

清水建設(株) (正)田中正博 (正)大山 巧 (正)清川哲志  
建設省土木研究所 (正)宇多高明 (正)村井禎美

## 1. はじめに

欧米におけるウォータフロント開発の成功という外的要因、ゆとりある生活を送るため余暇活動を充実させたいという内的要因から、最近我が国でもレクリエーションのための海岸域の整備が強く望まれている。レクリエーションのための海岸は、従来の防波・消波機能や侵食防止機能もさることながら、「美観・景観にすぐれている」、「利用者に対する安全性が高い」などの機能を有することが重要である。このようなニーズに応えるため、著者らはフレキシブルな膜製の袋体に水を充填して構成される柔構造の潜堤フレキシブルマウンド(以下FLMと称する)を考案し、FLMの消波メカニズム、各パラメータがFLMの消波特性に及ぼす影響について実験的、理論的に検討した。その結果、FLMの消波は入射・散乱波とFLMの運動に伴って発生するradiation waveとの干渉作用が主因であること、FLMの消波特性は線形ポテンシャル理論に基づく数値解析法で評価できることを明らかにした<sup>1), 2)</sup>。また、FLMの消波特性に大きな影響を及ぼすパラメータは没水率、FLM内部に加える付加水圧であるがわかった。本論文は、FLMの設計という観点から実用的なFLMの寸法・設置条件を数値解析法を用いて検討した結果を報告するものである。

## 2. FLMの消波特性に係わるパラメータとその影響

従来の没水型構造物のパラメータに加えて、FLM特有のパラメータとして膜材の弾性定数 $E$ 、単位体積重量 $\rho_m$ 、膜材の厚さ $\varepsilon$ 、付加水圧 $p_0$ があり、結局FLMの透過率 $K_T$ 、反射率 $K_R$ は以下のような8つの無次元パラメータで決定されることになる。

$$K_T, K_R = f(B/L, B/h, R/h, H_i/L, E/\rho_m g B, \rho_m/\rho, \varepsilon/B, p_0/\rho g h)$$

ただし、 $h$ :水深、 $B$ :FLMの堤体幅、 $R$ :天端上水深、 $H_i$ :波高、 $L$ :波長、 $\rho$ :水の密度、 $g$ :重力加速度である。数値解析および模型実験で検討した結果、 $H_i$ 、 $E$ の違いによる $K_T$ 、 $K_R$ 特性への影響は小さく、 $B/L$ 、 $R/h$ 、 $p_0/\rho g h$ が $K_T$ 、 $K_R$ に大きな影響を及ぼすことがわかった<sup>1), 2)</sup>。また、現時点で考えられるFLMの膜材の範囲では、 $\rho_m$ 、 $\varepsilon$ の違いによる $K_T$ 、 $K_R$ への影響も小さいと考えられる。ところで、FLMの設計上重要なパラメータは、構造物の寸法・設置条件を表す $B/h$ 、 $R/h$ 、 $p_0/\rho g h$ と、波の条件を表す $B/L$ (または $h/L$ )である。FLMは $B/h$ および $p_0/\rho g h$ が小さいほどコスト、ハンドリング、施工上都合がよい。一方、機能上からは広い範囲の波の周期に対して消波できることが望ましい。そこで、効率的な消波性能を得るために必要な構造物の寸法・設置条件を実用的な観点から数値解析により検討する。線形ポテンシャル理論に基づく数値解析手法は発表済み<sup>2)</sup>であるので、ここでは省略する。また、本解析法による結果は、 $K_T^2 + K_R^2 = 1$ を満足するので、ここでは $K_T$ のみを示す。

〈堤体幅水深比 $B/h$ の $K_T$ への影響〉図-1は $B/h$ を1.2, 2.0, 2.8に変化させたときの $h/L$ に対する $K_T$ の特性を示したものである。ただし、 $R/h=0.4$ 、 $p_0/\rho g h=0.1$ である。 $h/L \leq 0.15$ および $h/L \geq 0.35$ では、 $B/h$ による $K_T$ の特性の違いは小さい。一方、 $0.15 < h/L < 0.35$ では、 $B/h$ が大きいほど広い範囲の $h/L$ に対して $K_T$ が小さくなっており、広い周期帯の波に対して消波効果をえられることがわかる。しかし、 $B/h$ をむやみに大きくすることは、材料寸法が大きくなるだけでなく、膜材に働く張力も大きくなり高強度の材料を必要とするので実用的ではない。静水時FLM膜材には、 $F_T \approx p_0 r$ ( $r$ :FLM上面膜の曲率)の張力が働くので、堤体幅 $B$ を大きくすると $r$ も大きくなり、 $F_T$ が増加することになる。著者らがこ

れまで検討してきた結果から判断すると、 $B/h=2.0\sim 2.5$ が実用的な値と思われる。以下では $B/h=2.4$ の場合について検討する。  
 〈没水率 $R/h$ の $K_T$ への影響〉図-2は、 $R/h$ を0.2, 0.4および0.6に変化させたときの $B/L$ と $K_T$ の関係を示したものである。ただし、 $B/h=2.4$ ,  $p_o/\rho gh=0.1$ ,  $E/\rho_m g B=600.0$ である。没水率 $R/h$ によって、 $K_T$ の特性が大きく異なることがわかる。これはFLMに関する他のパラメータが同じでも $R/h$ が異なれば、発生するradiation waveの特性が大きく異なるためである。 $R/h=0.4$ の場合、 $0.2 < B/L < 1.2$ で $K_T \leq 0.6$ 、また $0.45 < B/L < 1.1$ で $K_T \leq 0.4$ となっており、広い範囲の周期に対して消波効果を得られることがわかる。一方、 $R/h=0.2$ および0.6の場合、特定の $B/L$ 近傍のみで $K_T$ が小さくなっており、実海域における波の周期の不規則性を考慮するとあまり実用的とは言えない。従来潜堤の場合 $R/h$ を小さくするほど $K_T$ も小さくなるが、FLMの場合 $R/h$ を極端に小さくしたり、大きくすることは消波性能上好ましくない。ただし、 $R/h$ を小さくした場合、実際にはFLM上で砕波するため解析結果よりも小さい $K_T$ となる。煩雑になるため図中には示さなかったが、 $R/h=0.2\sim 0.7$ で、0.1づつ変化させて計算させたところ、 $R/h=0.3\sim 0.5$ においてすぐれた消波効果が得られた。模型実験でも同様な結果が得られた。実海域における水位の変動を考慮すると、 $R/h=0.4$ が実用的な設置条件と考えられる。

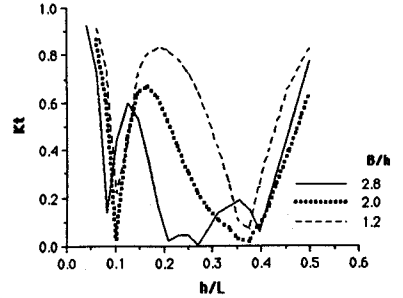


図-1 堤体幅水深比 $B/h$ の $K_T$ への影響

〈付加水圧率 $p_o/\rho gh$ の $K_T$ への影響〉図-3は、 $B/h=2.4$ ,  $R/h=0.4$ ,  $E/\rho_m g B=600$ で一定とし、 $p_o/\rho gh$ を0.075, 0.10, 0.125に変化させたときの $B/L$ と $K_T$ との関係を示したものである。  
 $p_o/\rho gh=0.10$ の場合、比較的広い範囲の $B/L$ で $K_T \leq 0.6$ になっており、特に $0.5 < B/L < 1.05$ で $K_T \leq 0.2$ と著しく小さくなっている。これに対し、 $p_o/\rho gh=0.075, 0.125$ の場合、 $K_T \leq 0.2$ となるのは特定の $B/L$ 近傍のみであるが、0.10の場合よりもさらに広い範囲の $B/L$ で $K_T \leq 0.6$ になっているのが特徴である。そして、 $p_o/\rho gh=0.075$ の場合は短周期の波の、 $p_o/\rho gh=0.125$ の場合は長周期の波のそれぞれ消波に対して効果的である。図には示さなかったが、 $p_o/\rho gh \leq 0.05$ および $p_o/\rho gh \geq 0.15$ の場合、図示した3ケースの場合よりも消波効果は低下する。なお、模型実験では $p_o/\rho gh=0.05\sim 0.1$ の場合に概ね消波効果が高かった。したがって、実海域においても $p_o/\rho gh=0.05\sim 0.1$ になるように設置すれば高い消波効果が得られるものと思われる。

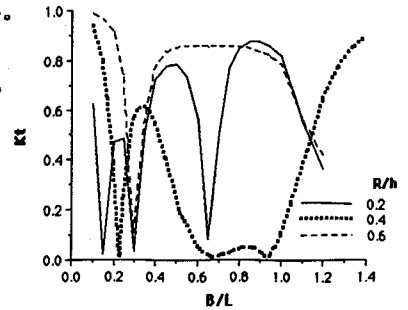


図-2 没水率 $R/h$ の $K_T$ への影響

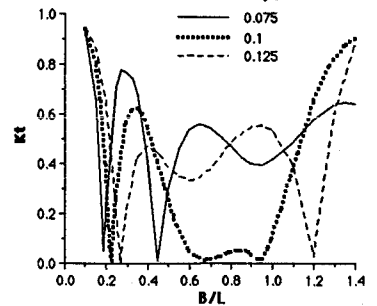


図-3 付加水圧率 $p_o/\rho gh$ の $K_T$ への影響

### 3. おわりに

FLMにより高い消波効果を得るためのFLMの条件を設計的な観点から検討した。まとめると以下のとおりである。堤体幅水深比： $B/h=2.0\sim 2.5$ 、没水率： $R/h=0.4$ 、付加水圧率： $p_o/\rho gh=0.05\sim 0.1$ である。今後、斜め入射および不規則波に対する消波特性を検討する予定である。

#### — 参考文献 —

- 1) 田中他：フレキシブルマウンドによる透過・反射特性の実験的検討，第34回海講演文集，pp492~496，1987.
- 2) 大山他：フレキシブルマウンドの透過・反射特性の解析，第35回海講演文集，pp562~566，1988.