

人工磯の水理模型実験

Experiments of the artificial lagoon with pebble beach

今池皓二*・酒井哲郎**・福田成男*・手皮章夫***・藤原隆一****・倉田克彦****

Koji. Imaike, Teturo. Sakai, Sigeo. Fukuda, Akio. Tebi, Ryuichi. Fujiwara, Katsuhiko. Kurata

A new and novel artificial lagoon with pebble beach has been projected, as a place of recreation and relaxation. As there are only a few precedent for such facilities and structures, proposed cross sections of the pebble beach, artificial lagoon and barrier were investigated by hydraulic model tests.

Hydraulic experiments were carried out to predict transmitted wave height in the lagoon, the pebble beach erosion and wave run up of the pebble beach.

Keywords : artificial lagoon, pebble beach

1. はじめに

人々に海辺での憩いの場所を提供するため、小石を敷き詰めた人工海浜と大きな石を自然に似せて置いた人工磯を有する、新たな海岸・浜辺の創造が考えられた。これらの構造物は背後に悪影響を及ぼさないよう、設計波浪条件においても安定であることは勿論のこととして、波のはい上がり高さが許容範囲内あることが要求される。また、人工海浜の沖側端には波浪制御と利用者の安全確保のための直立消波型透水式離岸堤の設置が考えられた。人工海浜の断面は図-1に示すとおりである。

人工海浜の安定性と変形の状態および波のはい上がり高さ、人工磯での波の減衰状況、離岸堤の安定性等については、既往の知識に基づいて検討できるが、水理模型実験によって検討し、構造物の計画・設計の参考資料とした。

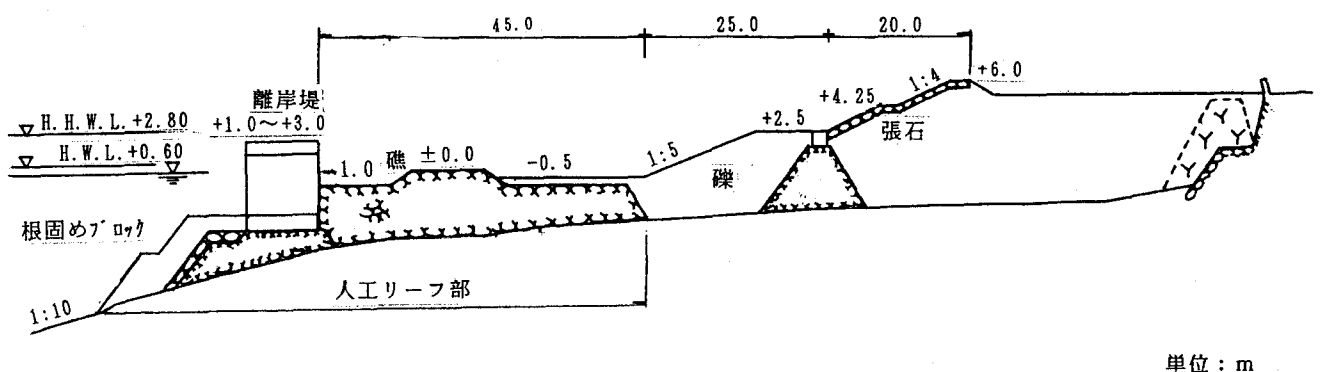


図-1 人工磯

* 明石市開発部 (673 明石市中崎1丁目5番1号)

** 正会員 京都大学工学部土木工学科

*** 正会員 中央復建コンサルタンツ(株)

**** 正会員 東洋建設(株)鳴尾研究所

2. 人工磯の概要

2. 1 従来の人工海浜

近年、我が国では海岸侵食が進み多くの砂浜が消失し、その代わりに護岸や異形ブロックに覆われた海岸が増加している。一方、海洋性レクリエーションの需要の急激な増加や、生活空間における憩いの場として、海岸の価値がますます高まっている。

これまでも海岸の環境整備を図り、その利用を促進させることを目的として、数多くの人工海浜が造成されてきたが、それらの多くは海浜の利用条件を考慮して砂による養浜を行うものがほとんどであった。しかし、来襲波浪が大きかったり流れが強い場合や海底勾配が急で沖側に流出しやすい地形の場合には、砂浜を維持するための漂砂制御を適切に行うのが困難であることが多い。

このような場合、海浜を安定させるには粒径が大きい礫を養浜材料として用いることが有効と考えられるが、全国的に施工された例は少なく、青森海岸における試験施工（村岡・宇多・渥美，1990）と、明石市西島海岸における試験施工（門松・宇多・大杉・伊藤，1991）が報告されている程度である。

2. 2 人工磯の構造

人工海浜の計画予定地点では前面付近では水深が10m程度と比較的深く、海底勾配が1/10と急である。また、計画波浪、潮流等の自然条件も厳しい場合、砂による養浜はその施工および施工後の管理とも困難であることが予測される。

そこで粒径が30～40mmの礫を養浜材料とし、その沖側に人工リーフおよび離岸堤を配置した断面をもつ人工海浜が考えられた。粒径が砂に比べて大きくなるため、通常の人工海浜に多く見られる1/10よりも急勾配とすることができ、養浜部の勾配は1/5とした。また、人工リーフ上には礁とよばれる島状の浅瀬を設けて単調になりがちな地形に変化を持たせ、自然の磯に似せた構造とする工夫を行った。以上のことから、以後この人工海浜を人工磯と呼ぶことにする。

なお、離岸堤は来襲波高を低減させるだけでなく、利用者の防護施設としての役割を持っている。また、人工磯内は閉鎖水域となるため、その水質を低下させないよう離岸堤下部には通水孔を設けて外海との海水交換が容易となるよう考えた。

人工磯を地上30mの高さから見たイメージを図-2に示す。

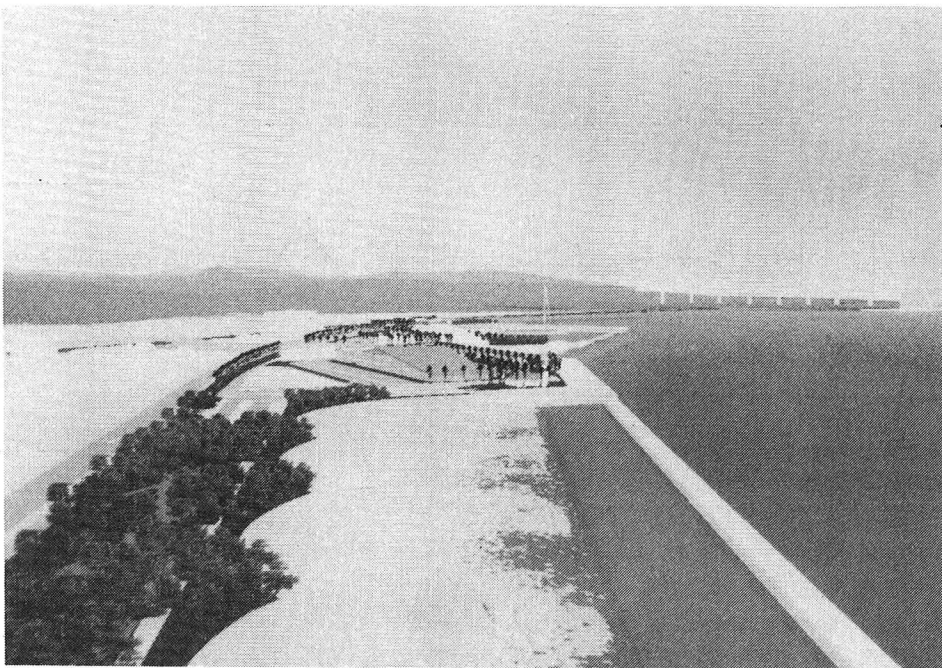


図-2 人工磯の鳥瞰図

3. 実験方法

人工磯内の伝達波高、人工磯の安定性、打上げ高について、表-1に示す諸元を持つ不規則波あるいは規則波を作用させて測定した。なお、離岸堤高は+1.0m~+3.0mに変化させた。また、人工磯内に設けた高さ1.0m、天端幅10.0mの礁の影響についても検討した。

実験は2次元不規則波造波水路(長さ60m×幅1m×深さ2m)を用いて行い、波高計は図-3のように配置した。模型は幾何学的縮尺を1/30とし、フルードの相似則に従った。ただし、人工磯の構成材料である礫については沈降速度と波の水粒子速度の比が相似となるようにその粒径を選んだ。潮位および波浪条件は表-1に示すとおりである。

表-1 波浪条件および潮位

潮 位 (m)	波 浪 条 件	
	H_o' (m)	$T_{1/3}$ (s)
H. H. W. L. + 2.8	4.6	8.0
H. W. L. + 0.6	2.0	6.0

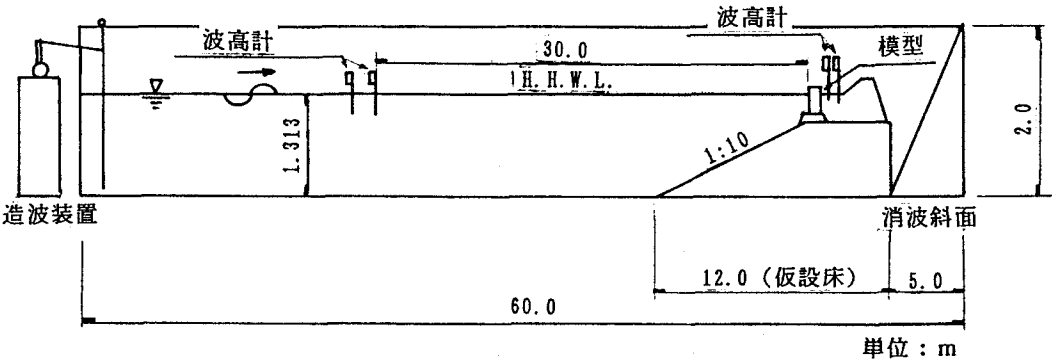


図-3 実験装置

4. 実験結果

(1)人工磯内の伝達波高

伝達波高 H_T (人工磯内の波高)と離岸堤高の関係を図-7、図-8に示す。

$H_o' = 4.6\text{m}$ と波高が大きい場合、 H_T は離岸堤高にほぼ比例して低減する。離岸堤がないときには $H_T \approx 2.3\text{m}$ であり、離岸堤高が+2.0mでは $H_T \approx 1.6\text{m}$ 、+3.0mになると $H_T \approx 1.4\text{m}$ となる。合田ほか(1974)による推定結果では離岸堤内の伝達波高は離岸堤高が+2.0mの場合には $H_T \approx 2.0\text{m}$ となるが、実験値はこれよりも若干小さくなった。また、人工磯内に設けた礁は僅かではあるが潜堤としての消波効果を発揮し、礁のない場合に比べて伝達波高は約0.1m小さくなる。このとき伝達率 $K_T (= H_T / H_o')$ は、0.3~0.5程度であった。

また、有義波の諸元を持つ規則波の伝達波高は不規則波のそれとほぼ等しい。この結果は合田ほか(1974)によるように、不規則波と有義波の諸元を持つ規則波の伝達率が同じと見なせることを示している。

$H_o' = 2.0\text{m}$ の場合、礁の有無に関係なく伝達波高は $H_T \leq 1.0\text{m}$ となる。このとき伝達率は約0.1~0.4である。

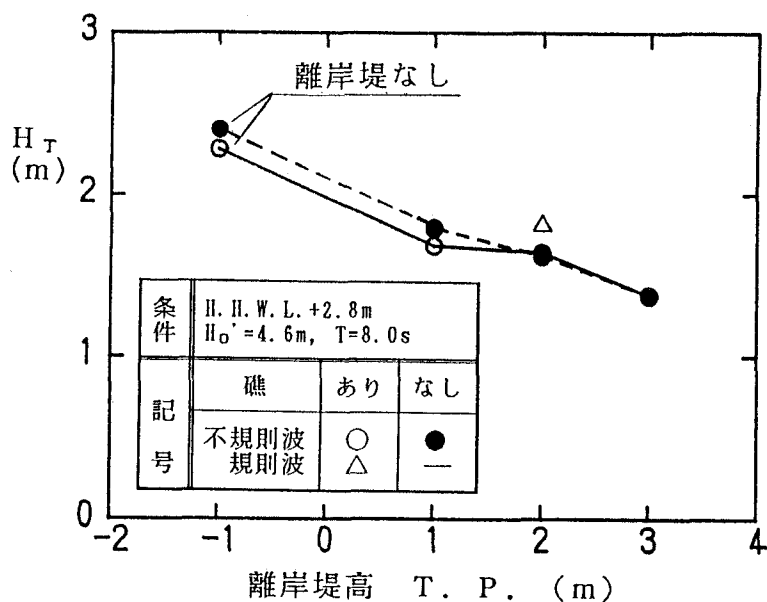


図-7 伝達波高と離岸堤の関係 (H₀'=4.6m, T_{1/3}=8.0s)

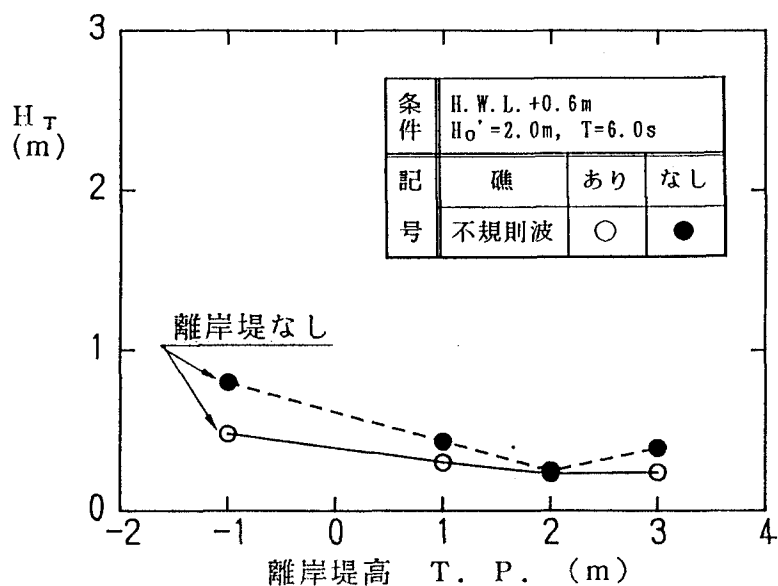


図-8 伝達波高と離岸堤の関係 (H₀'=2.0m, T_{1/3}=6.0s)

(2)人工礁の安定性

堀川ほか(1975)は、式(1)により定義される定数Cの値により、海浜断面変化を3つのタイプに分類することを試みている。

$$C = (\tan \beta)^{0.27} (d / L_0)^{-0.07} (H_0 / L_0) \quad (1)$$

ここに、 H_o は沖波波高、 L_o は沖波波長、 $\tan \beta$ は海底勾配、 d は海浜材料の中央粒径である。タイプⅠは C が13より大きい場合で前浜が侵食され沖浜に土砂が移動するケース、タイプⅡは C が13～9の範囲で砕波帯内が侵食されバームとバーが同時に形成されるケース、タイプⅢは C が9より小さい場合で岸向き漂砂が卓越してバームが形成されるケースである。

離岸堤および人工リーフによる波高減少を無視して C を求めると $C=2\sim3$ 、あるいは波高の減少を考慮すると C の値がさらに小さくなることから、タイプⅢに分類され、礫が沖側に流出することはないと考えられた。

$H_o'=4.6\text{m}$ と波高が大きい場合を示したものが図-9である。この場合、波の作用に伴い汀線付近の底質が打上げられ、岸側の張石部付近でステップ状に堆積しバームを形成した。バームの天端高はほぼ+5.0mであり、静水面からの高さに換算すると約2.2mとなる。これは人工磯内の伝達波高とほぼ同じ大きさである。また、バームの形成により前浜は約1/2～1/3の急勾配斜面となった。東播海岸の礫養浜の現地実験では来襲波高が約1.5mの場合に、高さ約3.0mのバームが形成され、前浜勾配が約1/3となったことが報告されており、今回の実験結果もよく似た傾向を示している。

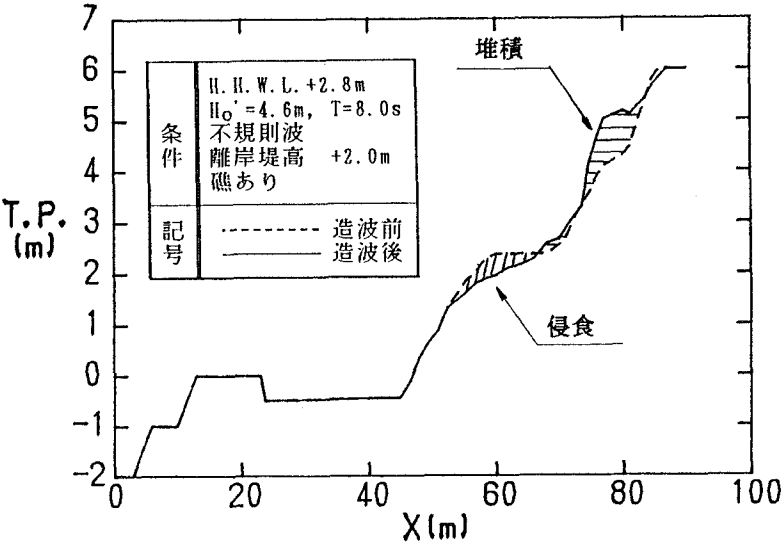


図-9 人工磯の地形変化 ($H_o'=4.6\text{m}$, $T_{1/3}=8.0\text{s}$)

$H_o'=2.0\text{m}$ の場合を示したものが図-10である。離岸堤を設置しない状態では静水面以下の底質が岸側に打上げられるが、その変化量は小さかった。また、離岸堤を設置すると前述のように人工磯への伝達波高が1.0m以下と小さいため、礫浜の変形は見られなかった。

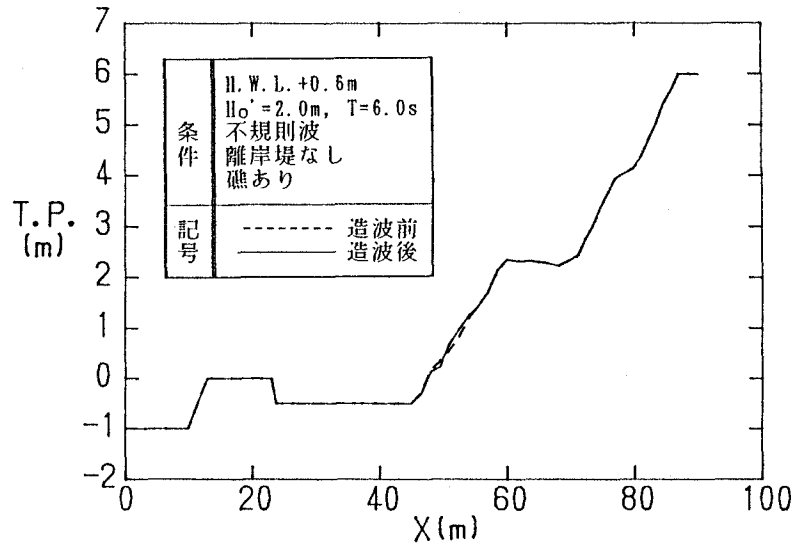


図-10 人工磯の地形変化 ($H_o'=2.0\text{m}$, $T_{1/3}=6.0\text{s}$)

(3) 人工磯内の打上げ高

不規則波を作用させた場合、バームが形成された後では、波はこのバームによってその進行を妨げられるようになり、バーム天端（約+5.0m）以上には遡上しなかった。バームが十分に形成される前の最大打上げ高は規則波のその約1.5倍とほぼ（最大波高／有義波高）の比と同じとなった。宇多ほか(1991)も示しているように、バームが形成されると前浜勾配が急となりすぎる傾向にあるが、波の打上げ高の低減には効果的であると言える。

5. まとめ

- ① 人工磯内では、離岸堤、人工リーフおよび礁によって来襲波高が減少され、伝達率は、激浪時で0.3～0.5、通常の時化で0.1～0.4（伝達波高1.0m以下）となる。
- ② $H_o' = 4.6\text{m}$ と来襲波高が大きい場合には、波の作用に伴い汀線付近の底質が打上げられてバームを形成するが、通常の時化では礫浜は安定していた。これらの海浜変形による断面変化は、堀川ほかによるタイプⅢに分類される。
- ③ 人工磯内の波の打上げ高は、人工磯内の伝達波高とほぼ同じ大きさであった。
- ④ 海浜変形が生じて陸側にバームが形成されるようになると、波はその天端を越えて打ち上げることはなくなった。バームが形成されると、前浜勾配が急となり利用上あまり好ましくないが、波の打上げ高を低減するうえでは効果的である。

謝 辞

本実験の実施ならびに結果のとりまとめにあたり、関係各位のご指導、ご意見をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 合田良実・鈴木康正・岸良安治(1974)：不規則波実験とその特性について，第21回海岸工学講演会論文集，pp. 237～242.
- 堀川清司・砂村継雄・近藤浩右・岡田 滋(1975)：波による二次元汀線変化に関する一考察，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 329～334.
- 村岡憲司・宇多高明・渥美雅裕(1990)：青森海岸における礫養浜および雑石斜面の打上げ高・飛沫に関する現地実験，海岸工学論文集，第37巻，pp. 76～80.
- 門松 武・宇多高明・大杉広徳・伊藤弘之(1991)：東播海岸の西島地区における礫養浜の現地実験，海岸工学論文集，第38巻，pp. 301～305.