

## 複列潜堤背後の波動場特性に関する実験的研究

九州大学大学院 学生員○越智宏充 喜多寛史 鄺 曙光  
九州大学大学院 正会員 吉田明德 入江 功

### 1. まえがき

海域の利用拡大に伴い、潜堤は従来に比べて大水深域で用いられるようになってきている。潜堤による波浪制御効果は、天端水深・天端幅により大きく異なり、一般に広天端幅で天端水深が小さい程波浪制御効果は大きくなる。したがって設置水深が大きくなると、必要とされる堤体断面は水深の2乗のオーダーで増大するため、単一の潜堤でもって所要の機能を確保することは費用の面からも困難となる。しかも潜堤は波との非線形干渉効果が大きく表れる構造物で、干渉によって励起した2次のオーダーの波が基本周波数成分と異なる波速で進行し、潜堤背後に空間的に複雑な波動場を形成することが知られている。実際に大水深域に施工された潜堤背後の海域に、既往の知見では説明できない海底砂の異常な洗掘が生じるという問題が最近報告されており、著者らはその原因をこの複雑な波動場によるものと推測している。

筆者らは潜堤幅が比較的小さな潜堤を岸沖方向に複数設置することによって、単一の広天端幅の潜堤と異なる波浪制御特性を有する複列潜堤を提案した。本研究は水槽実験によって複列潜堤背後の波動場特性を調べ、従来の単一潜堤の場合と比較して、その有用性について検討した。

### 2. 実験装置および実験方法

実験は図-1に示す末端に消波装置を有する幅30cm、深さ50cm、全長28mの反射吸収式2次元造波水路を用い、水深を38cmとした。潜堤は台形型不透透潜堤で、堤体条件は図-1に示す通りである。入射波はBretschneider-光易型スペクトルを有し、有義波高( $H_{1/3}$ )を4, 8, 12cm、有義周期( $T_{1/3}$ )を1.43, 1.79sec.と変化させた不規則波を用いた。

測定は、水面変動を容量式波高計により10cm間隔で90点、水底から2cmの高さの水平流速を超音波流速計を用いて、潜堤背後から20cm間隔でおよそ5mについて、ともにサンプリング周波数10Hz、データ個数8192個で測定した。

各測点の水面変動および底面流速の時系列データをFFT解析し、パワースペクトルと平均水位上昇率を算定した。また、波形の上下非対称性を示す指標であるSkewness( $Sk$ )、前後非対称性を示す指標であるAtiltness( $At$ )を算定した。なお、海底砂の移動に関して $Sk$ が正の場合は沖向き、負の場合は岸向きの漂砂、 $At$ が

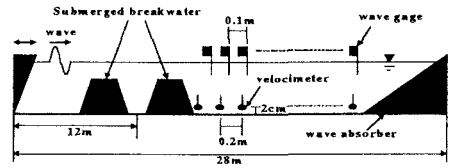
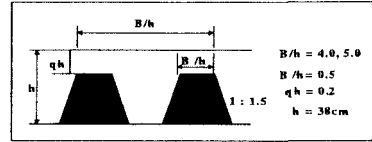


図-1 実験装置図

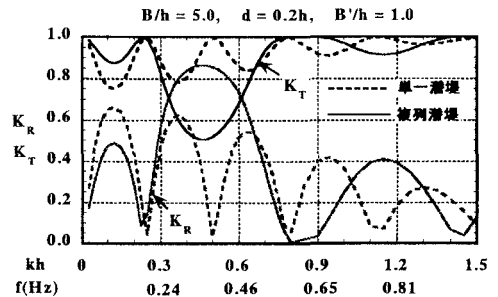


図-2 通過率・反射率(線形計算)

正の場合は岸向き、負の場合は沖向きの漂砂に寄与するものとされている。

### 3. 結果と考察

図-2に境界要素法による線形計算の結果を通過率 $K_T$ と反射率 $K_R$ について示す。線形現象の範囲では潜堤の通過率、反射率 $K_T, K_R$ は入射波周期の変化に対応して周期的に変化する事が知られており、これは潜堤天端上の水域で生じる波の共振モードに対応している。複列潜堤の特徴はその周期が大きく、実際的水深7~10mの海域で対象となる周期10秒前後の波に対しては $h/L$ が0.04~0.13程度で、図-2の結果よりこのあたりで複列潜堤の方が単一潜堤より有効な波浪制御効果を有することが推測できる。図-3の(a)(b)は潜堤中心から水深の15倍離れた位置( $x/h=15$ )における通過波のパワースペクトルを示す。入射波、潜堤の条件はそれぞれ図中に記している。(a)は単一潜堤と複列潜堤を比較したもので、入射波のスペクトルに対する通過波のパワースペクトルは線形計算

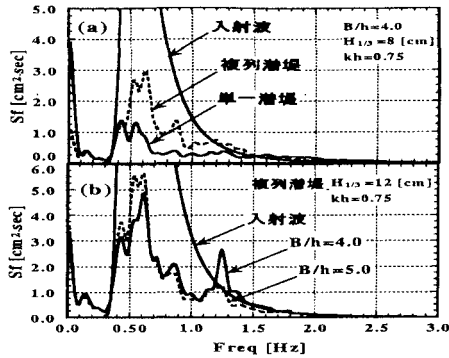


図-3 通過波のパワースペクトル

の結果と異なり単一潜堤の方が減少している。これは、1つには単一潜堤のほうが潜堤上での砕波による減衰の程度が大きい事と、2つ目は実験波の有義周期が  $kh=0.75$  (周波数 0.56 Hz) であって、複列潜堤の最も効果的な周波数域をはずれている事による。単一潜堤では 0 Hz 近傍のスペクトルが大きく現れており、潜堤背後で長周期の振動が複列潜堤に比べて大きく生じると考えられる。(b) は複列潜堤の前後の堤体間隔を水深の 4 倍と 5 倍 ( $B/h=4.0$ ,  $B/h=5.0$ ) に変化させた結果である。入射波スペクトルの基本周波数成分の範囲では  $B/h=5.0$  のほうが大きく現れるのに対し、倍周波数成分は逆に  $B/h=4.0$  のほうが増大しており、非線形干渉によって励起される高周波数成分の相対的な割合が  $B/h=4.0$  のほうが大きくなる。その結果  $B/h=4.0$  の潜堤背後の方が水面波形が空間的により大きく変動する複雑な波動場となることが考えられる。図-4 は単一潜堤、複列潜堤それぞれの潜堤背後での平均水位上昇率を示す。平均水位上昇率は、潜堤背後の異なる 10 点で測定した平均水位の平均 ( $\bar{\eta}_0$ ) を入射波のスペクトルと同じエネルギーフラックスを有する規則波の波高 ( $H'$ ) で無次元化したものである。単一潜堤の  $\bar{\eta}_0/H'$  は複列潜堤の約 1.8~2.0 倍の値をとっており、複列潜堤の平均水位のほうが小さく現れている。ただし、図-3 に示すように波の遮断効果に大きな差がある事から、必ずしも複列潜堤の方が平均水位を小さく出来るとは言えず、さらに検討を要する。なお複列潜堤の堤体間隔 ( $B/h$ ) による平均水位の変動はそれ程大きくないことがわかる。

図-5 は潜堤背後領域での定常流速の空間分布 ( $\bar{V}$ ) を表している。横軸の原点は潜堤の岸側法端にあたる。単一潜堤背後の  $\bar{V}$  は潜堤直背後で大きな沖向き流れを生じているのに対して、複列潜堤の  $\bar{V}$  は単一潜堤の 1/3 程度と小さい。複列潜堤では 2 つの潜堤間の流体域で大きな循環流が生じており、後方の潜堤上での砕波も単一潜堤の場合よりは小さくなるため潜堤背後の循環流の生成が小さくなるためと考えられる。図-6 は単一潜堤と複列潜堤での  $Sk$  と  $At$  の分布を示している。単一潜堤の  $Sk$  は緩やかに減少を続けながらも常に正の値をとっており、潜堤からかなり離れた場所まで有意の値をとっているのに対し、

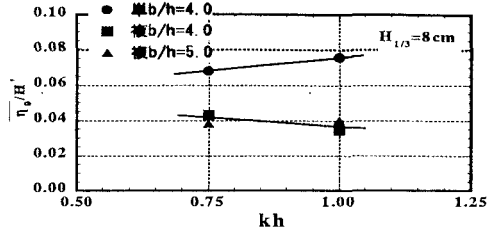


図-4 平均水位上昇率

複列潜堤の  $Sk$  は潜堤直背後で急激に減少し、 $x/L=0.4$  付近からは負の値をとる。複列潜堤では、波の非線形性の指標である  $Sk$  と  $At$  の値は潜堤直背後域でのみ単一潜堤と同程度の値をとるが、単一潜堤と異なって、沖向き定常流速は小さく、海底砂の洗掘は単一潜堤ほどには生じないものと推測される。

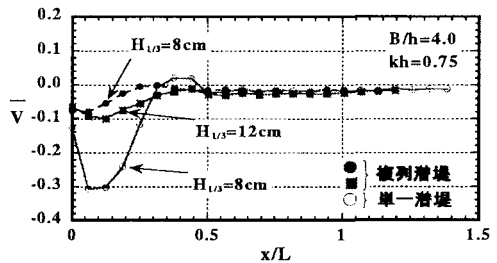


図-5 潜堤背後の底面定常流速分布

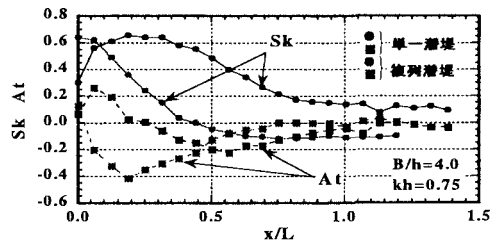


図-6 潜堤背後底面上の流速の Skewness Attness

#### 4. あとがき

複列潜堤と単一潜堤では、背後の波動場は大きく異なった性質を持っており、海底砂の洗掘を引き起こす 2 次のオーダーの波の励起や、海浜流を引き起こす平均水位の上昇といった潜堤特有の問題点については複列潜堤の方が優れた特性を有する事が認められる。しかし潜堤は入射波の周波数に応じて制御効果が大きく異なる事や堤体が透過性を有することなどを考慮して、今後さらに実験的な検討を行う必要がある。

#### 参考文献

1. 山城賢: 不規則波と構造物との非線形干渉解析法と潜堤背後の波動場特性に関する研究, 九州大学大学院学位論文 (平成 12 年 2 月)