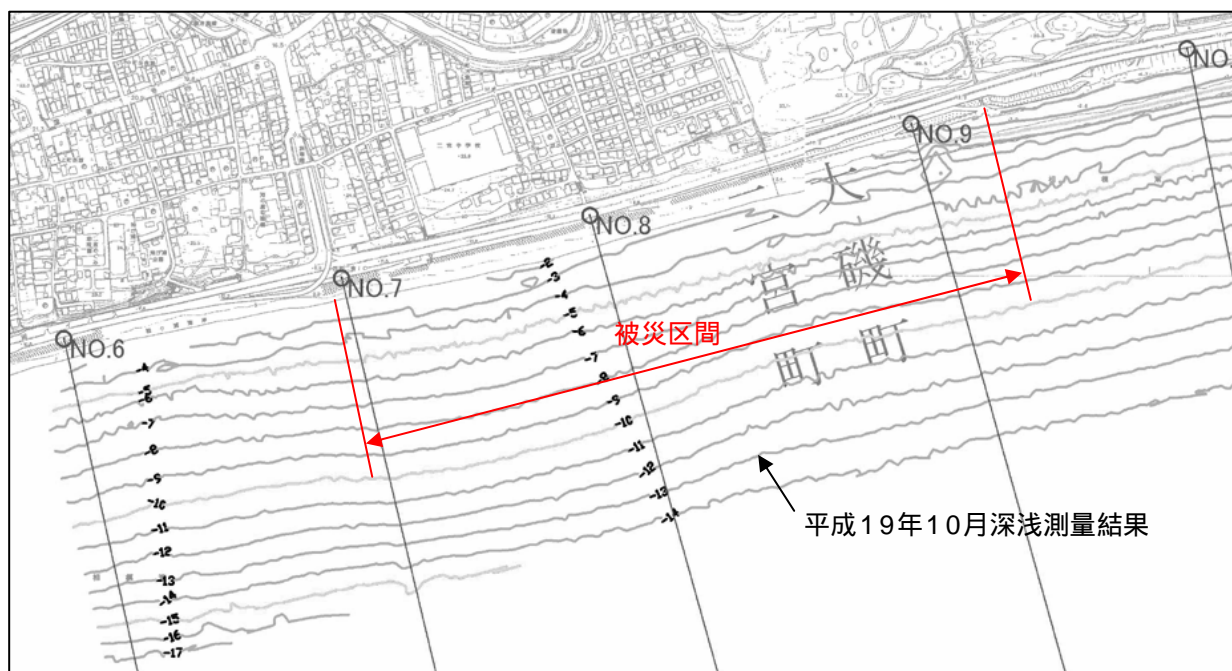


図1.10 深浅測量測線位置図

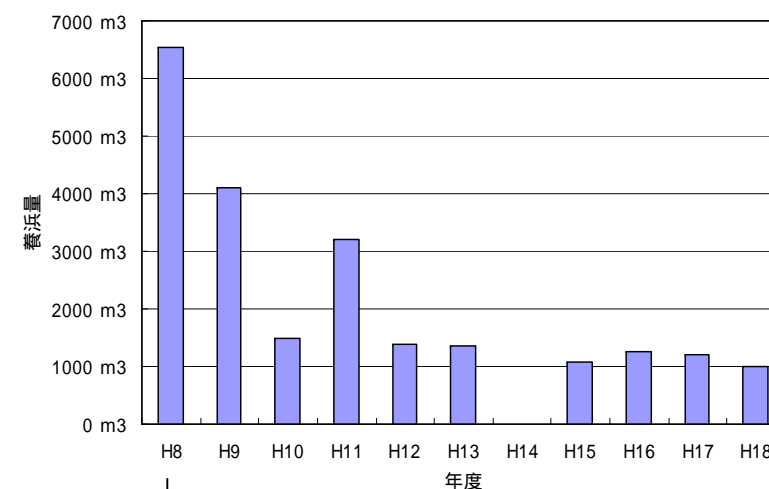


図1.12 二宮漁港養浜量

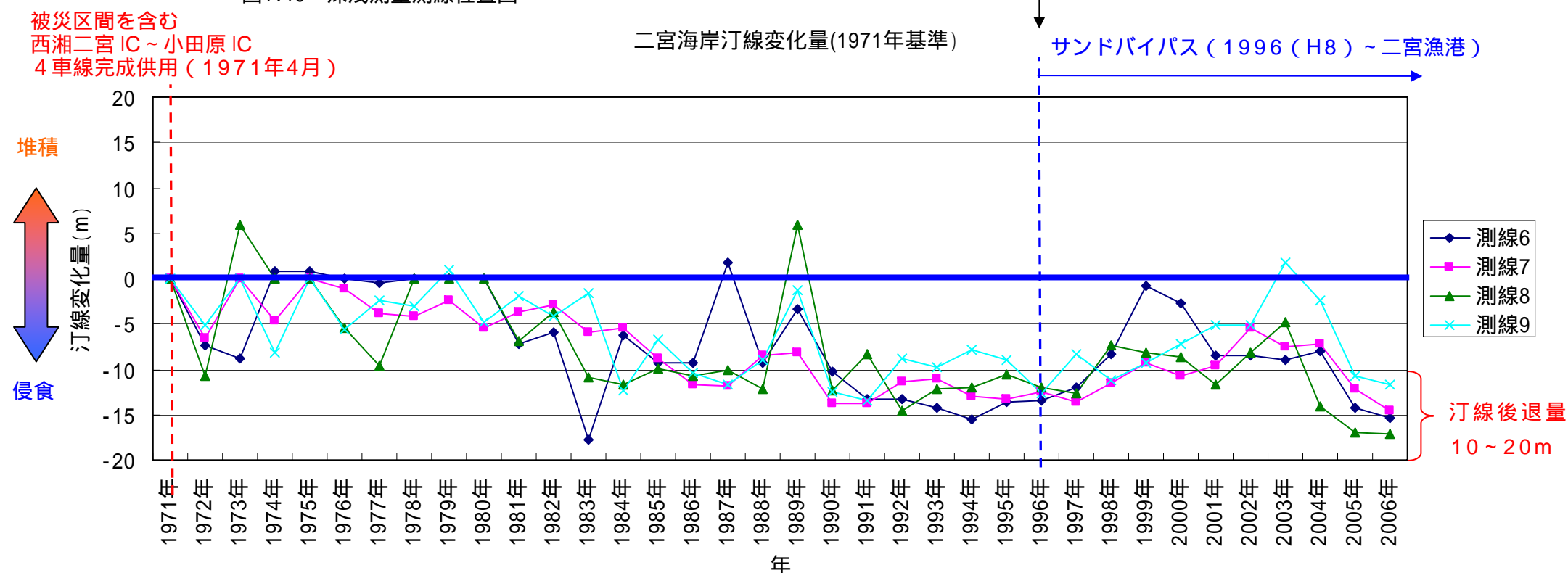


図1.11 汀線変化量の経年変化

2. 本復旧構造の検討条件

2 - 1 平成19年台風9号による被災と対策工について

本復旧構造の検討条件と平成19年台風9号の外力の比較を表2.1に示す。本復旧では、平成19年台風9号と同規模以上の外力が再来した場合においても、同様の被災に至らないような復旧を行う。

表2.1 平成19年台風号被災外力と本復旧設計外力

	平成19年台風9号 被災外力	西湘バイパス本復旧 設計外力	被災外力と設計外力の考え方
(1) 波 浪	<p>【波高・周期観測値（下線部最大値）】 (波 浮) $H_{1/3}=8.31\text{m}$, $T_{1/3}=10.4\text{sec}$ (平 塚) $H_{1/3}=4.86\text{m}$, $T_{1/3}=14.2\text{sec}$ $H_{1/3}=6.09\text{m}$, $T_{1/3}=10.1\text{sec}$ (石廊崎) $H_{1/3}=7.8\text{m}$, $T_{1/3}=***\text{sec}$ 最大周期22.6secを記録しているが、既往観測資料および他の観測地点より著しく大きいため棄却。 換算沖波 $H_0 = 7.33(\text{m})$ $T_0 = 14.2(\text{sec})$ (有義波高・周期の各観測最大値より波浪変形計算で推算)</p> <p>【波向】 SE～SSE(台風通過まで)</p> <p>【観測波浪の再現確率評価】 波浮での極値統計解析より、波高規模(前波向)では約20年再現確率波浪と考えられる。 SSEで波向を限定した場合、約300年確率波浪と考えられる。</p> <p>【周期の長い水位変動】 ・ 波浮 波浮の波浪観測資料の原データのスペクトル解析からは、卓越した周期の長い成分は確認できなかった。 ・ 平塚 平塚の波浪観測資料の原データをスペクトル解析した結果、周期40～100秒、有義波高で最大1.2m程度の周期の長い水位変動が確認された。沿岸で発達した周期の長い成分と考えられる。 波浮港のスペクトル解析結果から、エネルギーの大きい周期帯は11秒程度であった。</p> <p>【波の集中】 波向線を描いた結果、頻度が高くエネルギーの大きい11秒程度の波は、地形の影響を受けにくく被災区間への顕著な波の集中が見られないものの、観測された最大周期(14.2秒)では、被災区間に波の集中が軽微ながら見られる。 平塚で観測した40～100秒の周期の長い成分について波向線を描いた結果、大磯海脚の影響を受け、被災区間周辺に波が集中する傾向が見られる。</p>	<p>【設計波浪(50年確率波浪)】 換算沖波 $H_0 = 9.49(\text{m})$ $T_0 = 13.0(\text{sec})$ (神奈川県大磯港計画値, 再現確率50年相当)</p> <p>【10年確率換算沖波波浪】 $H_0 = 6.95(\text{m})$ $T_0 = 11.0(\text{sec})$ (波浮極値統計結果より算出)</p>	<p>【基本的な考え方】 海岸沿いの道路の既往設計事例および海岸構造物・港湾構造物に関する一般的な設計波浪の再現確率を踏まえ、構造物の安定等に用いる設計波浪は、50年確率波浪とする。</p> <p>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。以上から、越波の検討に用いる設計波浪の再現確率は、10年確率とする。</p> <p>【平成19年台風9号被災外力に対する評価】 被災波浪は、波浮港における極値統計結果より、被災波浪は約20年確率波浪と評価される。本復旧の設計波浪は、再現確率50年としており、被災時波浪と比較して十分大きい外力と言える。 周期の長い水面の変動は、平塚観測所((財)防災科学技術研究所)において被災時にも観測されており、同様の現象が今後も発生しうると考えられる。従って、長周期波高の観測結果に基づき、越波量等の検討においては、必要に応じて長周期の水位上昇を考慮することとする。</p> <p>【対策工】 護岸への波力および越波流量の低減のため、消波・根固工を設置する。 また、越波に対して十分な高さの護岸天端高とする。</p>
(2) 潮 位	<p>【観測潮位】 (湘南港) 潮位: T.P.+1.27m (石廊崎) 潮位: T.P.+1.54m (岡田) 潮位: T.P.+1.18m (油壺) 潮位: T.P.+0.98m (真鶴) 潮位: T.P.+1.51m</p> <p>【潮位偏差】 (石廊崎): 0.59m (岡田): 0.42m</p>	<p>【潮位】 $H.W.L. T.P.+0.85(\text{m})$ $L.W.L. T.P.-0.65(\text{m})$ (大磯海岸, 二宮海岸神奈川県設定値)</p> <p>【計画偏差】 0.87m(50年確率偏差, 神奈川県検討資料より)</p> <p>【設計潮位(計画高潮位)】 $H.H.W.L. T.P.+1.72(\text{m})$</p> <p>【長周期成分による水位上昇量】 0.6(m) (平成19年台風9号時観測長周期波高(有義波高)最大値の1/2)</p>	<p>【基本的な考え方】 上記の設計外力に近い高波を発生させる気象擾乱は、被災区間では台風と想定され、高潮を伴うと考えられることから、計画偏差の再現確率も50年とする。</p> <p>【平成19年台風9号被災外力に対する評価】 被災区間に最も近い湘南港の潮位は、T.P.+1.27mである。これと比較して設計潮位は十分大きいと言える。</p> <p>【対策工】 護岸への波力および越波流量の低減のため、消波・根固工を設置する。 また、越波に対して十分な高さの護岸天端高とする。</p>

	平成19年台風9号 被災外力他	西湘バイパス本復旧 設計外力	被災外力と設計外力の考え方
(3) 越波	<p>【遡上高】 上り車線(陸側車線)まで飛沫が達したことは監視ビデオ等からも確認されている。また、一部区間には土砂が打ち上げられている。飛沫痕跡と遡上高の痕跡は明確ではないが、道路上に土砂が打ち上げられていることから、被災区間道路高(T.P.+10.5~12.5m)程度と考えられる。</p> <p>【参考：西湘バイパスにおける高波による通行止めの頻度】 約1~2回/年</p> <p>・推算した被災時の換算沖波波浪で越波量を検討した結果、護岸の被災限界越波流量までには達していなかった。</p>	<p>【道路護岸機能】 50年確率波浪に対して： 0.2 (m³/m/s) (被災越波流量)</p> <p>【自動車通行時】 10年確率波浪に対して： 2×10⁻⁴ (m³/m/s) (自動車が運転可能な越波流量)</p>	<p>【基本的な考え方】 設計波浪に相当する高波が発生した場合、通行止めを行うことから、50年確率波浪に対しては、被災限界越波流量とする。 10年確率波浪に対しては、自動車専用道路であることから、自動車が運転可能な許容越波流量とする。 なお、上記の越波流量は有義波に対して検討する。</p> <p>【平成19年台風9号被災外力に対する評価】 被災波浪より大きい設計外力に対して被災しない越波流量とすることから、十分と考えられる。</p> <p>【対策工】 護岸への波力および越波流量の低減のため、消波・根固工を設置する。 また、越波に対して十分な高さの護岸天端高とする。</p>
(4) 侵食	<p>【汀線変化】 西湘バイパス建設当時、被災した区間の前面には約40mに及ぶ砂浜が存在していた。しかし、長期的に侵食され、被災前、汀線の後退量は10~20mに達していた。ここに台風9号が来襲し、被災区間は汀線位置が約30m、擁壁部の後退限界まで後退した。(空中写真・深浅測量の解析結果より)</p> <p>【地盤高の変化】 深浅測量結果より、被災区間で2~4m程度地盤高が低下した。</p> <p>【参考：地質調査結果】 汀線部でのボーリング結果より、比較的緩い沖積砂層とN値50以上の固くしまった洪積砂層の境界は、T.P.-0.5m~-4.0mであった。洪積砂層は、侵食履歴がない層と考えられる。</p> <p>【参考：被災時の漂砂の卓越方向】 被災時の西湘海岸の波向と被災区間の汀線方向の関係から被災区間には西向きの沿岸漂砂が卓越したと考えられる。また深浅測量結果より、T.P.-4~-5m以深に堆砂が見られることから、汀線部の土砂が沖に移動したと考えられる。</p>	<p>【想定洗掘深さ】 吸い出し防止工前面の地盤については、洗掘深さをT.P.-4mと想定する。</p> <p>(吸い出し防止工前面海側の洗掘深さ) = (吸い出し防止工前面の地盤高) - (平成19年9号台風実績侵食量：原地盤 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)</p> <p>洗掘深さは、波高だけではなく、波向・海岸線の方角、海岸の反射率など多くの要因に左右されることから、設計波浪が来襲した場合の洗掘深さを定量的に推定することは難しい。従って、記録にある中で既往最大と考えられる平成19年台風9号の実績洗掘深さを参考とした。</p>	<p>【基本的な考え方】 平成19年台風9号による侵食量の実績を基に、想定洗掘深さを設定して、同様の侵食が発生した場合でも崩壊しない構造として設計する。 一回の気象擾乱で侵食により消波・根固工等が沈下した場合、消波・根固工を増し積みする等の維持管理を行うこととする。</p> <p>【平成19年台風9号被災外力に対する評価】 平成19年台風9号の侵食による地盤高の低下量の実績に基づいており、同様の侵食が発生しても安全と考えられる。</p> <p>【対策工】 吸い出し防止工として鋼管矢板を十分な深さまで根入れし、侵食により前面地盤が低下した場合でも擁壁直下の土砂が吸い出されない構造とする。</p>
(5) 擁壁の崩壊 (安定性)	<p>【擁壁の崩壊状況】 ・擁壁は前傾して倒れていた。 ・擁壁が倒壊しない場合であっても、擁壁背後の地盤が沈下した場合があった。</p> <p>【擁壁が崩壊に至った要因】 要因は被災区間の砂浜が急激に侵食されるとともに、道路擁壁の前面の地盤が2~3m低下し、重力式擁壁直下の土砂が海に吸い出されたことによると考えられる。(第2回委員会資料参照)</p> <p>【要因の検証】 ・安定照査：被災時、侵食された状態での安定性照査結果から、堤体の基礎地盤が洗掘され、支持力が低下したことから擁壁が崩壊に至ったと考えられる。 ・波圧：被災時の波圧に対する断面照査から、背後に土圧があれば、擁壁の破損はしなかったと考えられる。</p>	<p>【吸出し防止工】 吸い出し防止工前面海側の想定洗掘深さをT.P.-4.0mとして、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設計する。</p> <p>【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)</p> <p>【地震規模】 大規模地震対応</p> <p>【設計水平震度】 0.16</p>	<p>【基本的な考え方】 平成19年台風9号による侵食量の実績を元に、想定洗掘深さを設定して、同様の侵食が発生した場合でも崩壊しない構造として設計する。 また、護岸工を自立性の高い構造とし、基礎の侵食に対してねばり強い構造とする。</p> <p>【平成19年台風9号被災外力に対する評価】 擁壁崩壊の主因と考えられる基礎地盤の支持力を確保するための吸い出し防止工を設置する。この設計において、平成19年台風9号の侵食による地盤高の低下量の実績に対して検討しており、同様の侵食が発生しても安全と考えられる。</p> <p>【対策工】 自立性の高い護岸として、補強土擁壁護岸とする。侵食により前面地盤が低下した場合でも擁壁直下の土砂が吸い出されないよう吸い出し防止工(鋼管矢板)を設置する。</p>

2 - 2 設計波浪

2 - 2 - 1 設計波浪の再現確率

設計波浪の再現確率は、資料-3を参照。

2 - 2 - 2 観測資料を用いた計画波浪

(1) 波高の検討

対象地区の面する相模湾沖合にある波浮港において極値統計を実施し、50年確率波高の検討を行う。さらに、波浮の年最大波を極値として確率波高の算出を行う。統計資料は、Nowphasの統計資料から年最大波を抽出し、極値資料とした。

極値統計条件

- ・ 極値資料：年最大波（波浮）
- ・ 統計期間：1973～2005年（33年間）

極値統計結果

- ・ 最適極値分布関数：ワイブル（ $k=2.0$ ）
- ・ 相関係数：0.99
- ・ MIR：0.64

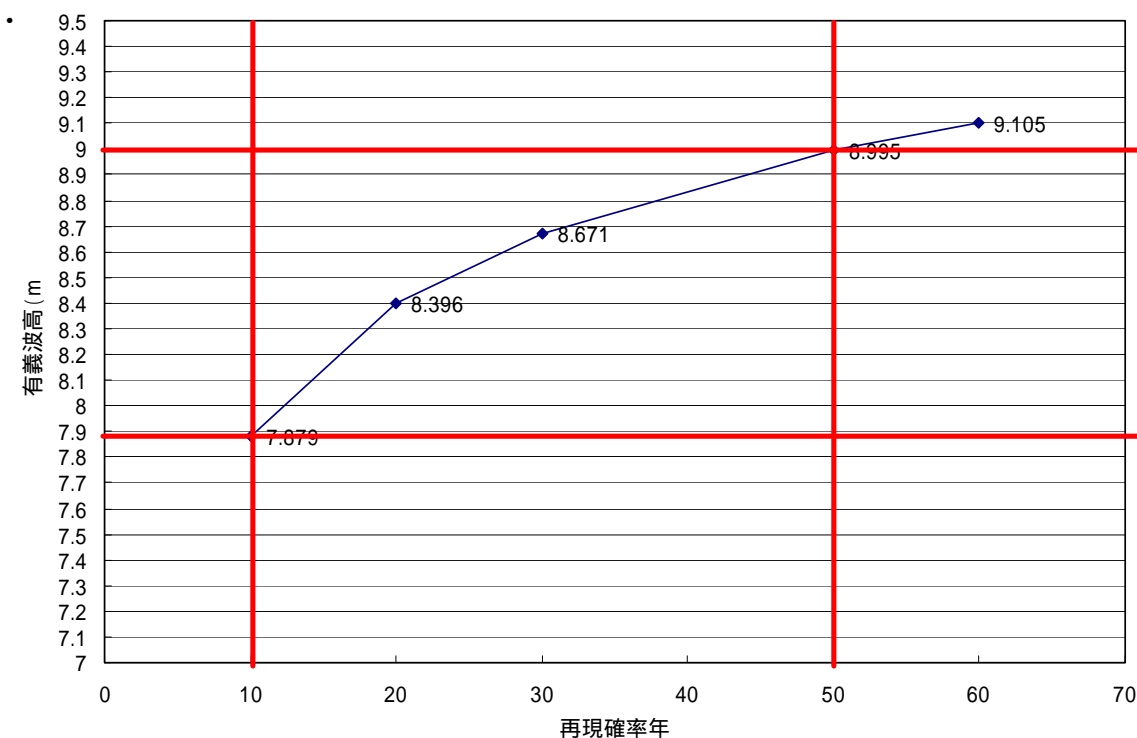


図2.1 再現統計量

以上より、設計波浪は以下の通りとする。なお、数値は小数点第二位までとし、小数第3位を四捨五入した値とした。

- ・ 50年確率波高： $H_{1/3} = 9.00$ (m)（波浮）
- ・ 10年確率波高： $H_{1/3} = 7.88$ (m)（波浮）

(2) 周期の検討

設計波高の算出に用いた極値資料を用いて波高-周期の相関性について検討を行う。波高-周期関係図を図2.2に示す。

図2.2より、有義波高が比較的小さい場合においても有義波周期が14秒以上のものが発生しており、波高 - 周期に相関性がない結果となっている。そこで、波高-エネルギー及び波高-エネルギーフラックスの関係について相関を検討した。検討結果を図2.3、図2.4に示す。

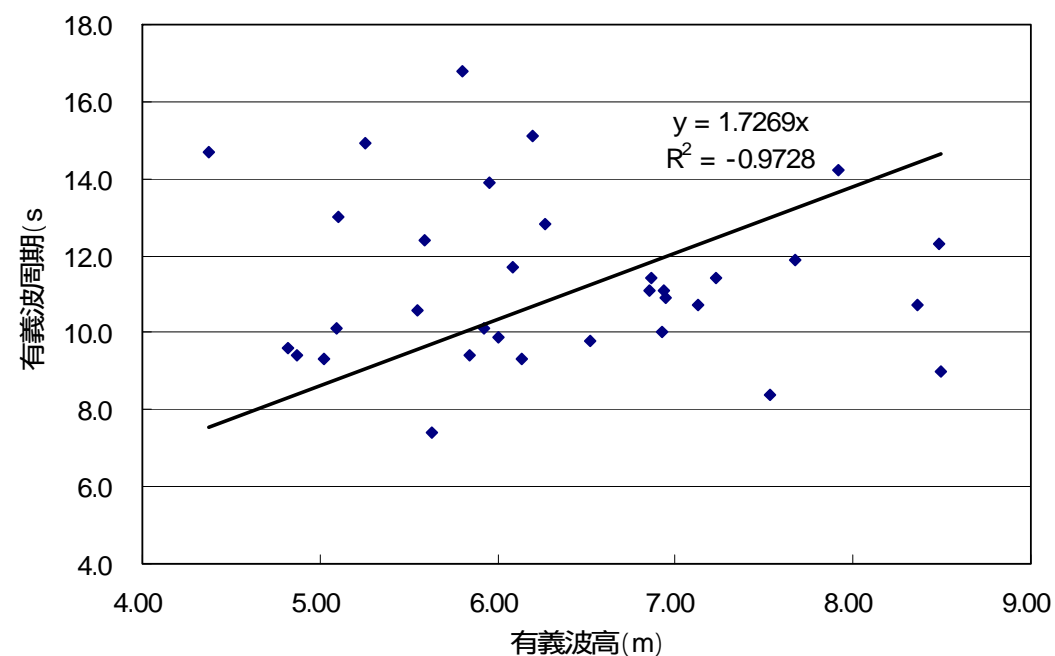


図2.2 極値資料の有義波高 - 周期関係

エネルギー及びエネルギーフラックスは次式により検討した。

なお、相関は、定数部分を除外し、T-H²関係、T-H²T関係について検討を行なった（H：有義波高，T：有義波周期）。

検討の結果、図2.3及び2.4ともに相関係数は低い結果となった。そこで比較的相関の高いT-H²T関係について、10年，50年確率波高（7.88～9.00m）における相関をとることを目的として、波高が7m以上の極値資料を基に相関をとった（図2.5）。

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

$$F = \frac{1}{8} \rho g H^2 - C_G = EG$$

深海波の場合

$$F = \frac{1}{8} \rho g H^2 - \frac{gT}{4}$$

$$= \frac{1}{32} \rho g H^2 T$$

$$= \left(\frac{\rho g}{32} \right) H^2 T$$

ここに、

E：エネルギーフラックス

ρ：密度

g：重力加速度

H：波高

T：周期

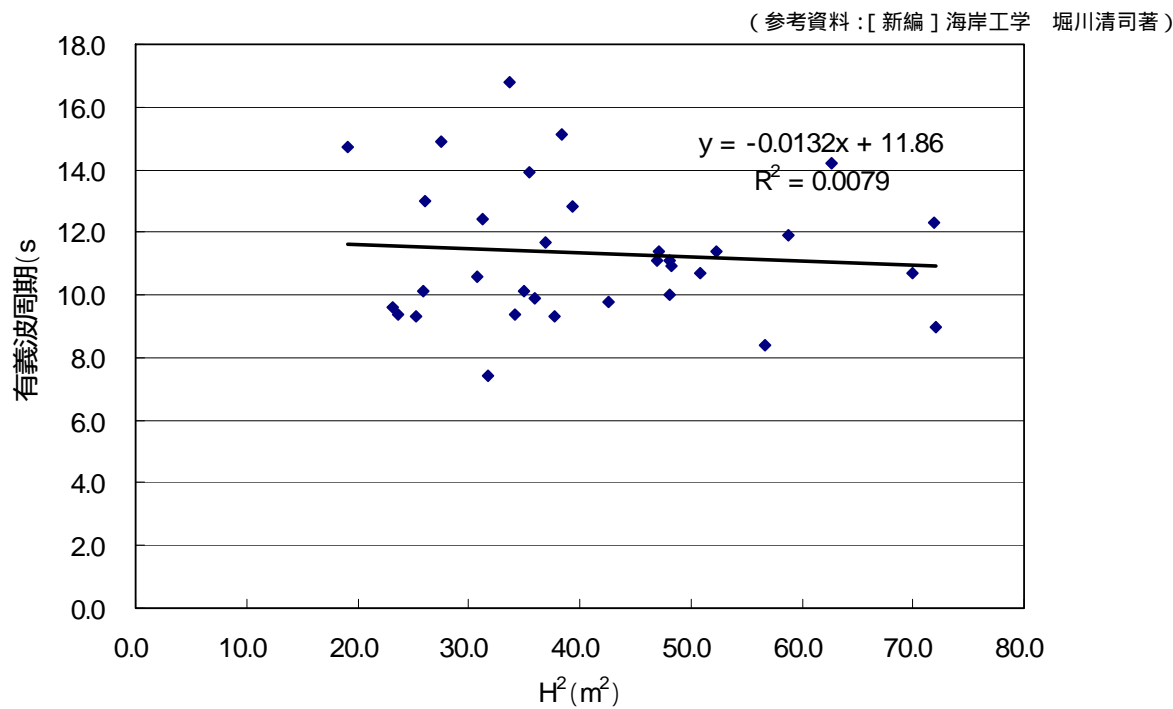


図2.3 極値資料のT-H²関係

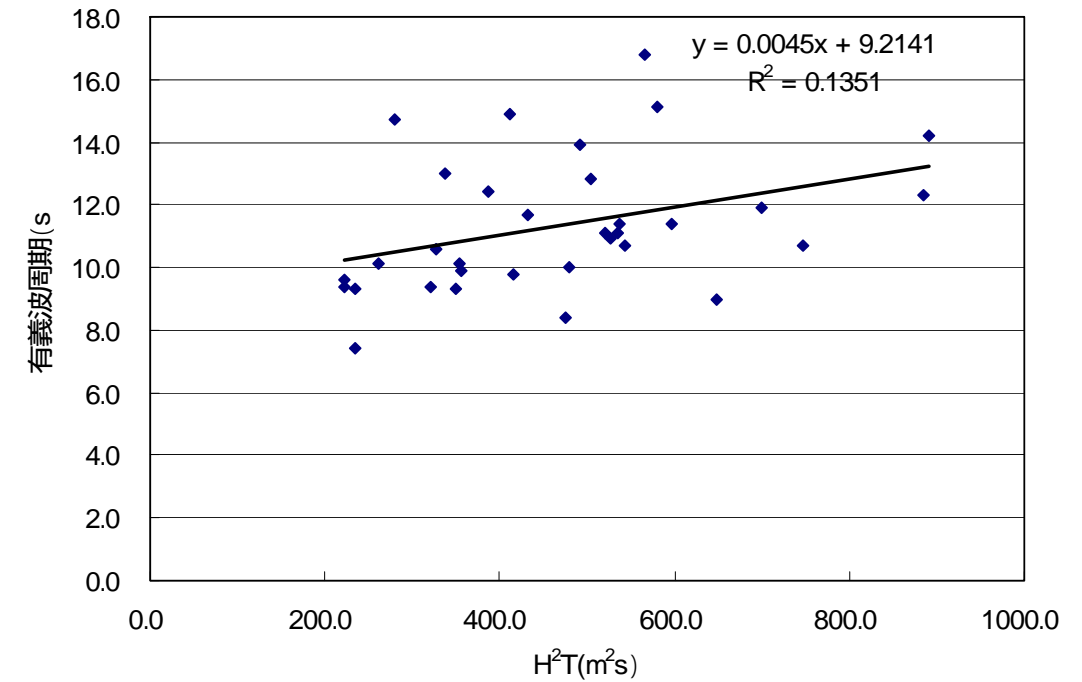


図2.4 極値資料のT-H²T関係

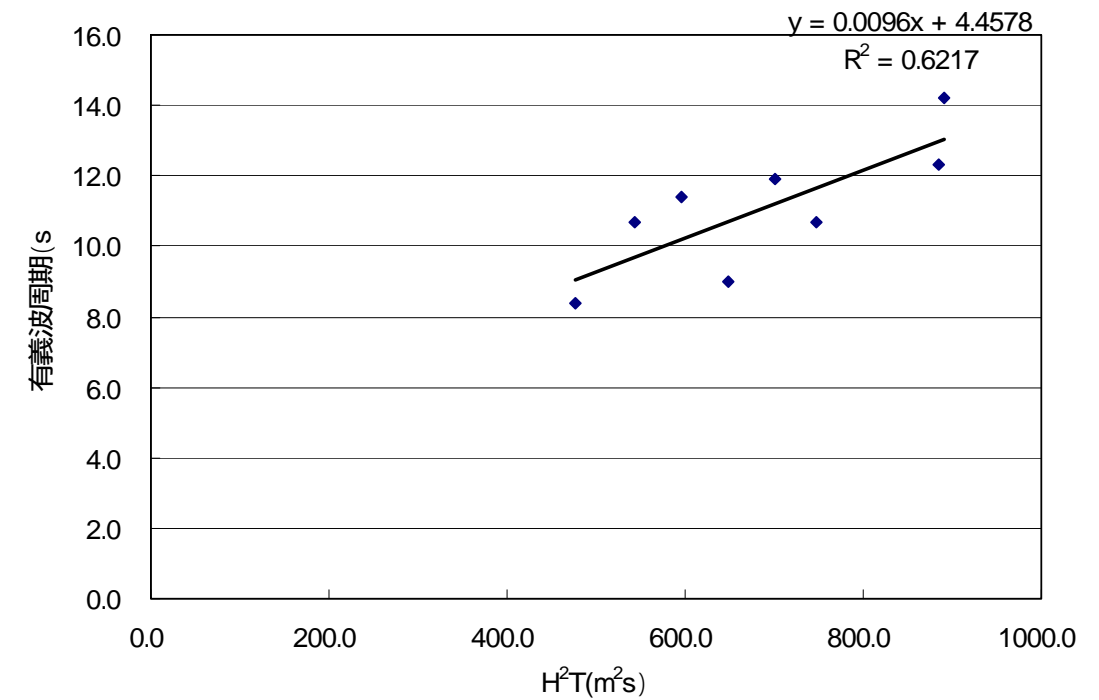


図2.5 極値資料のT-H²T関係（波高7m以上）

以上より、比較的相関性の高かったT-H²T関係（図2.5）から確率波高に対する周期を算定した。算定結果を表2.2に示す。

表2.2 確率波高に対する周期算定結果

	50年確率波 (H _{1/3} =9.0m)	10年確率波 (H _{1/3} =7.88m)	相関係数
T-H ² T関係	14.5(s)	12.8(s)	0.14
T-H ² T関係 波高7.0m以上	20.0(s)	11.0(s)	0.62
極値資料 最大値	16.8(s)		-
H19観測最大値	14.2(s)		-

表2.3 換算沖波波高（50年確率波）

確率波 周期	50年確率波							
	14.5s		20.0s		16.8s(極値資料最大値)		14.2s(H19観測最大値)	
	沖波波高	換算沖波波高	沖波波高	換算沖波波高	沖波波高	換算沖波波高	沖波波高	換算沖波波高
SSW	10.48	5.44	9.65	3.73	10.12	4.54	10.53	5.66
S	9.87	7.05	9.2	5.21	9.56	6.31	10.02	7.19
SSE	9.48	7.72	8.63	7.18	9.16	7.53	9.59	7.79
SE	9.4	6.87	8.47	5.53	9.05	6.30	9.46	7

表2.4 換算沖波波高（10年確率波）

確率波 周期	10年確率波			
	11.0s		12.8s	
	沖波波高	換算沖波波高	沖波波高	換算沖波波高
SSW	9.06	6.42	9.21	5.69
S	8.69	6.81	8.74	6.55
SSE	8.52	6.95	8.45	6.89
SE	8.47	6.33	8.36	6.25

(3) 波浪変形計算

参考資料「1-2」で示したように、周期により波の屈折は異なることから、沿岸の到達波高も異なると考えられる。そこで、表2.2の波浪条件を用いて波浪変形計算を行った。表2.2に示す波高は波浮における観測波高であることから、波浮の波高計設置箇所において所定の波高となるように沖波を調整した。なお、対象波向は、SSW,S,SSE,SEの4波向とした。

検討結果を表2.3及び表2.4に示す。換算沖波波高は、被災区域の前面海域の砕波前の値を確認し、最大値を抽出した（図2.6）。

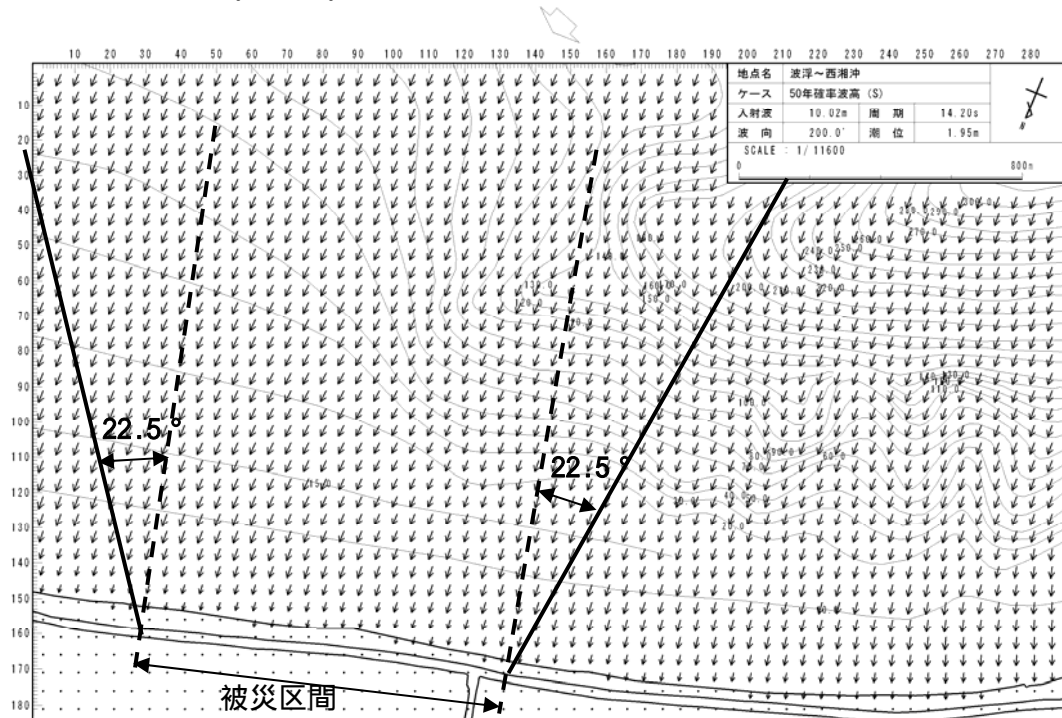


図2.6 換算沖波波高の取り方

2 - 2 - 3 神奈川県海岸保全施設・港湾施設の計画波浪

神奈川県では、海岸保全施設については30年確率波浪、港湾施設については50年確率波浪を設定している。各計画波浪諸元を以下に示す。

(1) 30年再現確率波浪

計画波浪（大磯海岸）

$H_0=7.99(m)$, $T_0=13.6(sec)$,

$H_0=8.85(m)$, $T_0=12.8(sec)$

計画波浪（二宮海岸）

$H_0=8.72(m)$, $T_0=13.5(sec)$

$H_0=9.14(m)$, $T_0=12.2(sec)$

(2) 50年再現確率波浪

計画波浪（大磯港）

$H_0=8.48(m)$, $T_0=13.8(sec)$

$H_0=9.49(m)$, $T_0=13.0(sec)$

（出典：平成14年度海岸高潮事業・港湾修築事業・県営漁港整備事業合併相模灘沿岸波浪推算業務委託報告書，神奈川県，平成15年3月）

2 - 2 - 4 建設時の計画波浪

西湘バイパス建設時の計画波浪は、検討当時の台風の実績から推算されている。当時の台風として、狩野川台風，33年21号台風，伊勢湾台風の3つを考え、台風コースは実際のコースをとり、S.M.B法により推算されている。結果を以下に示す。

伊勢湾台風等は規模として非常に大きいものの、台風コース現実のものを使っている点を考えるとほぼ10年確率相当のものと考えられる。

沖波波高： $H_0=6.2(m)$

沖波周期： $T=11.0(sec)$

2 - 2 - 5 設計波浪の設定

以上の波浪検討結果の比較表を表2.5及び表2.6に示す。

検討結果より、50年確率波高については、観測資料を用いた場合、沖波波高は大きいものの、換算沖波波高は神奈川県の大磯港の計画波浪（50年確率）及び神奈川県の大磯海岸・二宮海岸の計画波浪（30年確率）よりも小さくなっている。平成19年台風9号では、西湘バイパスに隣接する海岸堤防も被災しており、現状の海岸保全施設及び港湾施設の計画波浪より計画波浪を小さくすることは考えにくいことから、神奈川県の計画波浪（50年確率）を採用する。

また、10年確率波浪について、神奈川県では設定されていないことから、本検討で算出した波浪を計画波浪とする。

表2.5 50年確率波浪の比較

項目	観測資料を用いた検討波浪	神奈川県の海岸保全施設・港湾施設の計画波浪
沖波波高 (m)	9.59	8.48
沖波周期 (s)	14.2	13.8
換算沖波波高 (m)	7.79	9.49
換算沖波周期 (s)	14.2	13.0
備考	被災区域前面	大磯港計画波浪

表2.6 10年確率波浪の比較

項目	観測資料を用いた検討波浪	建設時の計画波浪 (約10年確率相当)
沖波波高 (m)	8.52	6.2
沖波周期 (s)	11.0	11.0
換算沖波波高 (m)	6.95	-
換算沖波周期 (s)	11.0	-
備考	-	-

表2.7 西湘バイパス災害復旧計画波浪

項目	50年確率波浪	10年確率波浪
沖波波高 (m)	8.48	8.52
沖波周期 (s)	13.8	11.0
換算沖波波高 (m)	9.49	6.95
換算沖波周期 (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 - 3 反射率について～天然海浜と異型ブロック消波・根固工の比較～

台風9号により前浜が急激に侵食されたが、現在は下の写真のように回復しつつある。

本復旧対策では、道路護岸の一部として海側に異型ブロック消波・根固工の設置を実施するが、従来の砂浜海岸における反射率と異型ブロック消波・根固工の反射率が異なるため、砂の回復に影響を与える可能性がある。そこで異型ブロック消波・根固工の反射率を求め、天然海浜と比較することにより、本復旧対策実施による砂浜の回復に与える影響を評価する。

(1) 異型ブロック消波・根固工の反射率

検討対象波浪を1年確率波とする。

$$H_0 = 2.86\text{m}$$

$$L_0 = 50\text{m (周期}9.3\text{s、水深} = \text{HWL TP}+0.85 - (-2.0) = 3.0\text{m)}$$

$$H_0 / L_0 = 2.86 / 50 = 0.0572$$

右図より

反射率 $K_r = 0.26$

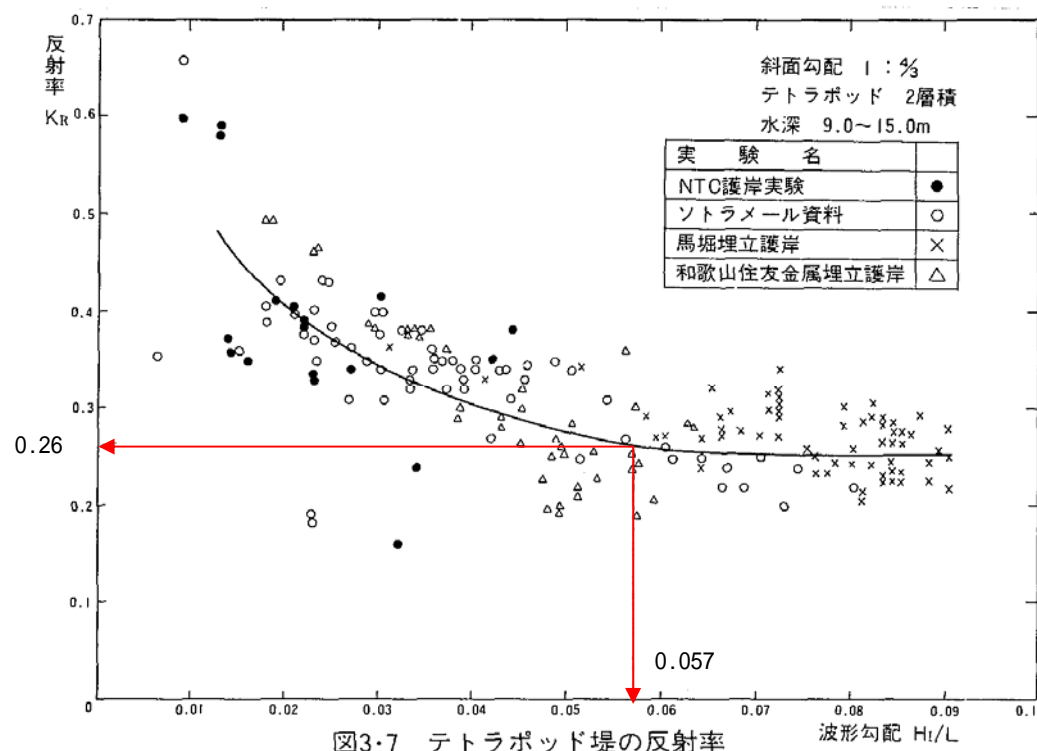


図3-7 テトラポッド堤の反射率

異型ブロックの一例としてテトラポッドの反射率を示す。

(2) 天然海浜と異型ブロック消波・根固工の比較

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(平成11年4月)P106には、天然海浜の反射率 = 0.05 ~ 0.2、異型ブロック消波・根固工の反射率 = 0.3 ~ 0.5と記述されている。

一方上図の異型ブロック消波・根固工の反射率は0.26であり、基準値よりも小さくなる上、天然海浜の反射率の上限値0.2と比較すればそれらの値に大差はない。



出典：現地カメラ画像



出典：現地カメラ画像