

潜堤上の構造物の波力に及ぼす水位変動の影響に関する考察

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 許 東 秀
名古屋大学大学院工学研究科 正会員 水谷 法美
名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 岩田好一郎

1.まえがき：従来型の離岸堤に代わって景観面や海水交換面で利点を有する潜堤の施工例が増えつつある。潜堤は、水面上に現れない構造物であるため、小型船舶等の航行に支障をきたす場合もあり、そのため潜堤にはブイ等によりその設置位置が明示されることも少なくない。しかし、潜堤上にブイを設置する場合、景観上良くないばかりでなく、短い係留索に碎波による大きな加重が加わるため、係留システムがダメージを受けやすいなどの問題がある。最近、このブイに代わって、より自然に近い景観を創造できる標識岩（以下擬岩と称する）を設置する工法が採用され始めている。しかし、擬岩は形状が複雑であるばかりでなく、潜堤上に設置される場合、天端水深に比べて水位変動が大きく、したがって、常時水圧の作用を受ける部分より一時的に水圧の作用を受ける部分が大きくなる。既に著者らは²⁾、碎波や碎波後の波が作用する場合でも Morison 式によって作用波力を算定可能であることを示しているが、作用波力に及ぼす水位変動の効果については定量的に議論していない。本研究では、潜堤上の擬岩模型に作用する波力に及ぼす潜堤上の水位変動の影響について検討を加えたので以下にその結果を報告する。

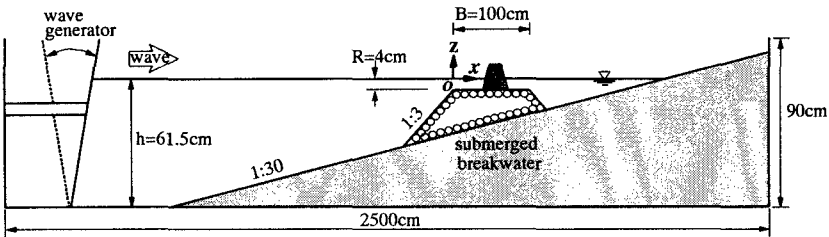


図-1 実験装置

2.水理実験：実験を、図-1 に示すような 2 次元鋼製水槽（長さ 25m, 幅 0.7m, 高さ 0.9m）で行った。水槽内に一様勾配 1/30 の木製斜面を設置し、その上に石により構築した潜堤を設置した。潜堤は法先水深の違いによる波力の影響を調べるため、高さを 2 種類変化させた。なお、天端水深 ($R=4\text{cm}$)、沖側と岸側の法面勾配 ($s=1/3$) は一定とした。実験で使用する擬岩模型として、実際に施工例のある擬岩の形状を理想化し、図-2 に示す円錐台および四角錐台、比較のための直方体の 3 種類を採用した。構造物模型を、水槽上端に固定した支持台に取り付けた三分力計を介してつり下げ、波力の計測を行った。この際、潜堤天端と構造物底面には 2mm 程度の隙間を設けた。構造物模型の設置位置を、潜堤の沖側法肩から 7 箇所 ($x=7, 17, 27, 37, 52, 72, 92\text{cm}$) 変化させた。なお、直方体と四角錐台は底面の一辺が波峰と平行になるように設置した。

入射波は全て規則波とし、その周期を 3 種類 ($T=1.0, 1.4, 2.0\text{s}$) 変化させた。それぞれの周期の波に対し、(a)非碎波の場合（構造物より岸側で碎波する場合も含む）、(b)構造物の中心位置で碎波する場合、(c)構造物の前面で碎波し、構造物に衝撃碎波力が作用する場合、(d)構造物の沖側で碎波し、構造物が碎波後の乱れた領域に含まれる場合の 4 種類の碎波状況の波が作用するよう波高を調節した。各々の入射波に対し、構造物に作用する水平・鉛直方向波力 (F_x, F_z)、構造物中心位置での水位変動とそこでの天端上 1cm における水平・鉛直方向流速 (u, w)、および構造物前面における天端上 1cm の水平・鉛直方向流速の計測も同時に行った。

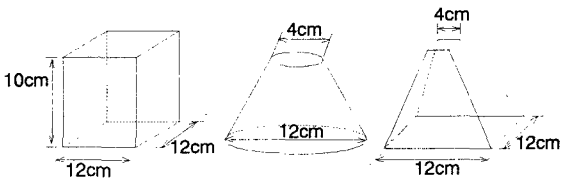


図-2 擬岩模型の概要

3.実験結果とその考察：本研究で対象としている構造物は入射波長に比べて充分小さい構造物であり、従って Morison 式が作用波力算定式として使用できれば実用的である。著者らは、構造物前面での流速と加速度を使用し、水位変動とともに変化する構造物の没水体積と流れ方向の投影面積を構造物の中心位置での水位

より下にある部分を対象として評価することによって、特に衝撃的な碎波力が作用する場合であっても、Morison 式を適用することが可能であることを指摘した²⁾。本研究では、波力係数に及ぼす潜堤上の水位変動の影響を調べるために、Morison 式に静水深での投影面積と体積を考慮した場合の抗力と慣性力係数を最小二乗法で決定し、水位変動を考慮した場合と比較しながら検討する。

図-3 に、 $R/h_1 = 0.2$ の円錐台に対する抗力係数 C_{Dx} と KC 数の関係を示す。抗力係数は、水位変動を考慮した場合と考慮しない場合ともに、KC 数が 5 以下では、比較的広範囲にばらつきながら KC 数の減少に伴い増大するが、KC 数が 5 以上になると、KC 数の増加に伴い、ほぼ一定値に収束していく傾向がある。一方、図-4 に示す慣性力の場合、抗力係数に比べて KC 数に対する依存性は小さく、いずれの場合もほぼ一定値と見なせる。

しかし、図-3 と図-4 の比較より、水位変動を考慮しない方の波力係数がよりばらつくこと、また、それぞれの収束値も大きくなることからわかる。これは、天端水深に比べて水位変動が大きい場合、最大波力が作用する時は投影面積、没水体積ともに大きくなっているのに静水深状態での値を使用しているため、その影響が波力係数に含まれ、値が大きくなったと考えられる。

水位変動を考慮した場合としない場合の抗力と慣性力の最大値の比 F_{dm}/F_{im} を図-5 に示す。なお、計算には図-3,4 に示す抗力係数と慣性力係数を使用した。KC 数が小さい範囲では抗力の割合が比較的大きくなるが、KC 数の増加とともに慣性力が支配的な状況になっている。また、水位変動の考慮の有無にかかわらず、KC 数に伴う F_{dm}/F_{im} の変動特性はよく似ている。これは、水位変動の効果を考慮しなくともその影響が波力係数に含まれるため、結果的に抗力と慣性力の最大値には影響が現れなかったためである。図示しないが、四角錐台と直方体の場合も同様の結果が確認された。

4.あとがき：水深に比べて水位変動が大きい場合の構造物の作用波力の算定に Morison 式を適用する場合、投影面積と体積を水位変動の関数として評価した方が波力係数の特性が明確になることが判明した。数値計算による水位変動の効率が改善されてきているので、水位変動を考慮した波力の算定が望ましいと考える。

<参考文献> 1) 合田・池田・笹田・岸良 (1972)：岩礁上の円柱の設計波力に関する研究，港湾技術研究所報告，第 11 巻，第 4 号，pp.45-81. 2) 水谷・許・米勢・倉田・遠藤・岩田 (1999)：潜堤上の構造物に作用する波力の特性と Morison 式の適用性に関する研究，海洋開発論文集，Vol.15，pp.357-362.

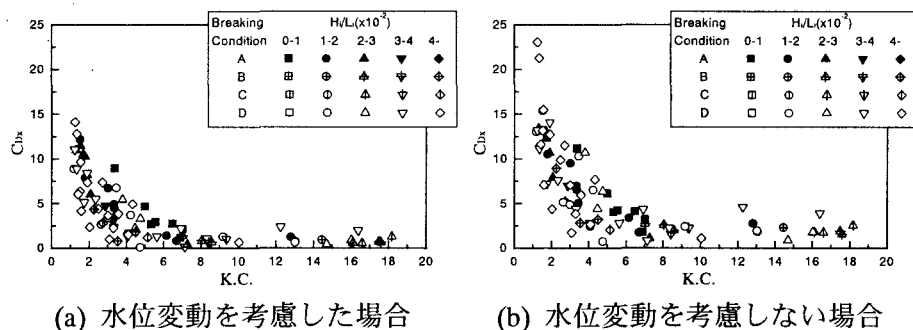


図-3 抗力係数と KC 数の関係 (円錐台, $R/h_1 = 0.2$)

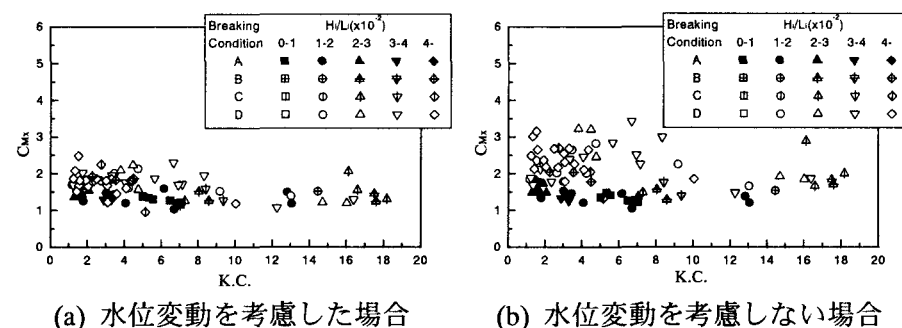


図-4 慣性力係数と KC 数の関係 (円錐台, $R/h_1 = 0.2$)

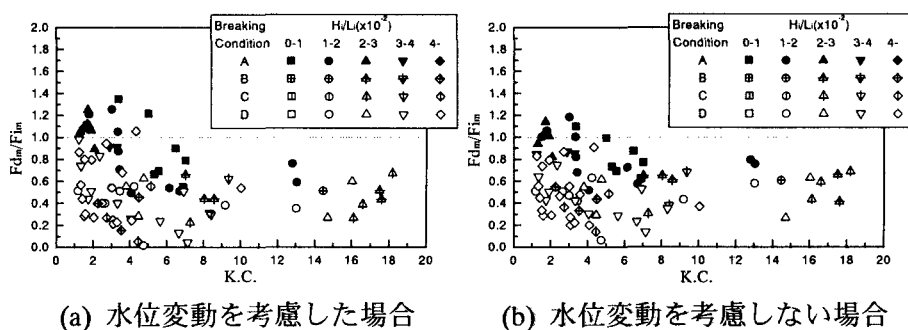


図-5 抗力と慣性力の比の特性 (円錐台, $R/h_1 = 0.2$)