

波による仙台新港周辺の海底地形変化に関する実験的研究

東北大学工学部 正 員 岩崎敏夫
日本テトラポッドKK 正 員 長谷直樹
東北大学大学院 学生員 ○松本光永

1. 総 論

仙台新港は仙台湾臨海新産業都市の中核として計画が進められて以来、建設もかなり進み昭和46年開港されるに至った。着工に先立ち仙台湾沿岸の調査が行なわれ有用な資料が提供された。しかし護岸、防波堤の建設が進むにつれその周辺の自然条件は変化し、着工以前の平衡海岸地形は遷移して新たな平衡状態に到達すると思われる。既に現地ではその特徴的な変化が現われている。しかもその変化の主体は一般に測定困難な海底部であるので、現地に最も良く類似する模型実験によって変化の概略を知る必要がある。従来沿岸構造物の海浜地形変化に及ぼす影響は幾つか研究されてはいるが、現地個々の特殊性があるため現地に相似な模型実験による必要がある。この実験は以上の様な観測から先に仙台新港周辺の着工以前の海浜地形を模型としてその再現性の検討を行ない、然る後に計画防波堤全長が完成した時々の海浜平衡状態などの様なものになるかを再現し考察したものである。砂移動の模型実験において相似則を完全に適合させる事は困難で、これまでにも幾つかの検討がなされているが、普遍的な方法は見つかっていない。従って再現性の検討も便宜的な方法によらざるを得ず、この実験においてそうした方法を踏襲したが、或る程度の成果があったと思われるので報告する。

2. 各 論

2-1 実験方法

- (1)実験対象範囲 飛ヶ崎南から南防波堤付近までの延長約2.5kmの海岸を対象とした。
- (2)実験施設 水槽は巾36.5m、長さ約25mの平面水槽で、造波機は造波板長18mのプランジャー型のものである。模型底質としては平均粒径0.28mmの現地の自然砂を用いた。
- (3)模型縮尺 現地の実験対象となる範囲、水槽の大きさ、造波板長等から予め決定され、又粒径に関する相似が得られない事から鉛直縮尺は水平縮尺より大きくとって波高及び地形変化量を相対的に大きくする必要があり、水平縮尺 $l_r = 1/200$ 、鉛直縮尺 $h_r = 1/100$ と仮定して検討した。従って又時間縮尺は $T_r = h_r^{1/2} = 1/10$ となる。

2-2 模型の再現性の実験 前述の様に自然海浜での種々の諸元の波による再現性の検討の結果、模型波の周期 $T = 1.2 \text{ sec}$ 、沖波波高 $H_0 = 2 \sim 4 \text{ cm}$ に対して略々満足される結果が得られた。但し潮流による流れは考慮していない。ここで再現性の決定要因として取り上げたのは主に幾何学的相似則であり、それに移動限界に関する現地調査及び限界水深の計算結果を実験結果と対比して砂移動に関する再現性をも検討し付け加えた。表-1は幾何学的相似性に関してまとめたもので相似になるパラメータとしては水平縮尺に対し海岸線から沿岸砂洲までの距離、鉛直縮尺として沿岸

表-1

	測線	L (m)	H (cm)	h (cm)
現地	0	90 200	71 268	
	0+250	270	89	
	2	72	89	450
	2+250	60	69	
	3	80	106	300
	3+250	72	97	400
	4	150	142	450
	4+250	90	62	580
	5	45	89	
	7	450	0.6	3.5
模 型	11	0.98	1.8	4.2
	15	0.90	1.9	6.0
	17	1.00	1.7	6.5
	21	0.55	0.8	4.0
	23	0.80	0.4	6.0
	27	0.65	0.3	5.0
	33	0.50	1.8	3.8
	39	1.90	1.6	8.0

砂洲の高さ及び砕波水深を考えた。表中の記号は次の
 のを意味する。 L : 汀線と沿岸砂洲との間の距離

H : 沿岸砂洲の高さ h : 破波水深

又表-2は移動限界に関する相似性をみるため、完全移動
 限界と顕著な移動限界の水深を比較したものである。表
 中実測による限界水深は蛍光砂の移動形態に従って決定
 したものである。それに対応する現地の砂移動形態につ

いてはRIトレーサーによる調査が以前に報告されており、計算値と大体一致しているようである。こ
 れらのことから海峡形状及び砂移動に関しては比較的良好な相似性が得られたことが判断できる。

2-3 港湾完成時の模型実験

(1) 実験の目的 実験は次の三実について調査することを目的とした。オーに港内埋没の現象が起こ
 るかどうか、オニに防波堤脚部の洗掘はどの程度あるか、オ三に海岸浸食の恐れがあるかどうかであ
 る。

(2) 実験概要

この実験では現
 地の波向を考慮
 して2CASE行
 ない、CASE-1
 では頻度の小さ
 いSE波、CASE-2
 では頻度の大き
 いSSE波につ
 いて行なった。全
 造波時間は24時
 間で現地に換算
 して240時間と

なる。図-1に、
 CASE-1(SE)の
 波高分布を示す。
 波高の高い所、
 低い所が交互に
 防波堤に平行に
 生じ、反射波の
 影響が特徴的で
 ある。又造波後
 の地形変化とし

表-2

現 地		模 型			
計 算		計 算		実 測	
H_0	限界水深	H_0	限界水深	H_0	限界水深
2.0	$h_i = 12.1 \text{ m}$	4.0	$h_i = 13.1 \text{ cm}$	4.1	$h_i = 14.8 \text{ cm}$
	$h_i = 6.0 \text{ m}$				$h_i = 8.0 \text{ cm}$
3.0	$h_i = 19.5 \text{ m}$	5.0	$h_i = 18.2 \text{ cm}$	5.5	
	$h_i = 9.8 \text{ m}$				

図-1 波高分布 (SE)

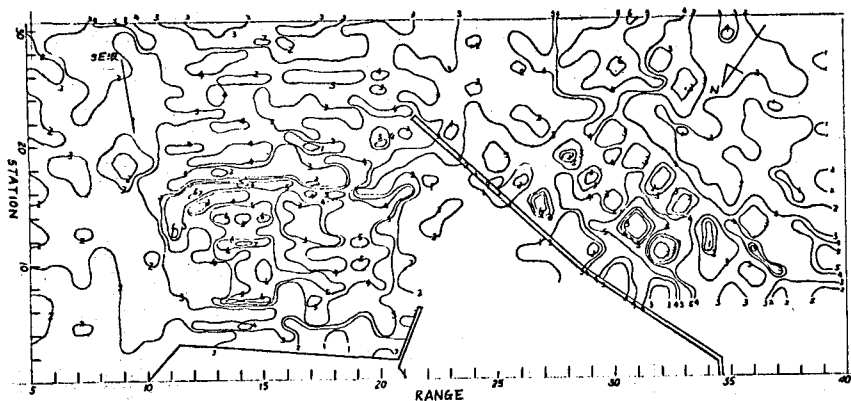
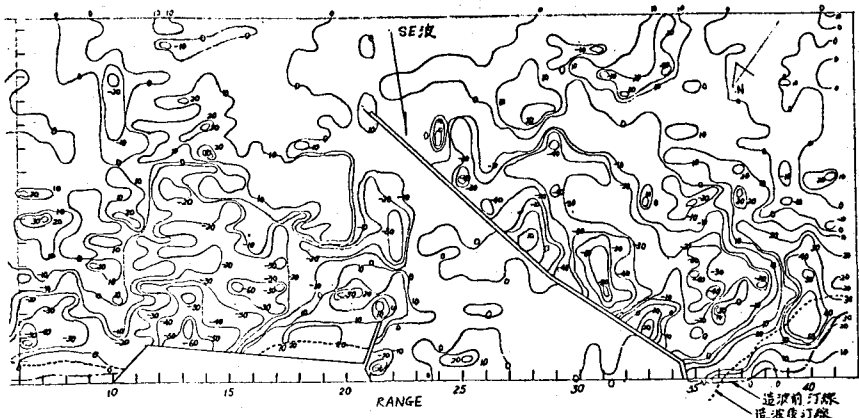


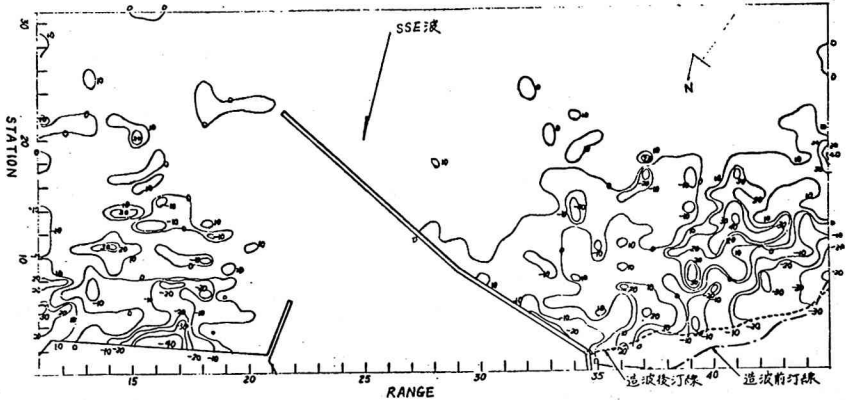
図-2 地形変化 (SE)



て図-2(SEの場合)

図-3 地形変化 (SSE)

及び図-3 (SSEの場合)を示す。写真-1はCASE-2の造波後の防波堤前面の地形であるが、波峯の互いに直角な砂漣が交互に生じ、Sand Waveのような形を形成



する。しかしこれは後述するように通常知られている Sand Waveとは成因が異なる。防波堤に平行な横に長い波峯を持つ砂漣はこの Sand Waveの山の部分で、直角な縦に短い砂漣は谷の部分である。この谷部の縦じまは、防波堤による反射波と進入波の重ね合わせで三角波を生じ波高が高くなった部分の進路に沿って形成されたものであり、汀線直前にまで達して切れている。横じまは波高の低い部分に沿って形成されている。写真-2、写真-3は夫々CASE-1の、防波堤前面、護岸の地形を示す。護岸部においても Sand Waveの発達が著しく、それは RANGE 5~10の自然海岸部にまで伸びている。

写真-1 (SSE)

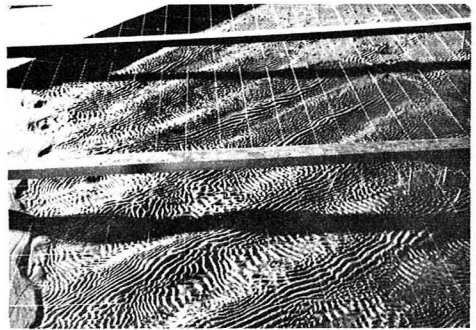


写真-2 (SE)

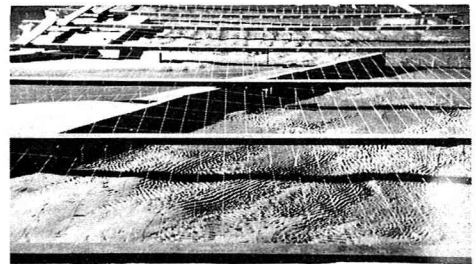


写真-3 (SE)

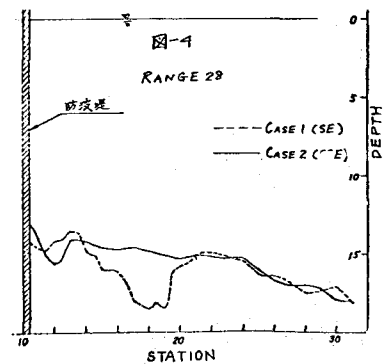


(3) 実験結果 防波堤先端は水深約15~16cm (現地水深では15~16m)の所にあり、移動限界(表-2参照)を越えるために、港内に砂が堆積する傾向はなかった。護岸部では部分重複波が発生して地形変化が大きい。写真-3に示されるように重複波により発生した Sand Waveは STATION 20までおよんでいる。図-2によればSE波の場合、護岸北東部の海底地形も重複波の影響を受けて浸食するようである。又 RANGE 10~15, STATION 3~18にかけての浸食が激しく、RANGE 16~21, STATION 2~5; STATION 14~20, 及び護岸前方の沖側は堆積している。特に RANGE 16~21の護岸前面及び北防波堤側面の堆積が著しく砂洲が生じている。このことから知られるように、SSE波では護岸

に沿って南西に向かう漂砂が卓越するようである。北防波堤はその漂砂の港内への流入を大部分防ぎ(先端部での多量の漂砂のまわり込みは見られるが)これも港内埋没防止の役目を果していると言えよう。又護岸部では沖へ砂が移動する傾向とあるようである。

写真-1(SSE波)では防波堤に沿って進行する三角波によって規則的な砂連を生じ、それは汀線の直前まで発達している。そのため汀線の直前で段落ちを形成し前浜勾配が大きくなっている。しかし写真-2(SE波)では、砂連は汀線からかなり離れた前方で消え、それより岸側はしま模様のない滑らかな堆積地形になっている。これは、SE波とSSE波とではこの付近の流体の乱れ方が相異なることを示唆するものである。目視観測によればSSE波では段落ちの直前で三角波が碎波し、その波高は部分的にしか高くないため碎波後の減衰が著しい。又SE波では汀線のかかなり前方から三角波は崩れ波となって進行している。図-2、図-3から次のことが明らかになる。即ち海岸線はSE波の場合RANGE 35~36の防波堤付根が浸食し、RANGE 36~42は堆積して汀線が著しく前進する。SSE波の場合はRANGE 35~44まで全体的に汀線は前進するが防波堤に近い方がその傾向が大きく堆積が著しい。しかし、RANGE 44より南西部では浸食が目立つ。

防波堤脚部のそい波による洗掘も図-2、図-3からわかる。SE波はSSE波に比してそい波が生じやすい波向であり、その洗掘領域は防波堤沿いの略々全域におよぶ。RANGE 35~36の海岸線の浸食もそい波の影響によるものと思われる。SSE波の場合洗掘は水深の比較的浅い部分だけで越えるようである。最大洗掘深さはSE波の場合約8cmもあり、SSE波では2cm程度である。最大洗掘深さの生じる位置の一例(RANGE 28)を図-4に示すが、SE波では防波堤面から二つ目の谷が最大となる。SSE波の場合、同一測線上では防波堤直前面が大きくなっている。



2-4 蛍光砂による写真解析 この実験では漂砂方向の解析の手段として写真撮影による新しい方法を試みた。これは従来行なわれている蛍光砂粒を逐一数えるという多大な労力を省略し、拡散の形状と量の多少をより精確に捉えようとの意図から試みたものである。注意すべきなのは2種以上の色が交錯している所ではカラーでないとい判別ができないことである。

3 結論

仙台新港の完成時における防波堤及び護岸の海底地形変化に与える影響を検討した。(1)南防波堤の長さは移動限界領域を越えている為港内への砂の流入はない。北防波堤は北東からの漂砂の流入を防止している。(2)防波堤そい波による脚部洗掘はSE波の場合に大きく、その影響は汀線までおよび海岸浸食を生じる。(3)防波堤、護岸が海底地形変化に与える影響は大きく、着工前の海底の平衡地形が大きく変わる。東北大学学生渡辺正道君、東北工業大学学生後藤信行君、神俊明君が熱心に実験され、協力されたことを感謝する。本研究は、昭和46年度文部省特定研究「海岸災害の総合的研究」(代表者 土屋義人教授)に研究費の一部を助成されたものである。