

II-414 透過性構造物内の分散関係式に関する一考察

電力中央研究所 正会員 榊山 勉・鹿島遼一

1. はじめに 近年, 透過性海岸構造物による波浪制御効果を予測するために数値計算手法が開発されている(泉宮・遠藤, 1989; Somchai ら, 1989; 榊山ら, 1990)。これらの数値計算では, 波と構造物の相互干渉を慣性力と抗力で表わす。各力のモデル化に用いられる慣性力係数, 抗力係数(または抵抗係数)は, 現段階では実験により定める必要がある。泉宮ら(1990)は慣性力係数の波高減衰率に及ぼす影響が小さいものとし, 慣性力係数が一定の仮定のもとで線形抵抗係数について検討した。しかし, 慣性力係数, 抵抗係数ともに波の条件に依存するものである。また, 透過性構造物の存在する場合の波の変形を記述する分散関係式そのものについてもこれまで十分な検討がなされていない。そこで, 本研究では透過性構造物内の分散関係式について考察を加え, それをもとに慣性力係数, 線形抵抗係数の評価を行った。

2. 分散関係式 透過性構造物内の分散関係式は式(1)で表わされる(例えば, Sollitt & Cross, 1976)。

$$\sigma^2[\varepsilon + C_M(1 - \varepsilon) + if_p] = gk \tanh kh \quad (1)$$

ここに, ε : 空隙率, C_M : 慣性力係数, f_p : 線形抵抗係数, $\sigma = 2\pi/T$, T : 周期, k : 複素波数(実数部 $kr = 2\pi/L$: 波数, L : 波長, 虚数部 ki : 波高減衰率), g : 重力加速度, h : 水深である。これを解くためにはあらかじめ慣性力係数 C_M と線形抵抗係数 f_p が波の条件に応じて与えられなければならない。逆に, 実験により C_M と f_p を評価するためには, 実験により得られた波数 kr と波高減衰率 ki を同時に満足させる C_M と f_p を定める必要がある。

3. 実験装置と実験方法 実験は, 長さ78m, 幅0.9m, 深さ1.2mの2次元造波水路内に, 図-1に示す高さ0.8m, 長さ0.2m, 幅0.89mの透過性構造物を3個連続に設置して行った。これらの隙間(間隔0.01m)と前, 後面さらに, 岸側, 沖側に波高計を設置し, 透過性構造物内部の2カ所と前後面における水面変動, 反射率, 透過率を測定した。実験条件を表-1に示す。構造物内での波長 L をクロススペクトル解析により求め, 波数 $kr = 2\pi/L$ とした。また, 入射波高 H_i が構造物長さ $B = 0.6m(0.2m \times 3)$ で透過波高 H_T に減衰したものとみなし, 波高減衰率 ki を式(2)で算出した。

$$H_T = H_i \cdot \exp(-kiB) \quad (2)$$

4. 結果と考察 図-2は慣性力係数 C_M や線形抵抗係数 f_p による波長 L の変化を構造物のない場合での微小振幅波の波長 L_a で無次元化して示したものである。流体抵抗を0とし, 空隙率のみ与えた極限では($C_M = f_p = 0$, 空隙率 $\varepsilon \neq 0$), 式(1)の左辺が小さくなる(見かけ上, 周期が長くなる)ため波長は構造物がない場合の波長より大きくなる。 C_M や f_p が大きくなると波長は減少する。図-3に径深 R による複素波数 k の実測値の変化について示した。横軸は波数 $kr = 2\pi/L$, 縦軸は波高減衰率 ki を示す。周期 $T = 1.0s$ の場合には R による変化が顕著である。周期が長い場合では, 径深 R が小さくなると波高減衰率 ki は大きくなるが, 波数 $kr = 2\pi/L$ の変化は顕著ではない。図-4は分散関係式の解と実験結果とを比較したものである。分散関係式中の C_M , f_p はパラメータとして与え, 図中の各曲線を得た。周期が短い場合には図-4(a)のように分散関係式の解を用いて実験値を満たす C_M , f_p が求まるが, 周期が長い図-4(b)の $T = 2.0s$ では波高が大きくなると(□の左上がりの方向), 分散関係式の解から実験値の C_M , f_p は求まらなくなる。図-5, 図-6に, 図-4から求めた C_M や f_p とレイノルズ数 $Re = u_c R / \nu$ との関係を示した。ここに, R : 径深, u_c : 波峰時の静水面高さでの流速, ν : 動粘性係数である。慣性力係数, 線形抵抗係数とも周期に依存している。慣性力係数 C_M はレイノルズ数の増加にしたがって減少し, その値は $C_M = 2.3 \sim 0.3$ の範囲を示した。一方, 線形抵抗係数 f_p はレイノルズ数の増加にしたがって増加する。これらは田淵・滝川ら(1978)の結果と一致する。

5. おわりに 今後は実験データを蓄積し, 長周期, 高波浪時の場合も含め慣性力係数, 線形抵抗係数を定量的に評価できるようにしていく必要がある。

<参考文献> 泉宮・遠藤(1989), 海岸論文集, 第36巻, pp.638-642. 泉宮ら(1990), 海岸論文集, 第37巻, pp.544-548. 榊山ら(1990), 海岸論文集, 第37巻, pp.554-558. Somchai, R ら(1989), 海岸論文集, 第36巻, pp.643-647. 田淵・滝川(1978)第25回海講論文集, pp.402-406. Sollitt, C.K. and Cross, R.H. (1976), CERC Technical Paper No.76-8, July, 172p.

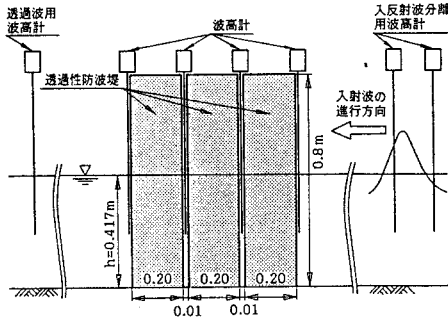


図-1 実験装置

表-1 実験条件(水深 $h=0.417\text{m}$)

CASE	中詰材	重量 $W(\text{kg})$	空隙率 ϵ	径 深 $R(\text{m})$	周期 $T(\text{s})$	進行波高 $H(\text{m})$
TL10-25	Tetra- pod	0.45	0.57	0.0123	1.0	0.015-0.14
TM10-25		0.054	0.55	0.0056	1.5	0.017-0.18
GL10-25	Gravel	0.54	0.50	0.0121	2.0	0.018-0.18
GM10-25		0.074	0.52	0.0058	2.5	0.018-0.19
GS10-25		0.0064	0.44	0.0022		

径深 $R = \epsilon Blh / (nS)$; B: 防波堤の長さ, l: 防波堤幅,
n: 中詰材の個数, S: 中詰材の表面積

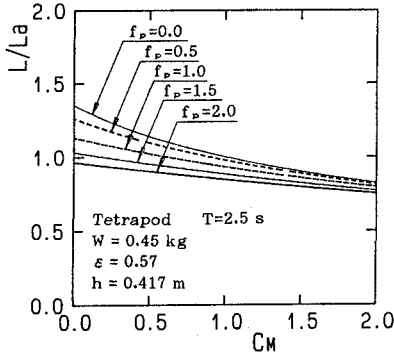


図-2 分散関係式の解の特性

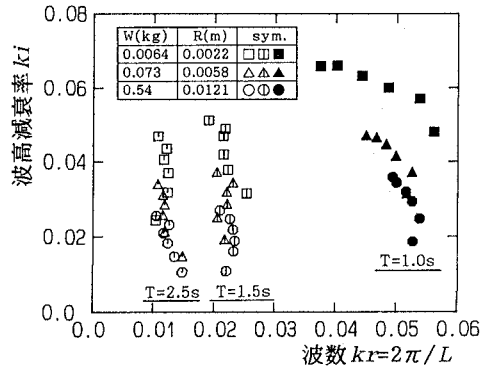


図-3 径深 R による複素波数 k の変化

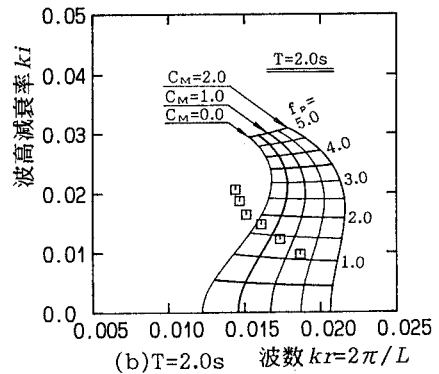
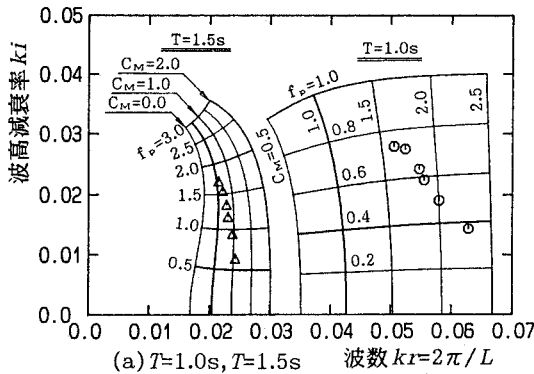


図-4 実験結果と分散関係式の解との比較

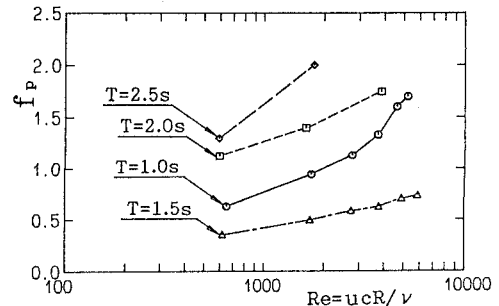
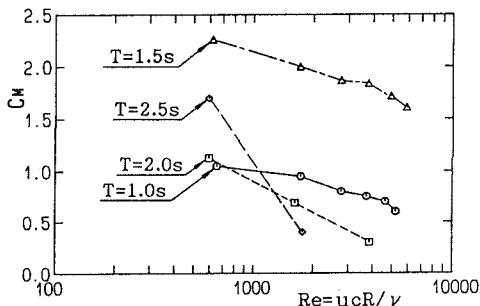


図-5 慣性力係数 C_m とレイノルズ数 Re との関係 図-6 線形抵抗係数 f_p とレイノルズ数 Re との関係