

高知港口の漂砂に関する実験的研究

(I) 漂砂による航路埋没について

上 森 千 秋*・玉 井 佐 一**

(*農学部利水工学研究室・**農学部構築工学研究室)

Experimental Studies on Littoral Drift at the Kochi Harbour Entrance

(I) On the Shoaling of the Navigation Channel by Littoral Drift

Chiaki AGEMORI* and Saichi TAMAI**

* *Laboratory of water-Utilization Engineering;*

** *Laboratory of Construction Engineering; Faculty of Agriculture*

Abstract

The Kochi harbour entrance facing on the Pacific Ocean and, therefor, being shoaled extensively year by year, as a link of the countermeasure, we have performed model experiments on littoral drift to know the effect of the extension of breakwaters and to confirm the similitude with respect to littoral drift.

A model of Kochi harbour entrance, 1/200 in horizontal and 1/50 in vertical, was made in a model basin and field data of littoral drift were utilized to confirm the similitude of the model.

It was concluded that the similarity of the variation of bottom topography was reasonably acceptable and the extension of breakwaters was effective to the prevention of shoaling in the navigation channel.

I. ま え が き

防波堤の背面航路への漂砂の廻り込みは、わが国港湾の多くに見られる現象であり、航路機能の保持と航行の安全性からも重要な問題である。高知港においても港口付近は西方約 9 km にある仁淀川より吐出される土砂の漂砂圏にあり、荒天時の強大な波浪と相まって漂砂移動が激しく、港口の埋没および付近の地形変化がはなはだしい。この研究は現地調査資料をもとに三次元移動床模型によって漂砂の廻り込みによる航路埋没機構を解明し、防波堤の延長による埋没防止効果を見出すとともに隣接海岸の地形変化についてもその機構や対策を考究することを目的としたものである。実験は昭和 43 年度より行ない、その結果の一部は第 17 回海岸工学講演会論文集¹⁾に報告した。しかし既報のこれまでの実験は移動床として中央粒径 $d_{50}=0.28$ mm の海浜砂を使用し、波向も卓越波向として一方向の波を対象とした。また実験施設の規模の点から、縦横の縮尺をかえた歪模型によって実験を行なったもので、砂移動の相似性についてもさらに検討しなければならない問題であった。したがってこの実験は使用砂の粒径を $d_{50}=0.19$ mm とし、さらに波向も防波堤の遮へい効果が比較的少なく波が航路内に侵入しやすい条件下で現地および今までの実験結果と対比しながら検討したものである。

II. 漂砂移動に関する模型実験の相似性

一般に水理模型実験を行なう場合、水の運動に関する力学的相似と同時に、この実験のように移動床模型による港湾埋没や海岸地形の変化を検討する場合はさらに底質の移動に関する力学的相似をも満足する必要がある。水の運動に関する力学的相似については岩垣²⁾がまた漂砂移動に関する相似性については野田³⁾または佐藤ら⁴⁾によって論じられている。

いま海岸に沿って x 軸をとり、これと直角沖方向に y 軸を、点 (x, y) における水深を h とする。さらに単位時間、単位幅当りの漂砂量の x および y 成分をそれぞれ q_x および q_y とすると連続の式は

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{(1-\varepsilon)} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) \quad \dots\dots(1)$$

与えられる。ここに ε は底質の空隙率である。模型について添字 m 、実物に p をつける。力学的相似が成立つためには $\varepsilon_m = \varepsilon_p$ とすると

$$\frac{h_m/h_p}{t_m/t_p} = \frac{q_{xm}/q_{xp}}{x_m/x_p} = \frac{q_{ym}/q_{yp}}{y_m/y_p} \quad \dots\dots(2)$$

となり、これらの条件を満足しなければならない。さて、いま模型の縦横の縮尺が異なるいわゆる歪模型について考える。いま水平縮尺について l_m/l_p とし、模型の歪率を k とすれば、鉛直縮尺は $k(l_m/l_p)$ で、(2)式の第1、第2項より、

$$\frac{t_m}{t_p} = \frac{k(l_m/l_p)^2}{q_{xm}/q_{xp}} \quad \dots\dots(3)$$

第1、第3項からも

$$\frac{t_m}{t_p} = \frac{k(l_m/l_p)^2}{q_{ym}/q_{yp}} \quad \dots\dots(3')$$

この式で t_m/t_p が漂砂移動に関する時間縮尺である。いま模型の水平および鉛直縮尺を定めても、(3)式や(3)'式からわかるように漂砂量の縮尺 q_{xm}/q_{xp} または q_{ym}/q_{yp} などがわからなければ t_m/t_p は一義的には定まらない。漂砂量 q を支配する要素としては波特性、流れ、底質、海底地形など非常に多く、これらの要素を考慮した関数形を定量的に表現することは不可能である。したがって(3)式から時間縮尺や底質の特性を直ちに決定することはできない。しかし t_p を適当に定め、さらに対象区域内の現地深淺測量などによって t_p 期間内の地形変化や土量変化がわかれば、模型の底質を選定し、模型内の地形変化または土量変化を実験的に測定することによって模型の時間 t_m を求めることができる。

以上のように漂砂移動に関する普遍的な相似性が見出されていない現在、対象とする現地の漂砂移動を模型内にいかに再現するかが重要な問題となる。もちろん縦横の歪を与えない模型による実験が望ましく、水の運動に関する相似性からも歪模型は満足されない。しかし実験水槽施設の大きさと、実験対象区域の広さまたは水深の影響などを考えると歪をもたせなければならない場合が生じてくる。このような移動床模型による港湾埋没については野田の浮遊砂を対象とした茶崎漁港の埋没に関する実験⁵⁾、尾崎の斜里漁港の歪模型による実験⁶⁾がある。また Reinalda は Thyborøn 水路の閉塞地形に関する模型実験⁷⁾で現地の再現性について非常によい結果をえている。さらに最近われわれの実験と前後して運輸省港湾技術研究所の佐藤らは縦 1/40、横 1/200の歪模型によって鹿島港の埋没に関する実験⁸⁾を行ない、その中でとくに現地の模型への再現性を検討し、地形変化についてはよい再現性が示されている。筆者らの昨年の実験においても模型の対象区域を考慮して

水平縮尺 1/200, 鉛直縮尺 1/50とし, 過去の現地調査資料をもとにその再現性を検討し地形変化の再現性について良好な結果をえた. したがってこの実験においても同様の方法によって実験を進めることにした.

III. 実験設備および実験方法

1. 実験設備

実験は長さ 20 m, 幅 10 m, 水深 0.5 m の平面波浪水槽を用い, 波はフラップ型造波機によって起した. 現地模型は実験対象範囲および水深の効果などを考慮して水平縮尺 1/200, 鉛直縮尺 1/50 とした. 移動床としては粒径の影響を考えてさきの実験の場合よりさらに小さくして $d_{50}=0.19$ mm (比重 2.66) の均一な自然砂を使用して海底地形を作製した. また桂浜防波堤はコンクリート壁模型を, 種崎突堤には木製板を用いた. 実験中水槽側壁からの反射波の影響が入らないように消波枠を設けた.

2. 実験方法

過去の調査資料のうち昭和 35, 37, 39 および 43 年の地形をとりだし, まず昭和 35 年の海底地形を水槽内に作製してこれにある特定な代表波を作用させ, 現地地形が再現できるよう試行的な検証過程をへて, 模型波の周期, 波高さらに時間縮尺を決定した. 波向は卓越方向として SE 波と, さらに防波堤の遮へいの影響が少なく航路内に波が侵入しやすい ESE 波の場合を対象とした. 初期地形としては昭和 44 年 11 月の地形を水槽内に作製し, 現地 2 年に相当する地形変化を対象に次のような内容で実験を行なった.

SE 波について

- (1) 航路保持のため桂浜防波堤を Fig. 1 に示すように屈曲部から $N 90^{\circ}E$ 方向に 280 m (昭和44

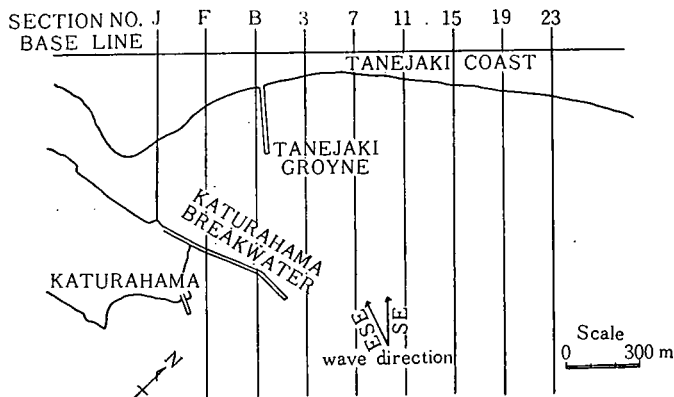


Fig. 1. Topographical map of the adjacent of Kochi harbour entrance

年11月現況), 360 m, 440 m および 480 m 延長した場合の効果

- (2) 桂浜防波堤を 480 m 延長した場合, 蛍光砂投入による航路埋没漂砂源の追跡

ESE 波について

- (1) 桂浜防波堤を 480 m 延長した場合の航路の保持

以上の実験において地形変化の測定は必要時間経過後に波をとめて測定台にとりつけた Point

gage を用いて汀線に平行方向に 1 m, 沖方向には 0.5 m 間隔に, また航路内では 20 cm 間隔の net を組んで, その交点で読みとった. 波高は造波中に航路内はネオン管式波高計で上記の地形測定点と同じ位置で, また入射波は抵抗線式波高計を用いて測定した. なお蛍光砂は 20 cm または 50 cm 間隔で採取し, 1 cm^2 内の粒数でその分布を表わした.

IV. 現地の模型への再現性

この実験では模型縮尺を水平方向1/200, 鉛直方向1/50とし, 底質として中央粒径 $d_{50}=0.19\text{ mm}$ の自然砂を使用したため, 現地の地形変化を再現するような模型波および時間縮尺を決定する必要があった. 種崎海岸の海浜形状は過去数十年の調査資料から侵食, 滞積を繰返していることが推察される. Johnson⁹⁾ または岩垣, 野田の研究¹⁰⁾ によると, このような形状を呈する波特性は沖波の波形勾配 $H_0/L_0=0.025$ と考えられる. さらに港口付近の計画波浪が, $H_0/L_0=0.024$ であることから実験波浪も $H_0/L_0=0.024$ と定め, 過去の現地深淺測量結果のうち昭和 35, 37, 39 および 43 年をとりだして, まず昭和 35 年の地形を水槽内に作製して, これに上記の波特性に合うような沖波波高 H_0 周期 T を種々組合せ試行的な検証によって模型の地形が現地の昭和 37, 39 および 43 年の地形変化に相似するような模型波の作用時間を見出した. Fig. 2 は昭和35年の地形に上記特性の波を 4 時間作用させた場合の模型の地形変化とそれに相当する昭和37年の現地地形を比較したものであり, Fig. 3 はこの場合の Profile の比較である. Figs. 4~7 も同様に模型地形と現地地形との対比である. これによれば模型は現地の地形をかかなりの精度で再現できることがわかった. この結果より SE 波については沖波波高 $H_0=7.3\text{ cm}$, 周期 $T=1.4\text{ sec}$. 時間縮尺は現地 2 年が模型の 4 時間として採用した. また ESE 波についても同様の実験を行ない, 現地の再現性について検討した. これらの結果を示したものが Figs. 8~13 であり, 現地の模型への再現性が非常によいことがわかる. 沖波波高および周期については SE 波の場合とかわらず, 時間縮尺は現地の 2 年が模型の 2 時間

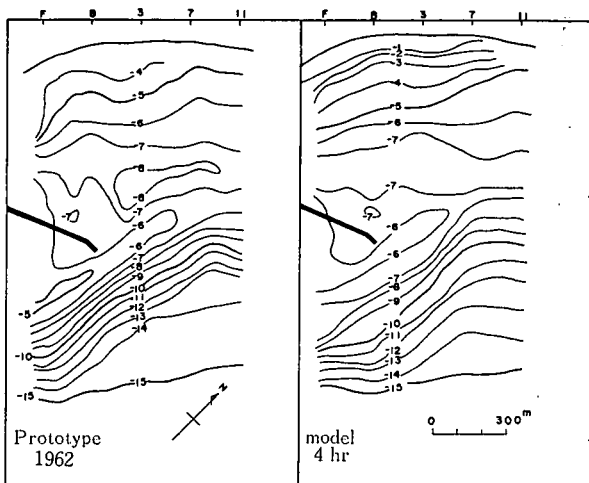


Fig. 2. Comparison between bottom topography of model and prototype

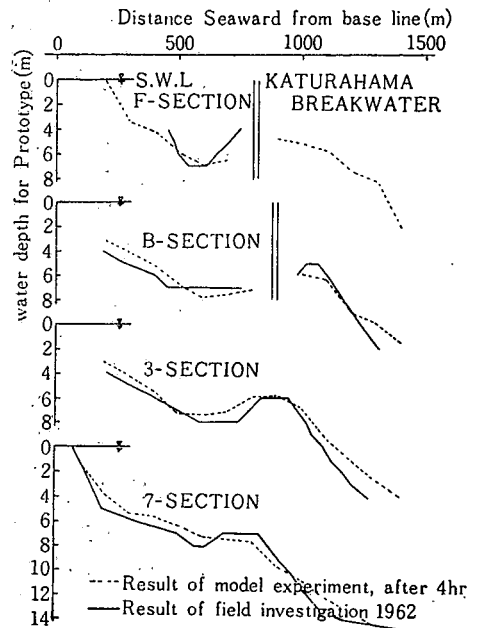


Fig. 3. Comparison between deposit profiles of model and prototype (wave direction S. E)

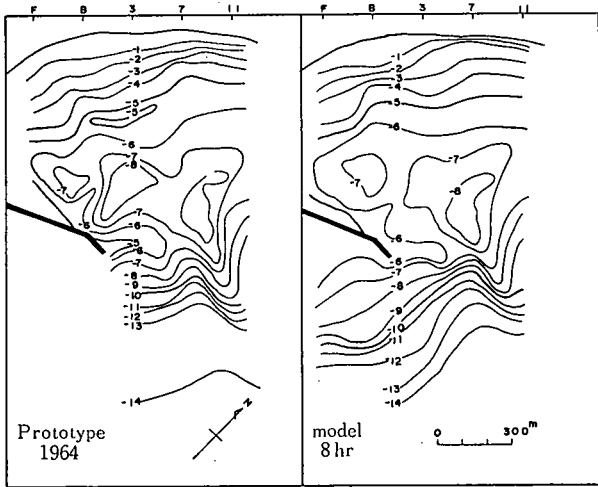


Fig. 4. Comparison between bottom topography of model and prototype

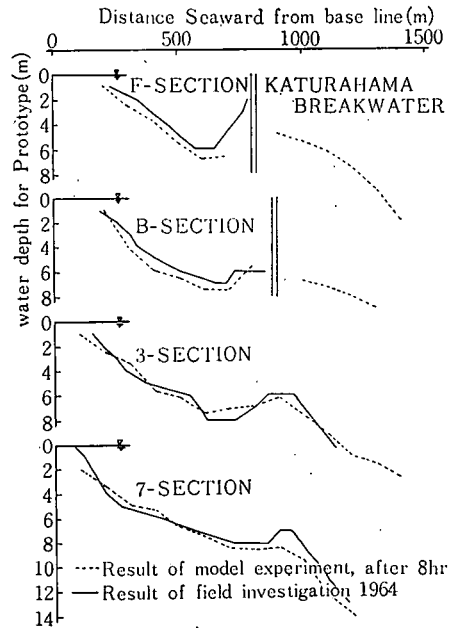


Fig. 5. Comparison between deposit profiles of model and prototype (wave direction S. E)

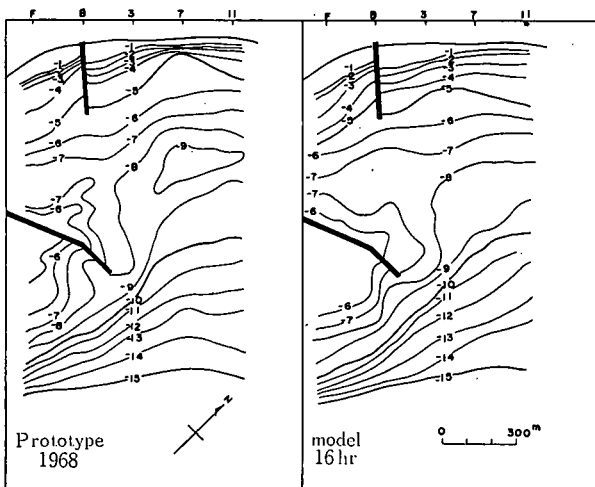


Fig. 6. Comparison between bottom topography of model and prototype

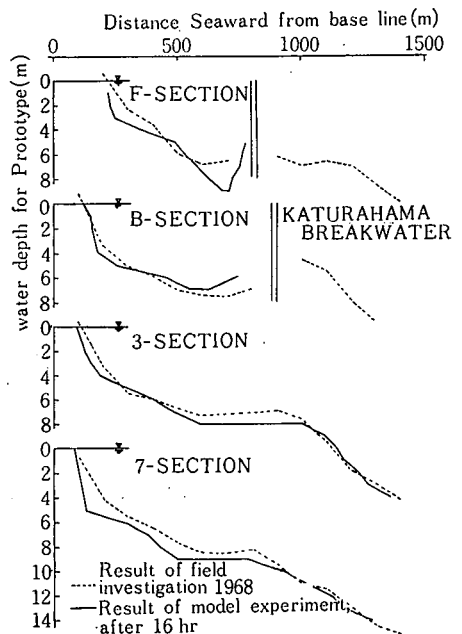


Fig. 7. Comparison between deposit profiles of model and prototype (wave direction S. E)

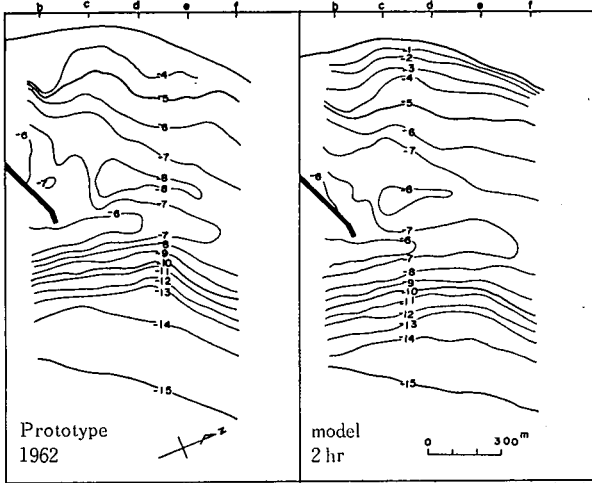


Fig. 8. Comparison between bottom topography of model and prototype

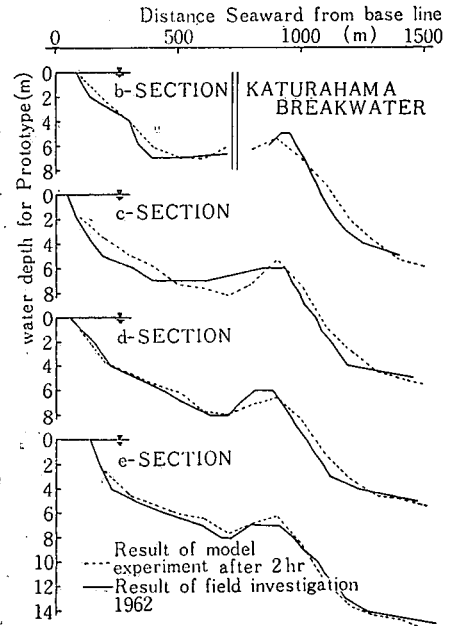


Fig. 9. Comparison between deposit profiles of model and prototype (wave direction E. S. E)

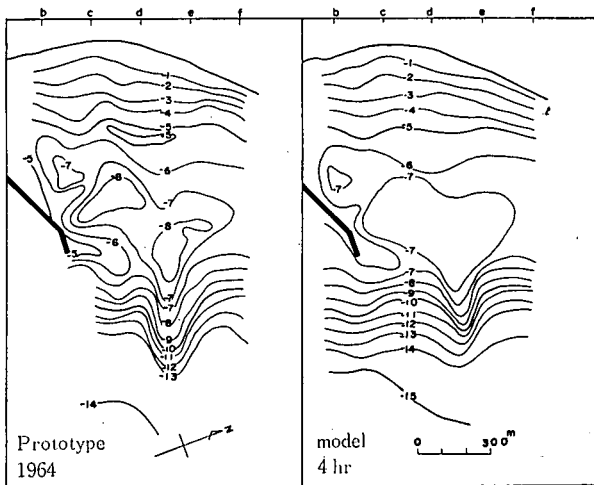


Fig. 10. Comparison between bottom topography of model and prototype

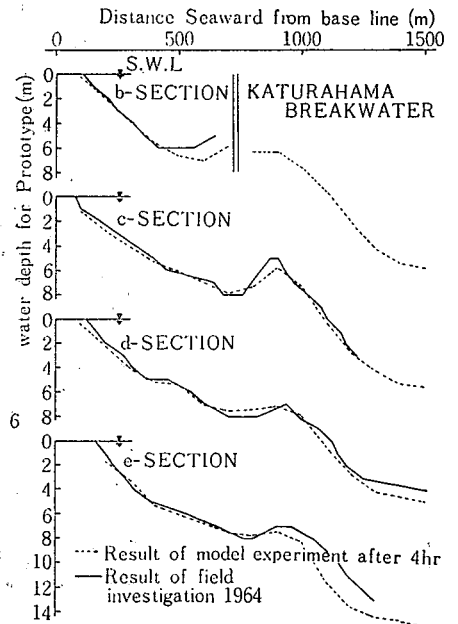


Fig. 11. Comparison between deposit profiles of model and prototype (wave direction E. S. E)

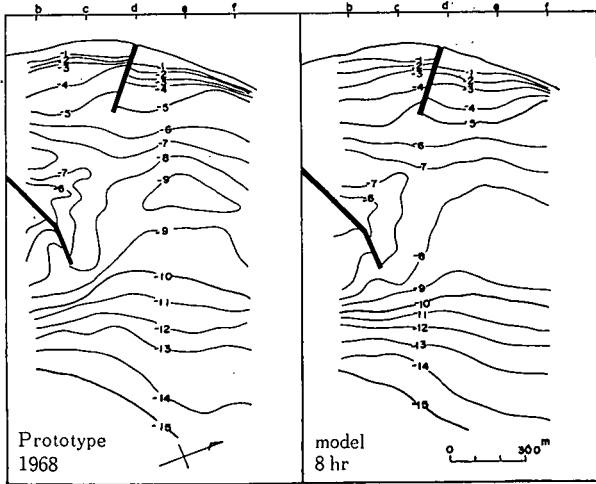


Fig. 12. Comparison between bottom topography of model and prototype

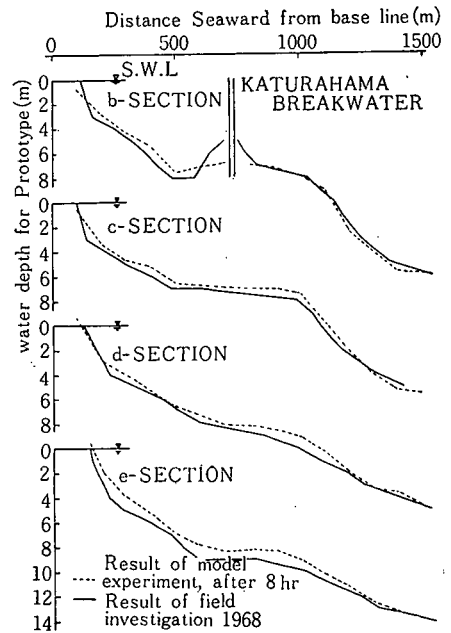


Fig. 13. Comparison between deposit profiles of model and prototype (wave direction E. S. E)

に相当する。SE波とESE波による結果を比較するとESE波の方がその再現性がよい。

航路を人工的に掘削した場合の航路の埋没に関する地形変化の再現性については考察していないが、佐藤らの実験⁸⁾ではこのような場合にもその再現性がよいことが報告されている。

V. 実験結果とその考察

1. SE波の場合の防波堤延長効果

昭和44年11月の現況地形(防波堤長280m)においてFig. 14に示すように水深-10m(模型20cm)の航路を浚渫した場合と、さらに防波堤を360m(模型1.8m)、440m(模型2.2m)および840m(模型2.4m)延長した場合について現地2年に相当する波(模型4時間)を作用させて航路の埋没状況を調べた。Fig. 15は航路内の地形変化を示したものである。図中航路内の点線区間内の埋没土量を現地に換算して比較するとTable 1のようである。なお比較のため後述のESE波の場合の実験結果も併記した。

これよりわかるように防波堤の延長にともなって水深-10mの航路内埋没土量は減少し、防波堤を480mまで延長すれば280mの場合の58%に減少している。この場合の防波堤長と埋没土量の関係はほぼ直線的な関係を示すが、このような比較的深い位置での防波堤背面航路の漂砂による埋没現象の一般的变化についてはさらに基礎的な多くの実験を行なうとともに、また埋没土量の相似性についても現地航路を浚渫してその埋没状態を調査し検討する考えである。

次に航路静穏度の面から防波堤延長効果を検討する。各々の防波堤長においてFig. 14に示した航路内①および②の点の波高はTable 2のようである。航路内の屈折、回折後の波高 H と入射波高 H_i との比 $H/H_i = K_r \cdot K_d$ の分布を示したものがFig. 16である。Table 2およびFig. 16よりわかるように防波堤延長にともなって航路内の静穏度を増すことができ、航路保持の面で有効なことを示している。またこの波高を用いて有限振幅波理論による海底水粒子の残留前進速度 \bar{u} (質量

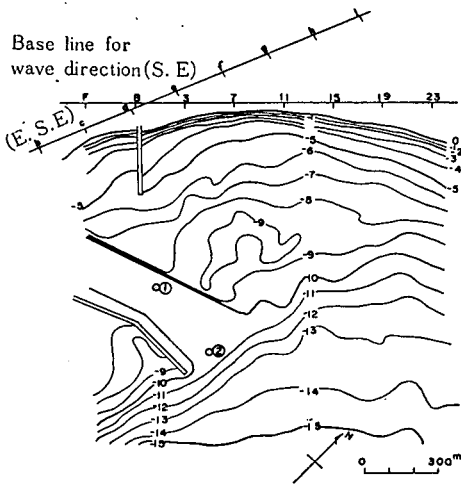


Fig. 14. Initial topography and measurement base line (1969 Nov.)

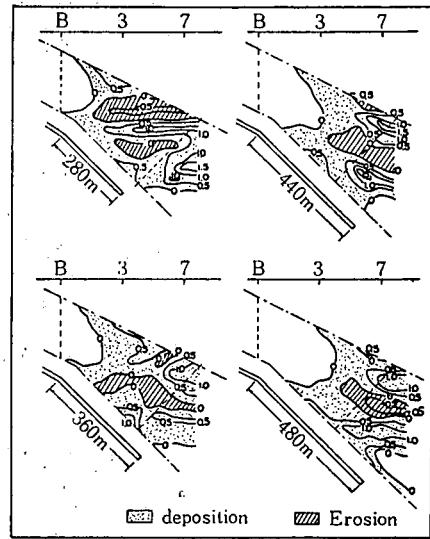


Fig. 15. Variation of bottom topography in the navigation channel

Table 1. Comparison of Cumulative Volume in the Navigation Channel

Wave Direction	Length of Breakwater	Depth of Breakwater head	Cumulative Volume
S E	280 (m)	10.0 (m)	11300(m ³)
	360	11.3	10200
	440	13.3	8300
	480	14.0	6600
E S E	480	14.0	17200

Table 2 Wave height and drift velocity at station ① and ②

Wave Direction	Length of Breakwater	Station ①		Station ②	
		H	\bar{u}	H	\bar{u}
S E	280 (m)	2.1 (m)	4 (cm/sec)	4.1 (m)	15 (cm/sec)
	360	1.8	3	3.4	10
	440	1.5	2	3.2	9
	480	1.4	2	2.9	8
E S E	480	2.5	6	3.8	13

輸送速度) を次式によって計算し比較した。

$$\bar{u} = \frac{\pi^2 H^2}{2LT} \cdot \frac{1}{\left(\sinh \frac{2\pi h}{L}\right)^2} \dots\dots\dots(4)$$

ここに H および L は水深 h における波高および波長である。漂砂移動の重要な因子と考えられるこれら質量輸送速度も Table 2 に見られるように減少し、航路埋没の軽減に効果的である。

以上は浚渫航路内の現象についての考察であったが、全般的な地形変化について見ると防波堤長が屈曲部より 280 m のとき Fig. 17 に示すように断面①沖 300 m および 600 m 付近に顕著な bar が

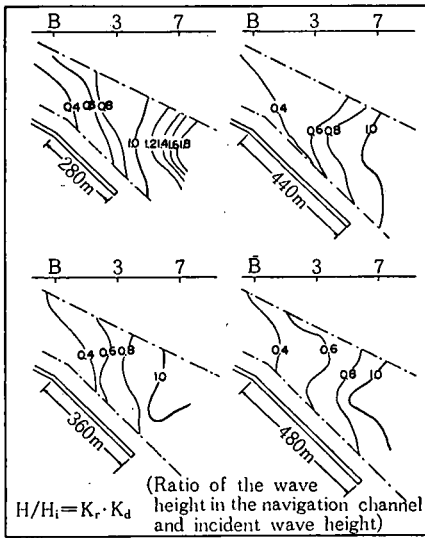


Fig. 16. Distribution of H/H_t in the navigation channel

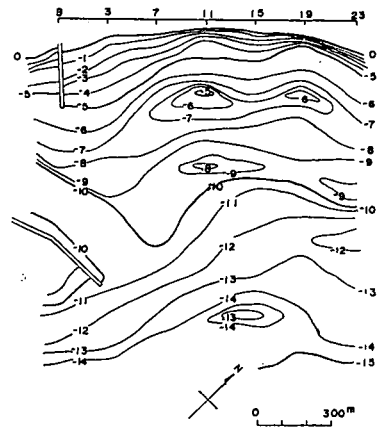


Fig. 17. Variation of bottom topography (case of breakwater length 280 m)

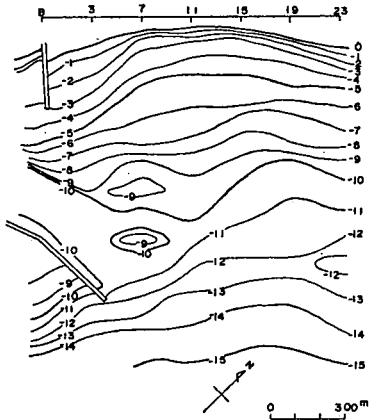


Fig. 18. Variation of bottom topography (case of breakwater length 360 m)

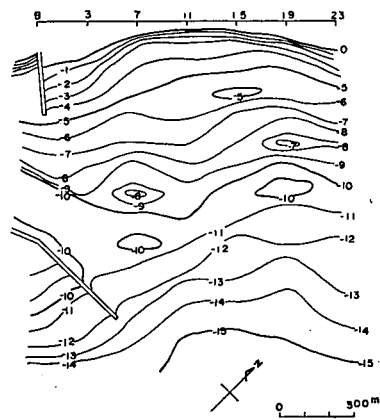


Fig. 19. Variation of bottom topography (case of breakwater length 440 m)

発生する。また防波堤 360 m および 440 m の場合にも Fig. 18 および 19 のように断面 ⑦ 沖 700 m および 900 m 付近に bar が発生し航路障害が考えられる。この傾向は砂粒径 $d_{50}=0.28$ mm における前回の実験結果と同じである。防波堤をさらに延長して 480 m としたときの効果は Fig. 20 に示すようで断面 ⑦、断面 ⑮ および断面 ⑲ 沖に bar が見られる。しかし上記の防波堤長の短い場合に比較してその bar の規模は小さくなり、沖 700 m については水深が -10 m 以上となつてさほどの障害とはならない。このような bar の発生は海岸堤からの反射波が影響するもので種崎海岸侵食防止対策と合せて消波的な離岸堤などの設置による反射波の軽減を計らなければならない。断面 ③、⑦、⑪、⑮、⑲ および ⑳ の Profile の変化は Fig. 21 に示すとおりである。

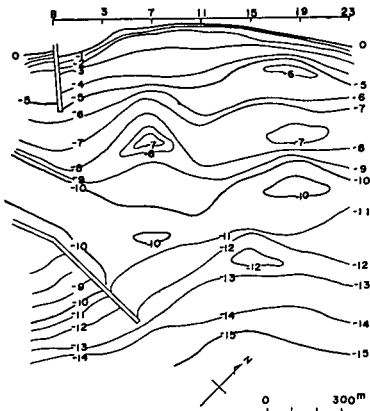


Fig. 20. Variation of bottom topography (case of breakwater length 480m)

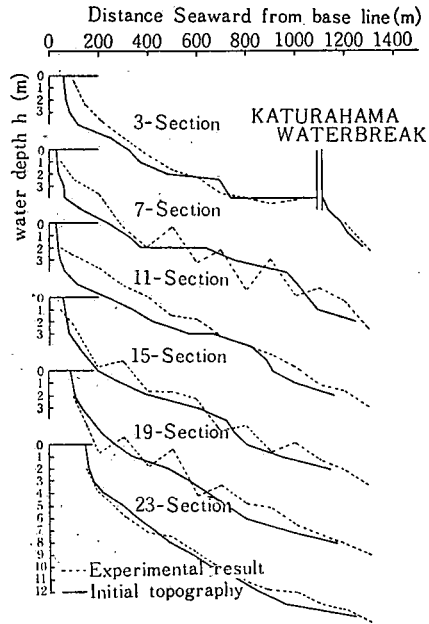


Fig. 21. Comparison of beach profiles

2. 螢光砂による航路埋没漂砂の追跡

このような模型実験における底質移動と現地での底質移動との相似性については前回の実験時に現地と模型とで同一地点に投入した螢光砂の移動分布について比較考察した。その結果移動速度については詳細な考察は進められなかったが、砂移動の分布については類似した傾向を示し、現地の砂移動の傾向は実験の螢光砂の分布から推定できることがわかった。ここでは防波堤を480mまで延長した時点で航路の埋没漂砂源について考察した。使用螢光砂は模型に使用した底質砂と同じものである。Fig. 22は断面①沖1300m(水深-14.5m, 模型で18cm)に投入した螢光砂の8時間後の分布である。図によれば断面①沖1300mに投入した螢光砂の分布は一部航路方向へも広がっているが、投入中心部はむしろ沖方向へ移動している。

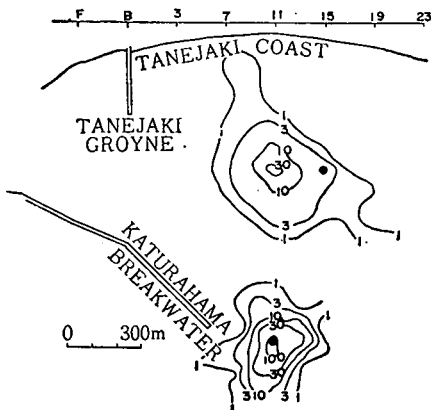


Fig. 22. Distribution of fluorescent-sand

図によれば断面①沖1300mに投入した螢光砂の分布は一部航路方向へも広がっているが、投入中心部はむしろ沖方向へ移動している。

このような波の直接作用による砂移動の機構については Manohar¹¹⁾ および Ippen-Eagleson らの研究¹²⁾ があるが、Manohar は砂移動を波動運動による底層流速や砂れんの移動などに関係あるとして取扱ったが、Ippen および Eagleson は波による水の粒子速度に関係するのでなく、質量輸送速度が関係あるとして海底勾配の影響を入れて砂移動を取扱い、砂粒の初期移動と確定移動(Manohar の一様移動)にわけて考えを進めている。われわれも高知海岸の漂砂移動について調査し、螢光砂の移動、波動による底層流速などについて検討し、砂移動については Ippen, Eagleson と同様、

残留前進速度(質量輸送速度)が大きく影響することを発表した¹³⁾。したがってここでは Ippen-Eagleson の確定移動について Longuet-Higgins の境界層内の波による質量輸送速度を導入した次式を使って砂粒の平均移動速度 \bar{u}_s が0になる水深(漂砂の変位点水深)を求める。

$$\frac{\bar{u}_s}{C_0} = 0.92 \pi^2 f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) (\beta d)^{7/8} \left(\frac{H_0}{L_0} \right) - \frac{1}{7.2} \left(\frac{S_s}{S_f} - 1 \right) (\beta d^2) \sin \alpha \dots \dots (5)$$

ここに

$$f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) = \frac{(\coth kh)^2}{(\sinh kh)^2 + k_0 h}, \quad \beta = \left(\frac{\pi}{T\nu} \right)^{1/2},$$

C_0 : 沖波の波速, S_s : 砂の比重, S_f : 水の比重, d : 砂の粒径,

$\sin \alpha$: 海底勾配, $k = 2\pi/L$, $k_0 = 2\pi/L_0$ ν : 水の動粘性係数

(5) 式で $\bar{u}_s = 0$ において実験に使用した各条件を入れると $h/L_0 = 0.096$ をうる。これより $h = 14.7$ m となる。この水深では砂粒子は振動的または擬振動的運動をするだけであり、実質的な移動は起らない。これによれば断面⑩の沖 1300 m に投入した螢光砂は航路方向への移動は示さないことになる。投入螢光砂の移動を見るとこの傾向をよく示している。したがって防波堤を 480 m まで (先端水深 -14 m) 延長することは航路保持の面で有効である。一方断面⑤の沖 600 m に投入した螢光砂の分布は岸向きの移動も著しいが、中心部は汀線とほぼ平行に SW 方向に移動し、断面⑩の沖 600 m (投入点より 200 m) に移行している。これは航路方向への移動が見られ、将来航路埋没の原因になるものと考えられる。この対策については離岸堤、突堤などの効果と合せて考究する。

3. ESE 波の場合の防波堤効果

上記の実験は波向として最も多い SE 波について防波堤の効果を検討したが、防波堤の遮へい効果が少なく年間を通じある程度発生すると考えられる ESE 波について同様に防波堤の効果について検討した。この場合の実験は防波堤長が 480 m で初期地形としては上記 SE 波の場合と同様に昭和44年11月の地形を対象に航路を -10 m まで浚深した場合について行なった。このような条件において現地 2 年に相当する波を作用させた (模型 2 時間) 結果が Fig. 23 である。また航路内の地形変化と波高を見ると Fig. 24 および 25 のようである。SE 波の場合の Fig. 15 (防波堤長 480 m) にくらべると漂砂は航路奥部まで侵入する傾向にあることがわかる。また航路内埋没土量も Table 1 に示したように最も多く、埋没区域も SE 波に比較して約 360 m 航路奥部まで侵入した。航路内の波高については Fig. 25 からわかるように SE 波にくらべて大きく侵入波高が奥部まで減少しな

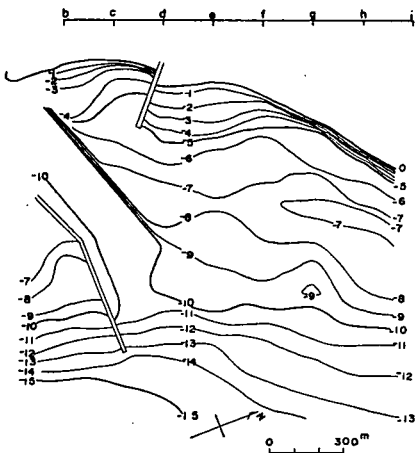


Fig. 23. Variation of bottom topography (case of breakwater length 480 m and wave direction E. S. E)

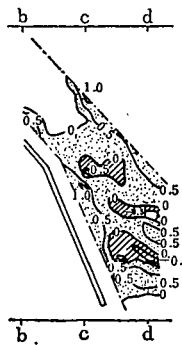


Fig. 24. Variation of bottom topography in the navigation channel

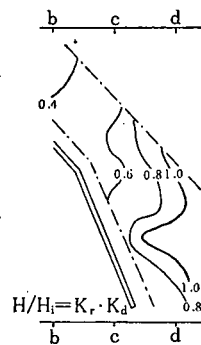


Fig. 25. Distribution of H/H_t in the navigation channel

いため、Table 2 に示したように漂砂移動が著しく、波高とよい対応を示している。しかし滞積高は比較的小さい。これらの対策については今後さらに検討を進める考えである。

VI. 結 語

高知港の整備にともなう桂浜防波堤の延長効果と港口浚渫航路の保持について SE 波および ESE 波を対象に移動床 ($d_{50}=0.28\text{mm}$ および 0.19mm) 模型実験を行なった。実験は実験対象範囲の広さと実験施設の関係から縦 1/50 横 1/200 の縮尺とし、いわゆる歪模型によって行なったが、このような移動床模型実験については漂砂移動に対する力学的相似性が確立されていない現在、現地の模型への再現性が問題となる。したがって筆者らは過去の現地調査資料をもとに試行的な検証過程によって現地地形を模型内に再現するような波浪特性と時間縮尺を決定した結果、SE 波および ESE 波とも実験波浪として周期 1.4 sec 沖波波高 7.3 cm 時間縮尺としては SE 波の場合、模型の 4 時間が現地の 2 年に、ESE 波の場合模型の 2 時間が現地の 2 年に相当し、地形変化の再現性はともによい結果をえた。特に ESE 波の場合については非常に良い再現性が見られた。したがってこのような歪ませた移動床模型実験においても試行的な検証過程を経てその再現性を慎重に検討するならば実験の信頼性をますことができる。

航路保持の面では防波堤を延長するほど (280 m~480 m の範囲) 航路埋没土量は減少し効果がある。防波堤を 480 m 延長した場合 (先端水深 -14 m) 航路水深をほぼ -10 m に維持することが可能であった。しかし ESE 波の場合は防波堤の遮へい効果が減少するため、埋没区域は航路奥部までおよび埋没土量も増大した。しかしこのような場合波浪の継続時間と年間発生頻度が問題となるのでこれを勘案しながらその対策を考究して行く必要がある。

港口付近の砂移動について螢光砂を投入して追跡した結果その移動分布によって港口埋没に及ぼす漂砂源を知ることができたが、さらに現地との対応によって検討して行く考えである。

実験における地形変化は全般に波高分布とよい対応を示した。

以上の実験結果をえたが、このような研究は現地との相似性が重要な問題であり、今後現地での調査研究を続行しながら検討を進める考えである。

最後にこの研究を進めるにあたり種々ご協力、ご援助いただいた運輸省第三港湾建設局高知港工事事務所、福田正昭所長に対し深甚の謝意を表す次第である。また実験や資料整理の労をとっていただいた林窓男、戸田忠男両君 (ともに現在高知県土木部) に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 上森千秋・玉井佐一・亀松睦弘, 高知港口付近の漂砂に関する実験的研究. 土木学会第 17 回海岸工学講演会論文集, 1970. p. 255~261
- 2) 岩垣雄一, 海岸および港湾の模型実験について, 昭和 35 年度講習テキスト, 海岸工学の最近の進歩, 土木学会関西支部発行, 昭和 36 年 p. 21~41
- 3) 野田英明, 海岸の模型実験, 水理学水文学における最近の進歩, 土木学会関西支部, および中部支部発行 昭 43. 3. p. 197~209
- 4) 佐藤昭二・田中則男・入江功・平原淳次: 港湾埋没に関する移動床模型の再現性, 港湾技術研究所報告, 第 9 巻, 第 1 号, 1970. 3. p. 71~123
- 5) 野田英明: 茨崎漁港の漂砂に関する実験 (その 1), 京都大学防災研究所年報, 第 9 号 昭 41. 3 p. 729~741
- 6) 尾崎 晃: 斜里漁港の模型実験について. 土木学会第 8 回海岸工学講演会講演集 1961. p. 126~133
- 7) Reinalda, R.: Scale Effect in Models with Littoral Sand-drift. Proc, 7th Conf, on Coastal Eng., 1961 Vol. 1, p. 318~325
- 8) 前 出 4)
- 9) 土木学会編: 水理公式集昭和 38 年増補改訂版, 昭 38. 8
- 10) 前 出 9)

- 11) Manohar. M: Mechanics of Bottom Sediment Movement due to wave Action. Tech. Memo. No. 75. B. E. B. 1955.
- 12) たとえば, 井島武士: 海岸水理学, 水工学便覧, 森北出版, 昭41. 8. p. 376~397
- 13) 上森千秋・玉井佐一・亀松睦弘: 沿岸の物質移動 (I), 農業土木学会講演会講演要旨, 1971. 5.

(昭和 46 年 9 月 28 日 受理)

