

水深が深い海域における直立消波堤による越波特性

九州共立大学工学部 学生員 ○伊原 隆行 久保 悦弘
正会員 小島 治幸

1. はじめに

海域の多様で高度な利用が強く求められている今日、港の岸壁や護岸、外郭防波堤、特に人工島の護岸で直立の水際線を有するところが増えてきている。このとき、安全で機能的であるためには、反射波や越波、しぶきを低減することが重要な課題となる。このため、消波機能を有した直立消波堤が開発され実用に供されている。この堤体の反射波低減効果については多くの研究がなされているが、特に人工島などが建設される水深の深い海域での越波量低減効果については、十分な知見が得られているとは言えない。本研究は、水理模型実験により、水深が比較的深い海域において、直立護岸とブロックを用いた直立消波堤（護岸）の越波量を比較して、直立消波堤の越波量低減機能の特性を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法と条件

(1) 実験方法

水理実験は、図-1に示すように、長さ 22m、幅 0.6m、高さ 1.0m の 2 次元造波水路の端に直立消波堤を設置した。堤体は、図-2 が示すように、箱の上に直立消波堤ブロックを 5 列、1 段～3 段に積み上げたものを設置し、さらにその上に 2.0cm 厚の上部工を置いて実験を行った。また、比較の目的で直立壁を設置して同じく 2.0cm 厚の上部工を置いて実験を行った。水深は $h=50.0\text{cm}$ とし、水平床とした。

測定項目は、越波量と水面変位である。越波量の測定は、護岸の背後に越波を受ける計量用水槽（ $40.0\text{cm} \times 59.0\text{cm}$ ）を設置し、波が消波護岸に達し越波が確認されてから 4～5 分程度造波し越波が終わるまでの時間を計り、計量水槽に溜まった水の深さよりその体積を求め単位時間、単位幅あたりに換算し越波量とした。また、この間に越波計量水槽がいっぱいになるようなときは、それまでにふたを開け、それにたまった水の容積と時間を計った。

波高計は、容量式波高計を使用し、造波装置から最も近い水平床の位置に 1 本設置し、堤体の直前に 1 本設置した。

(2) 実験の条件

入射波が規則波の場合は、入射波高を $H_0'=4.0 \sim 12.0\text{cm}$ で 6 種類、周期を $T=0.68 \sim 2.4\text{s}$ と変え、不規則波（Bretschneider・光島型スペクトル）の場合は、入射有義波高を $H_{0'1/3}=6.0 \sim 12.0\text{cm}$ で

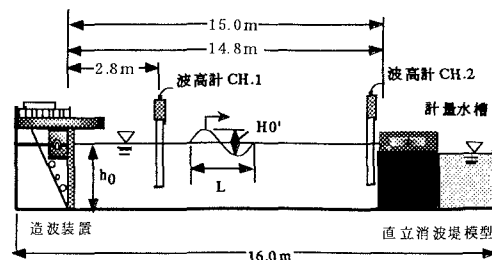


図-1 実験水槽図

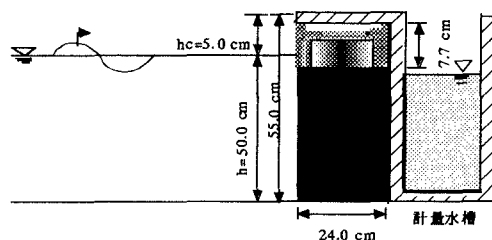


図-2 直立消波堤模型図

3 種類、有義波周期を $T_{1/3}=0.68 \sim 2.40\text{s}$ と変化させた。規則波、不規則波ともに相対水深 (h/L) は、 $0.1 \sim 0.7$ で 0.1 きざみで変化することに相当する。

3. 実験結果と考察

図-3 と 4 は、相対水深 (h/L) に対する無次元越波量の変化を表し、それぞれ規則波と不規則波に対する結果を示している。各図の上図は相対天端高 $hc/H_0'=0.833, 0.625$ の結果を、下図は $hc/H_0'=0.417$ の結果を示し、直立壁、直立消波堤ブロック 1 段、ブロック 2 段による違いを表している。なお、越波が起こらず越波量がないときは、無次元越波量が 10^{-6} のところにプロットした。

相対水深 h/L に対する越波量の変化は、規則波、不規則波とも直立護岸、消波堤ブロック 1 段、消波堤ブロック 2 段の順に越波量が少なくなり、相対天端高が大きくなるほどその傾向が顕著にみられた。これは、相対天端高が大きいかほど消波堤ブロックが機能するためと思われる。また、相対天端高が $hc/H_0'=0.417$ と小さい場合は、相対水深 h/L が大きくなるにつれ越波量は減少する傾向がある。しかし、規則波で相対天端高が大きい場合、 $h/L=0.2, 0.3, 0.4$ のところで越波量が急激に減少した。その原因は詳しくは分からなかったが、実験で用いた 2 次元造波水路の特性のためと思われる。一方、不

規則波の相対水深 $h/L_{1/3}$ に対する越波量の変化は $hc/H_0'_{1/3}=0.833$ のとき $h/L_{1/3}=0.3$ 近傍で最大値を示し $h/L_{1/3}$ がそれより小さくとも大きくともゆるやかに減少する傾向がみられた。 $hc/H_0'_{1/3}=0.625$ のときは、 $h/L_{1/3}$ の変化に関係なくほぼ同じ値になった。 $hc/H_0'_{1/3}=0.417$ のときは $h/L_{1/3}$ が大きくなるにつれて減少した。 また不規則波は、規則波のデータよりも越波量の値が全体的に小さくなっている。

図-5 と 6 は相対水深 (h/L) に対する堤体前面波高と入射波高との比の値の変化を表し、それぞれ規則波(H_t/H_0')と不規則波($H_{1/3}/H_0'_{1/3}$)に対する結果を示している。 規則波に関しては、 $hc/H_0'=0.833$ と入射波高が小さいとき、波高比 H_t/H_0' がほぼ 2.0 と完全反射になっているが、入射波高が大きく、また消波堤ブロックの場合は、波高比が 2 よりも小さく相対水深が大きいほど減少す

る傾向がみられる。 不規則波では、全般的に波高比が小さくなったが、規則波と比べて比較的値の変化は小さかった。 図-3 と 4 の結果と見比べてみると、規則波、不規則波ともに波高比の値における直立壁、消波堤ブロック 1 段、ブロック 2 段の変化は、この順に小さくなり、越波量の傾向と対応している。

4. まとめ

以上の研究により、水深が比較的深い海域における直立消波堤の越波量特性について次のことが明らかとなった。 越波量には、相対水深 h/L が大きくなるにつれて減少する傾向がある。 規則波、不規則波ともに消波ブロックは、現在一般的に使われている直立壁よりも相対天端高 hc/H_0' が高いほど越波量を抑えることができる。 また、消波堤ブロックを重ねることで水面変位を小さくすることができ、越波量を抑えることができる。

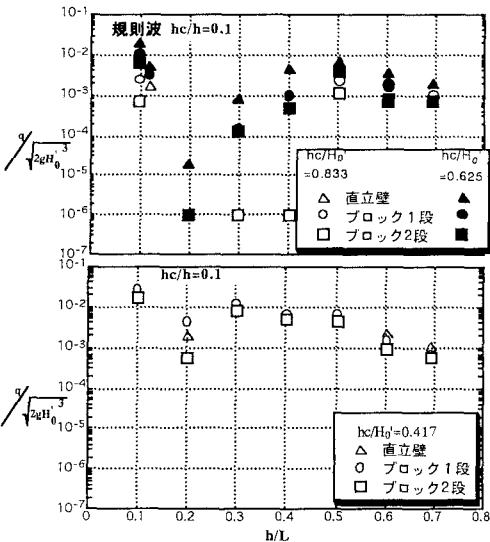


図-3 規則波における越波量

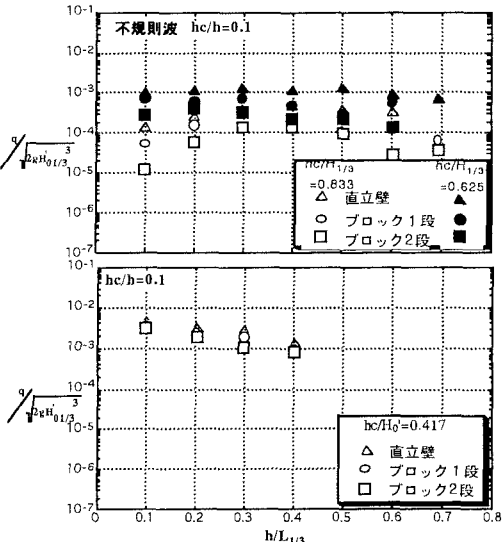


図-4 不規則波における越波量

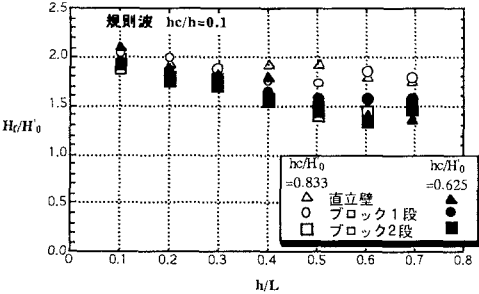


図-5 堤体前面波高・入射波高比(規則波)

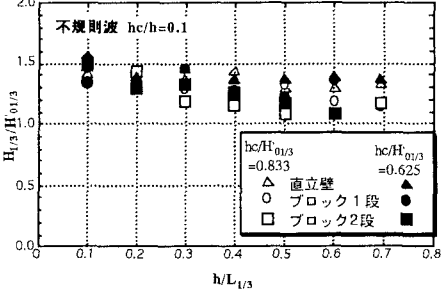


図-6 堤体前面波高・入射波高比(不規則波)