

潜り離岸堤の堆砂効果に関する実験的研究

河野 二夫*・堀川 毅信**・高野 重利***・宮脇 隆志****

1. ま え が き

宮崎県の青島海岸は国内でも有数の海洋性レクリエーションの場として位置づけられている。昭和50年頃より砂浜侵食が起こり、この侵食防止工法の対策を立てることが急務とされている。県当局としては観光面に重点を置く立場から水中離岸堤（潜堤）を設置する計画がなされているために、筆者らも現地海浜模型によって潜堤の効果や問題点に関する実験的研究を行なった。本論文は実験の結果を取り纏めたものである。潜堤の機能は堀川¹⁾らが説明しているように潜堤背後の波浪を減殺することと、潜堤背後の土砂移動を阻止することである。前者に関しては理論的にも実験的にも多くの研究がなされているが後者に関しては研究成果がほとんど見あたらない。大島²⁾は碎波帯より沖側に潜堤（天端を静水面に一致させる）を設置した場合の砂浜変形に関する実験を行なっている。白石ら³⁾は新潟海岸の現地観測資料にもとづいて潜堤による海底変動を調べている。また、本間・堀川⁴⁾は新潟西海岸の現地資料と実験結果を比較することによって潜堤の機能に関する研究を行なっている。潜堤近傍の流況については樫木ら⁵⁾が固定床による平面実験によって検討を行なっているのであるが、潜堤の機能と問題点に関して十分に解明されたとは言えない。本論文は①潜堤の消波効果、②潜堤の平面的配置や天端水深等による潜堤背後の砂浜変形、③潜堤法先部分の局所洗掘などに関し平面および二次元造波水槽による移動床実験を行ない、その結果を纏め考察を加えたものである。

2. 二次元造波水槽による実験

(1) 実験装置

実験模型海浜断面形状を図-2.1に示した。水槽は長さ30 m、巾1.2 m、深さ約1 mのコンクリート水槽で片面側壁の1部分はガラス張りになっている。水路の末端から約8.4 mの砂浜面(L.W.L.の汀線より約6.4 m)上に潜堤(Bee-hive)を設置し、汀線より陸側は1/20

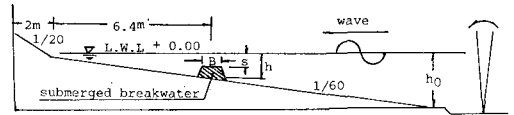


図-2.1 青島海浜実験模型断面

の砂浜勾配、沖側は1/60の砂浜勾配を初期条件として、造波後の潜堤近傍の波高や砂浜洗掘や堆積状況を調べることにした。また潜堤法先部分の局所洗掘や潜堤の沈下などを防止する工法としてトレンマット(Train-mat)を潜堤の前後に敷いた場合について同様の計測を行なった。なお現地海岸は汀線より約1 kmの範囲が約1/60の砂浜海底面(平均砂粒径は約0.2 mm)になっている。実験では幾何縮尺を1/28とした。

Bee-hive 模型(1/25の製品)は2層積みとし、その天端高は底面より9.5 cmになる。Train-matの長さは潜堤の端より岸側に25 cm、沖側に45 cm敷いた。

(2) 実験内容と実験方法

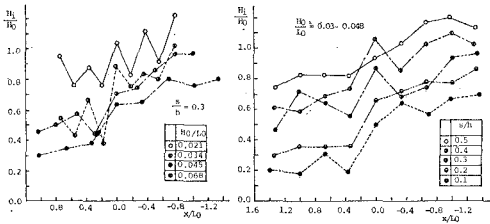
実験には現地砂を使用し潜堤幅(B)は0.5 mとして自然海浜の場合、潜堤を設置した場合、潜堤にmatを併用した場合の3種類の実験を行なった。波の条件としては、波形勾配を一定(0.04程度)にしてs/hを0.1~0.5に変化させた場合とs/hを一定(0.3)にして波形勾配を変化(0.02~0.07)させた場合について行なった。なお沖側水深は $h_0=38\sim46$ cmの範囲にある。潜堤中央部を境に0.5 m間隔に合計9ヶ所の波高計測点を設定し容量式波高計2本を可動して計測した。海底変動は超音波式測深器で計測した。測定時間は造波直前と、造波後1, 3, 5, 8時間ごとに波高を計測し、造波を中止して海底変動を計測しビジュグラフに記録した。なお、造波板の前面数mの地点には沖波波高計が設置してある。

(3) 実験結果と考察(二次元実験)

a) 波高減衰率

図-2.2には潜堤にBee-hiveを用いた場合の潜堤近傍の波高(H_1)と沖波波高(H_0)の関係を示した。図中のxは波高測定点の位置を示してある。 $x=0$ は潜堤中央断面を示し、 $x>0$ は岸側、 $x<0$ は沖側で沖波波長

* 正 会 員 工 博 宮崎大学教授 工学部土木工学科
 ** 工 修 国際航業(株)
 *** 正 会 員 宮崎大学技官 工学部土木工学科
 **** 学生会員 宮崎大学大学院 工学研究科



(a) 潜堤近傍の波高分布

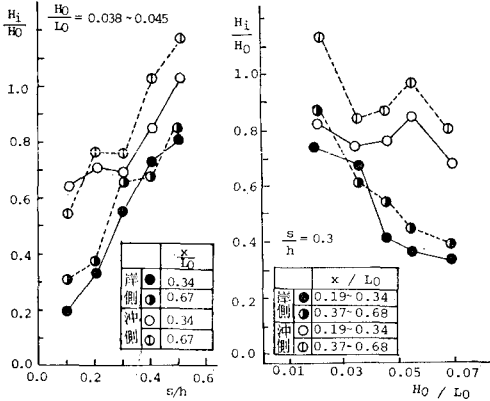
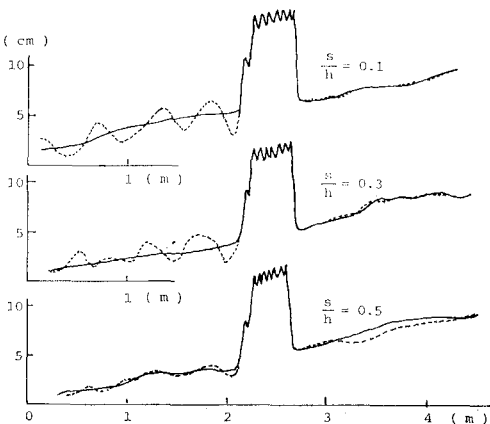
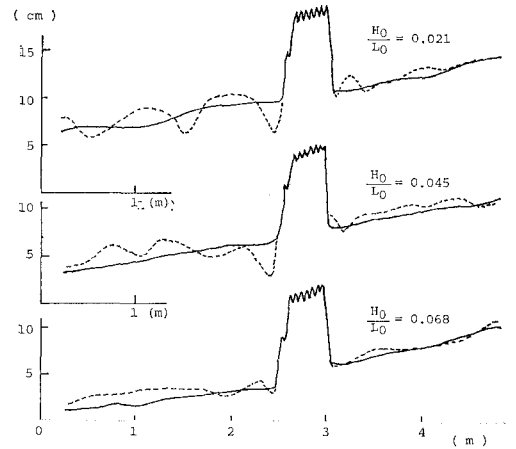
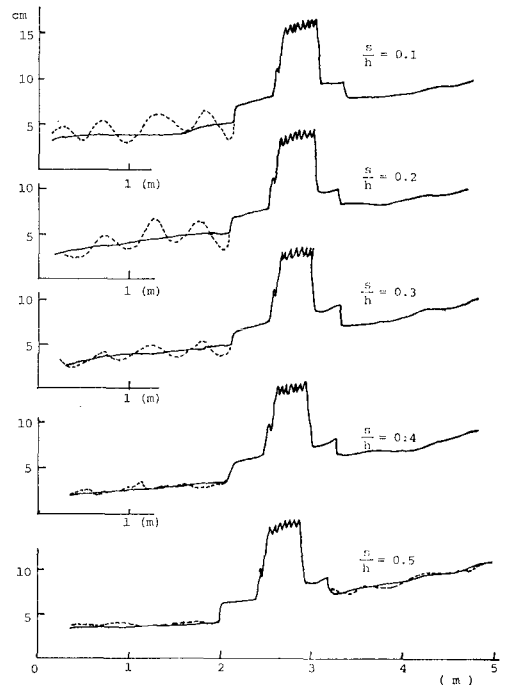
(b) 波高減衰率と H_0/L_0 および s/h の関係

図-2.2 潜堤近傍の波高分布と波高減衰比の特性

L_0 の比率で測定点を示してある。これらの図によると、潜堤近傍では部分重複波が形成されることや、波高は s/h の値が小さい程、また波形勾配 (H_0/L_0) が大きい程減衰率も増大することが判断される。

b) 砂浜変形

潜堤 (Bee-hive) 近傍の波による洗掘と堆積状況を図-2.3~図-2.5に示した。図-2.3は s/h による効果を示し、図-2.4は波形勾配による効果を示し図-2.5は潜堤に Train-mat を併用した場合の s/h の値による比較が示してある。これらの結果によると s/h の値が小さく、波形勾配の小さい程潜堤の沖測は変形する。また、Train-mat を併用した場合は mat 先端部よ

図-2.3 潜堤近傍の洗掘 ($H_0/L_0=0.038\sim0.045$)図-2.4 潜堤近傍の洗掘 ($s/h=0.3$)図-2.5 マット近傍の洗掘 ($H_0/L_0=0.038\sim0.045$)

り沖側は潜堤だけの場合と大差はないが、岸側は比較的安定することが判断される。

c)

潜堤の沖側の洗掘と堆積は図-2.6に示すように交互

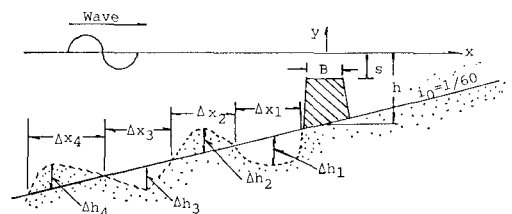
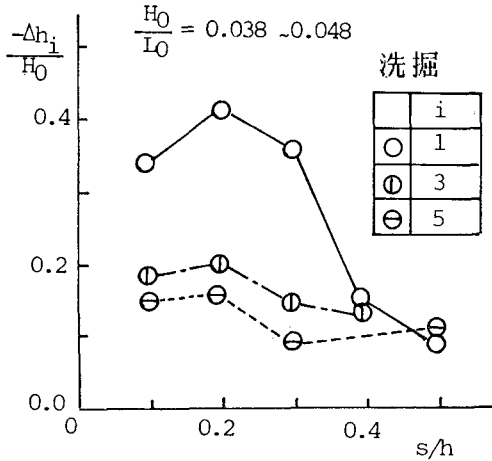
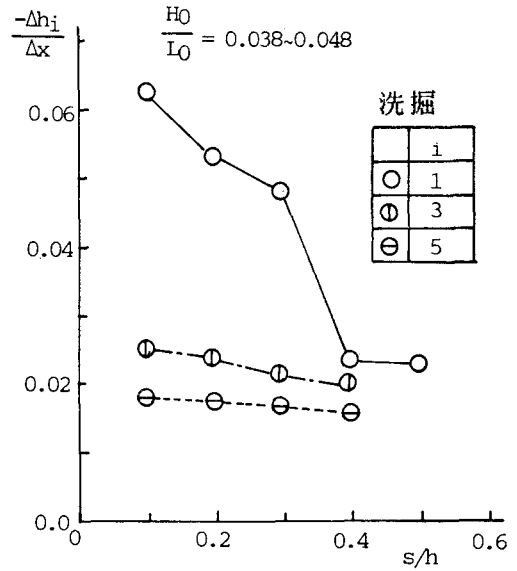


図-2.6 砂浜変形特性の説明図

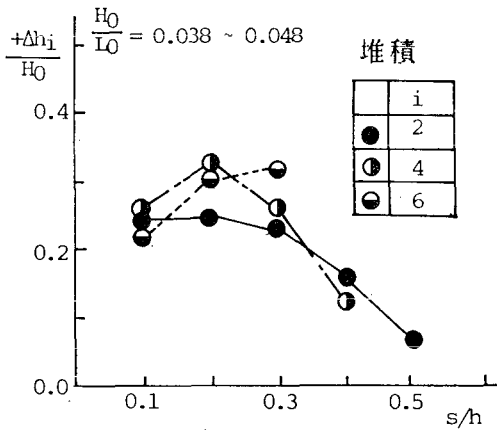
に発生し sand wave が形成される。潜堤の法先がまず洗掘され沖側に向かって堆積と洗掘がくり返される。これ



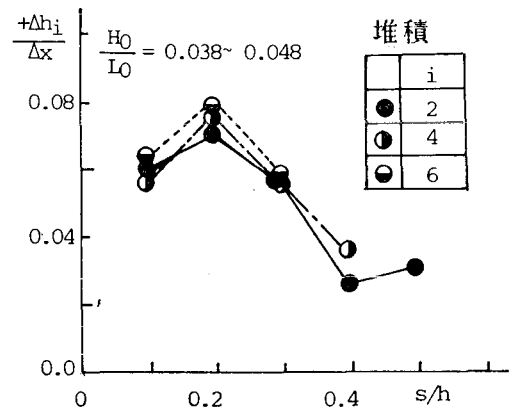
図—2.7 潜堤の沖側の洗掘深さ



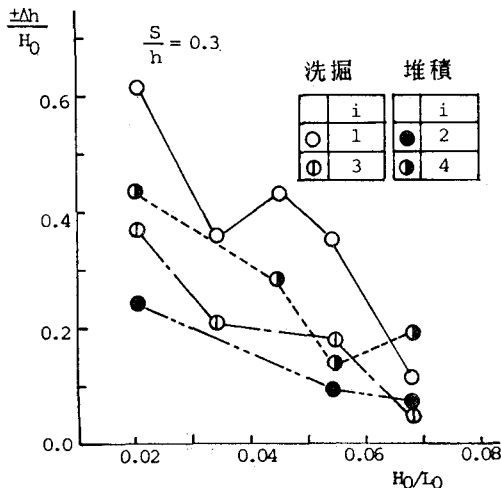
図—2.10 潜堤の沖側の洗掘形状特性



図—2.8 潜堤の沖側の堆積高さ



図—2.11 潜堤の沖側の堆積形状特性



図—2.9 潜堤の沖側の洗掘と堆積

らに奇数番号（洗掘）と偶数番号（堆積）の添字をつけて洗掘深さや堆積高さの最大値 (Δh_i) およびそれらの範囲 (Δx_i) を測定し砂浜の特性を調べたものが図—2.7～2.11に示してある。図—2.7～2.9は砂浜変化量 (Δh) と沖波波高 (H_0) の比率で示してある。また図—2.10～2.11は砂浜の形状を意味している。これらによると最初の洗掘 ($i=1$) はかなり大きいことや、洗掘と堆積は s/h と H_0/L_0 に大きく支配されると判断される。

3. 平面造波水槽による実験

(1) 実験装置

実験に使用した平面水槽は長さ 20 m, 巾 11 m, 高さ 1 m のコンクリート水槽で、潜堤模型にはテトラポッドを使用した。海浜模型の断面形状は図—2.1と同様であるが、模型の幾何縮尺は 1/40 とし潜堤の天端幅は 30 cm

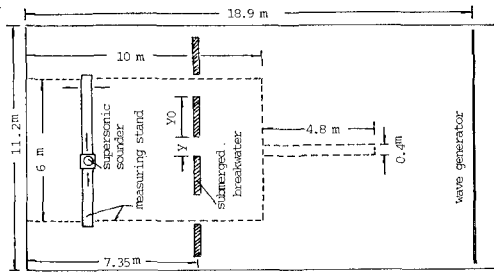


図-3.1 平面水槽と潜堤 (4基の場合) の配置

とした。なお現地砂を使用し潜堤のない場合、締め切り堤の場合、潜堤を1基および4基設置した場合の4種類の実験を行なった。本論文ではその1部分の成果を示した。図-3.1には実験水槽の平面図と潜堤の配置条件を示してある。図で y は潜堤開口幅、 y_0 は潜堤長である。

(2) 実験内容と実験方法

波形と砂浜変形の計測方法は二次元実験の場合と同様である。沖波の波高計は造波板の3m前方に固定し潜堤近傍の波形は水路中央断面の5ヶ所で計測した。砂面変形は図-3.1の点線で囲まれた範囲を測定した。なお潜堤の配列方向に10cm間隔の測線上を連続的に測定した。

本論文に 関係する 実験の諸元を表-3.1に示しておく。

表-3.1 実験の諸元

NO	$\frac{s}{h}$	$\frac{H_0}{L_0}$	y (m)	y_0 (m)	Remarks
8	0.44	0.045	0.75	1.75	潜堤4基
9	0.44	0.025	0.75	1.75	潜堤4基
10	0.428	0.03	1.75	1.75	潜堤1基
11	0.428	0.03		3.10	潜堤1基
12	0.428	0.035	3.10		中央部開口
13	0.428	0.035	1.75		中央部開口
a		0.03			自然海浜
b	0.623	0.034		11.2	締め切り
c	0.583	0.037		11.2	締め切り

表-3.1で No.12 と 13 は締め切り潜堤の中央部分に開口部分を設けたものである。

(3) 実験結果と考察 (平面水槽による実験)

a) 潜堤背後 (岸側) の砂浜の洗掘と堆積

表-3.1の実験条件に対し造波8時間後の潜堤背後の砂浜の洗掘量と堆積量の分布を図-3.2~3.4に示した。

図中の縦軸は測線上の砂浜断面図から洗掘部分の面積 (●印) と堆積部分の面積 (○印) の合計を示した。

測線はすべての実験が27本であるが測線間隔は実験 No.8 と No.9 が10cm間隔、それ以外は20cm間隔になっている。実験結果によると、波形勾配の効果 (図

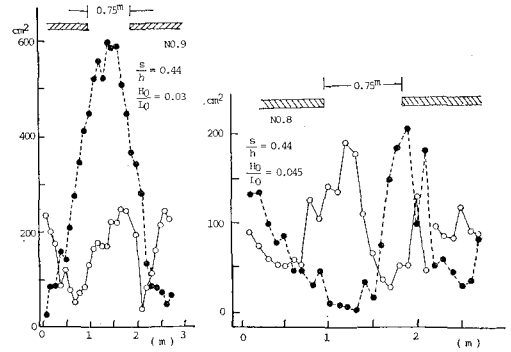
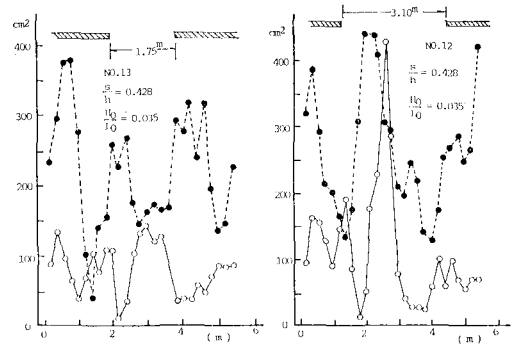
図-3.2 砂浜変形に対する H_0/L_0 の効果

図-3.3 砂浜変形に対する開口幅の効果

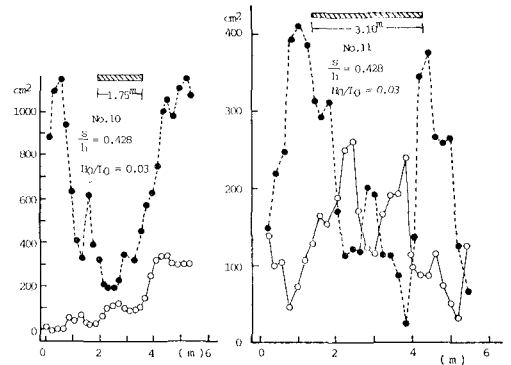


図-3.4 砂浜変形に対する潜堤長の効果

3.2) や 潜堤長と 開口幅の効果 (図-3.3~3.4) が顕著である。

b) 砂連の波数スペクトル

表-3.1の実験 No.a~c に対する砂連のスペクトルを図-3.5に示した。日野⁶⁾によると平衡領域は波数スペクトルの“ -3 乗則”が成立することを認めているが実験結果も同様なことが言える。また岸側に比較し沖側には卓越したスペクトルのピークが存在していることが認められる。岸側の低周波数域で締め切り堤の場合はスペクトルがほぼ同程度で分布しているが、これは潜堤により波が碎波することと関係しているように思われる。

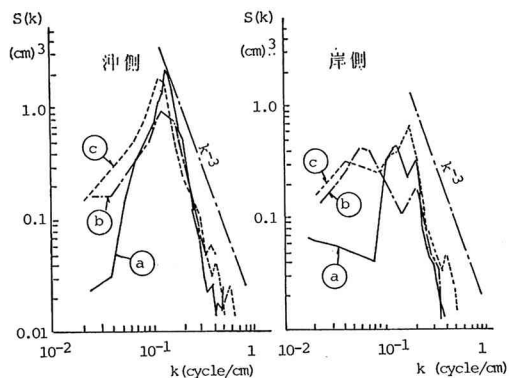


図-3.5 潜堤近傍の砂漣のスペクトル特性

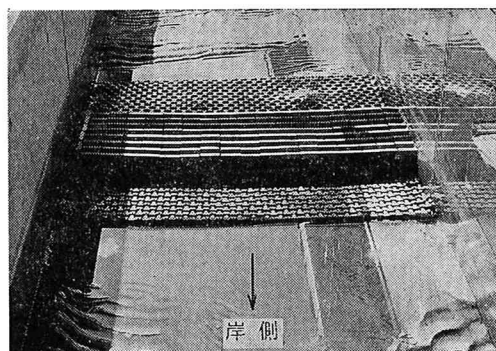

 写真-1 潜堤の沈上現象 ($H_0/L_0=0.037$)

4. 潜堤の沈下現象

造波 8 時間後の潜堤 (Been-hive) と Train-mat 併用の場合の沈下状況を写真 1 と 2 に示した。いずれも $s/h = 0.11$ 、周期は約 1.5 秒の場合であるが波高が 7.5 cm と 9.4 cm に対応する。写真によると Train-mat の効果は潜堤自体の安定に役立っていると判断される。

5. 結 語

本研究の結果は次のように要約される。


 写真-2 潜堤と Train-mat の沈下 ($H_0/L_0=0.029$)

- (1) 潜堤による消波は s/h と H_0/L_0 の値に大きく支配され、 s/h 比が 0.6 以上になると効果は認められない。
- (2) 潜堤法先部分には sand wave が形成され、その規模は s/h と H_0/L_0 の値により大きく支配される。
- (3) 潜堤を連続的に配置したときの潜堤背後の砂浜変形は潜堤長さや潜堤の間隔により大きく支配される。
- (4) 潜堤沖側の砂漣は波数 k が 0.2 cycle/cm 付近に卓越したスペクトルのピークが存在する。

参 考 文 献

- 1) 堀川清司・小森修蔵： 潜堤による風波の減衰機構について，第 15 回海岸工学講演会講演集，pp. 340~349, 1968.
- 2) 大島 登： 砂床海浜の変形におよぼす潜堤の効果について，第 27 回年講演概要集，pp. 89~90, 1972.
- 3) Shiraishi, N., A. Numata and N. Hase: The effect and damage of submerged breakwater in Niigata coast, Coastal Engineering in Japan, Vol. 3, pp. 89~99, 1960.
- 4) Hom-ma, M. and K. Horikawa: A study on submerged breakwaters, Coastal Engineering in Japan, Vol. 4, pp. 85~102, 1961.
- 5) 榎木 亨・出口一郎・泉 雄士： 離岸堤及び潜堤周辺で生ずる海浜流セルに関する研究，第 28 回海岸工学講演会講演論文集，pp. 310~314, 1981.
- 6) 日野幹雄： 砂漣のスペクトル，第 12 回水理講演会講演集，pp. 91~95, 1968.