

長周期波消波構造に関する実験的研究

○五洋建設（株）技術研究所 正会員 池野勝哉
五洋建設（株）技術研究所 正会員 熊谷隆宏
五洋建設（株）技術研究所 正会員 関本恒浩

1. はじめに

近年，船舶荷役稼働率の低下，船舶運行の不安定，係留索破断事故，係留船舶同士の衝突事故等を発生させる要因の一つとして，周期 1 分程度の長周期波が注目されている．消波ブロック等に代表される従来技術を長周期波の消波に適用する場合，長周期波の波長の長さから大規模（大量のブロック）な構造となってしまう，あまり現実的ではない．本研究は，水理模型実験により長周期波を効果的に消波できる基本的な中小規模構造物を反射率の観点から評価し，現地への適用性を示すものである．

2. 実験装置

実験は，図 - 1 に示すような長さ 50m，幅 60cm，深さ 1.2m の 2 次元造波水路に 1/50 勾配の斜面と続き水平床を設置し，その水平床に消波構造物を据え付けて実施した．沖側端にある造波装置は，2 ウェイモードのピストン型で通常波浪から長周期波まで重力を復元力とする波が精度良く造波できる．模型縮尺はこの水路にて実験可能な波浪条件を考慮し，フルード相似則を用いて 1/50 とした（表 - 1）．水槽内の水位測定には図 - 1 に示すように容量式波高計を 7 台設置し，データ収録はサンプリング間隔を 0.05 秒として造波開始から 120 秒間行った．

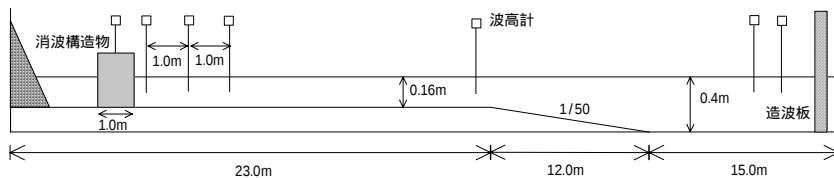


図 - 1 実験水路

表 - 1 模型縮尺

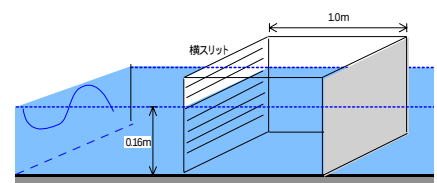
項目	縮尺	proto type	model
波長	L_r	1/50	530m
水深	L_r	1/50	8.0m
波高	L_r	1/50	1.0m
周期	$L_r^{1/2}$	1/7.07	60s
重量	L_r^3	1/125,000	980N

3. 実験条件および実験ケース

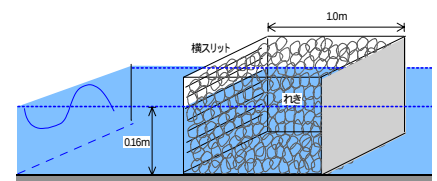
実験で用いる消波構造模型は図 - 2 で示す通り，片面スリットケーソン（Type1）とケーソンの中にレキ材を投入した Type2 の 2 種類を用意した．スリットは数値波動水路（CADMAS-SURF）による検証が可能な様に横スリット（開口率 0.5）とした．また，Type2 で使用したレキ材は粒径が 1cm 及び 3cm の 2 種類で，表 - 2 に示す条件の長周期波（計 10 ケース）を各模型に対して入射させ（表 - 2）．

表 - 2 入射条件

ケース名	波高 (cm)	周期 (s)	波長 (m)
1-a	0.1	4.24	5.28
1-b		5.66	7.06
1-c		7.07	8.83
1-d		8.49	10.62
1-e		9.9	12.38
2-a	2.0	4.24	5.28
2-b		5.66	7.06
2-c		7.07	8.84
2-d		8.49	10.6
2-e		9.9	12.38



Type1 (スリット)



Type2 (スリット+れき)

図 - 2 実験模型

キーワード：長周期波，消波，スリットケーソン，水理模型実験，反射率

連絡先：〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 Tel.0287-39-2123 Fax.0287-39-2133

4. 実験結果と考察

図 - 5 は各実験模型における周期と反射率の関係を示したものである．Type1 のスリット構造では堤体幅が波長の 1/4 に近いほど消波効果を示す．今回の実験では周期が 4.24s の波において波長が 5.28m になり，堤体幅が 1m であることからほぼ同程度で消波効果は高くなるが，周期とともに波長が長くなると，その消波効果は薄れていくことが分かる．Type2 は Type1 に比べて低周波数帯の消波性能が高く，レキ材の粒径が大きいほどその効果は高いと言える．

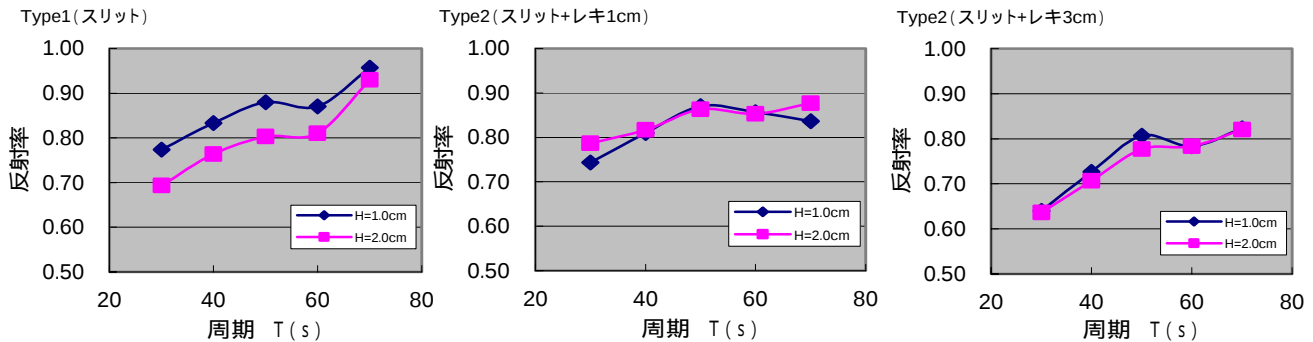


図 - 5 周期と反射率の関係

5. レキの透水試験

本研究の基本的な長周期波消波メカニズムはスリットによる流速場の乱れと，波がレキ層を通過する際の粘性によるエネルギー減衰である．従って，フルード相似則に従ったレキ材料における現地へのスケール換算には粒径よりも透水係数で議論する必要があるが，レキ層内の流れは層流ではなく，乱流状態であるため通常の透水試験を実施することはできない．そこで，本実験では図 - 3 に示すような環流水槽を用いて透水試験を行った．

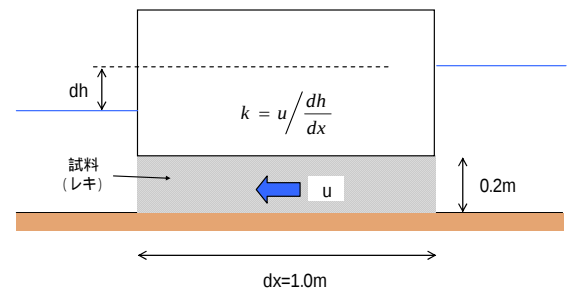


図 - 3 レキ材の透水試験

その結果，Williams et al.(1992)と同様に，今回使用したレキ材の透水係数は，抵抗が流速の 2 乗に比例する事を考慮した Dupuit-Forchheimer 則（式（1）～（3））に従う事が分かった．

$$k = 1 / (a + b |u|) \dots (1); \quad a = \alpha_0 \left\{ (1-n)^3 / n^2 \right\} \left\{ \nu / g D_{15}^2 \right\} \dots (2); \quad b = \beta_0 \left\{ (1-n) / n^3 \right\} \left\{ 1 / g D_{15} \right\} \dots (3)$$

ここで， n ：空隙率(0.4)， g ：重力加速度， D_{15} ：15%粒径， ν ：水の動粘性係数 ($0.0131 \text{ cm}^2/\text{s}$)， $\alpha_0 = 1500$ ， $\beta_0 = 1.8$

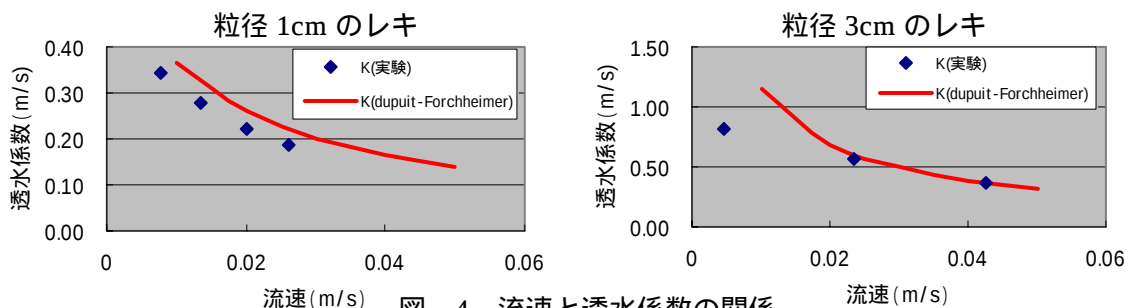


図 - 4 流速と透水係数の関係

6. おわりに

現実的な長周期波消波構造物の消波性能を水理模型実験により評価した．また，透水係数の観点から現地へのスケール換算が可能であることを示した．

【参考文献】 Williams, A.F., Burcharth, H.F., den Adel, H. (1992): The Permeability of rubble mound breakwaters. New measurements and new ideas, Proc. 23rd ICCE, ASCE, pp.1720-1733.