

II-157

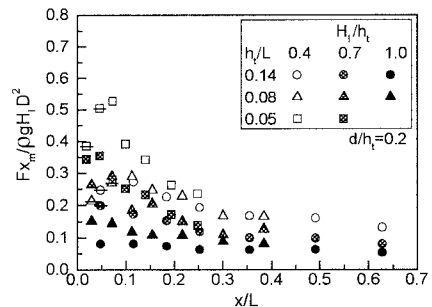
潜堤上の構造物に作用する波力の特性に関する一考察

名古屋大学大学院	正会員	○水谷 法美
名古屋大学大学院		許 東秀
名古屋大学工学部		小島 一哲
東洋建設（株）	正会員	倉田 克彦
東洋水研（株）	正会員	遠藤 正男
名古屋大学大学院	正会員	岩田好一郎

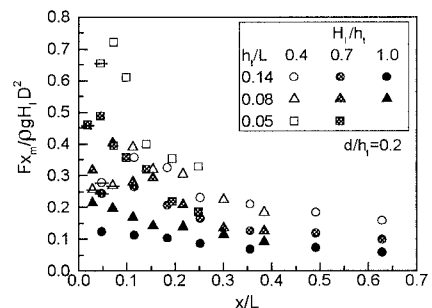
1. はじめに：環境面で利点のある潜堤の建設機会が増加傾向にある。潜堤を設置する場合、小型船舶の航行の支障にならないようブイ等によりその位置が明示されることがあるが、最近、景観に配慮してブイの代わりに擬岩を設置する工法が採用され始めている。擬岩のような構造物の作用波力は、形状が複雑であることだけでなく、潜堤上に設置される場合、水深が浅いため、常時没水状態にある部分に比べ、波谷より上の水位変動の範囲内の部分、すなわち一時的に水圧の作用を受ける部分が大きく、さらに砕波にともなう大きな波力を受けるなど、波力特性は複雑であり、その実態は十分解明されておらず、また、予測手法も確立されていない。本研究では、このような潜堤上に設置された構造物の波力特性を水理実験を行って考究するとともに、その予測手法について検討を加える。

2. 水理実験：二次元造波水槽内に設置した一様勾配 1/30 の斜面上に、天端幅が 1m、法面勾配 1/3 の潜堤を金網と碎石により構築した。潜堤の設置位置を、法先水深 h_t が 10cm、20cm となるよう 2 種類変化させた。なお、天端水深 d を 4cm で一定とした。実験では、施工例を参考に、擬岩模型として高さ 10cm の円錐台と正方形断面の四角錐台の 2 種類を採用した。両者の上面の直径、あるいは一辺長、および下面のそれらの値(D)はそれぞれ 4cm と 12cm とした。擬岩模型に作用する波進行(x)方向波力 F_x と鉛直(z)方向波力 F_z を三分力計により計測するとともに、擬岩模型中心位置での水位変動と潜堤天端上 1cm における x, z 方向の流速 u と w 、および水深 40cm の位置での水位変動も同時に計測した。なお、擬岩模型の設置位置を潜堤天端上で 7ヶ所変化させた。発生波は規則波とし、その周期 T を 3 種類 (1.0, 1.4, 2.0 秒)、沖波換算波高 H_1 を 3 種類 (8, 14, 20cm) 変化させた。計測は静水状態から約 3 分間行い、計測したデータを 50Hz で AD 変換し、ハードディスクに記録した。

3. 最大波力の特性：図-1 に x 方向の無次元最大波力の空間分布を示す。構造物の形状にかかわらず x/L が 0~0.15 の範囲で最大となり、その後減少するが、 x/L が 0.3 以上ではほぼ一定値となる。 h_t/L による変化はほとんどないが、 H_1/h_t の小さい方が無次元最大波力は大きくなる傾向があり、特に砕波の場合より非砕波の場合（図中—印）の方が値は大きくなる。なお、ビデオの解析結果との比較より F_x の最大値は砕波点より若干岸側で生じることを確認しており、砕波が天端より沖側で生じる場合は法肩で最大となる。したがって、砕波点の位置を明らかにしておくことが設計上重要となる。円錐台と四角錐台を比較すると、 F_x の最大値は四角錐台の方が大きくなる。これは特に大きな波圧が作用する構造物の沖側の面が、四角錐台は平面であり波圧のほとんどが F_x に寄与するのに対し、円錐台の場合、曲率を有するため、波圧の x 方向成分が減少するためである。したがって、波力軽減のために、擬岩の形状に曲率を持たせる方が有利である。なお、図示していないが、 h_t が小さい場合、砕波後の波が作用するため、 $h_t=20\text{cm}$ の場合に比べ作用波力は小さく、また、 x/L にもなう



(a) 円錐台



(b) 四角錐台

図-1 水平方向の無次元最大波力の変動特性

キーワード：潜堤、擬岩、モリソン式、砕波、抗力係数、慣性力係数

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻 FAX 052-789-1665

変動も小さくなること、また、 z 方向の無次元最大波力についても x 方向に比べて小さく、 x/L によらずば一定値となることを確認している。

4. モリソン式による波力の予測：耐波安定性に大きく影響を及ぼす水平方向波力にモリソン式を適用し、その適用性と波力係数について検討する。既述したように、対象構造物は設置水深に比べ水位変動が大きく、その効果を無視できない。したがって、モリソン式中の投影面積と没水体積を時間の関数として扱う必要がある。本研究では、平均的に構造物中心位置の水位以下の投影面積と没水体積を使ってこれらの値を評価することにする。すなわち、

$$F_x = 0.5\rho C_D |u| A(\eta) + \rho C_M \dot{V}(\eta) \quad (1)$$

ここに、 ρ は水の密度、 C_D は抗力係数、 C_M は慣性力係数、 $A(\eta)$ と $V(\eta)$ は、構造物中心位置での水位以下の x 方向の投影面積と体積である。上式に実験で計測した水位変動と流速、および流速から計算した加速度を代入した波力の計算値が、実験値と最もよく合うよう最小自乗法により抗力係数と慣性力係数を計算した。

図-2 に波力の計算値と実験値の比較を示す。図中の破線は構造物中心位置における流速と加速度を使って計算した波力の計算値である。図示しないが、波力の最大値は、波峰が構造物前面にぶつかった時に最大となるが、流速・加速度は構造物中心位置での値であるため、両者の最大値は波力の最大値よりも若干位相が遅れることが確認されている。そのため、最小自乗法で求めた抗力係数は負値となり、波形も実験値と大きく異なる。そこで、構造物前面で評価した流速・加速度を使用したモリソン式による計算波力も同図に実線で示した。ただし、実験では構造物前面での流速は計測していないため、最も単純に長波の波速を使って流速の時間変化の位相をずらすこととした。同図より、本手法による実験値の再現性は非常によい。したがって、波長に比べて小さく構造物であっても構造物中心位置での流速・加速度を使用したモリソン式は適用できず、作用波力の特性を考慮した適切な位置での流速・加速度を使用する必要があると指摘できる。また、砕波にともなう波力も、モリソン式に付加項¹⁾を入れることなく再現できているといえる。

図-3 と図-4 に円錐台の抗力係数、および慣性力係数と KC 数の関係を示す。抗力係数は KC 数が 5 以下では広範囲に分布するが、それ以上ではほぼ 2.5 前後の一定値に収束する傾向がある。一方、慣性力係数にもばらつきは認められるが、 KC に伴う変化は小さく、ほぼ 2 前後の一定値である。四角錐台の係数は、形状の差により円錐台の値より若干大きくなるが、 KC 数に伴う変化特性は同様である。

5. おわりに：以上、潜堤上に設置された擬岩模型に作用する波力特性とモリソン式の適用性について検討した。水位変動の影響は、構造物中心位置での水位変動から投影面積と没水体積を評価することにより考慮可能であるが、流速・加速度の評価位置は極めて重要であり、構造物中心位置での値は使用できないことが判明した。本研究では、構造物前面と中心位置での流速の位相差を長波の波速を使って計算しているが、流速・加速度と波力の位相差は波力係数に重大な影響を及ぼす。今後更に実験を行い、検討を加える所存である。

<参考文献>

- 1) 榎木亨・他：浅海域における円柱構造物の砕波局部衝撃波力特性と全体波力について、第 30 回海岸工学講演会論文集、1983、pp.376-380。

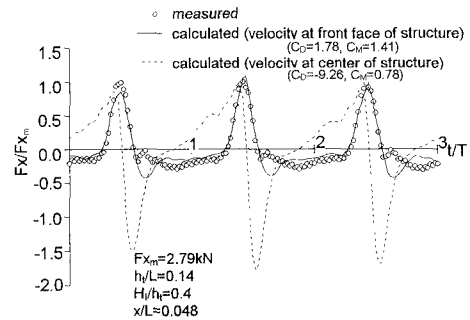


図-2 波力の計算値と実測値の比較例(円錐台)

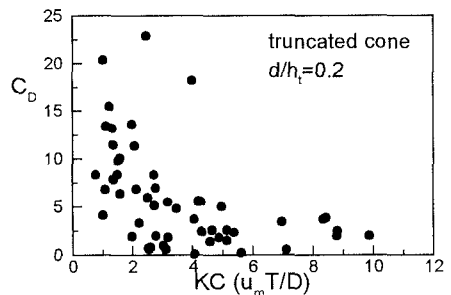


図-3 円錐台の抗力係数と KC 数の関係

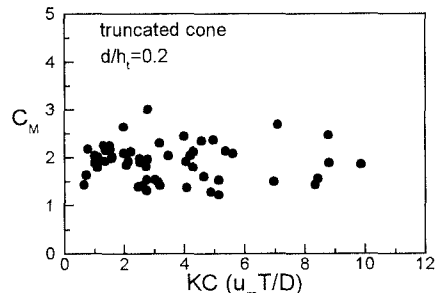


図-4 円錐台の慣性力係数と KC 数の関係