

市川塩浜護岸改修前面における波浪の推定について

市川海岸護岸改修事業のモニタリング調査において、波浪観測を中止するにあたり、今後、万が一高波浪が来襲して護岸改修域周辺の地形、底質、生物生息状況等が大きく影響を与えた場合、その影響を与えた高波浪が推定できるかどうか検討する。

1. 市川海岸周辺域の波浪観測箇所

市川海岸近傍で波浪の連続観測を行っている箇所としては、千葉県千葉港湾事務所の「千葉港波浪塔」、及び東京都港湾局の「東京灯標」がある。

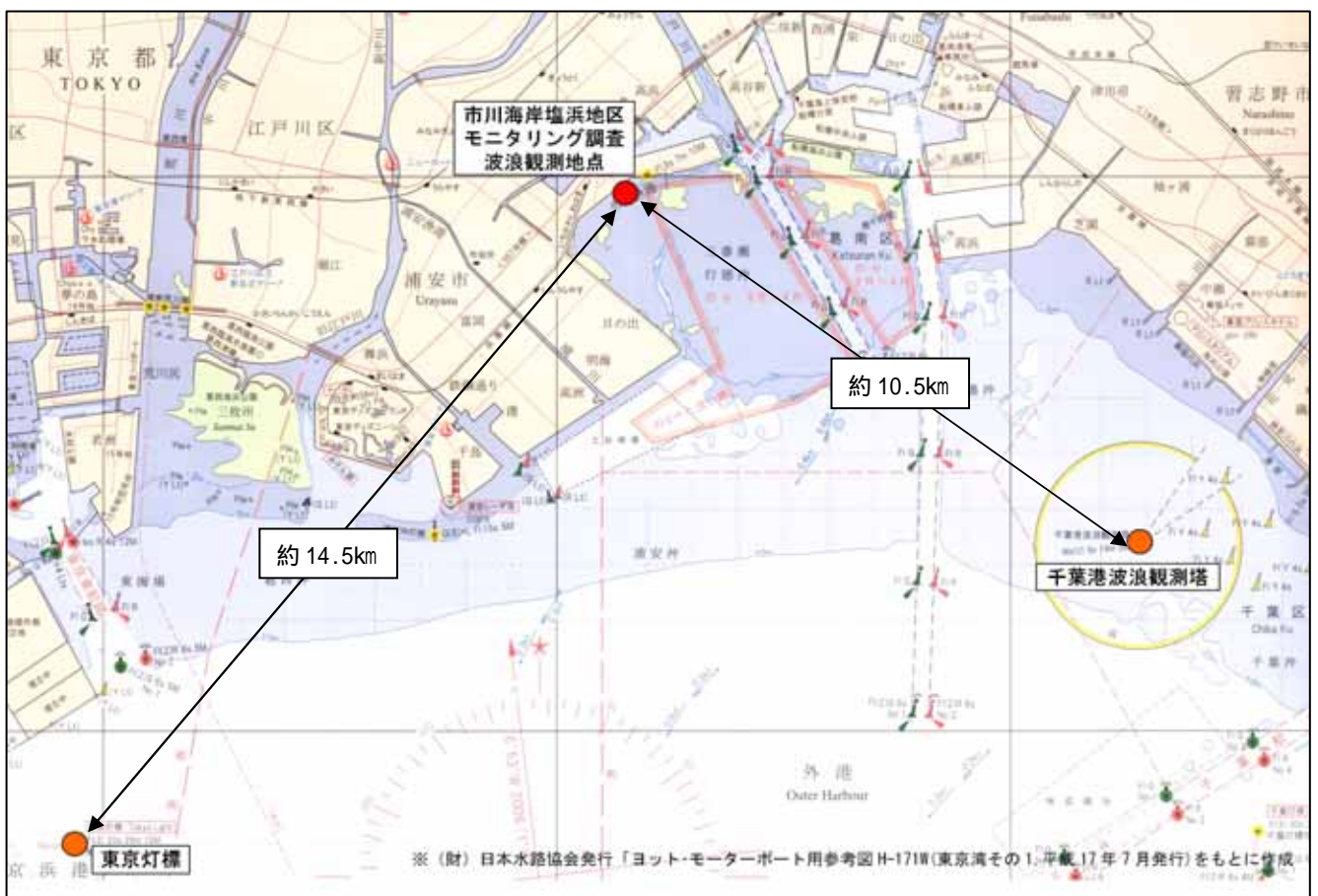


図-1. 市川海岸近傍の波浪観測地点

2. 観測所における波浪状況と市川海岸の波浪観測値との相関

今後、市川海岸塩浜地区への高波浪（地形、底質に変化を及ぼす外力）を予測可能かどうか検討するため、上記で示した波浪観測地点との高波浪時の相関をとってみる。

【東京灯標との相関について】

東京灯標の波浪観測データは東京都港湾局の HP より閲覧ができる。市川海岸で波浪観測を開始した H18 年の有義波高の最大値の一覧は表-1 に示すとおりである。

表-1.H18 年の最大 10 位までの有義波高一覧表

順位	有義波		波向	風向	風速 (m/s)	起時	流向	流速 (cm/s)	潮位 (cm)	潮位偏差 (cm)	要 因
	波高(m)	周期(秒)									
1	1.57	4.7	S	S	21.2	4月 20日 13時	SSW	13.2	87	23	寒冷前線通過
2	1.55	5.2	S	SW	24.4	3月 17日 3時	N	1.4	135	26	低気圧が本州を横断
3	1.41	4.4	SSW	SW	18.3	11月 7日 12時	WSW	0.8	131	26	寒冷前線通過
4	1.27	4.6	S	WNW	10.2	4月 2日 19時	W	0.6	202	40	低気圧通過
5	1.17	4.0	S	S	18.3	5月 20日 14時	SSW	1.3	91	16	低気圧通過
6	1.10	4.1	SSW	SSW	14.6	11月 14日 19時	SW	1.4	128	15	前線通過
7	1.09	4.1	SSW	SSW	17.4	5月 6日 18時	SW	0.9	73	3	低気圧前面の南風
8	1.08	3.8	SSW	SSW	17.5	3月 12日 13時	SW	1.6	149	23	寒冷前線通過
9	1.06	4.1	SSW	SSW	13.9	5月 23日 16時	SSW	1.1	141	3	前線通過
10	1.01	4.3	S	SW	16.3	12月 28日 16時	SW	1.4	100	13	冬型の気圧配置

東京港：東京灯標

※いずれも、毎正時の観測値を用いた。  
※「-」は欠測。

同様に H19 年度もまとめられている。

表-1 に示す東京灯標における高波浪出現時のデータと、同時刻または前後に市川海岸塩浜地区で観測したデータを比較したのが表-2 である。

また同じく同時刻または前後の波高値に対する相関をみたグラフを図-2 及び図-3 に示す。

表-2. 東京灯標における高波浪出現時の市川海岸塩浜地区の波浪観測値

日時	東京灯標					塩浜地区モニタリング観測(同時刻)				塩浜地区モニタリング観測(前後最大)		
	有義波高 (m)	周期(s)	波向	風向	風速 (m/s)	有義波高 (m)	周期(s)	波向	起時	有義波高 (m)	周期(s)	波向
2006/03/12 13:00	1.08	3.8	SSW	SSW	17.5	0.50	2.6	NE	03/12 13:00	0.50	2.6	NE
2006/03/17 03:00	1.55	5.2	S	SW	24.4	0.58	2.6	ENE	03/17 02:00	0.66	2.5	SW
2006/04/02 19:00	1.27	4.6	S	WNW	10.2	0.39	4.7	E	04/02 20:00	0.44	5.1	E
2007/09/07 00:00	2.55	4.7	ESE	ESE	23.7	0.72	3.5	E	09/07 05:00	1.00	3.2	S
2007/03/05 21:00	1.74	5.2	S	SSW	18.1	0.62	2.8	SSW	03/05 21:00	0.62	2.8	SSW
2007/03/25 08:00	1.60	5.0	S	S	20.3	0.79	3.7	ENE	03/25 08:00	0.79	3.7	ENE
2007/04/01 00:00	1.18	3.7	S	S	20.6	0.21	2.5	ENE	04/01 03:00	0.43	4.6	ENE
2007/04/22 10:00	1.09	4.1	SSW	SSW	19.7	0.27	2.5	SSW	04/22 08:00	0.33	3.7	SSE
	東京灯標との相関値					0.71	0.31			0.92	-0.85	

ちなみに、平成 19 年 9 月 7 日に東京灯標で観測された波高 (H=2.55m) は、東京灯標のこれまでの統計値から計算された再現期待値より 5 年確率 (H=2.38m) から 10 年確率 (H=2.65m)の間である。

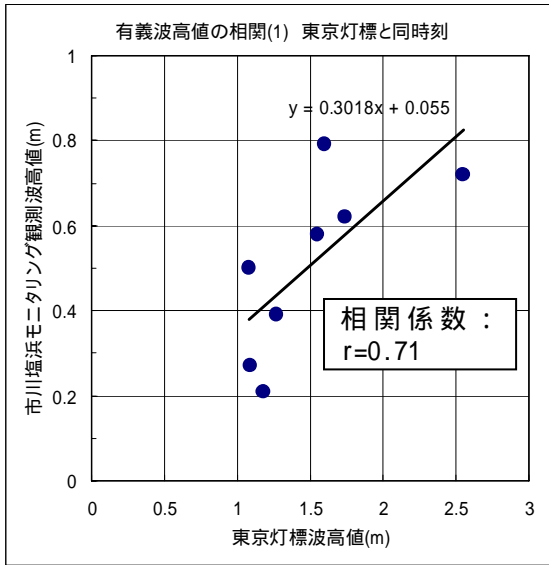


図-2. 東京灯標と市川海岸波高観測値との相関図（同時刻）

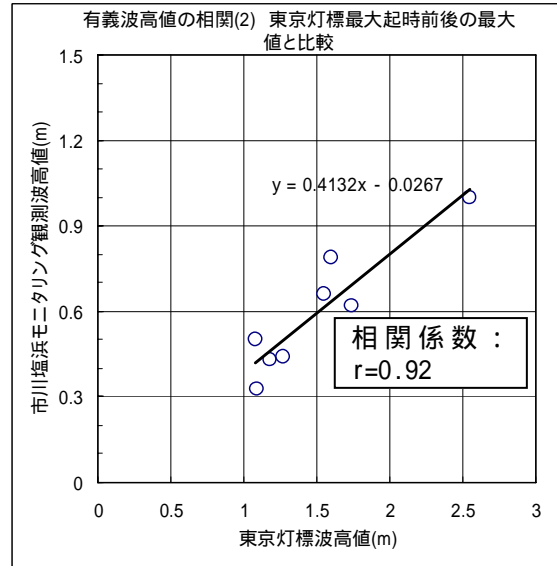


図-3. 東京灯標と市川海岸波高観測値との相関図（前後最大時刻）

図-2 及び 3 をみると波高の相関係数は  $r=0.71 \sim 0.92$  と高く、東京灯標の高波浪の波高値から市川海岸の波高値を推定できる可能性が高いことが分かる。ただし、周期については市川海岸塩浜地区では、沖合いで発達した波浪は三番瀬という“浅瀬を越えて”波浪が来襲するため、周期の長い波浪が沖合いで砕波したり、周期の短い波だけが海岸に到達したりするので、表-2 に示すとおり相関は非常に低くなっている。

【参考：千葉港波浪観測塔との相関について】

千葉港波浪観測塔では、塩浜地区で観測を開始した H18～H19 年は欠測しており、H20 年 3 月から波浪観測が再開されている。H20 年 3 月以降は市川海岸へ台風等による高波浪が来襲していないため、ここで目的としている高波浪時の相関関係を調べるのは困難であるが、ここでは参考として、市川海岸塩浜地区では H20 年 3～4 月、H20 年 9 月（10 月は現在観測中）に観測を行っているため、この期間における千葉港波浪観測塔で比較的高い波浪（ここでは高波浪時の相関をみるため有義波高で 1.0m 以上）を観測したときの相関を表したものが図-4 である。

このときの相関係数は  $r=0.41$  であり、あまり相関係数は良くない。

これは、ここで抽出した千葉港波浪観測塔の波高 1m 以上のときの風向きが、塩浜地区では地形的に遮蔽域で波が発達しない“SW 方向の風”がほとんどであったため、相関が低いものと考えられる。

：塩浜地区の海岸は SE～SSE 方向に面しているため、SE～SSE 方向の風向のときの波浪で両者の相関をとれば相関係数は高くなるものと考えられるが、今回の千葉港波浪観測塔のデータには相関が取れるデータがなかった。

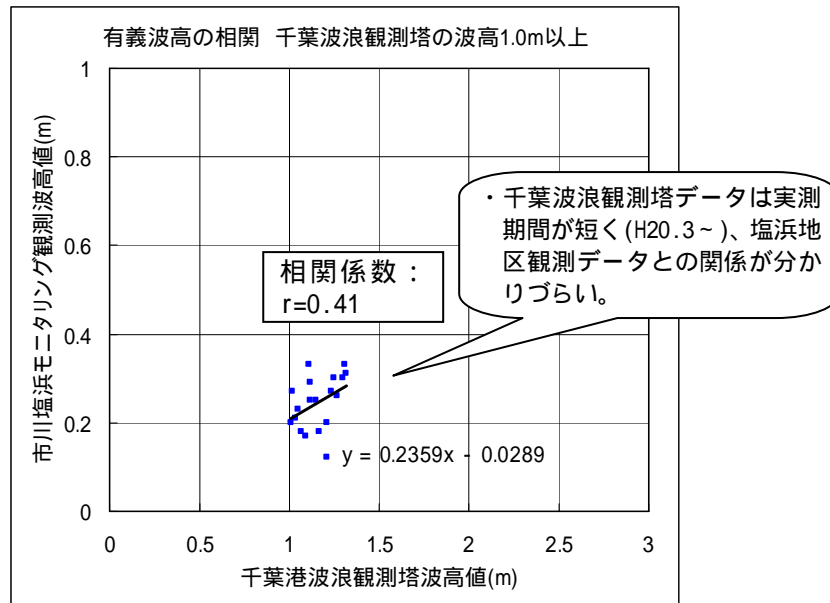


図-4. 参考：千葉港波浪観測塔と市川海岸波高観測値との相関図（千葉港波高 1.0m 以上）

【今後の市川塩浜地区における高波浪の推定について】

以上より、市川塩浜地区における、今後の高波浪が来襲した場合の波浪推定は、少なくとも波高の相関がみられる東京灯標のデータから推定が可能と考えられる。

また、東京灯標の位置は図-5 のように南西方向からの波が遮蔽域となり、市川海岸塩浜地区と波の来襲方向が類似している。

なお、波の周期は東京灯標との相関が低い、周期は局所的な地形の影響（浅瀬における砕波、波の分裂）をうけるため、周期は市川塩浜でこれまで当該地区で観測した波高・周期の波向き別の相関から推定ができるものとする。

千葉港波浪観測塔については、現時点では、波浪観測が再開されたばかりで、塩浜地区の観測データとの関係を見るにはデータが不足しており、明確な関係がみられなかったが、東京灯標よりも距離が近く、風向きによっては良い相関を示すものと考えられ、波浪を推定するには東京灯標のデータだけではなく、千葉港波浪観測塔の波浪データも参考にするものとする。

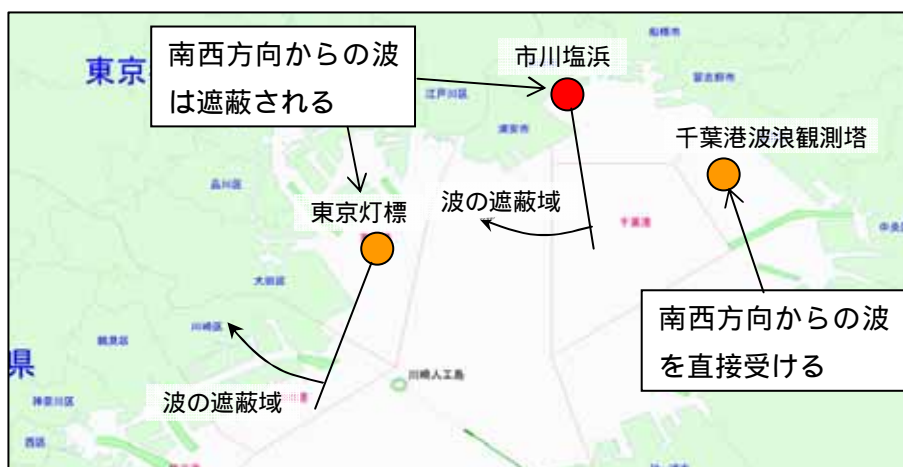


図-5. 波浪観測位置と波の来襲方向の遮蔽域

## 波浪観測結果に基づく底質移動の検討

### 1. 検討目的

護岸改修モニタリングの検証材料として調査を行っている波浪観測を中止するにあたり、護岸前面の波浪と底質移動について、これまで取得された高波浪時のデータを用いて、シールズ数等の計算を行い検討した。

### 2. 検討方法

当波浪観測の高波浪は、H19年9月に来襲した台風9号通過時及びH19年の春期の季節風に観測されている。このときの高波浪(波高・周期)、潮汐と底質粒径のデータから、砂の動きやすさを示すパラメータである「シールズ数」および「移動限界水深」を計算し、底質移動や地形変化との関係について検討した。

### 3. 検討結果の概要

#### (1) シールズ数による底質移動の検討結果

台風通過時や春期季節風による高波浪時と通常の静穏時(観測値平均)についてシールズ数の算定を行った。

その結果、護岸直前面の高波浪時のシールズ数は、限界シールズ数を上回り、シートフロー(底質が底面近傍を高濃度状態で移動する)状態の底質移動が起こると判定され、通常の静穏時には限界シールズ数を下回り底質移動が起こらないと判定された。

表-1 シールズ数及び限界シールズ数の算定結果

ケース	波高 H(m)	周期 T(sec)	波長 L(m)	潮位 A.P.(m)	水深 h(m)	$\hat{u}_b$ (m/sec)	シールズ数 $\Psi_m$	$S_*$	限界シールズ数 $\Psi_c$
1 (H19台風)	1.03	3.4	14.8	+2.254	2.75	0.654	0.638	2.292	0.056
2 (H19春高波浪)	0.79	3.7	16.3	+2.104	2.60	0.568	0.523		
3 (観測平均)	0.10	2.8	9.4	+1.000	1.50	0.095	0.025		
4 (施工前高波浪)	0.66	2.5	9.3	+1.004	1.50	0.691	0.465		

表-2 シールズ数及び底質移動形態の算定結果

ケース	$\hat{u}_b$ (m/sec)	沈降速度 $w_0$ (m/sec)	$\hat{u}_b / w_0$	シールズ数 $\Psi_m$	底質移動形態
1 (H19台風)	0.654	0.025	26.16	0.638	シートフロー
2 (H19春高波浪)	0.568		22.72	0.523	シートフロー
3 (観測平均)	0.095		3.80	0.025	移動なし
4 (施工前高波浪)	0.691		27.64	0.465	シートフロー

## (2) 移動限界水深による底質移動、地形変化の検討結果

シールズ数では地形変化が発生するほど外力であったかどうかは推定できないため、現地海岸の実験により導かれた「移動限界水深」の考え方から、どのくらい的水深で地形変化が起こりそうかの検討を行った。

その結果、護岸直前面で主に構成される 0.1mm 以上の底質は、台風 9 号時の高波浪時の波浪、潮位条件では、明瞭な地形変化が起こるほどの底質移動は起こらなかったと推定された。

表-3 完全移動限界水深の算定結果

対象粒径 d(mm)	波高 H(m)	周期 T(sec)	浅水係数 Ks	換算沖波 波高 $H_0$ (m)	完全移動 限界水深 $h_i$ (m)	検討潮位 A.P. (m)	完全移動が起 こる水深 A.P. (m)
0.10	1.03	3.4	0.93	1.11	2.50	+2.25	A.P. -0.25m

護岸前面の水深は A.P. -0.5m であり、それより浅いところは石積護岸である。

## (3) 検討結果のまとめ

護岸改修範囲前面においては、数年に 1 回発生する台風や春期季節風による高波浪時には、護岸前面で底質移動が起こると推定された。しかし、移動限界水深の検討を行ったところ、高波浪時に地形変化が現れるほど底質移動は発生していないと推定された。

結論として、通常来襲する台風等の高波浪が来襲した場合、護岸前面の砂質地盤では、高波浪時に底質移動（例えば、波による底質の往復移動）が起こるものの、地形変化として明瞭な変化が現れるほどの底質移動は起こっていないと考えられる。

これは、これまでの地形測量の結果より台風等の波浪の来襲前後に護岸前面で著しい地形変化はみられていないことを証明しているものとする。