

II-296

衝撃砕波帯における上部斜面堤の安定実験

運輸省第三港湾建設局 正会員 柳生 忠彦 正会員 白石 修章
 同 上 正会員 八尋 明彦 同 上 洪山 晴夫
 同 上 寺川 博也 同 上 下元 幸夫

1. はじめに

上部斜面堤は、斜面壁に波力が作用した時、波力の水平成分が小さくなると同時に鉛直成分が堤体の安定に寄与するという特徴を活かした従来型の防波堤に比べて滑動抵抗力の高い構造型式の防波堤である。本稿は、本防波堤を衝撃砕波が発生するような場所に適用するために行った堤体の安定実験の概要を報告する。

2. 実験内容

表-1 実験内容

実験は、長さ64m、幅1.5m、高さ1.5mの2次元水路を使用し、表-1に示す方法で行った。

	実験波	潮位	波浪条件
①機能実験	不規則波	+2.0	$H \frac{1}{3} = 9.5\text{m}$ $T \frac{1}{3} = 16.5\text{sec}$
②波力実験	規則波	+3.5	$H \frac{1}{3} = 4.9 \sim 11.9\text{m}$ $T \frac{1}{3} = 16.5\text{sec}$
③滑動実験	不規則波	+3.5	$H \frac{1}{3} = 7.7 \sim 10.2\text{m}$ $T \frac{1}{3} = 16.5\text{sec}$

3. 実験結果

1) 天端高、斜面形状による伝達特性等

上部斜面堤は、滑動抵抗力の高い反面、波の伝達率が高い欠点をもっており安定実験のまえに天端高・斜面形状の違いによる伝達特性の実験を行った。

実験は、表-2に示す6ケースである。天端高による違いは僅かであるが高い方が小さい結果になっている。斜面形状では、伝達率よりも波の跳躍や越波の形態に違いがあり、堤体内外へのアロックへの影響が大きい。港内側の被覆アロックに対しては①波返し付②曲面③直斜面の順に、港外側の消波アロックに対しては①直斜面②波返し付③曲面の順に安定度が高かった。

表-2 天端高～斜面形状～伝達率の関係（機能実験結果）

形 状	天端高	伝達率	反射率
直 移 形 状	+14.5	0.158	0.470
	+11.5	0.170	0.465
曲 面 形 状	+14.5	0.184	0.453
	+11.5	0.146	0.456
波 返 し 付	+14.5	0.096	0.483
	+11.5	0.134	0.482

2) 波力実験結果

本型式の防波堤では、①消波アロックによる波力減殺効果②直立部と斜面部の位相差による合波力の低減③斜面部における水平波力の低減、鉛直力の発生が期待でき、これらがより滑動抵抗力を高めるものと考えられる。これらの点を検証するため行った波力実験の結果を述べる。なお、解析は波圧計・3分力計の測定データの10波数分（測定間隔 $\Delta t = 1/1000\text{sec}$ ）を対象とした。

イ) 堤体形状による合波力の違い

図-1, 2は、斜面形状及び消波アロックの有無による波高Hと水平力F_H・鉛直力F_V（分力計測定値）のピーク値との関係である。図-2中の鉛直力で実線で示した値は、波力作用時の下向きの力、破線の負の値は上向きの力である。消波アロックを設置した場合、波高が大きくなるにつれ押しつける力が大きくなり、一方負の値は、ほぼ一定を保ち安定上非常に有効となっており鉛直方向波力にもアロックの効果は現われている。

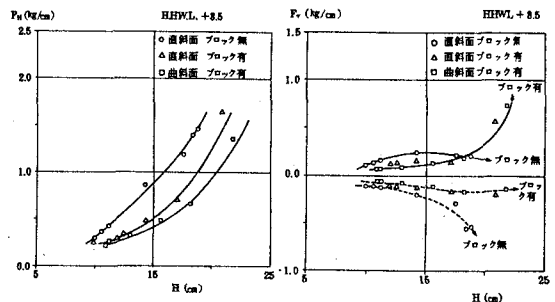


図-1 F_H と H の関係

図-2 F_V と H の関係

ロ) 波圧及び合波力の経時変化

図-3は、波返し付斜面形状での波圧・水平力・鉛直力の経時変化を示したものである。直立部と波返し部及び斜面部の波圧のピークにはずれがあり、水平力のピークは波返し部及び斜面部のピーク時に発生している。このことは、位相差によって合波力が低減されていることを示している。

ハ) 波圧分布と合波力の関係

図-4は、衝撃砕波発生時($H=17\text{ cm}$)での波圧分布である。水平方向の波圧分布は、直立部では波高の増大にかかわらず平均 $0.82\omega H$ であるのに対し、斜面部では波高に伴い増大し斜面部で $1.05\omega H$ 、波返し部では $1.93\omega H$ にまでなっている。図-5は、この測定値と合田波圧式を比較したものである。直立部では合田式とよく合っているが、斜面部では波高の増大に伴い測定値の波力が大きくなり、衝撃砕波発生時($H=17\text{ cm}$)からの増大は特に著しい。

3) 滑動実験結果

滑動実験は、波返し付斜面形状断面で約1000波を作用させて行った。図-6は、波高と滑動量の関係を示したもので、滑動を許さない場合、合田式($\lambda=1.0$ 、 $\alpha_2=0$)では若干危険側になる。図-7は、波力実験と滑動実験による滑動限界重量を比較したもので、波力実験の波力は滑動実験の所要重量より相当大きくなる。この両者の実験による波力の違いは、衝撃力の特性に起因していると考えられる。つまり、衝撃砕波が瞬間的な作用であることやマウンドによる作用力の吸収があることなど分力計で測定した値が実際の滑動に及ぼす力と異なっているものと考えらる。

4. まとめ

本構造型式は、上部斜面堤の直立部に消波ブロックを被覆することによって、より滑動抵抗力を高めていることが確認でき、高波浪下の衝撃砕波帯でも充分利用できる構造と言える。また、波力実験で測定されたような衝撃力が作用しても上部工への部分作用となり部材的にも問題はない。

設計上での作用波力としては、直立部と斜面部を区分し滑動実験結果から合田の準用式として取り扱っており、直立部では $\lambda=1.0$ 、 $\alpha_2=0$ 、斜面部では $\lambda=1.5$ 、 α_2 を考慮した値としている。

これまで、衝撃砕波帯の防波堤では消波ブロック被覆堤が一般的であったが、本型式はこれよりも建設コストの低減が図られるため今後有効であろう。最後に、本実験の実施及び解析にあたり、港研耐波研究室の皆様には色々と御指導頂いた。ここに謝意を表します。

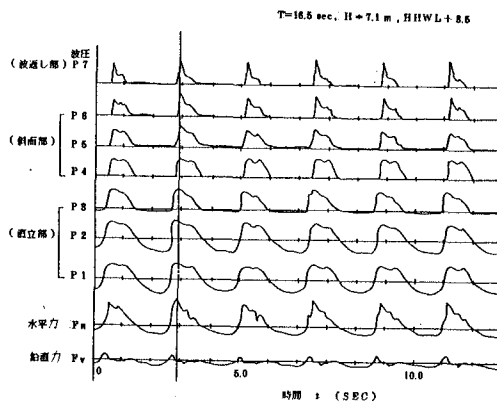


図-3 波返し付斜面堤の波圧経時変化

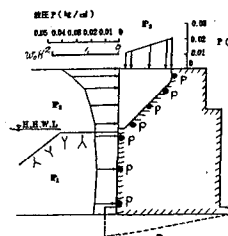


図-4 波圧分布形

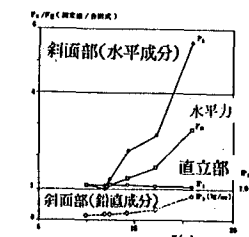


図-5 直立壁(合田式)と斜面堤の比較

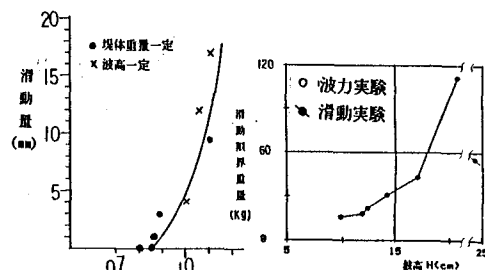


図-6 波高と滑動量の関係

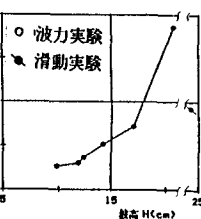


図-7 滑動限界重量