

上部斜面消波堤に作用する波力と水理特性について

NKK 基盤技術研究所 正会員 ○本田秀樹 正会員 塩崎禎郎
 NKK 鉄構建設部 正会員 堀内 博 正会員 辻岡和男

1. はじめに

近年、港湾や漁港の沖合展開に伴い、大水深・高波浪域で防波堤を建設する機会が増えてきている。従来、このような海域では、消波ブロックで防波堤前面を被覆した構造形式が多く用いられているが、水深の増加に伴う消波ブロック重量・個数の増大により、建設コストの増加が問題となることがある。このため、著者らは、耐波安定性、消波性能に優れ、コスト縮減が可能な新形式防波堤として、図-1 に示すような、直立消波堤と上部斜面堤を組み合わせた上部斜面消波堤の開発を行った。本研究では、水理模型実験によって上部斜面消波堤の耐波安定性、波圧特性について調べ、設計で用いる波力算定式の妥当性を検証した。また、反射率や波高伝達率（必要天端高）についての検討も行った。

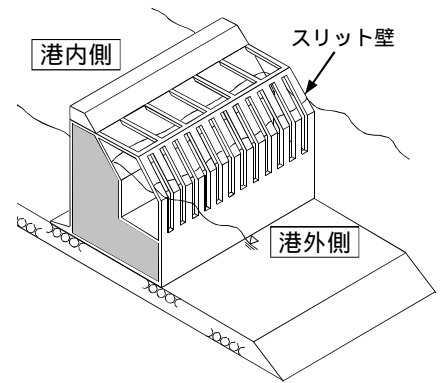


図-1 上部斜面消波堤

2. 実験概要

実験は、吸収制御式の2次元造波水路を用いて、1)耐波安定性、波圧特性の検証を目的とした滑動実験、2)消波性能、必要天端高の把握を目的とした反射率、波高伝達率実験、の2種類に分けて行った。実験対象断面を図-2 に示す。現地との想定縮尺率は1/60とし、フルード相似則を用いて実験条件を決定した。以下にそれぞれの実験方法を述べる。なお、比較のため、両方の実験とも直立消波堤についての実験も行った。

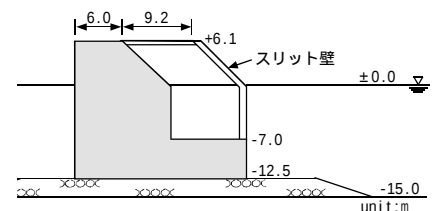


図-2 実験対象断面図

〔滑動実験〕実験は、表-1 に示す条件の規則波を用いて行った。滑動実験では、後述する上部斜面消波堤の波力算定式を用いて滑動安全率が1.0となる重量を基本として、この堤体重量を増減させて波を作用させた時の堤体の滑動量から滑動限界重量を求めた。また、分力計により堤体全体に作用する水平、鉛直波力と、各部材に計10点設置した波圧計により作用する波圧の計測を行った。

〔反射率、波高伝達率実験〕実験は、表-2 に示す条件の不規則波を用いて行った。不規則波は、Bretschneider-光易型のスペクトルを目標に100～130波相当の波群を作成した。反射率は、造波装置と堤体間に30cm間隔で設置した波高計のデータを用い、入・反射分離法により求めた。波高伝達率は、堤体背後に1.0m間隔で設置した波高計のデータからそれぞれの有義波高を求め、それらの平均値と入射波の有義波高との比で算定した。

表-1 実験条件（滑動実験）

水深	24.9cm(15.0m)		
周期	1.29s (10.0s)	波高	4.6cm(2.8m), 10.2cm(6.1m)
			14.1cm(8.5m), 14.1cm(8.5m)*
周期	1.88s (14.5s)	波高	5.1cm(3.1m), 12.0cm(7.2m)
			17.5cm(10.5m), 15.9cm(9.5m)*

*)マウンド手前で碎波、()は現地換算値

表-2 実験条件（反射率、波高伝達率実験）

	反射率実験	波高伝達率実験
水深	24.9cm(15.0m)	
周期	0.9s(7.0s)	1.29s(10.0s), 1.88s(14.5s)
有義波高	3.3, 4.0, 4.7cm (2.0, 2.4, 2.8m)	6.42～12.84cm : 7種類 (3.9～7.7m)

()は現地換算値

< 上部斜面消波堤の波力算定式 >

上部斜面消波堤の波力算定式は、高橋らが提案している直立消波堤の算定式¹⁾に、細山田らが提案している波形勾配と斜面勾配の影響を取り入れた上部斜面堤の補正係数²⁾を掛け合わせた。つまり、直立消波堤の同じ高さ位置に作用する波圧値に、直立部、斜面部の補正係数を掛け合わせて求めた。なお、遊水室底面(下床版)に作用する鉛直波力、揚圧力は直立消波堤と同じ値とした。

キーワード：斜面、スリット、高波浪、耐波安定、波力算定式

連絡先：〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1-1 NKK 基盤技術研究所 都市工学研究部 TEL 044-322-6592

3. 実験結果

3.1 滑動実験結果

実験結果の一例として、周期 14.5s における波高と単位幅堤体重量の関係を図-3 に示す。図中の実線(点線)は、波力算定式から求めた滑動安全率が 1.0 での堤体重量、プロットは滑動実験から得られた滑動限界重量である。その結果、堤前で碎波する条件を除いて、今回行った実験条件における両者の値は同程度となっていた。このことから、上部斜面消波堤の安定性に関しては、今回の波力算定式を用いて評価可能であると判断できる。また、同条件における直立消波堤の堤体重量と比較すると、上部斜面消波堤の堤体重量は、波高が大きくなるほど減少する割合も大きくなっていることから、高波浪域での安定性に優れ、コスト縮減が可能となる構造形式であると考えられる。

3.2 波力、波圧特性

周期 14.5s、波高 7.2m における波力、波圧の時系列波形を図-4 に示す。図中の縦線は滑動合成波力¹⁾(=水平波力-堤体底面の摩擦係数×鉛直波力)が最大となる位相である。その結果、滑動合成波力最大時には、スリット直立部と前面不透過壁部の波圧が最大となっていることから、堤体前面直立部に波が作用している状態であると考えられる。このとき、斜面部には波圧が作用しておらず、直立部と斜面部には位相差が生じている。このことから、直立部全体に同位相で水平波力が作用する直立消波堤と比較して、上部斜面消波堤に作用する水平波力は低減されるものと考えられる。また、水平波力が最大となるのは滑動合成波力の位相より遅れているが、このときには斜面部や下床版に作用する鉛直波力が増加するため、滑動合成波力は減少している。

3.3 反射率、波高伝達率

反射率の実験結果を表-3、周期 14.5s における波高伝達率の実験結果を図-5 に示す。その結果、周期 7.0s、有義波高 2.0~3.0m における上部斜面消波堤の反射率は 0.3 程度となっており、十分な消波性能を有していることがわかった。また、上部斜面消波堤の反射率は、直立消波堤の反射率と同程度となっていることから、直立消波堤で用いられる谷本らの反射率算定式により推定することが可能と考えられる。また、波高伝達率に関しては、許容される波高伝達率を 0.1 とした場合、必要となる堤体天端高は、直立消波堤で有義波高の 0.6 倍であるのに対し、上部斜面消波堤では 0.8 倍程度とすればよいことがわかった。

4. まとめ

水理模型実験を行い、上部斜面消波堤の波力算定式の妥当性を検証し、水理特性を明らかにした。その結果、上部斜面消波堤は、直立消波堤と比較すると、高波浪域での耐波安定性に優れることがわかった。

参考文献

- 1)高橋重雄, 下迫健一郎, 佐々木均: 直立消波ケーソンの部材波力特性と耐波設計法, 港湾技術研究所報告, 第 30 巻第 4 号, 1991
- 2)細山田得三, 高橋重雄, 谷本勝利: 離島港湾における上部斜面堤の適用性について, 海岸工学論文集, 第 41 巻, 1994

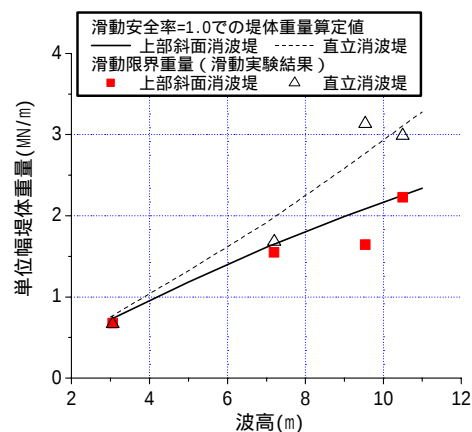


図-3 滑動限界重量の比較

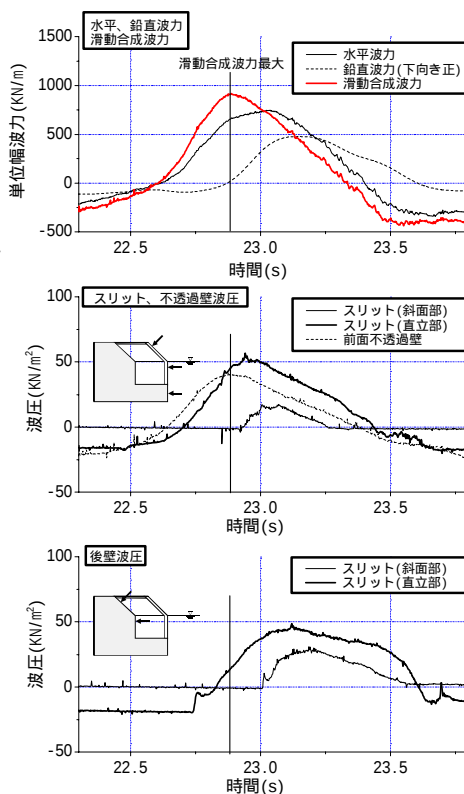


図-4 時系列波形

表-3 実験結果（反射率）

有義波高(m)	2.0	2.4	2.8
直立消波堤	0.33	0.31	0.29
上部斜面消波堤	0.33	0.3	0.29

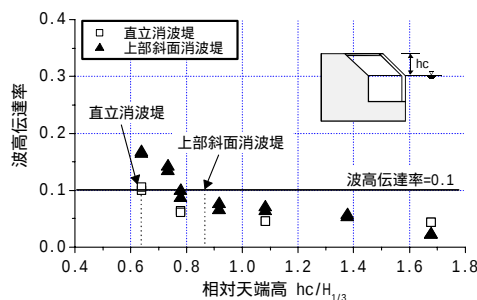


図-5 相対天端高と波高伝達率の関係