

波流れ共存場における膜体・網状構造物のふかれ変形と係留力に関する実験的研究

太陽工業株式会社 土木エンジニアリングカンパニー 正会員 ○安井 章雄
 大阪大学大学院 工学研究科土木工学専攻 正会員 出口 一郎

1. はじめに

膜体および網状浮体構造物は水産、海洋環境等の分野で使用例が多い。これらの構造物は流れによりふかれ変形が生じるため、初期高さに比べて有効高さは減少し、作用する係留力にも大きな影響を与える。流れが作用する場合のふかれ変形や係留力については既にいくつかの研究が行なわれ、著者ら(2001)も報告している。本研究では、波流れ共存場に展張された膜体および網状浮体構造物のふかれ変形や作用する係留力を求めるため、実験的な検討を行ない、流れ場に展張された場合と比較検討した。

2. 水理実験

実験は図-1に示す長さ30m、幅0.7m、高さ0.9mの二次元水槽で行った。水槽の上部には長さ方向にレールが設置してあり、その上を台車が滑らかに移動できる。膜体および網状構造物は、台車に設置した2つの片持ち梁式張力計から係留索を介して水面から垂下した。膜および網の上部には直径5cmの発泡スチロール製フロートを設け浮力を与えると同時に変形を防止し、下部には重錘を取り付けた。実験に用いた膜体は、0.08mm厚ポリエステル製織布(遮蔽率 1)で、網は線径3mm、目合65mmのポリエチレン製有結節漁網である。ただし、網には直径4mmのストローをかぶせ、曲がらないように加工している(遮蔽率 0.12)。流れを作用させる代わりに膜体および網状構造物を係留した台車を任意の速度で移動させた。流速は台車に設置した電磁流速計、波高は膜体や網の沖側と岸側に設置した容量式波高計によって測定した。水深 h は75cm一定とした。膜および網のふかれ変形は、水槽側面から台車に設置したビデオカメラで撮影した画像によって解析した。膜の場合は、幅 $b=69\text{cm}$ 、高さ $d=39\text{cm}$ 、網の場合は、幅 $b=64\text{cm}$ 、高さ $d=52\text{cm}$ 、重錘質量は $W=0.024\sim0.037\text{N/cm}$ とした。流速は $U=0\sim42\text{cm/s}$ 、実験波は規則波で周期 $T=0.8\text{s}\sim1.8\text{s}$ 、入射波高は $H=2\sim11\text{cm}$ の範囲で数種類変化させた。重錘は膜(網)の下部両端に配置するケースと膜(網)の下部横断方向に均等に配置するケースの2種類とした。網の場合においては、目合は菱形形状で行った。

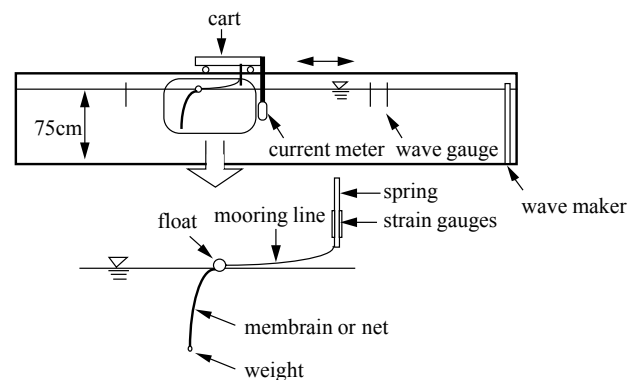


図-1 実験装置

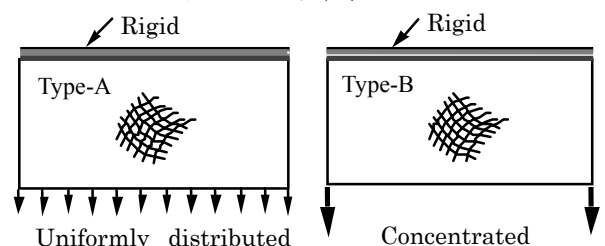


図-2 重錘の配置

3. 実験結果と考察

膜のふかれ変形に伴う有効高さ d_e は小田ら(1996)、青木ら(1998)、田端ら(1999)にならって、次式から算出する。

$$d_e = \frac{W}{\sigma} \sin\left(\frac{\sigma d}{W}\right) \quad (1)$$

$$\sigma = \beta \frac{1}{2} \rho U'^2 = \beta \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Uh}{h-d_e} \right)^2 \quad (2)$$

ここで、 W は単位幅当りの重錘質量、 σ は膜の単位長さ当たりの流体力、 U' は膜下部で縮流した流れの平均流速、 d は膜の高さ、 β は実験定数、 h は膜の設置位置での水深である。図-3 に、膜体および網状構造物の有効高さの実験

キーワード 膜体構造物、網状構造物、波流れ共存場、ふかれ変形、係留力

連絡先 〒532-0012 大阪市淀川区木川東 4-8-4 太陽工業(株) 土木エンジニアリングカンパニー TEL 06-6306-3060

値と式(1), (2)に基づく計算値の比較を示す。著者ら(2001)の研究では, 流れのみの場合に膜体で $\beta=1.5$, 網状の場合に $\beta=0.04$ を与えることで実験結果とよく一致しており, 本研究でも同じ値を用いた。なお, d/h は実験諸元より, 膜体では $d/h=0.52$, 網状では $d/h=0.69$ を用いた。膜体および網状構造物ともに有効高さ d_e/d は, 波流れ共存場においても, 流速 u で整理することで計算とよく一致し, u_w/u や重錘配置の影響も大きくないことがわかった。なお, 網がふかれにくい原因は, 網が高い透水性を持ち, 流体力が作用する投影面積(遮蔽率)が膜と比較して非常に小さいことから, 作用する流体力も小さくなるためである。

図-4は, 波流れ共存場における膜体構造物に作用する最大無次元係留力(水平力) $F_{\max}/W$ と無次元最大流速($1/2\rho U_{\max}^2 d/W$)の関係を示したものである。最大流速 $U_{\max}$ は流れ u と波による水粒子速度 u_w の最大値の和とした。実線は著者ら(2001)による流れ場における係留力を示している。図-4より, 膜に作用する係留力は $1/2\rho U_{\max}^2 d/W < 3$ の場合には, 波形勾配 H/L や u_w/u の影響は顕著に見られない。しかし, 無次元流速の増加により H/L が大きい程係留力も大きくなる。しかし, H/L が小さい時には, 最大係留力は, 流れのみの場合とほぼ同じ値をとる。最大係留力は波形勾配の増加とともに, 大きくなる傾向が見られる。図-5は網状構造物の場合を示している。膜体の場合と同様に, 無次元流速の増大とともに係留力は増大し, 波形勾配が小さい時には, 係留力は流れのみの場合とほぼ同じ値になる。しかし, 膜のように波形勾配の影響は, それ程大きいものではない。

図-6は周期の影響について検討したもので, $K.C$ 数($u_w T/d$)と係留力 $F_{\max}/W$ の関係を示している。膜体の場合, $u_w T/d=0.5$ 付近で $F_{\max}/W$ は明らかなピークが見られる。網状の場合は, $u_w T/d=0.4$ でピークが見られるものの膜の場合ほど顕著ではない。

以上の結果をまとめると, 膜体および網状構造物のふかれ変形への波の影響は小さくなく, 流れによって決まる。一方, 作用する係留力は, 周波数の影響を大きく受ける。

参考文献

- 青木ら(1998): 自立式汚濁防止膜の有効高さ係留力の実用算定法, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.796-800.
 小田ら(1996): 汚濁防止膜周辺の物質拡散の高精度予測手法に関する研究, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.1151-1155.
 田端ら(1999): 垂下型汚濁防止膜の係留力に関する模型実験, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.846-850.
 安井ら(2001): 網状浮体構造物のふかれ変形と作用する係留力に関する研究, 海岸工学論文集, 第48巻, pp.881-885.

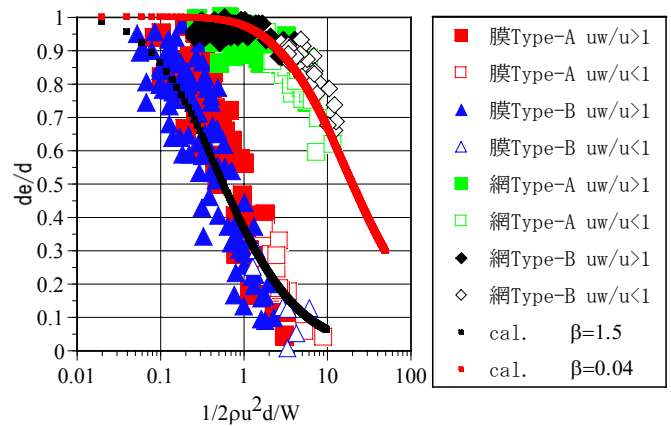


図-3 膜体および網状構造物の有効高さと計算値

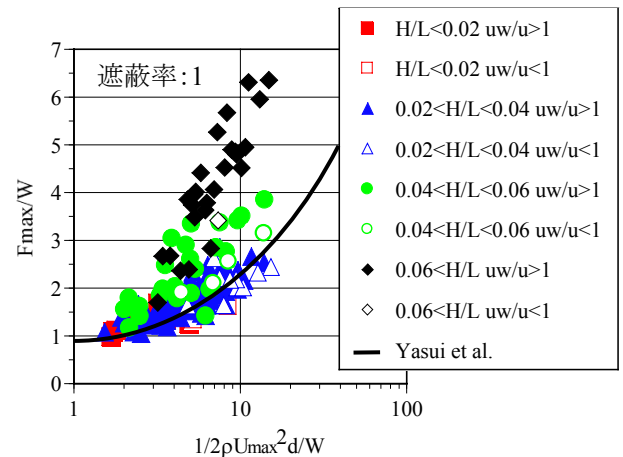


図-4 膜体構造物に作用する係留力(波流れ共存場)

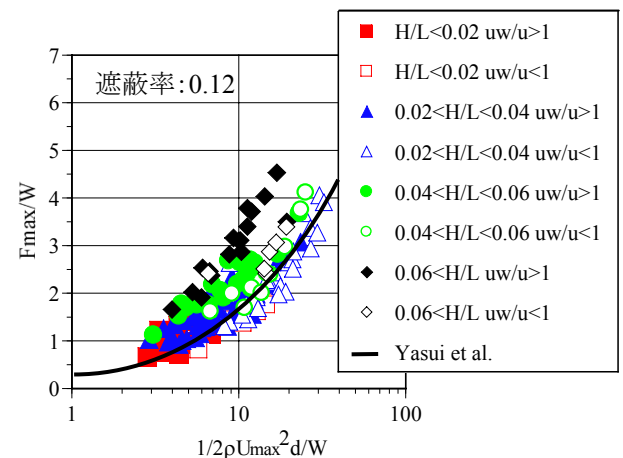


図-5 網状構造物に作用する係留力(波流れ共存場)

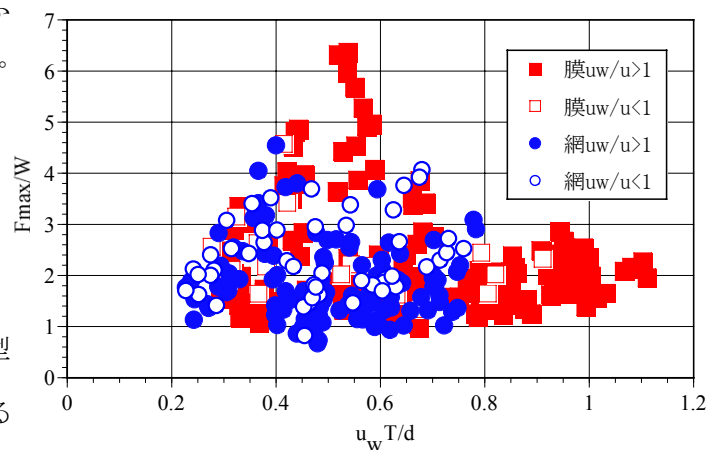


図-6 $F_{\max}/W$ と $u_w T/d$ の関係(膜体および網状)