

太陽工業(株) 正会員○安井章雄
 大阪大学大学院 学生員 宮本崇広
 大阪大学工学部 学生員 白井仁志
 大阪大学大学院 正会員 出口一郎

1. はじめに

膜構造物は、軽量で輸送が容易なため仮設構造物として使用される。膜体を使用した浮消波堤の研究も行われているが、波高制御機構や膜に作用する係留力については検討されていない。

本研究では、水表面に展張した膜体による波高制御効果と膜体に作用する係留力について実験的に検討を加えたものである。

2. 実験の概要

実験は図-1に概略を示す2次元造波水槽を用いて行った。水深は28.2cmで実験波は周期 $T=0.8\sim 1.2$ sec, 波高 $H=2.1\sim 6.2$ cmの規則波とし、膜体は0.2mmのポリエチレン製で幅:70cm, 長さ:130~390cmを用いた。膜体は造波側に設けた2つの歪みゲージ付きプレートから糸を介して取り付け、シートの動きは波の伝達方向に限られ、鉛直方向には自由に動くことができる。また、歪みゲージ付きプレートは前もって載荷試験を行い、張力が測定できる。

波高は膜体の岸側と沖側に各2台設置した容量式波高計で、入射波高、透過波高を測定した。反射率は膜の沖側波高から合田の方法で、透過率は入射波高と透過波高の比として求めた。

3. 実験結果と考察

(a) 透過率と反射率

図-2に波形勾配 H/L をパラメータにとった場合の透過率と無次元シート長の関係を示す。図より、 a/L の増加と共に透過率が低くなることがわかる。波形勾配や比水深の影響はなく、反射率も a/L の増加と共に減衰した。このことから入射波のエネルギーが a/L の増加と共に保持されなくなると考えられる。

浜田(1977)は表面運動の粘性効果による時間減衰率 α_i を次式で与えている。

$$\alpha_i = \frac{k}{2\sqrt{2}} \sqrt{\nu \alpha_0 (K-1) - 2\nu k^2}$$

ここで、 k は波数、 ν は動粘性係数、 $\alpha_0^2 = gk + T'k^3$, g は重力加速度、 T' は表面張力、 K は表面拘束の状態を表すパラメーター($K=0$ で表面は完全拘束、 $K=1$ で拘束がない)である。

実験で得られた透過率から同様の時間減衰率 α_i は、

$$\alpha_{imea} = \ln(Kt) \frac{C}{a}$$

で求められる。ここで Kt は実験で求められた透過率、 C は波速、 a は膜長である。

$\nu=0.015$, $T'=75$, $K=0$ とにおいて両者を比較すると、実験値から求めた減衰係数は5倍程度大きい値となる。このことから粘性以外の効果が作用していると考えられ、膜体のせん断力と考えられる。

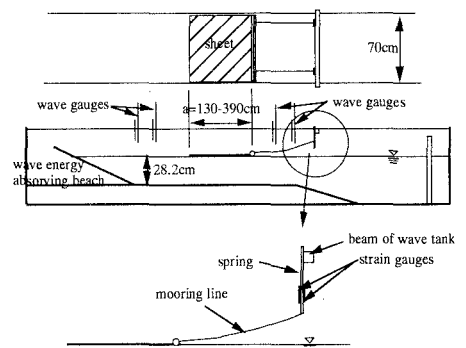


図-1 実験水槽および装置

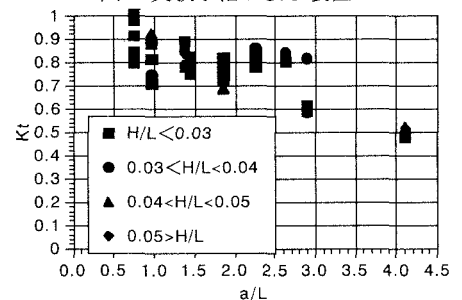


図-2 シートの波高減衰効果

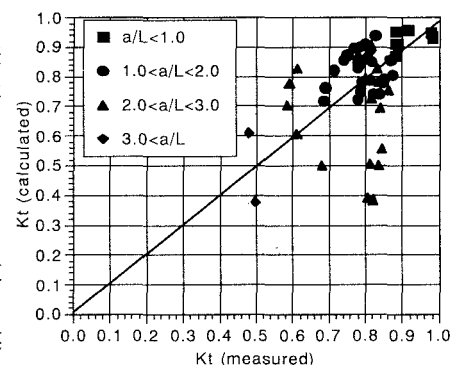


図-3 透過率の比較

膜に作用するせん断力を考慮したエネルギー保存則は次式で表される。

$$\frac{1}{8} \rho g H t^2 C_g - \tau a u_s = \frac{1}{8} \rho g H t^2 C_g$$

ここで $\tau = 1/2 \rho f u_s^3 a$ より

$$K t c a l = \frac{H t}{H i} = \sqrt{1 - \frac{4}{H i^2 g C_g} f u_s^3 a}$$

となり、 C_g は群速度、 u_s は表面での水粒子速度振幅である。図-3に摩擦係数 $f=0.15$ とした時の $K t c a l$ と実験で得られた $K t m e a$ を比較して示す。図より $0.2 < a/L < 3.0$ で多少のバラツキはあるもののほぼ $K t c a l = K t m e a$ となり、適当な f を与えることにより $K t$ が予測することができる。

b) 膜体に作用する係留力

図-4は $T=0.8s$ の場合に計測した係留力の時系列の一例である。図には時間平均係留力も示してあり、ほぼ一定になった時の値と定義した。最大係留力は動揺が定常状態になった10個の連続したピークの平均値とした。波の発生直後から周期的な係留力が発生するが、最小張力 F_{min} が常に正の値をとっており膜は常に波の伝播方向に作用していることがわかる。図-5に入射波高と平均係留力の関係を示す。図より、平均係留力は入射波高の2乗に比例する。このことから係留力は漂流力と考えられ、次式で与えられる。

$$F_d = \frac{\rho g}{16} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) H i^2 (1 + K r^2 - K t^2)$$

上式から求めた漂流力と実験で求めた平均係留力の関係を図-6に示す。図から平均係留力は漂流力の1/2程度になることがわかる。図-7に単位幅当たりの平均係留力と最大係留力の比較を示す。最大係留力は設計時に重要なファクターであり、図から最大係留力は平均係留力の5/3倍になっている。

4. まとめ

水表面に展張した膜体による波高制御効果と膜体に作用する係留力について実験的に検討を加えた。得られた結論は次の通りである。

- 透過率・反射率は波形勾配や比水深に関係なく a/L の増加と共に低減する。
- シートによりエネルギー逸散が起こる。その要因はシートによるせん断力で、適当な摩擦係数 f を与えることで、透過率が推定できる。
- シートに作用する平均係留力は入射波高の2乗に比例する。このことから平均係留力は漂流力によるものと考えられ、その値は漂流力の1/2倍である。
- 最大係留力は平均係留力の5/3倍である。

参考文献

- 加藤ら：シート型浮防波堤の消波効果について，第16回海岸工学講演会講演集，pp297～299，1969
- 浜田徳一：表面波の表面運動の粘性効果，第24回海岸工学講演会論文集，pp1～4，1977

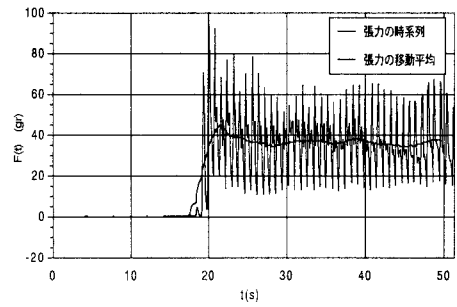


図-4 係留力の時系列

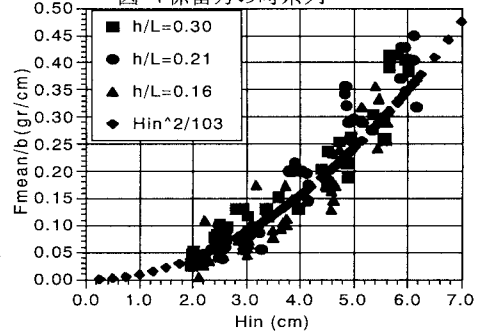


図-5 入射波高と平均係留力

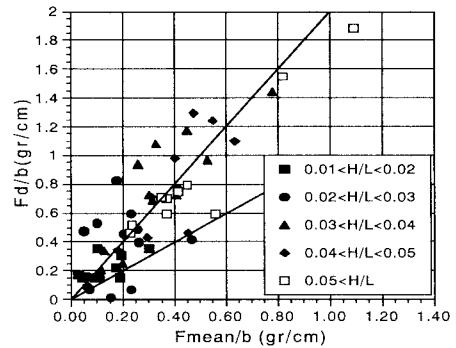


図-6 漂流力と平均係留力

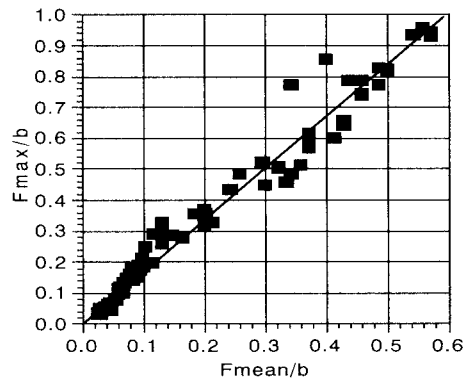


図-7 平均係留力と最大係留力