

## 変位許容型防波堤の滑動安定性について

九州大学工学部 学生員○田 成喜 岡部 格  
正 員 村上 啓介 吉田 明徳

## 1. まえがき

著者らは、堤体底部を円弧状にし、堤体に転がり運動を積極的に許容する変位許容型防波堤を提案し、これと波との相互干渉の理論解析をおこなって、堤体の転がり運動によって堤体に作用する水平波力を著しく軽減できることを見いだすとともに、反射率・通過率および堤体の回転変位については理論解析によって十分な精度で推定できることを確かめた。ただし、変位許容型防波堤では、鉛直波力の周波数特性（波力の大きさと位相）も従来の固定式防波堤とは異なるため、堤体の滑動安定性を水平波力の減少のみでは評価できない。本研究は、理論解析より得られる堤体の滑動安定性について、滑動実験との比較検討を行ったものである。

## 2. 実験方法とデータの解析方法

図-1に示すような2次元造波水路（長さ28m、深さ0.50m、幅0.30m）を用い、水深を0.35mとして実験を行った。造波板から12.6mの所に、コンクリートマウンド（上端幅0.35m、下端幅1.05m）と、底面の曲率

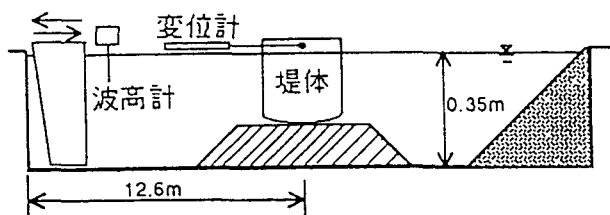


図-1 実験水槽と模型堤体

半径が35cmで不透過鉛直壁を持つ堤体を設置し、堤体の回転中心位置に変位計を取り付けて、滑動量を測定した。測定は、 $kh$  ( $k$ は波数、 $h$ は水深) 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.6について行い、その各々について、滑動を始める入射波高の前後の波高をほぼ0.5cm間隔で変化させ、入射波高および回転中心の静止位置からの変位をデータレコーダーに記録した。滑動を生じる堤体の回転中心位置は、堤体が周期的なロッキング運動をしながら滑動するため、図-2の測定例に示すように変化する。従って、1波ごとの堤体の平均位置を、変位波形のピークから次のピークまでの平均値として求めた。

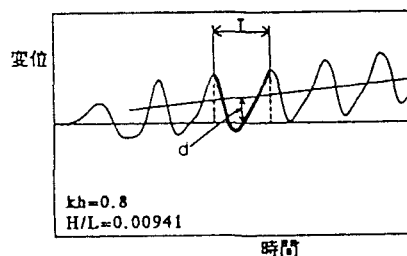


図-2 滑動測定記録例

## 3. 理論解析結果と実験値の比較

理論解析（参考文献(1),(2)）より得られる堤体に作用する水平波力と鉛直波力を、それぞれ、 $P_x \cos(\sigma t + \epsilon_x)$ 、 $P_z \cos(\sigma t + \epsilon_z)$  と表し、堤体重量を $W$ 、堤体に作用する浮力を $U$ 、堤体とマウンドの摩擦抵抗係数を $\mu_d$ で表すものとする、堤体が滑動を生じないための条件は次式で与えられる。

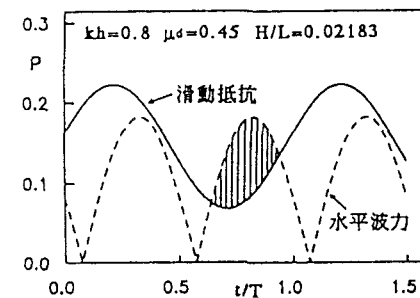


図-3 理論解析による水平波力と滑動抵抗の時間変化

$$[W - U - P_z \cos(\sigma t + \epsilon_z)] \cdot \mu_d > P_x \cdot |\cos(\sigma t + \epsilon_x)| \quad \text{----- (1)}$$

上式の右辺は水平波力、左辺は滑動抵抗を表している。右辺の時間項の絶対値を取っているのは、 $\cos$ の正負は水平波力が沖向きおよび岸向きであることを意味するが、滑動を生じるか否かは、その絶対値の大きさが問題であることによる。

図-3は理論解析の結果より得られる滑動抵抗と水平波力の時間変化を示したもので、水平力が滑動抵抗を越える区間では滑動を生じる可能性があることを示している。この滑動を生じる可能性は、両者の差が大きく、またその時間がながいほど大きいものと考えられるから、このための指標として、水平力が滑動抵抗を越える区間についてその差を時間積分した量  $M$  (力積量) を取り、これを、入射波の波形勾配について示したのが図-4である。ただし、摩擦抵抗係数  $\mu_d$  は前年度の講演会で示した研究をもとに、3.5と4.5を用いた。この、曲線が横軸と交わる点の波形勾配が(1)式の滑動を生じない限界波形勾配を与えることになる。この限界波形勾配を摩擦抵抗係数  $\mu_d$  が3.5と4.5について求めた結果を図-6に黒丸で示している。

図-5は滑動実験の結果の例を示すもので、これらの実験値より、滑動を生じる波形勾配の範囲を特定することができる。これらを図-6に白丸で示した。図-6より、理論値と実験値は同様の周波数特性を示している。ただし、(a)入射波の波長が長い場合には ( $kh < 1.1$ ) 理論値は実験値よりも大きな値 (安全側の値) を与え、(b)波長が短い場合 ( $kh > 1.1$ ) では逆に小さな値 (危険側の値) を与えている。(a)については図-4で示したように、図-6中の黒丸は水平波力が滑動抵抗を越える限界の波高を与えるもので、実際の滑動はこの値よりも幾分大きな波高で生じると考えられるから、実験値は妥当な結果を与えていると思われる。(b)については2つの理由が想定される。まず、理論値は微小振幅波理論によるものであるが、図-6で、滑動を生じる限界波高は有限振幅波にあたり、堤体と波との非線形干渉効果が考えられること、および入射波高が大きくなるにつれて堤体の転がり距離が大きくなり、転がり距離が堤体底面の円弧長を越えると、理論解析で仮定した転がり運動が、円弧端部を支点とする回転運動にかかわることによって考えられる。これらについては、さらに検討を行う必要があるが、以上の比較結果より滑動安定性についても、理論解析によってほぼ推定が可能である。

#### 4. あとがき

本文では、不透過堤体で、1種類の堤体形状の場合のみを示したが、異なる堤体形状のばあいおよび堤体にスリットと遊水部を有する透過堤体の場合についても、滑動実験と理論解析との比較検討を行っておりこれらの結果については講演時に述べるつもりである。

#### 参考文献

- (1) 吉田ら: 回転変位許容型防波堤による波の制御, 第35回海岸工学講演会論文集
- (2) 吉田ら: 縦スリット壁を有する変位許容型防波堤による波の制御, 海岸工学論文集第36巻

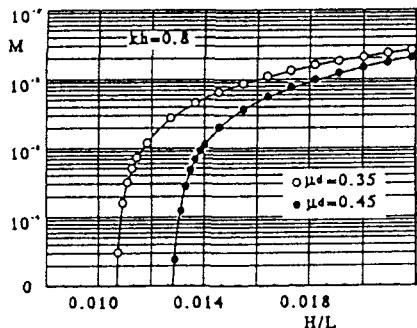


図-4 滑動限界波高と力積変化

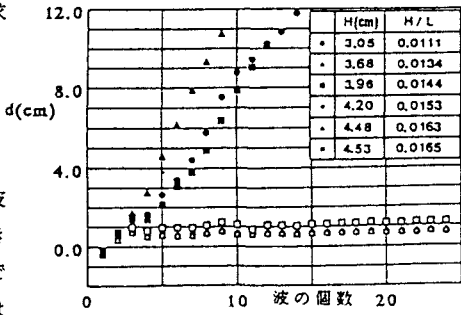


図-5 滑動実験記録例 ( $kh=0.8$ )

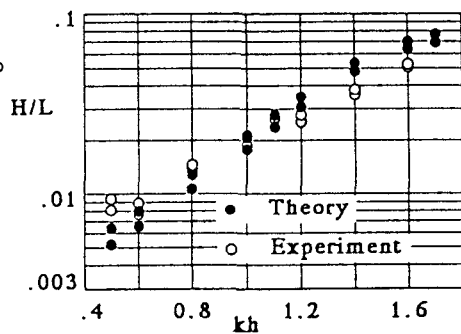


図-6 理論値と実験値の比較