

I H I 正会員 奥津 隆之
日本大学 正会員 栗津 清蔵
日本大学 正会員 近藤 勉

1. はじめに 沿岸に構造物を設置する場合、外力である波力や浮力の評価と併せ、構造物による波の変形、等を知る必要があり、従来より波についてさまざまな研究がなされている。しかしこれらは主に波の作用や波高について述べられたものであり、流体の運動について述べられたものは少ないと思われる。本研究ではカーテン防波堤や浮き防波堤のように、波が構造物の下を通過する構造で（図-1参照）、波による振動が小さく無視できるような場合の波の通過率について流体運動の面から考察を試みたものである。

2. 実験装置と方法 実験は、長さ12m（有効長8m）、幅0.37m、高文0.9mの両面がガラス張り、フロッタータイプの造波機を有する二次元造波水槽で行なった。実験に使用した波の特性量は、波高 $H=4.5\sim 8.9\text{ cm}$ 、周期 $T=0.63\sim 0.98\text{ sec}$ 、波長 $L=59.0\sim 133\text{ cm}$ であり、波形勾配 $H/L=(3.4\sim 9.5)\times 10^{-2}$ 、相対水深 $d/L=0.23\sim 0.57$ の浅水波域に属する波であり、使用した構造モデルは、モデル幅を $2l$ 、モデル高を h 、代表長文を静水時水深 $d=(25, 30, 35)\text{ cm}$ とした時に、無次元化したモデル幅、モデル高がそれぞれ、 $p=l/d=(0.01, 0.2, 0.5)$ 、 $q=h/d=(0.2, 0.3, 0.4)$ となるような9種類である。なお波高は容量式波高計を用い、波形をレクテグラフに記録させ読み取り、流速は超小型アロベラ流速計を使用し、モデル前面において、現象の安定した5波について、同一位相の流速をサインプロセッサに加算させ読み取った。

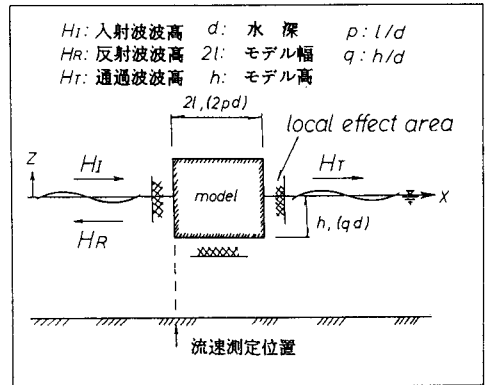


図-1 実験モデル

3. 実験結果と考察 波による構造物周辺の流体運動を考えるにあたり、波の運動が周期性を有することを考慮し、最大流速（以下流速と言う）に着目し実験を進めた。
i) 流速分布について 流速の測定を行なったところ、図-2に示すような、現象の異なる二つの領域が考えられた。すなわちモデル底部より dz を境とし、モデル設置時最大流速が、モデル設置前最大流速より一定流速 dU だけ小さな値を示す領域（領域Ⅰ）と、モデルによる局所的な影響が見られる領域（領域Ⅱ）に分け、それぞれの領域について解析を行なった。

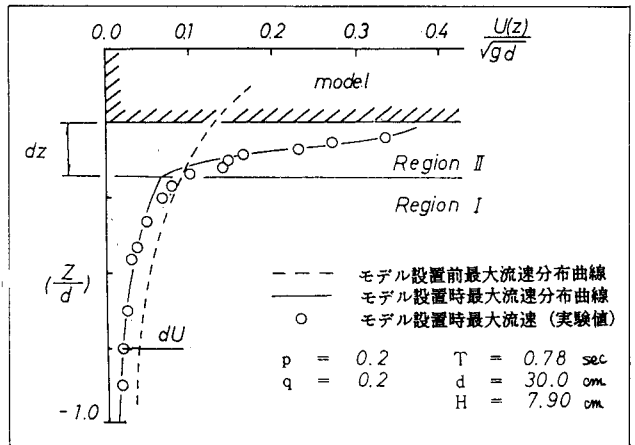


図-2 流速分布図

領域での現象を支配する水理量は次式により与えられる。

$$\left. \begin{aligned} f_I(U_I(Z), Z, \Delta U, T, d, H, L, l, R, P, g) &= 0 \\ f_{II}(U_{II}(Z), Z, \Delta Z, T, d, H, L, l, R, P, g) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$\Delta U = U_{II}(Z) - U_I(Z)$, T : 周期, d : 水深, l : モデル幅, $U_I(Z)$: モデル設置時最大流速,

ΔZ : 局所領域高さ, H : 波高, L : 波長, R : モデル高, $U_{II}(Z)$: モデル設置前最大流速.

式(1)について次元解析を行なった結果, 次の無次元量が得られた.

$$\frac{U_I(Z)}{\sqrt{gd}} = f_I\left(\frac{Z}{d}, \frac{\pi d}{g}, P, g, \frac{U_{II}(Z)}{\sqrt{gd}}\right) \quad (2)$$

$$\text{ただし, } U_{II}(Z)/\sqrt{gd} = f(\pi d/g, d/L, H/L, Z/d) \quad (2')$$

$$\frac{U_{II}(Z)}{\sqrt{gd}} = f_{II}\left(\frac{Z}{d}, \frac{\pi d}{g}, P, g, \frac{H}{L}, \frac{d}{L}, \delta Z\right) \quad (3)$$

$$\text{ただし, } \delta Z = \Delta Z/d = f(\pi d/g, P, g, H/L, d/L) \quad (3')$$

$$\pi = 2\pi/T, \quad \delta U = \Delta U/\sqrt{gd}, \quad \delta Z = \Delta Z/d, \quad P = l/d, \quad g = R/d$$

式(2), (3), (3')に基づき実験データを整理したところ, 次の実験式を得た.

$$\frac{U_I(Z)}{\sqrt{gd}} = f_I\left(\frac{Z}{d}, P, \frac{U_{II}(Z)}{\sqrt{gd}}\right) = \frac{U_{II}(Z)}{\sqrt{gd}} - 9.0 \times 10^{-2} (P)^{0.64} \quad (4)$$

$$\frac{U_{II}(Z)}{\sqrt{gd}} = f_{II}\left(\frac{Z}{d}, \frac{H}{d}\right) = a \cdot \left(\frac{Z+d}{d}\right)^{43.6} \left(\frac{H}{d}\right) - 17.3 \quad (5)$$

$$\delta Z = f\left(\frac{\pi d}{g}, P\right) = -6.0 \times 10^{-2} \cdot \left(\frac{\pi d}{g}\right) + 0.27 e^{-0.72 P} \quad (6)$$

係数 a は, $Z = (\delta Z - g) \cdot d$ で, $U_I(Z)/\sqrt{gd} = U_{II}(Z)/\sqrt{gd}$ により定める.

ii) 波の通過率について. 通過波は, 入射波の持つエネルギーの一部が, モデルの下を伝達することにより生ずるものであり, 通過波波高 H_T と, モデル前面での流速と関係づけることが可能であると思われる.

ここで, 通過波の持つ単位水面当りの平均エネルギーは, 微小振幅波理論により, $E_T = \rho g H_T^2 / 8$, と与えられ, モデル前面における単位水面当りの運動エネルギーは, 式(4), (5)より, 次式で計算される.

$$\begin{aligned} E &= \frac{P}{2L} \int_{-d}^{+L} \int_{-d}^{+d} [U(Z) \sin \frac{2\pi Z}{L}]^2 dZ \cdot dX \\ &= \frac{P}{4} \int_{-d}^{+d} U(Z)^2 dZ \end{aligned} \quad (7)$$

ゆえに, 波の通過率 K_T (入射波波高と通過波波高の比

$$K_T = \frac{H_T}{H_I} = R \cdot \frac{1}{H_I} \left[\frac{P}{g} \int_{-d}^{+d} U(Z)^2 dZ \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

と与えられる. ここで R は係数で, 図-3より $R \approx 0.83$ である.

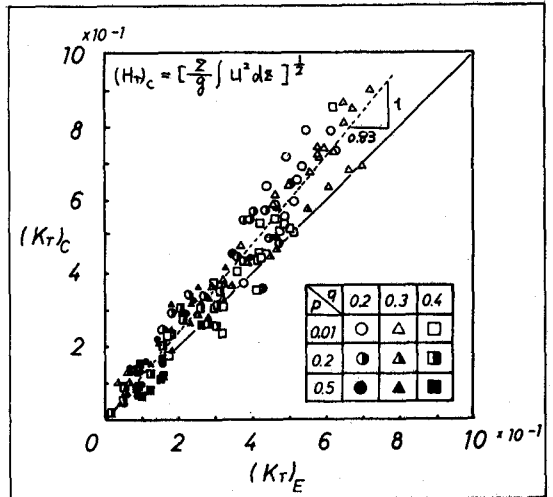


図-3 波の通過率

4. 結 論

本実験の結果を要約すると下記のようなものである.

- (i) モデル前面での流速は主に, モデル幅 ($P = l/d$) と, 相対波高 (H/d) に依存し, モデル高 ($g = R/d$) による影響が少ない, またモデルによる局所的影響が見られ, その考査は式(6)により評価できる.
- (ii) 波の通過率 ($K_T = H_T/H_I$) は, モデル前面での最大流速分布を知ることにより, 式(8)より計算することとができると思われる. しかし今後, 摩擦損失やエネルギーの運送について, 詳細な検討が必要であると考える.