

図-2 人工リーフの平面諸元

表-1 実験ケース

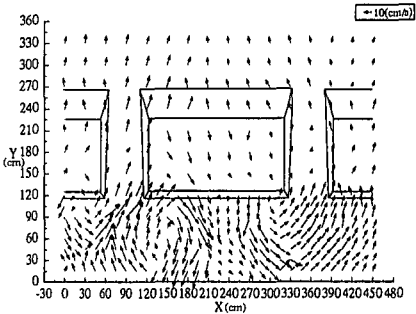
ケース No.	L_r (m)	W (m)	Y (m)
1	2.0	0.3	1.8
2	2.0	0.75	1.8
3	1.0	0.22	1.8
4	1.0	0.75	1.8
5	1.0	1.25	1.8

3. 実験結果と考察

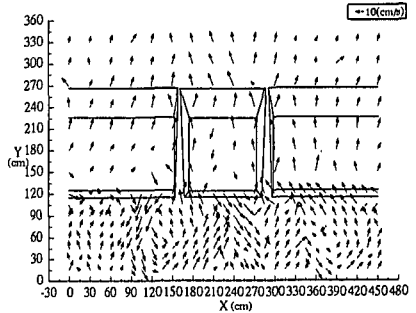
(1) 人工リーフ周辺の海浜流

図-3 はケース 1 から 5 の人工リーフ周辺の流速分布を示している (ベクトルは 1 周期の平均)。

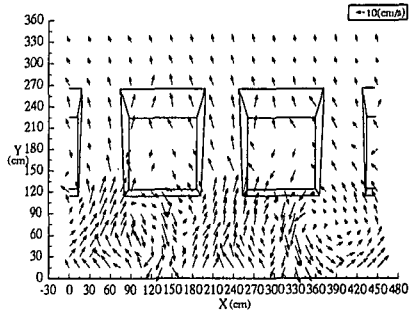
図-3(a) は比較的開口幅の狭いケース 1 の流速分布を示している。堤体上では入射波砕波後の岸向きの流れが生じ、堤体両端の開口部では沖向きの流れが発生している。堤体背後域では弱い岸沖方向の流れが生じた。図-3(b) は比較的開口幅の広いケース 2 の流速分布を示したものである。堤体上では岸向きの流れが発生し、堤体背後域では堤体中央から開口部に向かう循環流が 2 つ形成され、開口部では沖向きの流れとなっている。図-3(c) は開口幅の狭いケース 3 の流速分布を示している。堤体上では沖向きの流れが発生し、背後域では向岸流と離岸流が不規則に生じ、不安定な循環流を形成している。図-3(d) は開口幅の比較的広いケース 4 の流速分布を示している。堤体上では入射波砕波後の岸向きの流れが生じ、



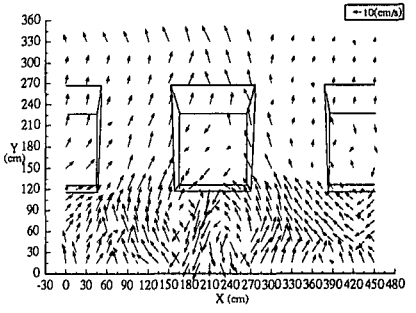
(b) ケース 2



(c) ケース 3



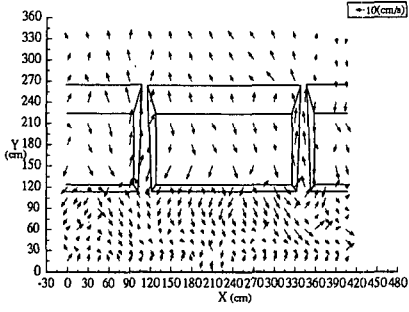
(d) ケース 4



(e) ケース 5

図-3 人工リーフ周辺の海浜流

背後域では岸向きの流れが発達し、開口部へと向かう 1 つの循環流を形成し、開口部では沖向きの流れとなっている。図-3(e) は開口幅の広いケース 5 の流速分布を示している。堤体上では入射波砕波後の岸向きの流れが生



(a) ケース 1

じ、背後域では岸向きの強い流れが発達し、開口部へと向かう2つの循環流を形成し、開口部では沖向きの流れとなっている。

次に、人工リーフ周辺の海浜流について各実験ケースの相互の関係をみる。堤長を $L_r=2.0\text{ m}$ と一定にして開口部の長さを $W=0.3\text{ m}$, 0.75 m に変化させたケース1と2では、堤体沖側と開口部では共に沖向きの流れとなっている。堤体背後域では、開口幅の狭いケース1では岸沖方向の流れが発生しているのに対し、開口幅の広いケース2では2個の循環流が発生している。堤長を $L_r=1.0\text{ m}$ と一定にして開口幅の長さを $W=0.3\text{ m}$, 0.75 m , 1.25 m に変化させたケース3と4および5では、堤体沖側と開口部では沖向きの流れが発生した。背後域では開口部の狭いケース3では向岸流と離岸流が不規則に発生し、不明瞭な循環流が発生したのに対し、開口幅がケース3とケース5の中間値付近のケース4では堤体背後に1個の循環流が形成された。また、開口幅が最も広いケース5では2個の循環流が発生した。これらのことは堤長が一定の場合、開口幅が広がるほど循環流が発生しやすい傾向となることを示している。開口部の長さが $W=0.75\text{ m}$ で等しく、堤長が $L_r=2.0\text{ m}$, 1.0 m と異なるケース2とケース4では、循環流がそれぞれ2個と1個発生し、開口部が堤長の4割程度の長さまでは循環流が発生することを示している。また、循環流が発生するケースは岸沖方向の流れが発生するケースよりも大きい流速値を示した。

以上のことから、堤体沖側と開口部では堤長と開口幅に影響されることなく流況は沖向きとなるが、堤体より岸側では堤長と開口幅の設定により、海浜流の流況パターンが異なってくることがわかる。そこで、宇多ら(1987)が示した図-4に今回の実験結果をプロットした。

図-4は堤長を開口幅で無次元化した L_r/W と堤長を離岸距離で無次元化した L_r/Y との関係を流況パターン

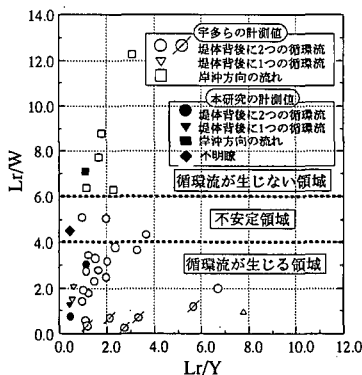


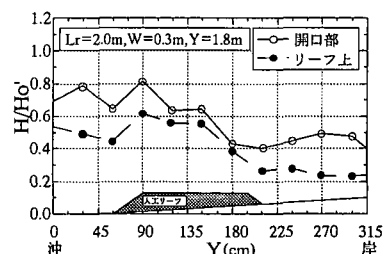
図-4 流況パターン発生区分

について示したものであり、既往の研究結果と比較してある。図中の白で示してある記号は宇多ら(1987)の実験結果であり、黒で示してある記号は本研究の実験結果である。堤長 L_r に対して開口幅 W が小さくなり、連続堤のような形態に類似してくると、岸沖方向の流れが発達し循環流が発生しない傾向になる。1個あるいは、2個の循環流が発生するケースと、岸沖方向の流れが卓越するケースは宇多らとほぼ同様の結果を示している。

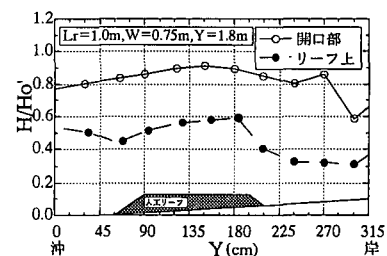
また、本研究で不明瞭な流況パターンを示したケース3(◆)の L_r/W の値が、1個あるいは、2個の循環流が発生するケース(●, ▼)と岸沖方向の流れが発生するケース(■)の中間値付近であることを考慮すると、人工リーフ周辺の海浜流は L_r と W に支配されていると考えられる。そこで、本研究の実験結果と宇多らの研究結果から、堤体背後域の流況区分は3つの状態から成り、 $0 < L_r/W \leq 4$ では安定した循環流が発生する領域、 $4 < L_r/W \leq 6$ では不安定な循環流が発生する領域、 $6 < L_r/W$ では循環流が発生しない領域とすることができる。

(2) 波高分布

図-5では、岸沖方向の流れとなる場合と循環流が発生する場合の波高変化を比較検討するために、2つのケースについて考察を加えた。図は実験から得た人工リーフ上と開口部での波高を換算沖波波高で無次元化した H/H_0' を、岸沖方向に示したものである。図-5(a)は比較的開口幅が狭く循環流の発生しないケース1であり、図-5(b)は比較的開口幅が広く堤体背後域に1つの循環流が生じるケース4のものである。堤体背後域での



(a) ケース 1



(b) ケース 4

図-5 人工リーフ周辺の波高分布

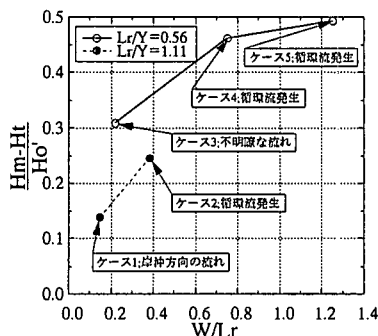


図-6 堤長と開口幅による透過波高

リーフ上での波高は、図-5(a) では約 5 割程度減衰し、図-5(b) では約 4 割程度減衰している。一方、開口部での波高は図-5(a) では減衰しているが、図-5(b) では減衰することなく入射波は岸側に達し、リーフ上と開口部の波高差が図-5(a) と比較すると大きいものとなっている。このように、リーフ上と開口部での波高の差が循環流の発生に関係しているとして、宇多ら (1987) は図-6 のように波高差と W/L_r との関係を示している。

図-6 は人工リーフ開口部での波高 H_m と堤体背後域の透過波高 H_i との差を換算沖波高 H_o' で無次元化した無次元波高差 $(H_m - H_i)/H_o'$ と W/L_r の関係を堤長 L_r を離岸距離 Y で除した L_r/Y について示したものである。 W/L_r が大きく L_r/Y が小さいほど堤体上と開口部での波高差が大きくなることがわかる。また、 W/L_r が大きくなるほど循環流が発生しやすくなることが、図-3 の流速分布図と照合して理解できる。

(3) 地形変化

人工リーフ周辺域の漂砂現象には、海浜流が関係していると考えられる。そこで、海浜流によって引き起こされる砂の移動を把握するために、造波開始 5 時間後の海浜地形より初期勾配からの海浜地形変化量の平面的な分布を求めて、図-7, 8 に示した。

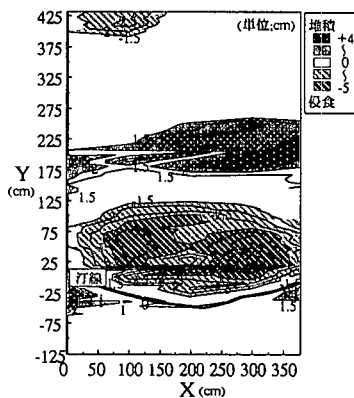
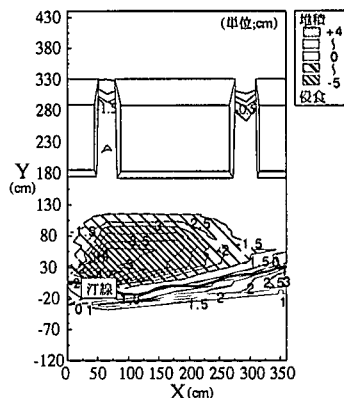


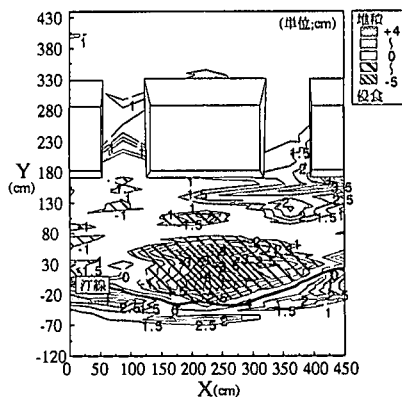
図-7 人工リーフ無の地形変化

図-7 は、初期勾配 $i=1/15$ の一様斜面に波浪を 5 時間作用させた人工リーフ無の地形変化量を示したものである。碎波帯内で侵食が生じ $Y=125$ cm までトラフが発生し、沖合いに堆積した砂で沿岸砂州が発達している。

図-8(a) は、岸沖方向の流れが発生する開口幅の比較的狭いケース 1 の地形変化量を示している。堤体背後で発生した向岸流と離岸流により、人工リーフの背後域では岸沖漂砂が生じ沿岸方向に一樣な変化が起こっている。汀線は人工リーフ無よりも前進し、ステップを形成し砂が堆積している。図-8(b) は、人工リーフ背後域で 2 つの循環流が発生するケース 2 の地形変化量を示している。リーフ上での向岸流が背後域で開口部へと向かう循環流となっていることを考慮して、砂の収支を考えると、開口部付近の堆砂は、汀線付近の砂が循環流により運ばれたものと考えられる。また、前浜上にも砂が堆積していることがわかる。汀線変化についてみると、人工リーフ無よりも約 10 cm 前進している。図-8(c) は、人工リーフ背後域で向岸流と離岸流が不規則に起こり、不安定な循環流が発生していたケース 3 の地形変化

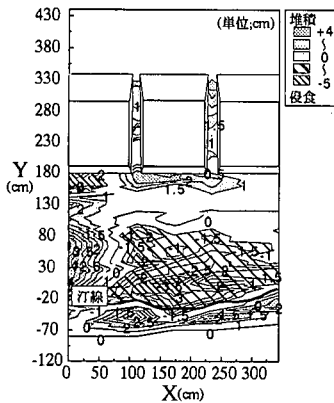


(a) ケース 1

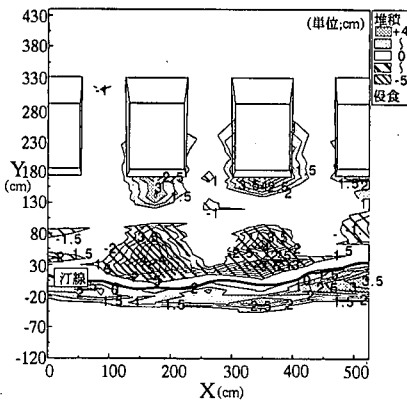


(b) ケース 2

図-8 人工リーフ周辺の地形変化量



(c) ケース 3



(d) ケース 4

図-8 人工リーフ周辺の地形変化量

量を示している。沿岸方向の $X=0$ から 50 cm までは砂が堤体背後から汀線まで堆積しているが、 $X=50$ から 350 cm までは砂が侵食されている。この沿岸方向の不規則な海浜形状には堤体背後での不規則な流れが関係していると考えられる。堤体法尻付近の堆砂は汀線付近の砂が循環流により運ばれたもので、人工リーフが砂の沖合いへの流出を防止していることがわかる。汀線変化についてみると人工リーフ無よりも約 20 cm 前進している。図-8(d)は、人工リーフ背後域で1つの循環流が発生するケース4の地形変化量を示している。堤体背後では堆砂が生じ、堤体法尻から汀線付近にかけては侵食されている。砂の収支から考えて堤体背後の堆砂は循環流により運ばれたものと見られる。これは、人工リーフ堤体が循環流により砂が沖合いに流出することを防いだ結果を示している。汀線は人工リーフ無よりも約 40 cm 前進し、ステップが発達し前浜がのび、人工リーフによる漂砂制御効果が顕著に現れている。

以上の各実験ケースの海浜流に伴う漂砂現象について

考察を行う。岸沖方向の流れが卓越するケース1と循環流が発生するケース2と4では、初期勾配を基準として考えるとき、堤体背後から汀線にかけて侵食されている。この侵食された砂は、岸沖方向の流れが卓越するケースでは前浜のみに堆積しているのに対し、循環流が発生するケース2と4では、前浜上と堤体法尻付近に堆砂している。これは、人工リーフ堤体が砂の沖合いへの流出を防いでいることを意味している。また、ケース3の沿岸方向に不均一となった海底地形発達の原因は、図-3(c)から認められる不規則な向岸流と離岸流が関係していると考えられる。

4. 結 論

人工リーフの平面諸元である堤長と開口幅の長さを変化させ、海浜流の流況パターンの発生区分と海浜流に伴う海岸地形変化を検討した結果、以下のことがいえる。

(1) 人工リーフ周辺で発生する特有の海浜流は、堤長と開口幅の長さの変化に依存し、堤長に対し開口幅が長くなるほど循環流が発生しやすくなる。また、開口幅が狭くなり連続堤のようになると弱い岸沖方向の流れが生じ、堤体背後は礫んだ状態となった。海浜流の流況パターンの発生区分を堤長と開口幅を用いてあらわすと、 $0 < L_r/W \leq 4$ では安定した循環流が発生する領域、 $4 < L_r/W \leq 6$ では不安定な循環流が発生する領域、 $6 < L_r/W$ では循環流が発生せず、岸沖方向の流れが発生する領域の3つに大別することができる。

(2) 人工リーフ周辺の地形変化は、流況パターンに強く影響されている。循環流が生じず向岸流と離岸流が発生する場合には、沿岸方向の漂砂は見られず岸沖方向の漂砂が生じたが、汀線は前進した。循環流が発生する場合は、堤体と汀線の中間付近が侵食され、その砂は堤体背後と前浜上に堆積した。また、堤体間の開口幅を広くすると循環流により、砂は沖合いに流出した。今回行った5ケースの実験結果から汀線は、堤体が無い場合よりも前進し、人工リーフの漂砂制御の有効性を確認できた。

(3) 今回の実験において、循環流が発生して、前浜上に最も砂が堆積したのはケース4であった。したがって、侵食対策として海岸に複数の人工リーフを設置する場合、堤長と開口幅の決定に際しては、開口幅は堤長の7から8割の長さにするのが妥当であると考えられる。

参 考 文 献

- 宇多高明・小俣 篤・横山揚久 (1987)： 人工リーフ周辺に生じる海浜流と地形変化，第34回海岸工学講演会論文集，pp. 337-341.
- 宇多高明・小俣 篤 (1987)： 人工リーフの設計法，土木技術資料，Vol. 29, No. 12, pp. 26-31.