

II-160

膜式防波堤の消波および波力特性

清水建設（株）
（株）ブリヂストン（正）田中正博・大内田博喜
高崎 守

1. はじめに

外洋に面した漁港、マリーナ等の小型港湾では、台風などの来襲により港内の静穏が十分に保てない場合があり、船舶を陸揚げしたり他の安全な港に避難させねばならず、漁業者にとって大きな負担となっており、開口部から進入する波浪を容易に遮蔽または低減する方法が望まれている。このような小型港湾内における、台風など荒天時の船舶の被害（船舶同士の衝突による破損、ロープの切断など）の多くは、港内に進入した非常に長周期の波による副振動に起因するものと考えられている（例えば、田中ら：1995、清水ら：1994）。これら長周期の波の進入を防波堤の配置等で防ぐことは難しく、長周期成分が入射しないように開口部を締め切る方法が最も有効である。著者らはこの課題に対応するため、すでに開発済みの膜構造の没水型消波堤（フレキシブルマウンド）の「平常時は海底に倒伏しておき荒天時のみ起立して消波する」という特長を活かし、長周期波浪を遮蔽でき、広範囲の波浪に対し十分低い透過率が得られるように頭出し型の膜式防波堤を開発した。本論文は、これまでに検討した膜式防波堤の水理特性のうち、消波および波力特性について報告するものである。

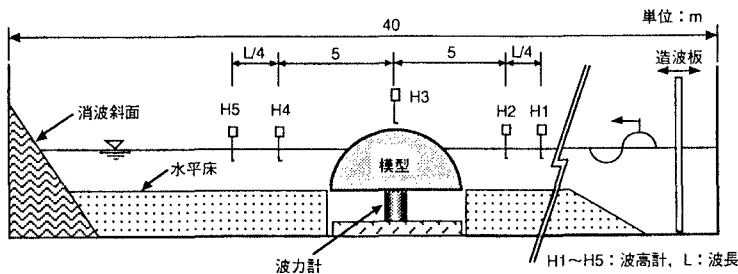


図-1 実験装置の全体配置

2. 実験方法

実験に用いた水槽は、長さ40m、幅0.6m（全幅4.0mのうち、中仕切り板で区切られた0.6m幅の水路）、深さ1.3mで、実験装置の全体配置は図-1に示すとおりである。使用した模型は、繊維補強された軟質塩化ビニール製の袋体で、起立時の寸法は底部の幅 $B=80\text{cm}$ 、奥行き 60cm 、高さ $d=40\text{cm}$ である（ただし、模型の高さは水深および内部の水圧により若干変化する）。模型に作用する波力は模型の下に底板を介して取り付けられた3分力計で測定した。ここに報告する実験条件を表-1に示す。

表-1 実験条件

Case	水深 h (cm)	波高 H_1 (cm)	周期 T (s)	天端高 d (cm)	d/h	R/H_1
A	31	7.5, 10, 15	1.5 ~ 5.0	37.9	1.22	0.46 ~ 0.92
B	28	10, 15, 20	〃	37.5	1.34	0.48 ~ 0.95
C	25	7.5, 10, 15	〃	37.2	1.49	0.81 ~ 1.61

(T は0.25ピッチ、 d は $h=28\text{cm}$ のとき袋体に 39.5g/cm^2 の水頭をかけたときの値)

3. 実験結果および考察

(1) 消波特性：図-2は、Case-Aの $R/H_1 = 0.46, 0.69, 0.92$ 、Case-Bの $R/H_1 = 0.95$ およびCase-Cの $R/H_1 = 0.81, 1.21$ に対する透過率 K_T 特性を示したものである。ただし、図の横軸 T' は基準化した波の周期で、膜式防波堤の堤体幅 B の平方根を掛けると構造物の大きさに対応した周期 T が得られる。膜式防波堤の透過率は、堤体高と水深の比 d/h の影響は比較的小さく、天端上高さと入射波高との比 R/H_1 が支配的なパラメータであり、 $R/H_1 = 0.46$ の場合には $K_T = 0.4$ 程度、 $R/H_1 = 0.69$ のとき $K_T = 0.3$ 程度、 $R/H_1 = 0.95$ の場合は $K_T = 0.2$ 程度の消波性能が得られる。また、波の周

期によるこれら透過率への影響は比較的小さく、 $R/H_f = 0.46$ の $T^* > 4$ 秒以上を除き、その変動は0.1程度である。なお、図に示した結果は、谷本ら(1988)の開発した半円形ケーソン堤による透過率特性とほぼ一致している。

(2) 波力特性：図-3は、水平岸向き方向の波力係数 f_x 特性の一例を示したものである。ただし、 f_x は単位幅当りの水平波力 F_x を $\rho g B H_f$ で除した無次元波力である。 $R/H_f = 0.46 \sim 0.92$ の範囲では、波高が波力係数に及ぼす影響は比較的小さく、 f_x は周期 T が長くなるにしたがって大きくなっている。

図-4は、図-3に示した $R/H_f = 0.92$ の実験結果と、幅と高さの等しい矩形ケーソン（合田式による波力：実線）、および半円形ケーソン堤（谷本ら(1987)の提案した(1)式による結果：△印付の破線）の波力係数を比較して示したものである。図中で、▲印付の破線は△印の結果に0.65をかけた値である。

$$\left. \begin{aligned} p_1^* &= p_1 \\ p_2^* &= \lambda_2 p_1 \\ \lambda_2 &= \cos^2(2\pi \Delta l / L) \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに、 p_1^* 、 p_2^* ：半円形ケーソンの水面と海底面での波圧、 p_1 、 p_2 ：合田波圧式、 Δl ： p_1^* と p_2^* の水平距離、 L ：入射波の波長である。図より、膜式防波堤の水平波力は半円形ケーソン堤の計算結果に0.65をかけるとほぼ一致する。膜式防波堤の水平波力が半円形ケーソン堤よりもかなり小さくなるのは、波圧に位相差が生じるだけでなく、波が作用したとき袋体が若干変形力を吸収するためと考えられる。一連の検討から、膜式防波堤の波力は円形ケーソン堤の波力計算式(1)に0.6～0.7をかけて得られる。

4. まとめ

頭出し型の膜式の防波堤を開発し、その消波と波力特性を検討した。得られた主な結果は以下のとおりである。

- 1) 消波性能は端上高さが入射波高との比 R/H_f によってほぼ決まり、透過率 K_T と R/H_f の関係は以下の値を目安とすることができ、通常の半円形ケーソン堤の結果とほぼ等しい。

- ・ $K_T = 0.4$ 程度の消波効果： $R/H_f = 0.5$
- ・ $K_T = 0.3$ 程度の消波効果： $R/H_f = 0.7$
- ・ $K_T = 0.2$ 程度の消波効果： $R/H_f = 0.9$

- 2) 膜式防波堤に作用する水平波力は半円形ケーソン堤の波力（計算結果）の60～70%であり、その算定式に補正係数としてをかければ波力を求めることができる。

今回は紙面の関係上割愛したが、膜式防波堤の長周期の波に対する消波性能、鉛直方向の波力、波作用時の膜張力等の検討結果は別の機会に報告する予定である。

一参考文献一

- 田中正博他(1995)：風来襲時の由比漁港の波浪観測と泊地内の波浪特性，第50回年次学術講演会梗概集
清水琢三他(1994)：漁港内の長周期水面変動と平均水位上昇に関する現地観測と水理実験，海講論文集 第41巻，pp. 76-80。
谷本勝利他(1987)：半円形ケーソン堤の水理特性と設計波力，第34回海講論文集，pp. 551-555。
谷本勝利他(1988)：半円形ケーソン堤の水理特性と設計波力（その2），第35回海講論文集，pp. 662-666。

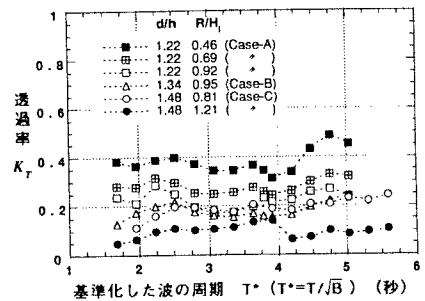


図-2 膜式防波堤の透過率特性

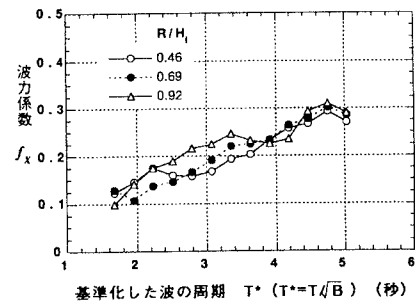


図-3 水平岸向きの波力係数の一例 (Case-A)

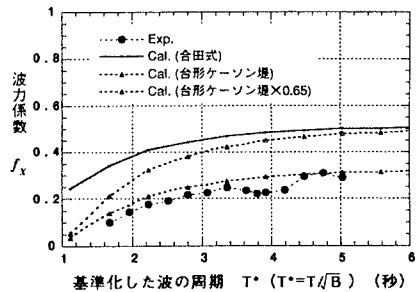


図-4 水平岸向きの波力係数の比較 (合田式、台形ケーソン堤)