

潜堤断面形の最適化に関する研究

名古屋工業大学 正会員○喜岡 渉

名古屋工業大学 学生員 戸川健司

京 都 大 学 正会員 間瀬 肇

1. はじめに 潜堤は水質保全上や景観上すぐれた性質を有する反面、天端幅を十分広くとらないと消波効果が得られないという弱点を持つ。さらに、高波については天端上で強制砕波させるため、背後の平均水位は潜堤が無い場合より大きくなる傾向が見られ、背後の海浜の安定上必ずしも有利ではないことが指摘されている。本研究は、潜堤のこうした欠点を改善し、あわせて断面積が最小となるような最適な潜堤断面形を検討するものである。従来の幅広潜堤による波浪制御は、強制砕波、透過、剥離および渦によるエネルギー損失と、反射によるものと考えられるので、潜堤幅を小さくすると、このうち強制砕波、透過による波高低減効果が著しく減少してしまう。ここでは、波浪制御の要素としてあらたに共振現象を利用することによって透過と反射による制御効果を高め、潜堤背後の波高低減効果を損なうことなく断面積を減じることができる潜堤形状を、実験および理論の両面から調べる。

2. 実験装置および実験方法

実験には長さ26m、幅0.6m、高さ1.2mの両面ガラス張りの造波水槽を用い、造波板から約8m離して勾配1/10の木製ステップ型断面模型を設置した。ステップ型断面の一定水深部 $h=15\text{cm}$ に、図-1に示ように断面形が異なる5種類の透過潜堤を設置した。潜堤には平均粒径2.5cmの碎石を用い、整形後にかな網で覆って透過潜堤とした。Type IとType IIの2つの潜堤形状は同じで、潜堤高12cm、天端幅10cm、底面幅40cmの台形断面とし、Type IIでは潜堤中心間の距離を $\ell=87\text{cm}$ だけ離して設置した。Type IIIはType Iの潜堤の天端幅を2倍としたもので、Type IVはさらに天端幅を広げて、丁度Type IIの潜堤間にも碎石を詰めた幅広潜堤としたもの、Type Vは間に詰める碎石の高さをType IVの半分にしたものである。

水位変動の測定には容量式波高計を用い、潜堤中心から沖側へ1.24m離れた地点に入射離用に3本の波高計を間隔20cmで設置し、透過率測定用に潜堤中心から1.3m離れた地点に1本の波高計を設置した。各測定点の水位変動はサンプリング間隔0.02secでAD変換した後、FDに記録した。入射波の周期 T は1.2~1.9secで10種類変化させ、入射波高はほぼ4cmで一定とした。

3. 計算モデル 理論解は、間瀬ら(1993)によって導出された次の緩勾配方程式を数値的に解くことによって求めた。

$$\nabla \cdot (p \nabla \phi) + p k^2 \phi + (1 + \gamma^2) \nabla \cdot (\delta \nabla \phi) = 0 \quad (1)$$

ただし、 ϕ は複素ポテンシャル、 δ は潜堤部の水深変動、 k は入射波の波数で、潜堤内部の透水層の間隙率、付加質量係数および線形等価抵抗係数をそれぞれ n 、 C_m 、 f とすると、 γ および p は

$$\gamma = n / [n + C_m (1 - n) + i f] \quad (2)$$

$$p = \sinh 2kh (1 + 2kh / \sinh 2kh) / 4k \quad (3)$$

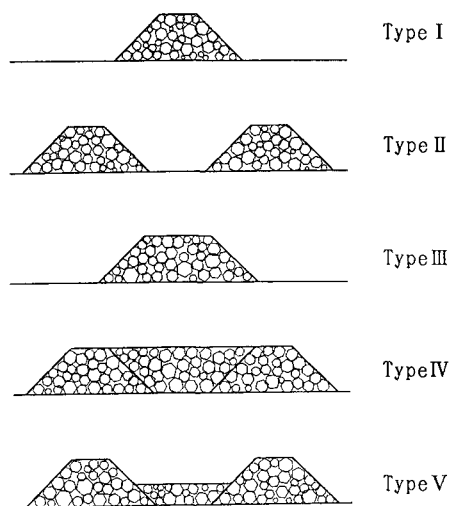
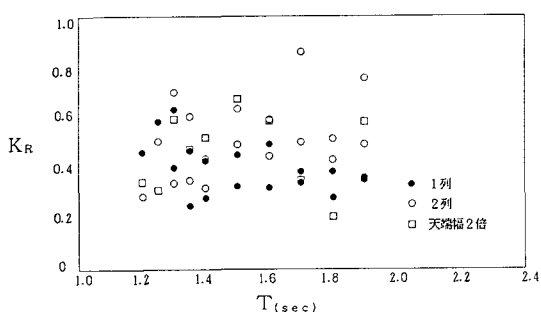


図-1 潜堤断面形状

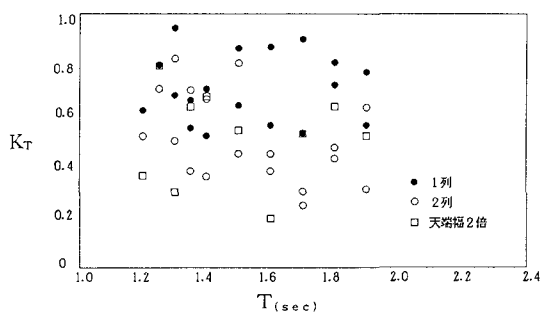
で与えられる。なお、式(1)は水深 h に対して $O(\nabla h/kh) \approx O(k\delta) \ll 1$ という緩勾配の仮定下で導かれたものであり、 $\delta=0$ 、 $\gamma=0$ とするとBerkhoff(1972)による通常の緩勾配方程式と一致する。

4. 結果と考察 Type I～IIIの実験を反射率 K_R および透過率 K_T について整理した結果をそれぞれ図-2、図-3に示す。図中のシンボルが同じものは、同一周期での実験結果を示すが、入射波高がいくぶん異なるために K_R および K_T ともにばらつきが見られる。3倍周波数まで考慮した図の(b)の結果から、透過潜堤においても潜堤を2列設置(Type II)することによって K_R を増加させ K_T は減少させることができることと、その効果は $T > 1.5s$ の長周期帯で有意であることがわかる。これに対し、天端幅を2倍としたType IIIの潜堤による波高低減効果は、基本周波数成分のみに着目すると碎波(崩れ波型)のために短周期側では有意に現れているものの、3倍周波数までとると周期帯によらずType IIより小さい。これは、Type IIでは、潜堤間で生じる弱い共振によって潜堤からの反射と潜堤内部の透過による波浪制御効果をType IIIのものより強めた結果と考えられ、少なくとも長周期帯では潜堤断面積を大幅に増やすことなく波高低減効果を向上させることができる有用な潜堤形状といえよう。なお、Type IV, Vの実験結果と計算モデルによる検討結果については講演時に報告する。

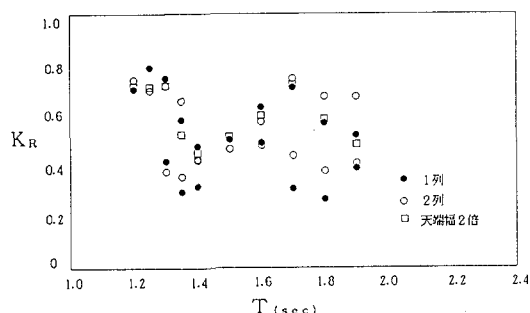
最後に、本研究は科研費(重点領域研究(1)、代表 岩垣雄一名城大学理工学部長)および豊田理化学研究所からの研究助成金によったことを付記し、感謝の意を表す。



(a) 基本周波数成分のみ用いた結果

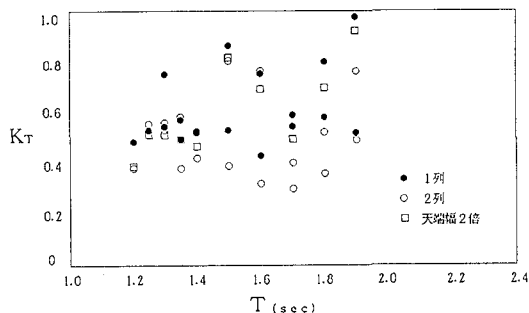


(a) 基本周波数成分のみ用いた結果



(b) 3倍周波数成分まで用いた結果

図-2 反射率 K_R の比較



(b) 3倍周波数成分まで用いた結果

図-3 透過率 K_T の比較

参考文献

- 間瀬ら(1993): 砂堤形状を有する透水層上の波浪変形計算モデル(仮題), (投稿準備中).
 Berkhoff, J.C.W. (1972): Computation of combined refraction-diffraction, Proc. 13th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp. 471-490.