

宮崎海岸移動床模型実験

内田 哲郎*・長友 文昭**・鶴谷 広一***・佐藤 昭二****

1. ま え が き

日向灘に面する広大な海岸線は日向灘海岸と呼称されている。一方、大淀川河口周辺の海岸は宮崎海岸とも呼ばれ、海岸線はほぼ一直線をなし、単調にほぼ南北に延びている（図-1）。大淀川導流堤の北側には将来の出入船舶の増大に対応するため宮崎新港を建設する計画がある。一方、導流堤の南側には現在宮崎空港の滑走路が海岸線まで延びており、急増する観光客の輸送に対応する

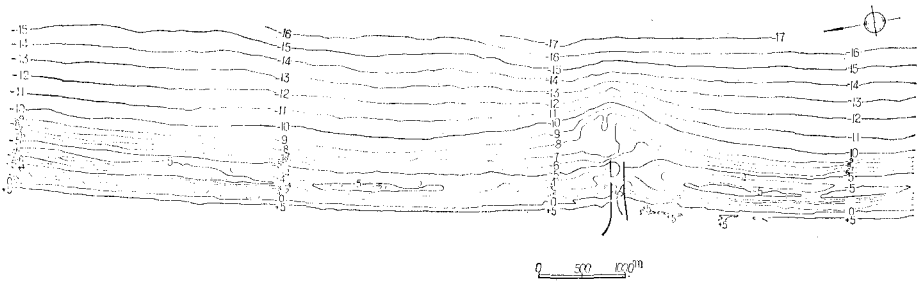


図-1 宮崎海岸深浅図

ため、将来滑走路を海側へ埋立延長する計画がある。
防波堤や埋立地を計画する場合、それらが周辺海域に及ぼす影響をあらかじめ予測しておくことが必要である。特に潮流、波浪等の変化と、それらに伴う漂砂及び水質拡散等の予測は環境問題との関連から近年ますます重要となっている。ここでは漂砂に着目し、構造物が付近海浜に与える影響を調べる目的で行った移動床模型実験について、特に実験手法に重点をおいて述べたものである。

2. 宮崎海岸の自然条件

2.1 波

宮崎港では日視により波向、周期、波高観測が行なわれ、昭和48年4月からミリ波レーダーによる波向観測も行なわれている。昭和48年11月から昭和52年5月まで波向の出現頻度を表-1に示す¹⁾。さらに、この日視の観

* 正会員 運輸省第一港湾建設局長
** 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所長
*** 正会員 工修 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所調査課長
**** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所次長

表-1 波向別出現頻度（宮崎港目視）

S. 48.11~S. 52.5							
波 向	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
春 (3 ~ 5 月)	1	34 (5)	465 (111)	195 (40)	40 (5)		
夏 (6 ~ 8 月)		7	233 (33)	230 (45)	82 (25)	1	1
秋 (9 ~ 11 月)	6	18 (2)	396 (95)	155 (46)	30 (9)	1	
冬 (12 ~ 2 月)	15	53 (15)	536 (58)	97 (12)	20 (9)		
計	22	112 (23)	1 630 (297)	677 (143)	172 (48)	2	1

（ ）内は宮崎港ミリ波レーダ観測

測結果を用いて、波向、季節ごとの波の沿岸方向の輸送エネルギーの算定結果を表-2に示す。表中では、沿岸方向北から南への輸送エネルギーを正としている。

表-2 波向別季節別波の沿岸方向輸送エネルギー

単位：t・m/m

季節	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)	計
波向					
NE	70 052.2	0	37 440.1	58 878.2	166 370.5
ENE	44 329.3	18 309.9	34 876.1	82 972.9	180 488.2
E	316 872.4	211 414.1	481 630.8	308 494.2	1 318 411.5
ESE	-448 511.0	-573 198.3	-384 959.4	-155 763.1	-1 562 431.8
SE	-382 843.0	-299 368.6	-548 394.9	-111 799.6	-1 342 406.1
計	-400 100.1	-642 842.9	-379 407.3	182 782.6	-1 239 567.7

2.2 沿岸漂砂量及び流下土砂量

沿岸漂砂量の算定には次に示す佐藤・田中の式を用いた。

$$Q_i = 0.3 E_i \quad Q_i: \text{m}^3 \quad E_i: \text{t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

表-1 の波の輸送エネルギーから沿岸漂砂量を求めると北向きの漂砂量は、 $Q_n = 871\,450 \text{ m}^3/\text{年}$
南向きの漂砂量は、 $Q_s = 499\,580 \text{ m}^3/\text{年}$
となり、一年間の漂砂量は、差引き北向きに
 $Q = 371\,870 \text{ m}^3/\text{年}$

となる。

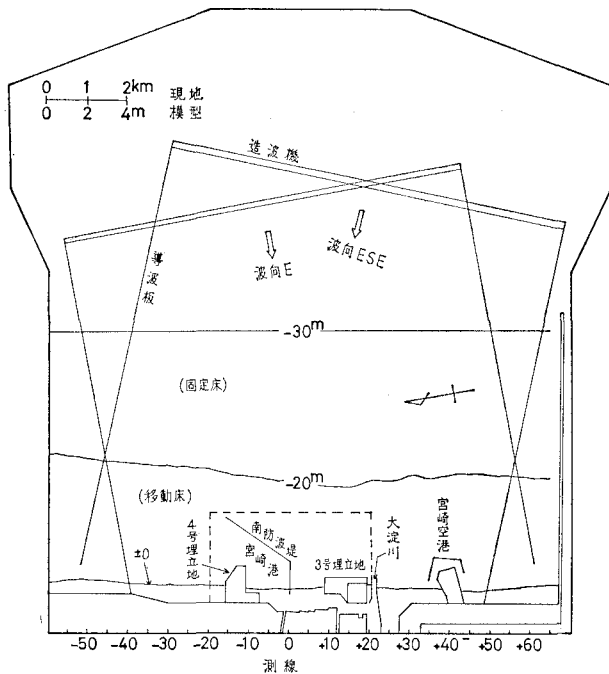
大淀川の昭和46年から昭和50年の5年間の年間流下土砂量を、表—3に示す²⁾。

表—3 大淀川年間流下土砂量

年	46	47	48	49	50	平均
流砂量 (m ³)	57 700	53 900	13 522	16 517	32 860	34 900

3. 実験方法

実験には第四港湾建設局下関調査設計事務所内の屋内平面水槽を使用した。模型縮尺は水平縮尺を1/500とし、鉛直縮尺は後述するように、二次元の予備実験より1/150に定めた。模型の配置を図—2に示す。波向は南寄りの

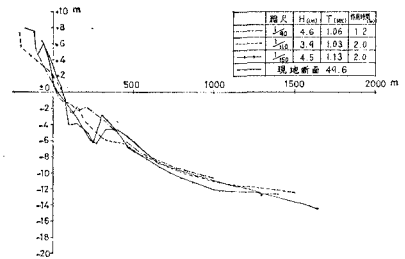


図—2 模型配置図

代表波向としてESE, 北寄りの代表波向としてEを採用した。D.L. -20m以浅の範囲は中央粒径が0.2mmの細砂による移動床とし、-20m以深はモルタル仕上げの固定床(勾配約1/100)とし、-30mまで海底地形を模型内に再現した。海底地形は、レベルと標尺を用いて約3700点について測定した。実験水位はM.W.L.をとり、D.L. +1.15mの一定とした。大淀川の流下土砂量は、表—3に示したように年間約4万m³程度であり、今回の実験では波の作用中に大淀川導流堤の沖側に、後述するように体積縮尺及び時間縮尺を考慮して、波向Eでは55分、波向ESEでは100分につき1067cm³(乾燥時)の砂を15分ごとに分割して投入した。

4. 予備実験

移動床模型実験では、底質の幾何学的相似が成立しないため、一般には現地における漂砂現象を再現するような波浪諸元を実験的に定めている。また、模型の水平縮尺は実験対象区域と水槽の規模からおのずと定まるものであるが、鉛直縮尺については今だに定められた決定方法はない様である。ここでは、鉛直縮尺を決定するために二次元の断面予備実験を行ない、鉛直縮尺の相違による海底地形の変化を調べて決定する方法を用いた。すなわち、断面実験によって図—1に示したような-4m~-5m付近に存在するバー、トラフが波作用によっても保存されるような鉛直縮尺を求めた。図—3はこの断面



図—3 鉛直縮尺の違いによる地形変化

実験の結果を示す。これによれば縮尺1/150の場合にバーがほぼ現地断面と同じ位置に現われている。

実験波の諸元を定めるには、平面予備実験により現地の海底地形を模型上で再現できる波高、周期を調べた。表—1からもわかるように、夏期には南寄りの波、冬期には北寄りの波が卓越している。従って、南寄りの波としては波向ESEを用いて昭和45年7月の海底地形に波を作用させ、北寄りの波としては波向Eの波をとり昭和46年9月の海底地形に波を作用させた。波の条件を決めるために、波高は3~5cm、周期は0.84~1.30secの波をかけ、図—2に示す大淀川の北側の点線でかこまれた範囲について海底地形の変化を測定した。そうして各波作用時間に対する海底地形について、南寄りの波の場合は、昭和45年10月、北寄りの波の場合は、昭和47年3月の現地地形との比較を行った。図—4は、汀線±0m線と、-4m線の現地等深線に対する模型等深線の位置の標準偏差の時間変化を示す。波向ESEについて見ると、汀線の差は各ケースでそれ程の違いはないが、D.L. -4mで差をみるとケース2及び4が小さい値を示している。宮崎港の防波堤は完成時で水深-15m付近まで延長され、その影響を調べるためには十分沖まで砂が移動する波が望ましい。従って、ケース2、4の

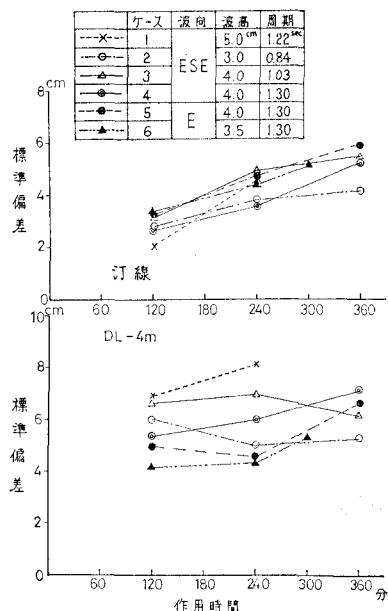


図-4 現地と模型の等深線の位置に関する標準偏差の時間変化

うちより波高の大きいケース4の波を実験波として採用した。一方波向Eでは、ケース5,6による違いは余りなく、汀線及び水深-4mの位置での標準偏差の値も波向ESEで採用したケースと同程度である。

波向ESEと比較する意味から波向Eの実験波として

ケース5の波すなわち波向ESEと同じ波を採用した。

5. 本実験

本実験は防波堤及び埋立地の各施工段階における侵食状況を調べ、さらにその対策工法について検討するため、11ケースについてそれぞれESEとE方向の波向をかけ、さらに2ケースについてはESEとEの波を交互にかける合計22ケースについて行なった。ここでは、昭和52年12月の海底地形を現況とし、ESEの波を作用させたケースと港湾と空港の完成した場合についてその影響を波向ESEについて調べたケースについて述べる。さらに、サンドトラップで測定した沿岸漂砂量と2.2で求めた現地の沿岸漂砂量とを比較し、各波向の1年間に相当する作用時間を求め、4年分の波をESEとEを交互に作用させたケース（港湾と空港が完成し、さらに対策工法として離岸堤と突堤を考えた場合）について述べる。

5.1 波向一定の場合の実験

図-5は波向ESEで、現況の海底地形に4時間波を作用させた変化を波作用前と比較したものである。これによれば、測線No. +10~-15及び-5~-10付近で侵食されているのがわかる。また、大淀川河口付近が大きく侵食されている。導流堤の南側は測線+25~-+35にかけて堆積傾向を示している。また、測線+40付近で全般的に侵食傾向となっている。図-6は港湾と空港

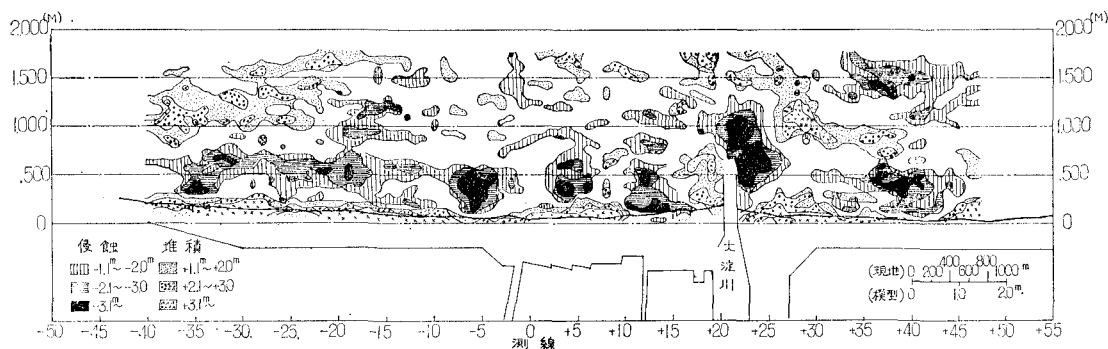


図-5 深浅差分図(現況)0-4時間 波向ESE

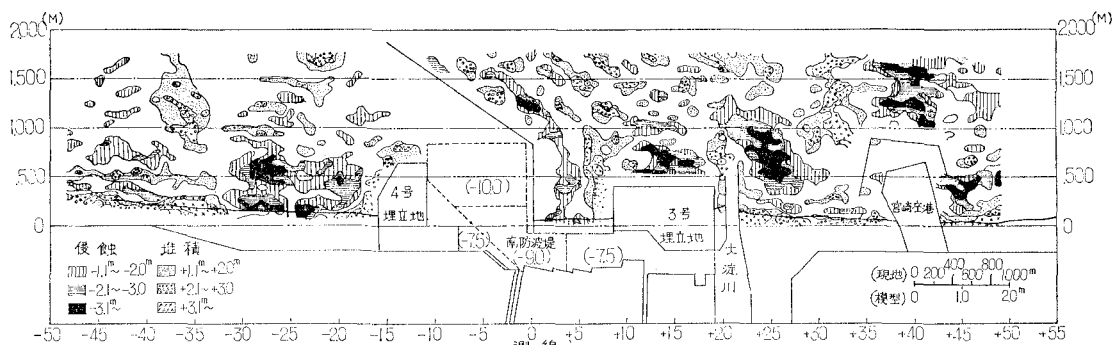


図-6 深浅差分図(港湾と空港が完成)0-4時間 波向ESE

が完成した場合の同じ波浪条件に対する海底地形変化を波作用前と比較したものである。図-6を 図-5と比較して異なる点は、大淀川と宮崎空港の間で汀線付近が堆積から欠陥に変化したこと、港湾の北側すなわち測線-25付近で汀線は堆積から欠陥に変わると共に、その沖では欠陥がより著しく広範囲となったことである。また、図-6において 図-5より欠陥が著しい所は、3号埋立地直前と、南防波堤に沿う部分および3号埋立地とこの防波堤の間の汀線を含めた部分である。

5.2 沿岸漂砂量に関する時間縮尺の実験

昭和52年12月の海底地形に、波を1時間作用させた後に、図-7に示すように、木製のトラップを波向Eで

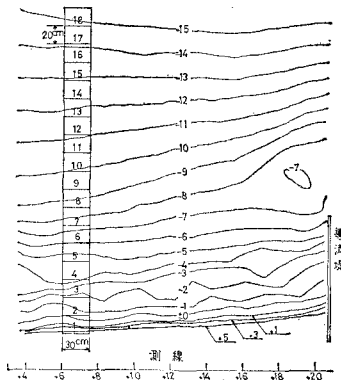


図-7 トラップ配置図(波向E)

は測線+6, 波向 ESE では測線-18の位置に、海底地形に合わせて設置した。そうして波向 ESE で20分間、波向Eで60分間更に波を作用させて、その間にトラップにたまった砂の量を測定した。波向Eについての捕砂量の測定結果を図-8に示す。この結果にもとづきそれぞれの波向に対する時間縮尺を求める。すなわち南から北へ向かう波のエネルギーの代表波向である波向 ESE の場合のトラップ捕砂量を q_{nm} とすると $q_{nm} = 4567 \text{ cm}^3$ であり、体積縮尺比を $500^2 \times 150$ とし、作用時間20分を考慮すると、トラップ捕砂量の現地換算値 Q_{nm} は $Q_{nm} = 4567 \times 500^2 \times 150 \text{ cm}^3 / 20 \text{ 分} = 8563 \text{ m}^3 / \text{分}$

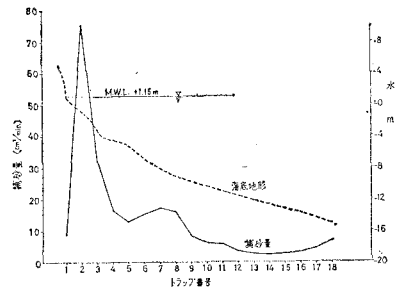


図-8 沿岸漂砂量の分布(波向E)

となる。そこで、波向 ESE の1年分の波の作用時間 t_n は、2.2で求めた現地沿岸漂砂量 Q_{ns} とトラップ捕砂量の現地換算値とが等しくなる時間であり、トラップ捕砂量は作用時間に比例すると考えると、

$$t_n = \frac{Q_n}{Q_{nm}} = 102 \text{ 分}$$

となる。

同様に、波向Eのトラップ捕砂量 $q_{sm} = 14391 \text{ cm}^3$ と作用時間60分を考慮すると、波向Eの1年分の作用時間 t_s は、

$$t_s = \frac{Q_s}{Q_{sm}} = 55 \text{ 分}$$

となる。

5.3 交互に波を作用させた場合の実験

5.2で求めた沿岸漂砂量より決めた波の作用時間で、波向EとESEを交互にかけたものを1年分とし、合計4年分の波をかけた場合の海底地形変化を波作用前と比較したのが図-9である。このケースでは、図-6と同じ法線に加えて、5.1の結果にもとづき侵食対策工として突堤と離岸堤を組み合わせた場合である。離岸堤の距岸は約200m(現地)とし、突堤は離岸堤の中央部に離岸堤中心線から100m岸側に先端がくるようにした。各離岸堤の背後は、図-6と比較して、堆積を示しており、この侵食対策工法の有効なことがわかる。また、図示してないけれども、この図-9と同じ構造物の配置に対して、ESE方向の波を4時間作用させた場合と比較する

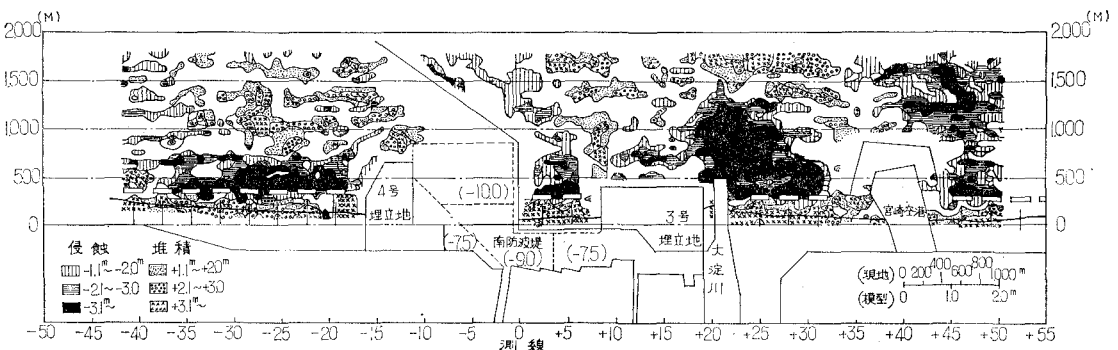


図-9 深浅差分図(港湾と空港が完成)波向 ESE と E を交互に4年分かけた場合

と、4号埋立地前面の堆積量が多くなった以外はあまり大きい変化はなかった。これは、本海岸では南寄りの波のエネルギーが北寄りよりも大きいと思われる。しかし4号埋立地前面の堆積はE方向の波によって増加したものと考えられる。

4. あとがき

今回の実験では、対象域が約 10 km と広範囲であったため、縮尺を小さくせざるを得なかったが、鉛直縮尺の選定及び波浪諸元の決定に際しては予備実験を十分行なうことにより、再現性の良い条件を見いだすよう努力した。波のエネルギーの算定に用いた波浪データは、一日2回の観測値を用いているため、計算された波のエネルギー及び沿岸漂砂量の定量的議論には精度的にやや疑問が残るが、平行海岸における漂砂実験の一例として、考え方の指標を示せたものと思う。侵食対策工法としては離岸堤、突堤、離岸堤+突堤及びサンドバイパス工法について検討したが、いずれの工法も侵食箇所に対して効果を発揮した。しかし、今回の実験においては、突堤

のみの場合が他と比較して砂の堆積は少なかった。

なお、貴重な御意見をしてくださった九州大学井島武士教授、宮崎大学吉高益男助教授、港湾技術研究所田中則男漂砂研究室長、実験計画段階で御尽力頂いた副島毅第一港湾建設局秋田港工事事務所次長に対し深く感謝致します。また、第四港湾建設局宮崎港工事事務所の各位には、現地資料の提供と種々の御協力を賜わり、下関調査設計事務所垣本建設専門官には実験全般にわたり、多大の御協力を頂いた。さらに、実験の実施は(株)日本港湾コンサルタント田川昌宏氏、織田昭人氏が熱意をもってあたられた。ここに併せて感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 運輸省第四港湾建設局宮崎港工事事務所：宮崎港影響予測調査報告書，pp. 85-97, 1978.
- 2) 建設省宮崎工事事務所：大淀川下流地区流砂量検討報告書，昭和 52 年 6 月.
- 3) 佐藤昭二・小笹博昭・永井紀彦：移動床模型実験による海浜変形予測の一例，第 25 回海講論文集，1978.
- 4) 吉高益男：日向灘海岸の漂砂について，第 25 回海講論文集，1978.