

カーテン防波堤まわりの流況と作用波力に関する研究

愛媛大学工学部 正員 中村 孝幸

1. まえがき： カーテン防波堤は、水面付近のみを遮蔽する構造であるため、海水交換機能などを維持して透過波を減勢できる利点がある。カーテン防波堤の波浪制御機構は、主にカーテン壁による波の沖側への反射とカーテン壁下端部付近での渦流れなどの発生によるエネルギー逸散によるが^{1), 2)}、後者の渦流れに関係する諸現象の解明は十分に行われていない。既に著者³⁾は、波の変形を伴う"DIFFRACTION REGIME"に属するような構造物まわりの渦流れを理論的に検討するため、回折波理論と離散渦系モデルを線形結合した数値解析モデルについて明らかにした。ここでは、このような解析法に基づき、カーテン防波堤に作用する波力の算定を行い、渦流れの発生に伴う流体力（渦力）の特性を理論と実験の両面から検討するものである。

2. 解析法の概略： ここで用いた解析法は、構造物による波の変形を求める波浪ポテンシャル理論に基づく解析法とカーテン壁下端部よりの剥離せん断層を近似するための離散渦系モデルとを線形結合したものである³⁾。この解析では、流速場はこれら2つの流れの線形重ね合わせで与えられることから、堤体よりの透過・反射波に及ぼす渦流れの発生の影響は直接的には考慮できない欠点がある。なお、渦系には、定常状態で渦流れが算定できるように、既に著者が提案した減衰渦系モデル²⁾を採用し、このときの渦系の減衰係数には実験的に測定した値を用いた。

3. 実験の概要： 実験は、図-1に示すような鋼製の鉛直板を用いて、透過・反射率、水平波力 F_x および板前後の波圧分布を測定した。また、この板の下端部よりインクを流して、渦流れの可視化も行い、それをビデオカメラで撮影した。

4. 堤体まわりの流況： 写真-1(a), (b)は、比較的大波高の条件下でのそれぞれ反射波側、透過波側における最大発達時の渦流れを示すもので、反射波側に形成される渦の方がより上方に形成され、堤体前後で非対称な渦流れになることなどが分かる。これは、堤体よりの反射波の影響によるものと考えられる。

図-2は、上記の写真に対応する条件下での剥離せん断層を近似する渦系の位置の算定結果を示すもので、ほぼ写真中の黒インクトレサの位置に対応すると考えられる。図中で、+および△印は、それぞれ反時計および時計まわりの循環量をもつ渦系を示す。この図と上記の写真の比較から、観測された渦流れは、概略的に数値算定結果において再現されていることなどがわかる。しかし、透過波側の渦については、

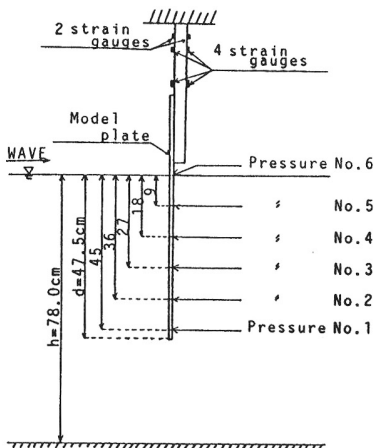
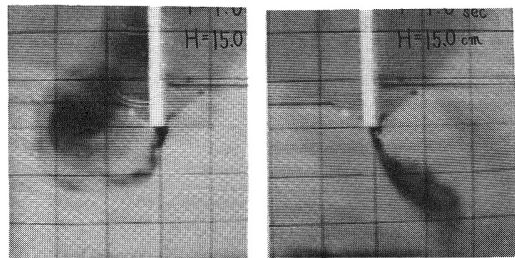


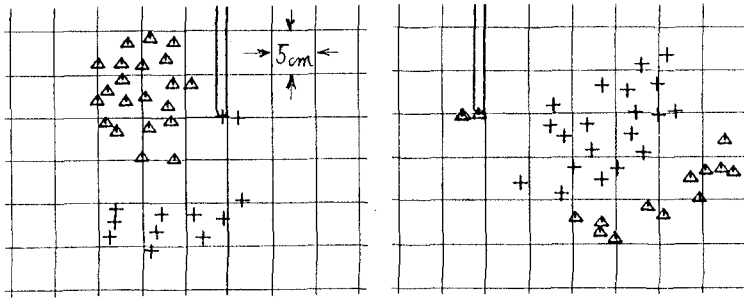
図-1 模型堤体および測定装置

それぞれ反時計および時計まわりの循環量をもつ渦系を示す。この図と上記の写真の比較から、観測された渦流れは、概略的に数値算定結果において再現されていることなどがわかる。しかし、透過波側の渦については、



(a) 反射波側 (b) 透過波側

写真-1 最大発達時の渦流れ(T=1.6sec, H=15cm)



(a) 反射波側

(b) 透過波側

図-2 渦流れの算定結果($T=1.6\text{sec}$, $H=15\text{cm}$)

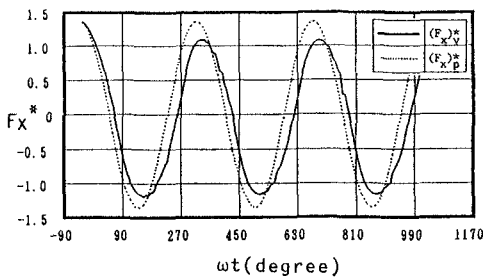


図-3 水平波力の算定結果($T=1.6\text{sec}$, $H=15\text{cm}$)

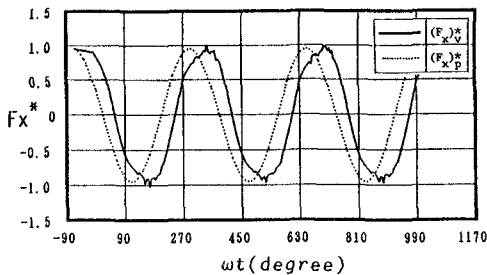


図-4 水平波力の算定結果($T=2.35\text{sec}$, $H=15\text{cm}$)

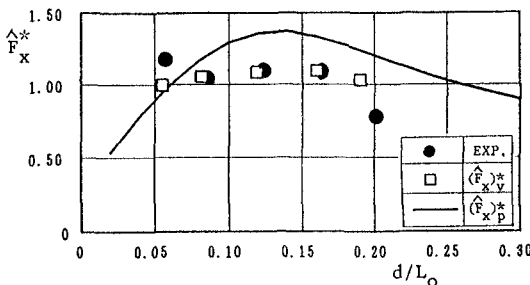


図-5 極大水平波力($H=15\text{cm}$)

観測結果の方がより下方に形成されるなどの相違も認められる。

5. 水平波力: 図-3は、図-2の流況の算定結果に基づき求めた水平波力の時間波形の算定結果(F_x) $_v$ を示し、図中には比較のため、渦流れの効果を無視した波浪ポテンシャル理論による算定結果(F_x) $_p$ も併せ

示す。なお、図中での水平波力の無次元化は次式による。

$$F_x^* = F_x / (\rho g H d B / 2) \quad (1)$$

ここに、 ρ : 流体密度、 g : 重力加速度、 H : 入射波高、 d : 板の吃水、 B : 堤体幅である。この図より、渦流れの発生は、水平波力を減少させるように作用することなどが認められる。一方、図-4は、図-3の場合に比較してより長周期の条件下での水平波力の算定結果を示すもので、このとき(F_x) $_p$ と(F_x) $_v$ の間の位相差が拡大することや前出の例と異なり、渦流れの発生により水平波力は増大することなどが分かる。図-5は、極大水平波力 $\hat{F}_x$ の実験結果と算定結果の比較を d/L_0 (L_0 : 沖波相当波長)による変化で表すもので、式(1)と同様の無次元波力表示が用いてある。算定結果としては、渦流れの効果を無視した波浪ポテンシャル理論による($\hat{F}_x$) $_p$ とそれを考慮した($\hat{F}_x$) $_v$ の両者が示してある。この図より、 d/L_0 の小さな長周期波の条件を除けば、渦流れの発生は、水平波力を減少させるように作用することが再確認できる。

<参考文献>1)中村ら: 隅角部を有する浮体構造物まわりの渦形成と作用波力の特性, 第30回海講演文集, 1983. 2)中村ら: カーテン防波堤まわりの剥離流れと作用波力の特性, 第34回海講演文集, 1987. 3)中村ら: 剥離渦の減衰特性を考慮したカーテン防波堤まわりの流況の算定法, 第35回海講演文集, 1988.