

II-252

## 可撓性膜人工礁による波浪の制御特性

清水建設(株)

(正)田中正博

三俣正和

(正)清川哲志 (正)大山巧

建設省土木研究所

(正)宇多高明 (正)村井頼美

## 1.はじめに

最近、ウォーターフロント開発、とりわけ海洋レクリエーションのための沿岸域整備や港湾の再開発が大きな注目を集めている。このような海洋空間を創出するためには従来の波浪制御機能に加えて、美観・景観を損なわない、ボート・船舶の航行を妨げない、利用する人の安全性が高い、海水交換に優れているなどの機能を有する海域制御構造物が必要である。著者らはこれらの機能を有する新しい海域制御構造物として、ゴム堰のような袋体に水を充填する可撓性の人工礁(以下可撓性膜人工礁という)を考案した。可撓性膜人工礁はこれまで実構造物は勿論のこと、基礎的研究も行なわれていないので、その水理特性は全く分かっていない。そこで可撓性膜人工礁の波浪制御特性を把握するため、ゴム製の潜堤を用いて実験を行った。

実験の結果、従来の剛体の潜堤とまったく異なる波の透過・反射特性が得られたのでここに報告する。

## 2.実験装置および実験方法

実験に使用した水槽は、長さ4.0m、幅0.6m、深さ1.3mの鋼製、片面一部ガラス張りである。使用した模型は、天然ゴム製の水枕のような幅0.6mの袋体で、中に適量の水を注入することによりほぼ二次元モデルとみなせる円弧状断面の柔構造潜堤となる。本実験では水槽の底を一部かさ上げして使用したため入射波、透過波および反射波を同時に測定することが困難であった。そこで、まず模型を設置しないで入射波を測定し、次に模型を設置して同じ条件の波を作成させて透過波および反射波を測定した。入射波高は模型の設置予定位置で、透過波高は模型の中心から3.5m後方で測定し波形が定常になった後の10波の平均値を用いた。また、反射波は模型の中心から2m離れた位置から移動測定して得られた波高をHealeyの方法で求めた。可撓性膜人工礁の実験では柔らかさ・変形のし易さを定義する必要があるので、本実験では模型の内部に過剰に付加した水圧 $\Delta p$ で表すこととし、この付加水圧は模型の注排水口に取り付けた管をマノメータとし、これにより測定した。本実験で用いた模型および波浪に関する実験条件を表-1に、また、本報告に用いている記号を図-1にそれぞれ示す。

## 3.実験結果および考察

没水型構造物の波浪制御特性は天端上水深と入射波高との比 $R/H_i$ によってほとんど支配され、一般に大きな防波効果を得るためにには $R/H_i \leq 1.0$ とする必要があること、また、堤体幅と波長との比 $D/L$ の増加に伴って透過率 $K_t$ は低下することが多くの研究報告<sup>1)2)</sup>に示されている。図-2は、通常の潜堤の設置条件に近い $R/h = 0.25$ の場合の可撓性膜人工礁の透過・反射特性で、従来の剛体の透過特性と著しく異なる特徴を示している。すなわち、① $K_t$ はあまり $R/H_i$ に依存せず、 $R/H_i = 2.5$ でも $K_t \leq 0.4$ が得られる、② $K_t$ は $D/L$ によって大きく変化しており、 $D/L$ を大きくすることが必ずしも防波に有効ではないことがわかる。一方、反射率 $K_r$ は全般にやや大きくなっているが、顕著な特徴は認められない。

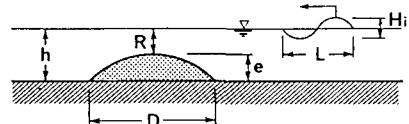


図-1 記号の説明

表-1 実験条件

波浪 条件	周期 T (sec)	0.7 ~ 2.1
	波高 H_i (cm)	2.0, 4.0, 6.0
模型 条件	堤体幅 D (cm)	60.0
	堤体高 e (cm)	15.0, 19.0
	天端水深 R (cm)	5.0, 12.0
	設置水深 h (cm)	20.0, 27.0

図-3は、図-2の場合に比べて天端上水深および $R/H_i$ が大きい場合( $R/h = 0.444$ 、 $R/H_i = 2.0 \sim 6.0$ )の透過・反射特性である。図からわかるように、従来の没水型構造物では防波効果が全く得られなかった  $R/H_i \geq 2.0$  すぐれた防波効果が得られており、しかも  $R/H_i$  の大きい場合に  $K_t$  が小さくなっている。特に  $R/h = 0.444$  と天端上水深が大きく、かつ全く碎波を生じない  $R/H_i = 6.0$  の場合に大きな防波効果が得られるというきわめて注目すべき結果でありこれは可撓性膜人工礁の用途を大きく広げるものである。一方  $K_r$  は従来の潜堤（一般に  $K_r < 0.2$ ）に比べて大きくなっているので、波の反射を小さく抑える必要がある場合には若干工夫が必要である。構造物の没水率  $R/h$  が大きく、碎波を全く生じない  $R/H_i$  で  $K_t$  が小さく、かつ  $K_r$  が大きくなっていることから、可撓性膜人工礁の消波のメカニズムは、従来の潜堤のように碎波とその後の減衰によるのではなく、構造物の動きによって発生する “radiation wave” との干渉効果が重要な役割を果しているものと考えられる。また、 $R/H_i = 6.0$  の場合、透過波のパワースペクトルが入射波の周波数以外の成分をほとんど含まないので、 $K_t$  と  $K_r$  から直接エネルギー損失  $K^2$  を求めることができる。図-4は、 $R/H_i = 6.0$  のときの  $D/L$  と  $K^2$  の関係を示したものである。可撓性膜人工礁の動きに伴って波エネルギーの 40% ~ 50% が失われたことになる。本実験の場合、模型と水槽の側壁は一部しか接触していないので、このエネルギー損失は膜材料の減衰作用に起因するものと考えられる。

付加水圧、膜材の剛性の違いによる波浪制御特性についても若干実験を行ったが、明確な因果関係を見出すには至らなかった。しかし、付加水圧、膜材の剛性や人工礁の質量によって可撓性膜人工礁の透過・反射特性は大きく異なるので、radiation wave の発生にこれらのパラメータが重要な役割を果していると思われる。

#### 4. おわりに

可撓性膜人工礁による波浪制御特性は従来の没水型構造物のように  $R/H_i$  や  $D/L$  にはほとんど依存しないので、没水率  $R/h$  が大きく  $R/H_i$  の大きい場合にもすぐれた防波性能を得ることができることがわかった。本実験で得られた結果を踏まえ、二次元性が保たれるように模型を改良し、付加水圧や膜材の剛性が波浪制御特性に及ぼす影響を検討する予定である。

#### 参考文献

- 永井莊七郎・倉田克彦・長谷川恵一：潜堤の消波効果に及ぼす天端幅の影響、第24回海講論文集、pp.303~307, 1977
- 田中則男：天端幅の広い潜堤の波浪減殺および砂浜安定効果について、第23回海講論文集、pp.152~157, 1976

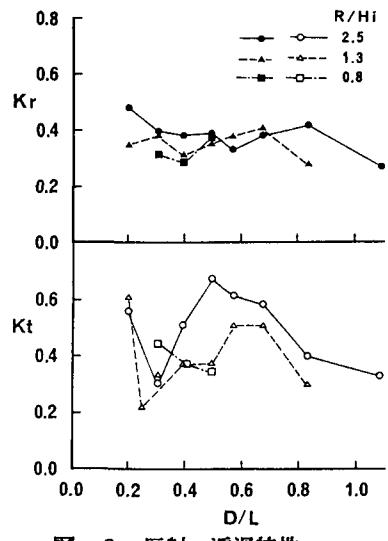


図-2 反射・透過特性

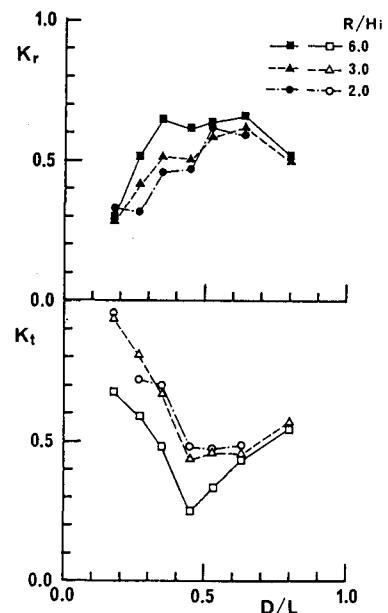
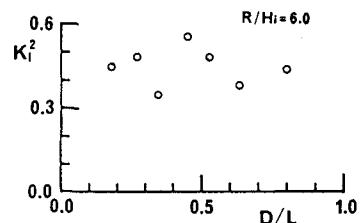
図-3  $R/H_i$  の  $K_t$ ・ $K_r$  への影響

図-4 可撓性膜人工礁によるエネルギー損失（非碎波）