

フラップボード消波堤による波高減衰

運輸省第三港湾建設局	正 員	○ 堀 健作
徳島大学工学部	正 員	三島 豊秋
徳島大学工学部	正 員	中野 晋
徳島大学工学部	正 員	三井 宏

1. はじめに ここ数年での余暇の増加や生活様式の変化は、沿岸地域におけるマリンスポーツやマリレジャーなどの様々な活動を盛んにしている。それに伴い、市民生活における潤いのある場として、ウォーターフロントの役割が一層強く期待されてきている。そこで、景観を阻害せず水産協調型の特色を併せ持つ波浪制御構造物として、フラップボード消波堤が考案された。本研究では、フラップボード消波堤による消波実験を行ない、フラップボードに作用する抗力によって消費されるエネルギーおよびフラップボードの内部粘性によるエネルギー逸散の両者の関係について検討する。まず、実験結果よりフラップボードの抗力係数を推算する。ついで、抗力および内部粘性による波高減衰の表示式を定式化することにより、両者に及ぼす波の周期および天端水深の影響について検討する。

2. 実験方法 波高減衰の実験には全長約25m、幅約1.0mの水槽を用いた。実験用のフラップボードには、長さ25cm、幅5cmおよび厚さ0.8cmのゴム板を長さ約3mおよび幅約0.7mに渡って10cm間隔で千鳥式に135本設置した。図-1に示されている点AからIは波高計の設置位置を表す。実験では、天端水深が0、5および10cmの場合のそれぞれに対して、1.0秒から2.0秒まで0.2刻みの波の周期を対象に造波した。また、フラップボードの粘性によるエネルギー逸散を推算するために、点CからGで揺動しているフラップボードの先端の振幅を物差を用いて目測した。なお、使用したフラップボードのヤング率および粘性係数は 4.0×10^5 (kgf/m²) および0.138 (kgf・s/m²)である。

3. 抗力係数の推算 水深 h の流体中で揺動している長さ d のフラップボード群上を伝播する波のエネルギー方程式は、波が定常的であるときには次式で与える。

$$\frac{\partial C_g E_w}{\partial x} = -E_D \quad (1)$$

ここに、 C_g は波の群速度、 E_w は波のエネルギー、 E_D は単位面積あたりに

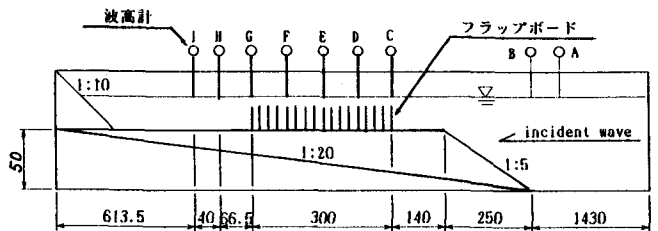
N 本のフラップボードが設置されているときの抗力によって失われるエネルギーであり、次式で与えられる。

$$E_D = \frac{\rho N b C_D H^3 \sigma^3}{12 \pi k \sinh^3 kh} \left(\sinh kd + \frac{1}{3} \sinh^3 kd \right) \quad (2)$$

ここに、 g は重力の加速度、 H は波高、 k および σ は波の角波数および角周波数である。式(1)に式(2)を代入し、整理するとフラップボード群上での波高減衰を表す次式が導かれる。

$$H = \frac{H_0}{\alpha_D H_0 x + 1}, \quad \alpha_D = \frac{N b C_D \sigma^2}{3 \pi n g \sinh^3 kh} \left(\sinh kd + \frac{1}{3} \sinh^3 kd \right) \quad (3)$$

ここに、 H_0 は初期波高、 n は群速度と波速の比である。実験より得られた波高減衰のデータから α_D を推



(単位:cm)

図-1 実験の状況図

定し、その値より抗力係数を算出する。図-2は、このようにして求められたフラップボードの抗力係数を Reynolds 数 $Re(=\hat{u}_d\sqrt{N}bd/\nu)$ の関数として示したものである。ただし、 $\hat{u}_d$ および ν はフラップボードの先端での流速振幅および流体の動粘性係数である。また、図中には実験データに基づく抗力係数の補間曲線も同時に示されている。

4. 粘性によるエネルギー逸散

波の周期で一周期平均されたフラップボード一本あたりの内部粘性によるエネルギー逸散量は次式で表される。

$$E_f = \frac{C}{T} \int_0^T \int_0^d \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 dz dt \quad (4)$$

ここに、 C はフラップボードの粘性係数および T は波の周期である。ここで、フラップボードの水平変位曲線 ξ に集中、等分布および三角形荷重を载荷したときの変位曲線と正弦振動の積を仮定する。式(4)で表される単位面積あたりのフラップボードの内部粘性によるエネルギー逸散 E_f は、次式のように書換えられる。

$$E_f = KC\sigma^2\zeta^2dN \quad (5)$$

ここに、 ζ はフラップボード先端の振幅であり、 K (三角形荷重の場合 $K=0.132$) は仮定された荷重によって決まる係数である。図-3は、実験結果に基づく抗力と内部粘性によるエネルギー逸散量の比を示したものである。

5. 粘性による波高減衰 フラップボードの内部粘性のみによる波高減衰曲線は、フラップボード先端の振幅と波高の関係を定式化することにより、それと式(1)および(5)より描くことができる。この定式化の過程で、補正係数 α を流体力に対するフラップボードの変位の補正のために導入する。図-4は、入射波高および補正係数をパラメータにしたときの抗力のみによる波高減衰曲線 (太線) およびフラップボードの内部粘性のみによる波高減衰曲線 (細線・点線) をそれぞれ示したものである。

6. 結語

抗力によるエネルギー逸散量に対してフラップボードの内部粘性によるエネルギー逸散量は無視し得るほど小さく、フラップボード消波堤としては抗力のみを評価すれば良いことがわかった。

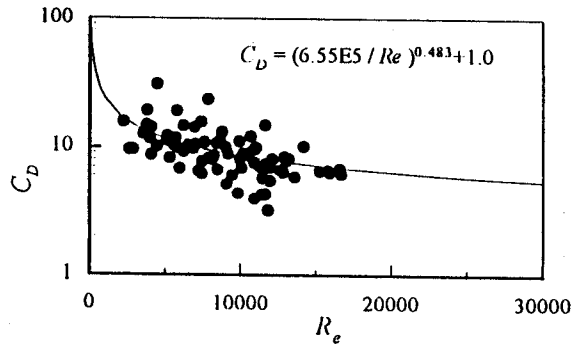


図-2 抗力係数

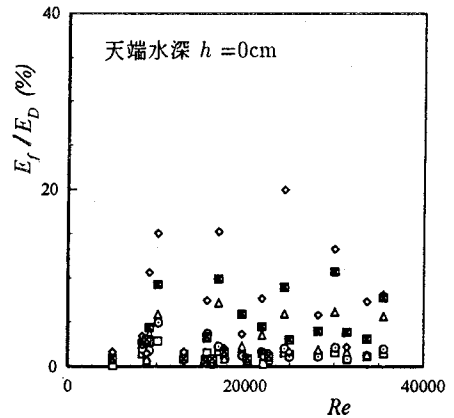


図-3 エネルギー逸散量の比

(□:測点C, ●:測点D, △:測点E, ◇:測点F, ■:測点G)

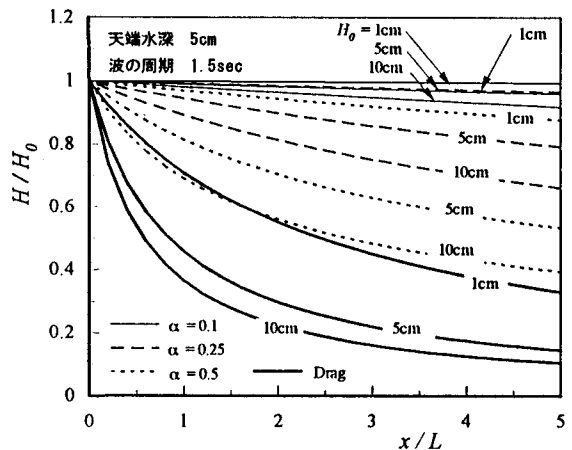


図-4 抗力および粘性による波高減衰