

II-410 流れのある水域に置かれたフレキシブルマウンド (FLM) の消波特性

清水建設(株) (正) 田中正博・大内田博喜・堀哲郎

1. はじめに

競艇場では波高 $30 \sim 40\text{ cm}$ の風波が発生すると、ボートの走行に対する安全性を考慮してレースの開催を中止する場合がある。河川内にある江戸川競艇場では、波の進行と逆の方向に流れが存在する場合、特に下げ潮時に川下から川上に波が進行する場合にそのような波浪の発生する頻度が高いと言われている。そこで、流れのある水域での消波対策として膜構造の潜堤フレキシブルマウンド(以下、FLMと称す)の適用性を模型実験により検討した。本論文は、波の進行と逆方向の流れのある水域に置かれた透過程架台に搭載されたFLMの消波特性について報告するものである。

2. 実験装置および方法

用いた装置は図-1に示すように、長さ 15m 、幅 1.8m 、深さ 1.4m の2次元回流水槽(東京大学生産技術研究所所有)である。ただし、実験は2次元モデルに対する消波特性の検討であるので、全幅 1.8m の水路を中仕切り板で 0.6m 幅に区切り模型を設置した。使用したFLM模型は厚さ 1.5mm の布引きゴム膜製の袋体で、設置時の寸法が幅 100 cm 、高さ 30 cm 、奥行き 60 cm の2次元モデルである。ただし、付加水圧 p_0 は見かけ水深 h' (架台上からの水深)の5%に、架台の高さおよび水深 h はそれぞれ 40 cm 、 90 cm で一定とした($B/h' = 2.0$ 、 $R/h' = 0.4$ 、 $p_0/\rho gh' = 0.05$)。流速は、一定水深($h = 90\text{ cm}$)での平均流速 U_m でそれぞれ 10 、 20 、 30 cm/s を与えた。なお、流れが消波特性に及ぼす影響を把握ため、流れのない場合についても実験を行った。波浪条件は、周期 $T = 0.9 \sim 2.0\text{ sec}$ 、 $H_1 = 3.1 \sim 5.4\text{ cm}$ および $6.0 \sim 10.4\text{ cm}$ とした。ただし、造波性能上および波形の安定性の理由から、 $U_m = 20\text{ cm/s}$ の場合には $T \geq 1.3\text{ sec}$ 、 $U_m = 30\text{ cm/s}$ の場合には $T \geq 1.5\text{ sec}$ を波浪条件とした。

3. 結果および考察

図-2は、 $U_m = 10, 20, 30\text{ cm/s}$ の逆流を与えたときの $x = 0\text{ m}$ 、 0.5 m (模型中央および入射側の模型端部)での流速分布を示したものである。流速が最大となる $x = 0\text{ m}$ での流速は平均で $20, 55, 69\text{ cm/s}$ であり、平均流速 U_m のそれぞれ $2.0, 2.8, 2.3$ 倍となっている。

図-3は、流速をパラメータとしてFLMの透過率 K_T 特性を比較したものである。ただし、 $R/H_1 = 3.8 \sim 7.1$ (R :天端上水深、 H_1 :波高($= 3.1 \sim 5.8\text{ cm}$)) であり、また図の横軸 L_I は流速を考慮したときの入射波の波長である。 $B/L \geq 0.35$ では、いずれの流速の場合も $K_T < 0.35$ となっており、流れのない場合の結果に比べて著しく小さくなっている。特に、 $U_m = 30\text{ cm/s}$ の場合、検討した全ての B/L に対して $K_T < 0.3$ 、また、 $U_m = 20\text{ cm/s}$ の場合も、 $B/L = 0.217$ を除いて $K_T \leq 0.3$

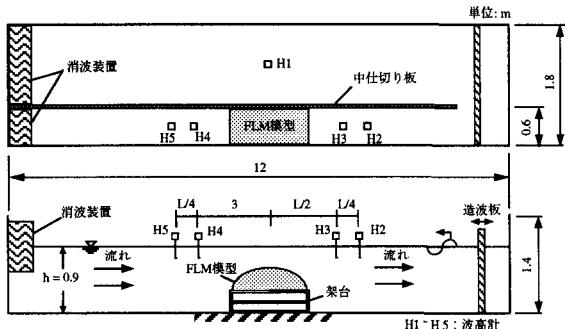


図-1 実験装置の全体配置

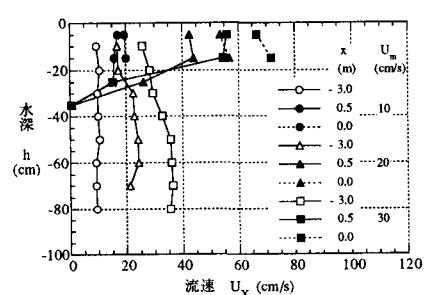


図-2 一様水深部と模型上での流速分布

5となっており消波効果は大きい。波の進行と逆方向の流れに対する入射波の進行の可否や波高の減衰は、波の群速度と逆流の流速によって決まる。

図-4は、水深 $h = 90, 22 \text{ cm}$ (それぞれ、水槽の一様水深部およびFLM模型の天端水深に対応)に対する入射波の群速度 C_G と天端上での流速 $U_{x=0}$ を示したものである。ただし、群速度は微小振幅波理論による計算値、流速は水深 $5, 15 \text{ cm}$ の2点の実測値の平均である。なお、図中の破線は $h = 22 \text{ cm}$ に対する群速度の60%の値である。Yu (1952) らの報告によれば、波の進行と逆方向の流れがある場合、流速が波 (深海波) の群速度の約60%になると波高が減少し始め、群速度と等しくなると波が消滅することが実験により確認されている。模型天端上での流速 $20, 55, 69 \text{ cm/s}$ は天端上水深 22 cm に対する群速度 C_{G2} およびその60%である C_{G2}^* よりも小さく、逆流による波高の減少は生じないと考えられる条件である。しかし、いずれの逆流の場合も流れのない場合に比べて透過率が著しく低下しており、マウンドまたはFLMのような変形・運動が影響していると考えられる。図-3および図-4から、FLMの天端上での流速が入射波の群速度の15~20%以上になると透過率が顕著に低下することがわかる。

図-5は、 $U_m = -10 \text{ cm/s}$ の場合の不規則波に対する透過率特性を規則波の結果と比較して示したものである。ただし、不規則波の場合の L_I は有義周期に対する波長である。不規則波の場合も規則波の場合とほぼ同様な結果となっている。図-5の $B/L_I = 0.6$ に対応する入射波と透過波のパワースペクトルの比較を図-6に示す。図から透過波のエネルギーの低下を確認できる。

4.まとめ

流れのある水域における風波の消波対策としてFLMの適用性を模型実験により検討し、以下のような結論を得た。1) 波の進行と逆方向の流れ (逆流) のある場合、FLMの透過率は流れのない場合の結果に比べて著しく小さくなる。2) マウンドのない一様水深の場合には全く波高減衰を生じないような流速に対し、FLMのようなマウンドを設置した場合には透過波高が顕著に減少する。逆流のFLMの消波効果に及ぼす影響は、流速が波の群速度の15%以上になると顕著に現われる。3) 波の進行に対し逆流の存在する河川のような水域における消波構造物として、FLMは極めて有効であることがわかった。なお、本実験は江戸川競艇場の競走水面施設の管理を担当している関東興業(株)からの受託研究として実施したものである。実施にあたっては、関東興業(株)から貴重なデータの提供および助言を戴きました。記して感謝申し上げます。

-参考文献-

Yu, Yi-Yuan (1952): Breaking of Wave by an Opposing Current, Trans. AGU, 33, No. 1, pp.49 - 51.

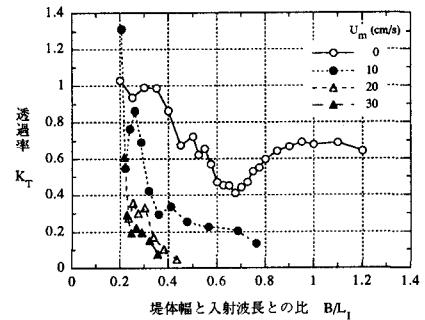


図-3 逆流に対する透過率特性 (規則波)

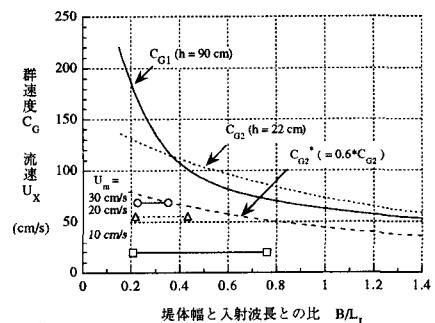


図-4 群速度とFLM天端上での流速

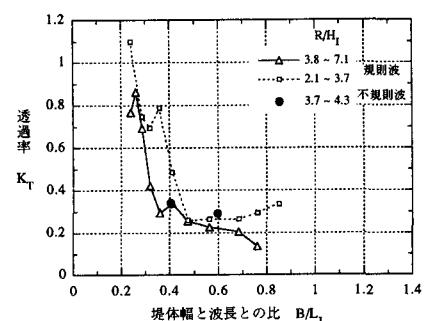


図-5 逆流に対する透過率特性 (不規則波)

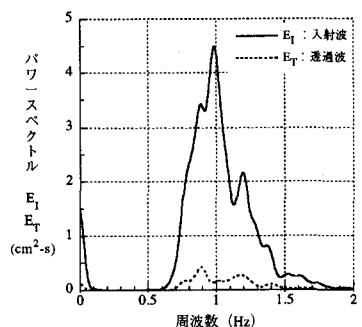


図-6 入射波と透過波のパワースペクトル
(図-5の $B/L_I = 0.6$ に対応)