土木学会第51回年次学術講演会（平成8年9月）

II-51　消波工を有する緩傾斜埋立護岸の越波特性に関する実験的研究

運輸省第五港湾建設局設計室　正会員　藤崎治男
同　上　笹田 彰
同　上　坂村 浩

1．はじめに

近年、人工島など埋立地を沖合に建設する事例が多くなり、埋立地は高波浪の来襲を受けやすくなっている。埋立地に高波浪が来襲すると、波が埋立護岸を越えて陸部に進入する「越波」が生じやすくなり、その量の把握や制御が重要な課題となる。越波量は護岸の形状や波の諸元などの条件によって大きく変化し、現状では、限られた条件以外、越波量を推定することができない。

このような背景の中、本研究は、伊勢湾北西部の任意の海域を対象に、消波工を有する1:3勾配の緩傾斜埋立護岸について、水理模型実験を行い、一般に施工事例が多い1:4/3勾配の消波護岸と比較しながら、越波流量特性を明らかにした。

2．研究の概要

実験は、運輸省第五港湾建設局伊勢湾水理模型実験場が所有する平面水槽の一部を仕切った長さ30m、幅1m、深さ1.5mからなるピストン型単一方向不規則波造波装置が設置された長水路において、模型縮尺1/30で実施した。実験の対象となる護岸の断面は、図１のとおり、1:3勾配、1:4/3勾配とも消波ﾌﾞﾛｯｸ被覆式で天端高+7.5m（水面から護岸天端高までの高さは3.0m）である。実験対象波は、この海域の設計波であるH1/3＝4.0m、T1/3＝7.2ｓ（概算波形勾配0.05程度）、及び設計波の波形勾配と同じとする設計波近傍値のH1/3＝3.0m、T1/3＝6.2ｓとH1/3＝4.3m、T1/3＝7.5ｓの３種類であり、周波数スペクトルは、いずれも、修正ブレッドシュナイダー・光易型を目標とした。実験では、各波浪別に約660波（現地約70分間）に対する越波流量を測定し、1:4/3勾配の消波護岸と比較しながら、越波総流量や水平分布に関する緩傾斜護岸の越波特性を求めた。また、短時間に発生する高波高波群を対象とした越波流量の特性も探った。さらに、実験データを基に、対象海域の任意の波高、任意の天端高における概算の越波流量及び許容越波流量となる天端高を推定できる手法を検討した。

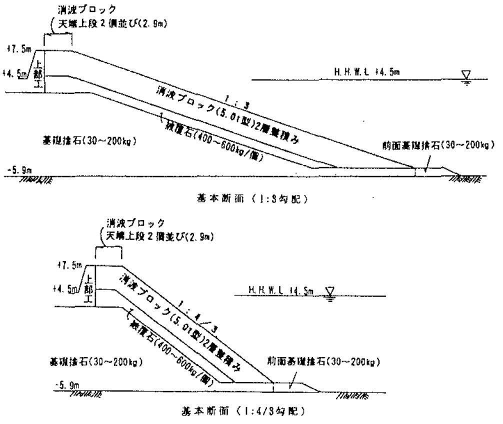

図１　実験に使用した断面

3．研究結果

(1)総越波流量

図２は、波高と越波流量の関係を護岸勾配別に示したものである。これをみると、設計波（波高4.0m）の越波流量は、1:4/3勾配では0.1m³/m･sec強で、許容越波流量（0.02m³/m･sec）の５倍以上に達しているのに対し、1:3勾配では、0.019m³/m･secで許容流量内に収まるなど、全体に1:3勾配の越波流量は1:4/3勾配の３～22％程度に減少することが判明した。この要因としては、①1:3勾配は1:4/3勾配に比べ、来襲する波の砕波位置が上部工天端から遠ざかること、② 砕波後、波は流れに近い状態となり、その流勢が消波ブロックの粗度により低減され易くなること、などと推測される。

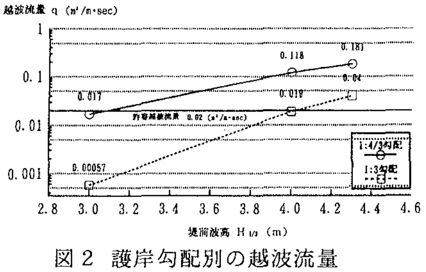

図２　護岸勾配別の越波流量

(2)越波流量の水平分布

図３は、設計波（波高4.0m）について、1:3勾配と1:4/3勾配の越波流量の水平分布割合を示したもので

ある。その全体傾向をみると、いずれも、全越波流量の90%以上が護岸上部工天端背後から10mまでの区間内に影響を及ぼしていることが分かる。その中で、護岸背後から5m区間では、1:3勾配の方が越波流量の割合が高く、5～10m区間では、逆に1:4/3勾配の方が高くなっており、1:3勾配は1:4/3勾配に比べ、越波の影響が遠くまで及ばないことが判明した。ただし、本実験結果には、風の影響が考慮されていないため、現地の暴風時においては、さらに遠くまで越波の影響が及ぶ可能性がある。

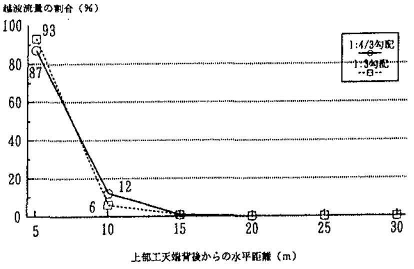

図３ 越波流量の水平分布割合

（3）短時間でみた越波流量特性

不規則な波の中には高波高が連なって来襲する場合があることに鑑み、図４は、1:3勾配において、設計波（波高4.0m）を波数約660波（現地時間にして約70分間）作用させた場合と約40波（時間にして約５分間）作用させた場合の越波流量を比較したものである。なお、後者は、約660波の中で、比較的高波が含まれていると思われる波群から連続して約40波をとらえた。これをみると、短時間内の越波流量は、約660波の結果（0.019m³/m・sec）の２倍強に当たる0.043m³/m・secとなり、許容量（0.02m³/m・sec）を大きく上回る結果となっている。よって、排水計画の検討に際しては、短時間中の高波高群に対する越波について、十分に留意する必要があると思われる。

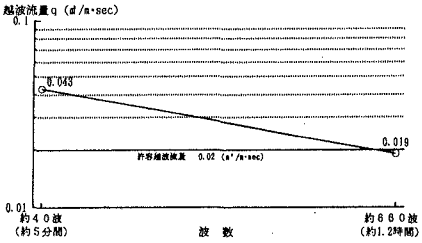

図４ 短時間での越波特性（1:3勾配）

（4）任意の波高、任意の天端高に対する越波流量算定図

図５は、実験結果より、直立護岸への換算天端高係数を利用して作成した1:3勾配の消波護岸に対する任意の波高、任意の天端高における概算越波流量の算定図を示し、図６は、図５より求めた許容越波流量（0.02m³/m・sec）となる所要天端高の算定図である。ただ、本算定図は、実験で対象とした天端高+7.5m（水面上+3.0m）からかけ離れるほど、水面から上部工天端までの消波工容量が実験内容と異なるため、算定精度が低下することを今回の実験で確認しており、図５はあくまでも越波流量の目安の推定に用いるべきと考える。なお、本算定図は1:4/3勾配についても作成しており、許容越波流量となる1:3勾配の所要天端高は、1:4/3勾配に比べ1.5m程度低減できることが分かった。

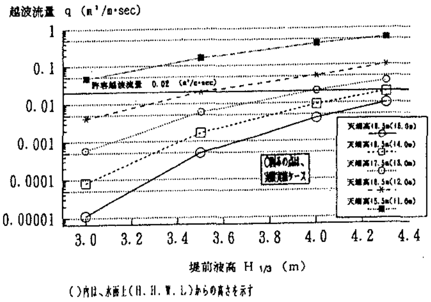

図５ 越波流量算定図

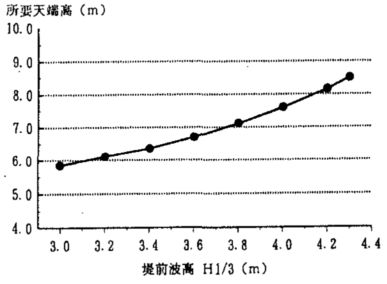

図６ 許容越波流量となる天端高の算定図

4．主要な結論

本研究より得られた主要な結論は以下のとおりである。

①消波工を有する1:3勾配の緩傾斜護岸（天端高+7.5m）は、越波流量が一般的に施工事例の多い1:4/3勾配の消波護岸の３～22%程度となり、かつ、水平分布をみても1:4/3勾配に比較して、その影響が遠くまで及ばないなど、越波に対する低減効果を有している。

②短時間中の高波高波群によって起きる越波流量は、ある程度長時間（約70分間）を対象とする平均的なそれに比べ、２倍程度増加する場合がある。

③得られた実験データより、対象海域の任意の波高、任意の天端高における1:3勾配の消波工を有する緩傾斜護岸の越波流量及び許容越波流量となる天端高の概算値が推定できる図を作成した。