

愛媛大学大学院 学生員 森田 知志
愛媛大学工学部 正 員 中村 孝幸

1, まえがき: 従来カーテン防波堤に作用する波力の研究は、森平¹⁾の Saintflou 公式の適用性を検討した研究などがあるが、透過波の効果も無視した解析となっていることから作用波力の実態を示すに上じまっている。また、著者²⁾らの中の一人は 2 次元波動場のグリーン関数を核関数とするわき出し分布法に基づく解析法を用いてカーテン防波堤の作用波力の予測を試み、特に長周期波倒において入射波高が大きくなると算定結果は危険側の予測値を与えるようになることなどを明らかにしている。そこで本研究は、従来十分な予測ができない長周期波倒における波力算定を目的に、上記したわき出し分布法による解析法に新たに死水モデル等を導入した波力算定モデルを提案し、実験結果との比較からその適用性の検討を行ない、カーテン防波堤の設計波力に関する算定法を確立しようとするものである。

2, 実験装置および実験方法: 実験は高さ 1.25 m, 幅 1 m, 長さ 2.8 m の 2 次元造波水槽を用いて行った。水槽内にはほぼその幅を 2 分するように隔壁板が設置しており、一方の水路のみ模型堤体を設置し、他方の水路で入射波の測定が行えるようにしてある (図-1 参照)。模型堤体には幅 4.9 cm, 高さ 70 cm, 厚さ 0.9 cm の銅製板を用いた。そしてこの銅製板を図-1 に示すような波力計である正方角柱により上部固定の片持梁形式で支持した。波力計は図中に示すような 4 枚の半導体歪ゲージを角柱にはりつけたもので、上下部のモーメントの差により、板に作用する水平力が測定できるようになっている。また模型板の中心線上には、板の下端から 2 cm と 17 cm の位置に波力計が設置してあり、これらの位置における作用波圧も測定できるようにした。なお、堤体のきり水 d には 27.5, 37.5, 47.5 cm の 3 種類を採用した。作用せしめた波の周期 T は 0.9 ~ 2.4 sec の範囲の 10 種類であり、入射波の波高 H としては各周期について 5, 10, 15 cm の 3 種類を採用した (ただし砕波する場合を除く)。また水深 h としては 78 cm と一定とした。実験は各波高条件、きり水条件の下に、 T を上述した範囲内において変化せしめて行ない、作用水平波力と作用波圧の測定を行った。

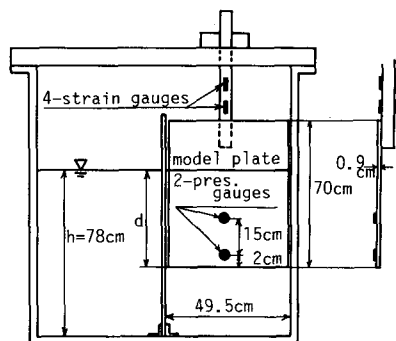


図-1 実験装置

3, 解析法: 用いた解析法は、著者³⁾らの中の一人が明らかにしている 2 次元波動場のグリーン関数を核関数とするわき出し分布法である。本研究ではこの解析法による計算過程において、堤体表面での波圧を積分して堤体に作用する波力を求める際、その積分領域を変化させることにより以下に述べる 4 種類の波力の算定値を求めた。(1) F_L : 微小振幅波理論に基づき、静水面以下の堤体表面における波圧を積分して求めた波力。(2) F_{A+} , F_{A-} : 堤体まわりの迎上現象に関係する波の有限振幅性の効果を検討するため、積分領域を変動水位表面の位置まで拡張して算定した波力の最大値および最小値。(3) F_d : 堤体に作用する波圧のうち、堤体の後面側における流体場を死水域とみなし、堤体の前面側の静水面以下を積分領域として計算した波力。(4) F_{d+} , F_{d-} : (3) に示した死水モデルにおいて、波の有限振幅性の効果を考慮するため、堤体の前面側における積分領域を変動水位表面の位置まで拡張して算定した波力の最大値および最小値。

4, 実験結果と算定結果との比較: 本研究では実験値と算定値との比較に当り、波力 F に関する無次元量 $F^* (= F / \frac{1}{2} \rho g H B d)$ (ρ : 流体の密度, g : 重力加速度, B : 模型堤体の幅) を用いた。

(1) $d/\lambda = 0.481$ の場合: この場合の F^* と、きつ水と入射波の沖波波長との比 d/L_0 との関係を示すのが図-2と図-3である。各図中には作用水平波力の実験値と3.で示した方法で計算した各算定値を示した。なお、波力の実験値は堤体に対して波の進行方向に作用する F_+ と逆進行方向に作用する F_- を測定しており、その両者を実験値として図中に示している。まず、波高条件の小さい図-2をみると、堤体に作用する波力は微小振幅波理論に基づく算定値 F^* によりほぼ予測されることなどがわかる。そして、波高が増大する図-3をみると、 d/L_0 が0.1より小さい長周期波において実験値は F^* を上回るように出現しており、波力の予測法としては、 F^* よりも遡上効果を考慮した死水モデルによる算定値の最大値 F_{d+}^* の方が妥当であることがわかる。

(2) $d/\lambda = 0.609$ の場合: 次に遡上効果を考慮した死水モデルによる算定値と実験値との比較をきつ水条件を変化させて行ってみた。図-4は図-2と同じ波高条件で、きつ水のみ深くした場合の F^* と d/L_0 の関係を示したものである。この図より、きつ水が深い場合においても波力の予測法としては F^* よりも、遡上効果を考慮した死水モデルによる算定値の最大値 F_{d+}^* の方が長周期波側において妥当であることがわかる。また d/L_0 が0.1以上における短周期波側においては、実験値は微小振幅波理論に基づく算定値 F^* でほぼ予測されるものと言える。(3) カーテン防波堤の設計波力について: d/L_0 が0.1より小さい長周期波側におけるカーテン防波堤の設計波力としては、上記の(1)と(2)で述べたように、遡上効果を考慮した死水モデルによる算定値により与えられるものと言える。一方、 d/L_0 が0.1より大きい短周期波側においては、カーテン防波堤への作用波力は微小振幅波理論に基づく算定値でほぼ予測可能である。そして、図-2から図-4に示した F^*-d/L_0 の関係より、 F^* は $d/L_0 = 0.13$ 付近で最大となっていることから、短周期波側におけるカーテン防波堤の設計波力としては $d/L_0 = 0.13$ 付近での微小振幅波理論による算定値の適用が可能であると考えられる。なお、 F^* が最大値をとる d/L_0 の値は、他のきつ水や波条件においてもほぼ0.13付近になっていることを確認しており、これはカーテン防波堤の d/L_0 に伴う透過・反射波並びに波圧の鉛直分布の変動特性に関連して出現するものである。

5. 結 語: 以上、本研究ではカーテン防波堤の設計波力の算定法について明らかにしてきた。その結果、カーテン防波堤の設計波力としては、i) d/L_0 が0.1以下の長周期波においては、遡上効果を考慮した死水モデルによる算定値により与えられることや、ii) 短周期波においては、 $d/L_0 = 0.13$ における微小振幅波理論による算定値で代表させることができることなどが判明した。

- (参考文献) 1) 藤平倫生, 柿崎秀作, 合田良実, "カーテン防波堤とその特性について", 港湾技術研究所報告, Vol.13, No.1, 1964
2) 中村孝幸, "カーテンウォール型防波堤まわりの波変形と作用波力に関する研究", 31回海岸工学講演会論文集, pp.512~516, 1984
3) 中村孝幸, "薄肉構造物まわりの波浪境界値問題に関する解析法", 30回海岸工学講演会論文集, pp.410~414, 1983

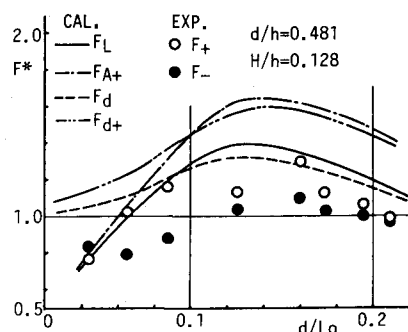


図-2 $d/\lambda = 0.481$ の場合の作用波力 ($H = 10\text{cm}$)

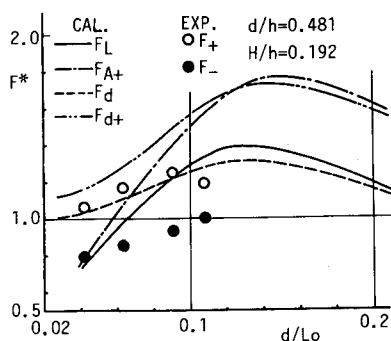


図-3 $d/\lambda = 0.481$ の場合の作用波力 ($H = 15\text{cm}$)

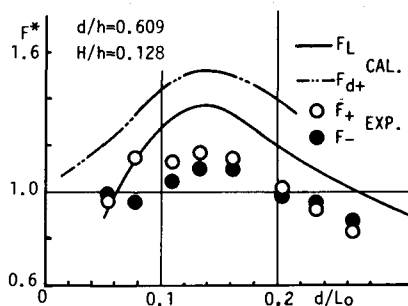


図-4 $d/\lambda = 0.609$ の場合の作用波力 ($H = 10\text{cm}$)