

# 人工リーフによる養浜砂の安定化に関する実験的検討

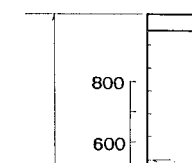
宇多高明\*, 坂野 章\*\*, 横山揚久\*\*

## 1. まえがき

養浜工を行う場合、波を消波し、養浜砂の流出を図る方法としては離岸堤が広範に用いられてきた。離岸堤の消波効果は明らかであるものの、その構造上汀線近くに異形コンクリートブロックが設置されるため景観が良好でない欠点がある。近年、同様な消波効果が期待される構造物として人工リーフが開発された。人工リーフに関する最近の研究（例えば、宇多ほか、1988）によれば、人工リーフの消波効果や材料として用いる捨石の所要重量の算定法は明らかになっており、現地海岸での試験施工も進められている。しかし、人工リーフと突堤とを組み合わせ、その間に養浜した場合の養浜砂の安定性に関する研究は十分とは言えない状況にある。宇多ほか（1989）は単体の人工リーフと離岸堤を組み合わせた場合における人工リーフ周辺の波高、流れの分布、地形変化を調べているが、養浜工と養浜土砂の安定性については検討していない。宇多ほか（1988）では開口部を有する人工リーフを多数基設置し、構造物周辺での流れや地形変化を調べているが、2本の突堤間に一つの開口部を持つリーフを設置した場合の養浜砂の安定性については検討が不十分である。東播海岸では現在そのような形式の養浜工が計画されている。

そこで本研究では東播海岸の現地海岸断面を想定し、水理模型実験によって人工リーフを用いた養浜砂の安定化手法について検討することとした。

(c): 模型m



## 2. 実験方法

実験は平面水槽 (24 m×30 m×1.0 m) を用いて行った。図-1 に示すように平面水槽の中に不透過突堤と人工リーフの 1/50 縮尺模型を設置し、波を 6 時間作用させた。ここに、

構造物諸元は現地スケールで表記することとし、天端高等の基準面は T.P. 0m にとった。突堤の天端高は、海岸護岸より 70 m の間が 2.5 m、その先 80 m より 121 m までの間は 1.5 m とした。70~80 m の間は 1/10 勾配ですりつけた。また、模型海浜は図—1 に断面形を示すように、中央粒径約 0.3 mm の砂を用いて沿岸方向に様な断面形を整形した。実験は全体で 5 ケースから成り、人工リーフの開口幅と開口部の天端高を種々変えた (図—2 参照)。ケース ②、③ の開口部天端高は -3 m であって、周辺地盤より 0.4 m 高く、ケース ④、⑤ のそれらは -4.5 m と周辺地盤より 1.1 m 低い条件である。また、人工リーフの開口部以外の天端高はいずれも -1.0 m とし、波作用時の潮位は東播海岸の計画潮位 2.8 m、入射波浪条件は計画波浪条件の  $H_0=4.8$  m、 $T=8$  s とした。測定項目は海浜形状、波高・平均水位分布、波峰線分布、海浜流の流況である。海浜形状は実験開始前と造波開始 6 時間後に測定した。その他の項目の測定は 6 時間後の地形測定が終了してから直ちに実施した。波峰線分布は平面水槽上方約 6 m の高さより撮影した写真により、また海浜流の流況はフロートの移動を写真で追跡して求めた。実験に際しては相似則の検討が必要と

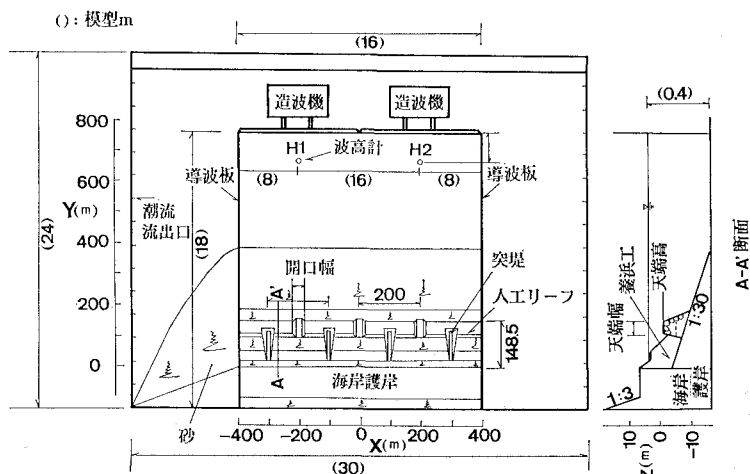


図-1 移動床平面実験の装置

\* 正會員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長

正會員 建設省土木研究所海岸研究室

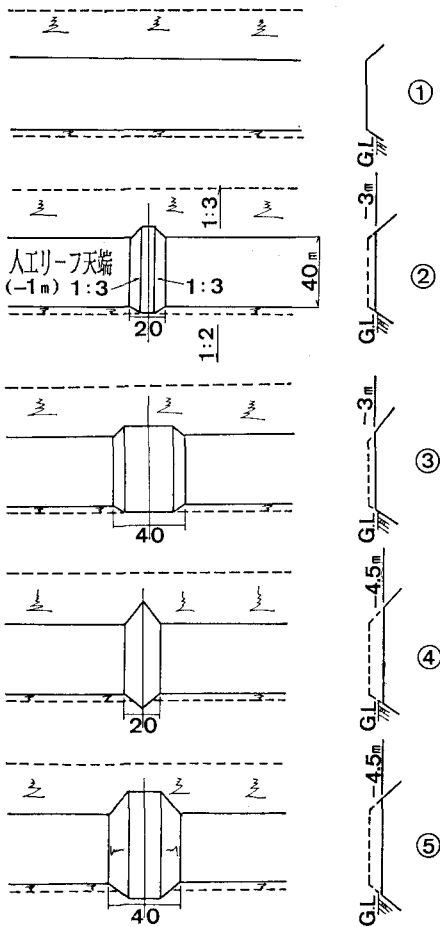


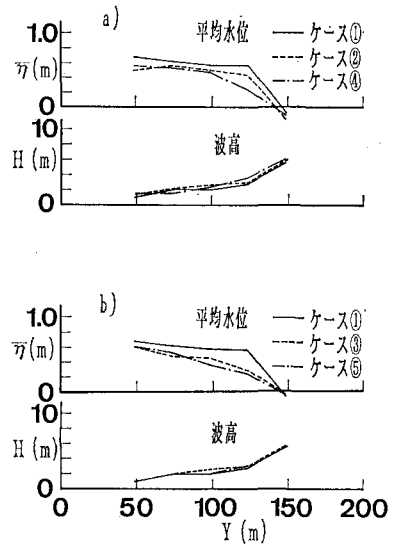
図-2 人工リーフの開口部形状 (平面形と断面形)

される。しかし、周知のように漂砂に関する実験では相似則が十分確立していないので、ここでは流体運動に関する相似性に重点を置き、フルードの相似則にしたがうこととした。この場合、地形変化に関しては相似性が成立しないので、得られた結果はそのまま現地スケールに換算することはできないが、流れによる構造物周辺の地形変化を定性的に調べる上で有益なデータとなると思われる。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 波高・平均水位分布の比較

代表的に、 $x=0$  m 測線を選び、波高・平均水位の岸沖分布の相互比較を試みた(図-3 参照)。まず、人工リーフの開口幅を 20 m に保ち、開口部天端高を次第に下げた場合(ケース①, ②, ④)、開口部の天端高が下がるにしたがいリーフ岸側の波高が増加し、平均水位の上昇量は小さくなった。このとき、例えば  $y=125$  m 地点で比較すると、ケース①に対するケース④の波高増加割

図-3 波高・平均水位の岸沖分布の比較 ( $x=0$  m 測線)

合は 5 % であるのに対し、平均水位の上昇量の減少割合は 23 % と、平均水位の上昇量の減少が著しい。ケース②, ④に関しては、共に開口部があるためにケース①よりも全体的に平均水位上昇量が減少している。

人工リーフの開口幅を 40 m に保ち、開口部天端高を次第に下げた場合(ケース①, ③, ⑤)、開口幅が広がったためにリーフ岸側の波高の増加と平均水位上昇量の低下がはるかに顕著になった。ケース③, ⑤は開口幅が 40 m と同じで、開口部天端高が -3 m (ケース③)、-4.5 m (ケース⑤) と異なる。両者とも開口幅を広げた効果によりケース①と比較して波高の増加、平均水位上昇量の著しい減少をみたが、開口部天端高を下げた時の効果は、これに比較してそれほど大きくない。

#### 3.2 波峰線形状の比較

各ケースの波峰線分布を図-4 に示す。まず人工リーフの開口幅を 20 m に保ち、開口部天端高を次第に下げた場合(ケース①, ②, ④)を比較すると、直線状リーフの場合、沖合よりリーフ上までは沿岸方向に一樣な波峰線形であり、リーフの岸側で波峰線の岸向きの突出が見られた。これに対しケース②, ④では開口部上で波峰線の沖向きの突出が次第に著しくなるとともに、リーフ通過後の波峰線の岸向きの突出も顕著になった。これは特に開口部天端高が低いケース④において明瞭に見られる。このような波峰線形が得られた原因としては、後に述べるように開口部の天端上水深が大きくなるとともに、開口部上およびそれより沖合では強い離岸流が、また岸側では向岸流が生じ、これらの流れの方向に波峰線が突出したことが考えられる。

次に、開口幅を 40 m と一定に保ったままで開口部天

端高を下げた場合（ケース①，③，⑤），開口部の天端上水深が大きくなると例えばケース⑤に明らかのようにリーフの開口部上およびその沖合での波峰線の冲向きの突

出が顕著になった。しかし，リーフ岸側での波峰線の岸向きの突出は顕著ではない。

開口部天端高を  $-3.0\text{ m}$  に保ち，開口幅を次第に広げた場合（ケース①，②，③），ケース②と③では比較的似た分布形となったが，ケース②よりもケース③の方が開口部上での波峰線の冲向きの突出状況は緩やかである。これは開口幅が広げられたため，波峰線の場所的变化割合が小さくなったことを表わしている。同様に，開口部天端高を  $-4.5\text{ m}$  に保ち，開口幅を次第に広げた場合（ケース①，④，⑤），開口幅の狭いケース④ではリーフ岸側での波峰線の岸向きの突出が著しい，またケース④，⑤共に開口部沖で波峰線が冲向きに突出したが，ケース④の方が開口幅が狭いために突出度大きい。

結局，直線状リーフに対し狭い開口幅を有する人工リーフでは開口部の天端水深を大きくすると，開口部上および沖合では波峰線が冲向きに突出し，リーフより岸側では逆に岸向きに突出することが分かった。一方，開口幅が  $40\text{ m}$  と比較的広い場合には，波峰線形の沿岸方向の変化割合は狭い場合に比較して緩やかになった。

### 3.3 海浜流の流況比較

各ケースの海浜流の流況を図-5 に示す。人工リーフの開口幅を  $20\text{ m}$  と一定に保ち，開口部天端高を変化させた場合（ケース①，②，④），開口部の天端高が低くなると，開口部より離岸流が次第に発達し始める状況が見てとれる。しかしながらリーフ中央部付近の岸側隣接部において強い向岸流が発生し，その流れが沿岸流へと変化する状況には変化は見られない。

人工リーフの開口幅を  $40\text{ m}$  に保ち，開口部天端高を次第に深くした場合（ケース①，③，⑤），開口部のない場合は中央部で強い向岸流が発達するが， $40\text{ m}$  の開口幅を設け，天端高を下げると開口部からの離岸流の発達が顕著になる。直線状リーフでは突堤付近においてやや冲向き流れが生じたが，ケース⑤の場合，突堤沿いでは向岸流の発達が著しい。

開口部天端高を  $-3.0\text{ m}$  に保ち，開口幅を次第に広げた場合（ケース①，②，③），開口幅が広がるとともに開口部で離岸流の発達が顕著になる。開口幅  $20\text{ m}$  では離岸流は発達せず，直線状リーフの流況とほぼ同様であるが，開口幅  $40\text{ m}$  の場合強い離岸流が生じた。また，突堤近くのリーフ上の流れは開口幅が広がるとともに明らかに岸向きとなる。開口幅を広げることは，海浜流の流況に対し開口部の天端高を下げることにほぼ同等の効果を持つことが分かる。

開口部天端高を  $-4.5\text{ m}$  に保ち，開口幅を次第に広げた場合（ケース①，④，⑤），開口幅  $20\text{ m}$  の場合の流況は直線状リーフの場合と同様開口部の岸側で強い向岸流が発達したが，開口幅  $40\text{ m}$  の場合には中央部よりも両

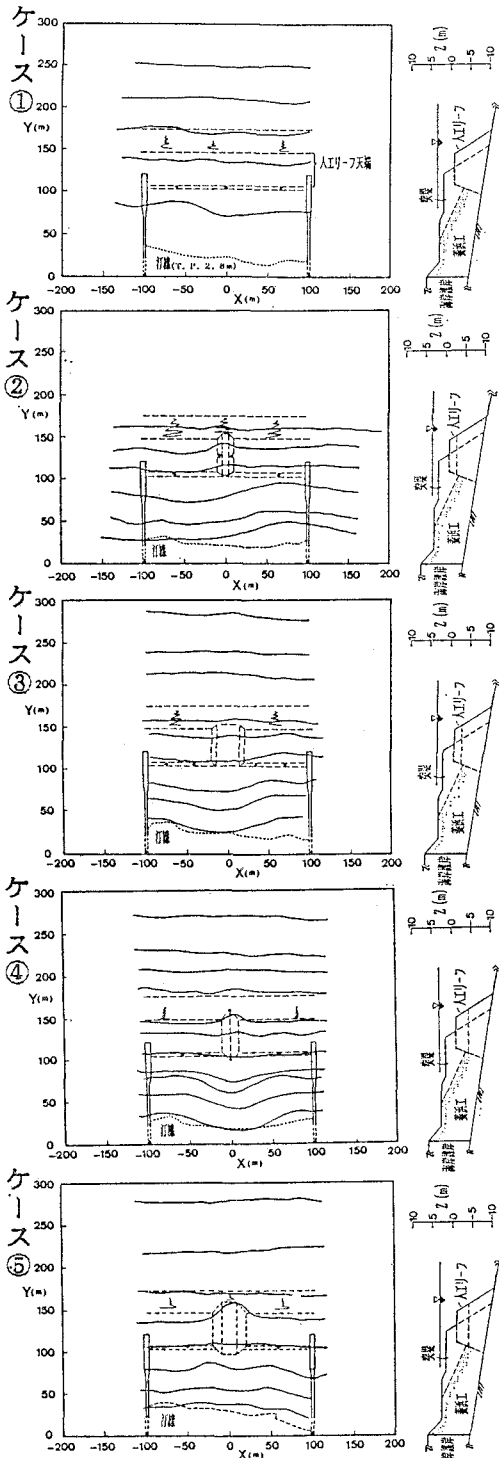


図-4 波峰線分布の比較

側の突堤付近における向岸流の発達が著しい。また開口幅を広げると、開口部上での離岸流が次第に顕著となった。

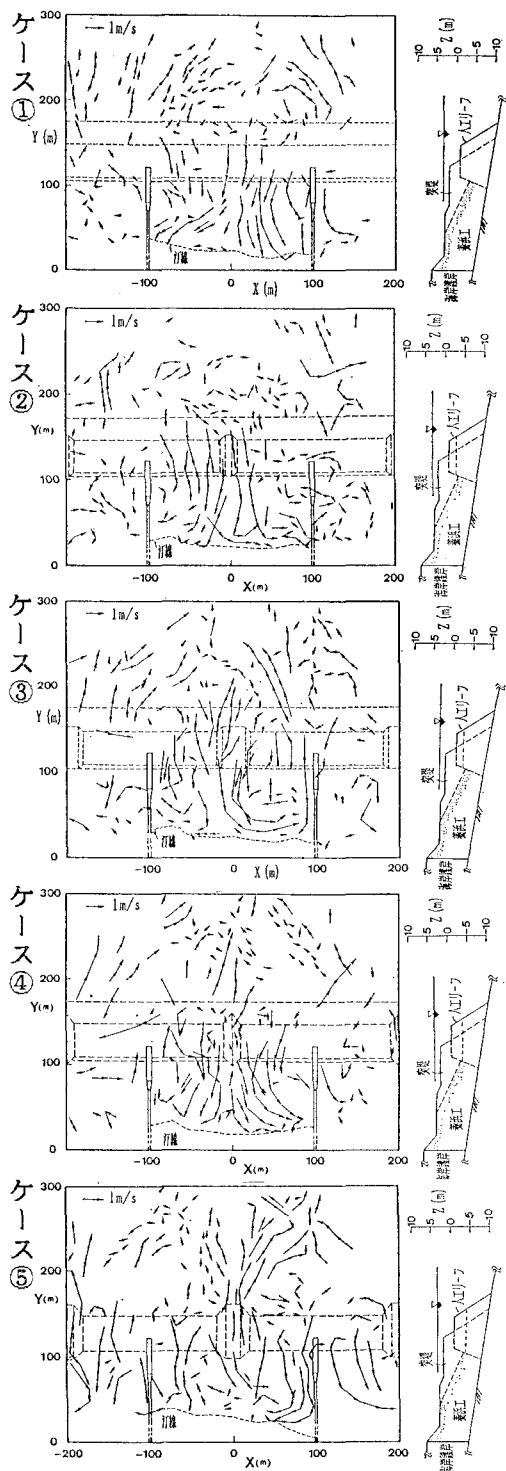


図-5 海浜流の流況の比較

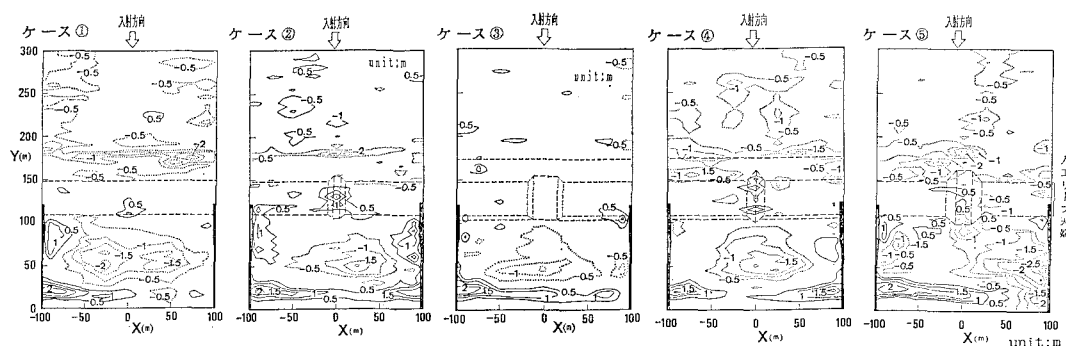
### 3.4 海浜地形変化の比較

波作用6時間後の海浜形状と初期形状より海浜地形変化量の平面分布を求め、結果を図-6に示した。開口幅を20mに保ったまま、開口部の天端上水深を深くした場合(ケース①, ②, ④), いずれの場合も突堤間の中央部が侵食され、汀線付近に堆積する状況は共通である。しかし、ケース①, ②では突堤に沿って堆積域が見られ、それらは突堤先端付近まで延びているのに対し、ケース④ではこのような土砂堆積はほとんど見られない。このことはケース①, ②に対してケース④の方が突堤に沿って土砂が冲刷へ流出する可能性が低く、したがって養浜砂の安定化効果が高いことを示している。

同様にして開口幅を40mに保ったまま開口部の天端上水深を深くした場合(ケース①, ③, ⑤), ケース③ではケース①に比較的似た変化が生じ、中央部で侵食され、汀線付近に広く堆積した。しかし、その変化量はケース①よりずっと小さい。また、ケース③では突堤沿いにおける著しい堆積は見られず、養浜砂の安定性はかなり良好である。開口部の天端高が低いケース⑤ではケース①, ③と比較して地形変化状況が大きく変化した。すなわち突堤沿いが著しく侵食され、汀線付近に土砂が堆積した。このように地形変化状況が大きく変わった理由は海浜流の流況が変化したためである(図-5参照)。ケース⑤では開口部より強い離岸流が発達しており、またリーフ開口部の天端高は養浜地盤高より低いから、突堤間の中央に集まった底質は開口部より流出する可能性がある。このことから少なくともケース⑤はケース③に比較して養浜砂の安定化効果が低いと考えられる。

開口部の天端高を-3.0mに保ったまま、開口幅を変えた場合(ケース①, ②, ③), ケース②, ③を比較すると、ケース②では突堤沿いに突堤の先端付近まで土砂の堆積が見られるのに対し、ケース③では突堤沿いでの土砂堆積は見られず、また侵食量の絶対値自身も小さい。このことからケース②に対してケース③の方が養浜砂の安定化効果が高いと考えられる。

最後に、開口部の天端高を-4.5mに保ったまま、開口幅を変えた場合(ケース①, ④, ⑤), 地形変化量の絶対値が最も小さいのはケース④であり、安定化効果が最も著しい。ケース④と⑤ではケース④の方が安定化効果が高いと考えられる。以上の議論によれば、養浜砂の安定化効果が比較的高かったのはケース③と④であった。そこでこれら両者を特に比較した。両者で良く似た分布形を示しているが、ケース③の方が侵食量が小さく、また全体に変化がなだらかである。このことより、最終的に養浜砂の安定化効果が最も良好なのはケース③と判断できる。



図一六 初期地形と造波開始6時間後の海浜地形変化量の平面分布の比較

#### 4. 結 論

研究成果は以下のように要約される。

- 1) 人工リーフの開口幅を広げ、また開口部の天端高を下げるるとともに、リーフより岸側の区域での平均水位の上昇量は次第に低下した。この場合、リーフ岸側での波高は増加したが、その変化割合は平均水位の上昇量の変化と比較してずっと小さくなった。リーフ岸側での平均水位の上昇は、例えば護岸への打ち上げ高を増大させるので、上昇量は低いほど良い。このことからリーフより岸側への侵入波高がそれほど高くならない範囲において開口部を設けることが望ましい。
- 2) 直線状人工リーフや、開口幅 20 m、開口部天端高 -3.0 m の人工リーフを設置した場合（ケース①、②）には、リーフ中央部において向岸流が、また突堤に沿っては沖向き流れが生じた。また、リーフ岸側の養浜区域では中央部が侵食され、その土砂は前浜上と突堤に沿った区域に堆積した。突堤に沿う区域ではこの土砂が沖向き流れによって流失してしまう可能性が指摘された。またケース②では開口部を設けた効果は明瞭ではなかった。
- 3) 開口幅 40 m、天端高 -3.0 m の開口部を設けた場合（ケース③）には、開口部の中央より沖側では離岸流、岸側では向岸流が発生するとともに、突堤に沿って岸向き流れが生じた。こうした流れの変化が主因となってケース①、②で見られた養浜砂が突堤に沿って沖方向へ移動する状況は見られなくなり、リーフ岸側から侵食された土砂は主として前浜上に堆積した。このことは養浜砂の

安定性確保の上では開口幅 40 m のリーフが直線状リーフや開口幅 20 m のリーフより優れていることを示す。

- 4) 開口幅を 20 m としたままで開口部の天端高を -4.5 m とした場合（ケース④）、開口部上の離岸流、向岸流の発生状況はケース③と良く似たものとなった。しかし、ケース③に比較して侵食量が大きく、また全体に地形変化が急となった。このことから、ケース④はケース③よりも養浜砂安定化効果が低いことが分かった。

- 5) 開口幅が 40 m で、開口部天端高が -4.5 m の場合（ケース⑤）では、開口部において最も強い離岸流が生じるとともに、突堤に沿って強い向岸流が発生した。このため突堤沿いが著しく侵食された。開口部の天端高が養浜地盤高より低いこと、またここで強い離岸流が発生したことを考えあわせると、養浜砂が開口部を通じて沖合へ流出してしまう可能性が高い。このことからケース⑤の養浜砂安定効果は他のケースに比較して低いと判断された。

- 6) 各案の相互比較によれば、養浜砂安定効果が最も高く、リーフ岸側での平均水位上昇量が十分小さくなるのは、ケース③（開口幅 40 m、開口部天端高 -3.0 m）であった。

#### 参 考 文 献

- 宇多高明・小俣 篤・横山揚久 (1988)：人工リーフの機能と設計法，土木研究所資料，第 2696 号，79 p.  
 宇多高明・坂野 章・竹淵 勉 (1989)：高知海岸人工リーフ水理模型実験報告書，土木研究所資料，第 2782 号，42 p.