

カーテンウォール型防波堤まわりの波変形について

愛媛大学工学部 正員 中村孝幸

1. まえがき

既に著者¹⁾は、カーテンウォール型防波堤のような薄肉物体まわりの波浪ポテンシャル問題の解法が合理的に行える二次元波動場のグリーン関数に基づく解析法について明らかにしてきた。しかしながら、実在流体中におけるカーテンウォール型防波堤の下端部付近には、流れのはく離現象に伴う渦の発生があり、ポテンシャル理論に基づく上記の解析法を用いて堤体まわりの波変形が予測されるかどうかについては大きな疑問と言えよう。

本研究は、カーテンウォール型防波堤を単列および2列配置とした場合の両者を対象に模型実験による測定結果との比較の上で上記解析法の適用性について明らかにするものである。そして、堤体下端部付近に形成される渦の実態についても、波のエネルギー逓散との関連性から検討してみたいものである。

2. 実験装置および実験方法

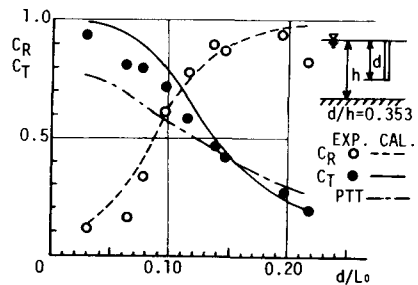
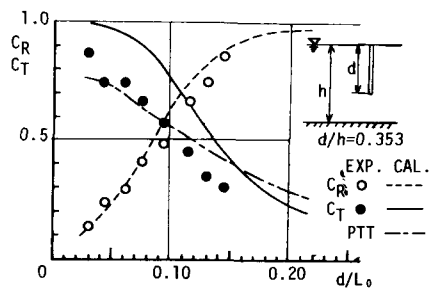
実験は、高さ1.25m、幅1m、長さ28mの二次元造波水槽を用いて行った。そして水槽の幅をほぼ2分するように隔壁板を設けて、一方の水路にのみ模型堤体を設置し、他方の水路では入射波の測定が行えるようにした。模型堤体には、幅49cm、高さ70cm、厚さ0.9cmの鋼製板を用いた。波高測定には、容量式波高計を用い、堤体の反射波側並びに透過波側における波高測定および入射波高の測定のための計る本を使用した。流況観測は、板下端部に設けた注射針(直径0.3mm)より黒インクを注入して、これをトレスーとしてTVTRカメラ並びに16mmシネカメラにより撮影して行った。

模型堤体を単列および2列配置とした場合の両者について、透過・反射率並びに流況の測定を行った。採用した実験条件は、以下のものである。ここで、 h : 静水深、 d : 堤体のさき水、 H : 入射波高、 T : 周期、 l : 堤体の中心間隔である。i) 単列堤体の場合; $h=78\text{ cm}$, $d=27.5\text{ cm}$ より 10 cm 毎に 57.5 cm までの4種類、 $H=5, 10, 15\text{ cm}$ の3種類、 $T=0.9\sim 2.4\text{ sec}$ の範囲の10種類(ただし砕波する場合を除く)。

ii) 2列堤体の場合; $h=78\text{ cm}$, $d=27.5, 35\text{ cm}$ の2種類、 $H=10\text{ cm}$, $T=1\sim 2.4\text{ sec}$ の8種類、 $l=55, 70\text{ cm}$ の2種類。なお、反射率の測定は、堤体より1波長程度離れた付近において最高波高 $H_{\max}$ を検出し、 $H_{\max}=H+H_R$ (H_R : 反射波高)であることから、 $C_R=(H_{\max}-H)/H$ (C_R : 反射率)の式により C_R を算出した。

3. 実験結果とその考察

図-1より図-3は単列堤体の透過率 C_T 、反射率 C_R に関する実験結果と著者²⁾が既に明らかにしているポテンシャル理論に基づく解析法による算定結果との比較を横軸に d/L_0 (L_0 : 押波波長)をとし示す。図中には半経験的な式である Wiegell³⁾による Power Trans. Theory による C_T の算定結果についても付記してある。そして、図-1と図-3は、入射波高が小さくなる場合の変化を、図-1と図-3は、さき水が深くなる場合の変化を表わしている。これらの図より、 C_R の測定結果は、さき水が浅い場合、ポテンシャル理論による算定結

図-1 単列堤体の透過・反射率 ($H/h=0.064$)図-2 単列堤体の透過・反射率 ($H/h=0.128$)

果によく一致していることがわかる。また C_T については、 α/L_0 の値が小さくなる長周期波側の領域で入射波高が大きくなると実測値は予測値をかなり下まわるように出現するが、 C_T の値が小さくなる短周期波側の領域では、両者がほぼ一致していることなどが認められる。また PTT による C_T は、反射波の影響が考慮されていないことから、 C_R の値が小さくなる α/L_0 の領域においては実測値とほぼ一致する傾向が見られる。

図-4は、さみ水および入射波高の条件を図-3と同様にして堤体を2列配置とした場合の C_R 、 C_T についての実測結果と算定結果との比較を示す。図中には堤体間の流体場を死水域とみなして副体に置換した。すなわち2列堤体の外縁距離と同じ長さを有する矩形堤体と仮定したときの C_T の算定結果についても付記してある。この図より、 C_R の実測結果はほぼ算定結果に対応していることが認められる。一方 C_T の実測結果は、2列堤体の場合の算定結果より、むしろ矩形堤体のそれにより説明されることかわかる。そしてこの事實は、2列堤体の C_T の予測に死水モデルが適用され得ることを示唆するものと言えよう。また図-3と図-4の C_T に関する比較から、堤体を2列配置とすることにより、消波可能な波の範囲は長周期波側においてかなり拡大することかわかる。

なお、上記の C_T 、 C_R に関する実測値と算定値との差異の原因としては、算定値において実在流体中の堤体下端部付近で発生する渦に起因されて生じるエネルギー逸散が考慮されていないことが挙げられる。本研究ではこのようなエネルギー逸散を表わす指標として式(1)で定義されるエネルギー逸散率 ε_w を実験値に求め求めた。

$$\varepsilon_w = 1 - (C_T^2 + C_R^2) \quad (1)$$

この結果について h/L_0 を横軸にさみ水をパラメーターに与えて表わすのが図-5である。そして、この図に見られるように ε_w は h/L_0 の値が小さくなる長周期波側では、さみ水が深くなるほど増大することが認められる。また2列堤体の場合の ε_w は、単列堤体の場合に比し、ほぼ倍増しておりこれは形成される渦の数が2倍になることによるものと考えられる。本研究では、堤体下端部に形成される渦の実態についても把握しているが、入射波高が大きくなるほど渦の規模は増大することや長周期波についてはさみ水が深くなるほど渦の規模の増大することなどを確認している。そして、上記 ε_w の変動は、渦の規模の変動にほぼ対応しており、 ε_w の特性が形成される渦の特性にほぼ対応しているものと考えられる。

4. 結語：単列堤体の透過率、反射率は、ポテンシャル理論に基づく解析法を用いてほぼ予測することができるとはしながら、透過率の大きくなる長周期波側およびさみ水の深い場合については、非ポテンシャル的な現象によるエネルギー逸散が大きくなることから、算定結果と実測結果との対応は十分なものと言えよう。また2列堤体の透過率は、死水モデルを適用した解析法により、ほぼ予測することができるとは。

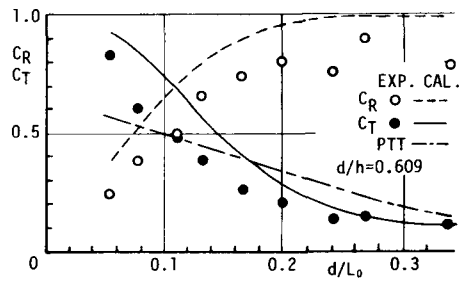


図-3 単列堤体の透過・反射率 ($H/h = 0.064$)

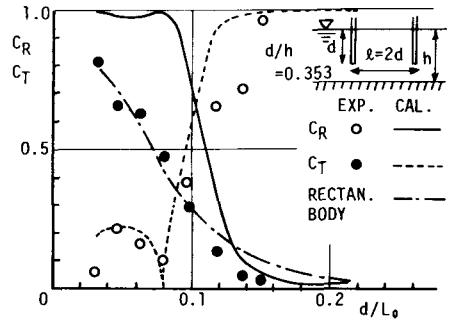


図-4 2列堤体の透過・反射率 ($H/h = 0.128$)

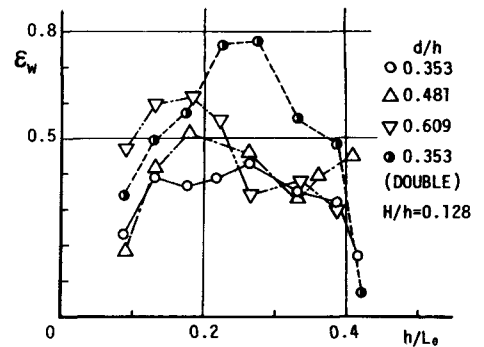


図-5 エネルギー逸散率 ε_w の h/L_0 による変化

参考文献 1) 中村孝幸・菊内まゆの波環境境界値問題に関する解析法, 第3回海嶺論文集, PP. 410~414, 1983. 2) Wiegel, R. L.: Transmission of waves past a rigid vertical thin barrier, proc. ASCE, Jour. of Waterways and Harbors Division, Vol. 86, No. WW1, PP. 1~13, 1960.