

傾斜消波護岸の水利特性に関する研究

九州共立大学工学部 学生員 橋本 献, 武井 憲明, 正会員 小島 治幸
(株) テトラ 正会員 谷本 正和

1. はじめに

海岸護岸において、打ち寄せる波のエネルギーを吸収し、反射波、越波、しぶきを減少させる方法として、一般には異形のコンクリート消波ブロックを護岸前面に多量に投入する工法が広く用いられている。この工法は普通の波であれば自然海岸に近い消波機能を発揮するため、最も効果的な工法と言える。しかし、護岸本体とは別に消波工を設けるために、二重投資をすることになる。これに対して消波効果を合わせ持つ直立消波護岸が考えられている。今回、研究した傾斜消波護岸（小型イグルー）の用途は、主に、瀬戸内海や湾奥の航跡波（周期2～3秒）の反射波の低減や湾内発生波の短周期風波の消波を目的としたものである。本研究は、これらの用途に供するための機能性について、水理模型実験で検証し、傾斜消波護岸としての水理的機能を把握することを目的とする。

2. 実験方法と条件

(1) 反射率と越波量に関する実験

水理実験は、図-1に示すような全長14.5m、深さ0.7m、幅0.5mの2次元造波装置を用い、護岸ブロックを図-2に示すように3.5列、4段(44.9cm×50.0cm)に積み上げそれを水路端に設置して実験を行った。波高計は容量式波高計を使用し、造波装置から最も近い位置に1本（入射波高）、水路のほぼ中央に2本（反射率）、消波護岸前面に2本設置した。記録は、オシログラフィックレコーダーによって波形および入射波高を読み取った。デジタルレコーダーではサンプリング周波数20Hz(0.05s間隔)で2048個を反射率のデータとして取得した。反射率は、分離推定法を用いて算定した。越波量の測定は、護岸の背後に越波を受ける計量用水槽(25.1cm×44.9cm)を設置し、波が消波護岸に達し越波が確認されてから、3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、単位秒および単位幅あたりに換算し、越波量とした。ただし、越波量が少量で計量水槽から水深の測定が不可能な場合は水槽に溜まった水の重量から体積を求め水量とした。水深は、水面と護岸の天端部の差(天端高 h_c)と推定波高から水深を $h=43.0$ cm、

45.0cm、47.0cmと設定し実験を行った。また、入射波は不規則波（Bretschneider：光型型スペクトル）を用い入射波高を $H'_{1/3}=4.0\sim 8.0$ cm、有義波周期を $T_{1/3}=0.65\sim 2.50$ sと変化させた。実験ケースは消波護岸の現地への設置状況を考慮に入れて、護岸形式として以下の3ケースを行った。

- 1) 模型ブロックを普通に積んだ場合（基本型）
- 2) 模型の天端に構造上、意図的に作られた穴を閉塞した場合（天端穴閉塞型）
- 3) 模型の最上部背後に12.5cmのパラベットを取り付けた場合（パラベット型）

(2) 波力に関する実験

護岸模型の上段部の中央ブロックに圧力計を5つ受圧板が圧力を感じできるようにまわりの面にあわせて埋め込み、水深 $h=0.43$ m、0.45m、0.47mについて実験を行った。実験中はオシログラフィックレコーダーにより入射波高、堤体前面波形、圧力波形を記録し、またデジタルレコーダーにサンプリング周波数20Hzで波を起こし始めてから800個のデータを収録した。入射波は、規則波を用い波高を $H'_0=4.3\sim 9.6$ cm、周期を $T=0.62\sim 1.41$ sと変えて実験を行った。

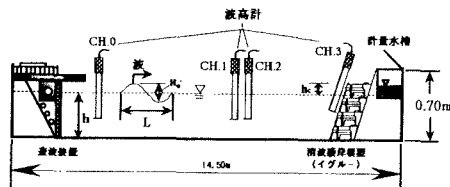
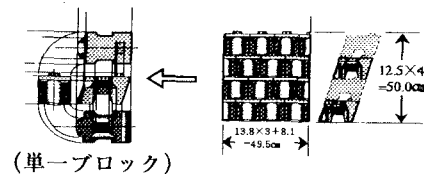


図-1 実験水槽



(単一ブロック)

図-2 消波護岸ブロックと護岸模型

3. 実験結果と考察

(1) 相対堤体長に対する反射率と越波量の変化

図-3は、傾斜消波護岸（基本型）の相対堤体長（ B/L ）に対する各水深の反射率 K_R の変化と無次元越波量を示している。反射率 K_R は、各水深（ $h=43.0$ cm、45.0cm、47.0cm）に対して $B/L=0.2$ 近傍で最小値になり、水深が大きいくほど

反射率が全体的に大きくなるという結果が得られた。越波量は、水深 $h=43.0\text{cm}$ で天端高 $hc=7.0\text{cm}$ において相対堤体長 B/L が 0.20 付近で反射率 K_R の値が最小値となるのに対応して越波量が最小値になる傾向がみられた。水深が増大して天端高 hc が低くなるとこの傾向が見られなくなり相対堤体長に対して越波量はほぼ一樣になる。このことから、天端高が高いときは反射率が越波量に影響を及ぼすことがわかる。

(2) 天端高 hc に対する越波量の変化

図-4 と図-5 は、それぞれ傾斜消波護岸の基本型と天端穴閉塞型の天端高・波高比 ($hc/H_{1/3}$) に対する無次元越波量を示している。なお、図-5 に示すように越波量が認められない場合は 10^{-9} の値で示している。越波量は、天端高・波高比に対して指数関数的に減少する傾向があり、図中に示す実験式が得られる。図-4 と図-5 の結果を比較してみると基本型のほうが天端穴閉塞型に比べて指数のり乗の係数が大きいことから天端高・波高比に対する減少傾向が若干急である。

(3) 越波量の全ケース比較

図-6 の結果をみると全体的に基本型と天端穴閉塞型は越波量がほぼ等しいが、パラベット型に関しては越波量は明らかに少量であるのがわかる。パラベットを設置した場合、天端を越えて進入する波または、飛沫の大半を防ぐ働きをするため他の 2 ケースに比べ $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度越波量を抑えることができる。これにより、傾斜消波護岸の設置についてはパラベットとの併用が越波量を低減するのに有効であることが明らかになった。

(4) 相対堤体長に対する波力の変化

図-7 は、単一ブロックに作用する鉛直波力の振幅 $|F|$ と定常波力 F_0 を $\rho g \zeta_0 A$ で無次元化した波力強度を示したものである。これを見ると、相対堤体長 B/L が増すと波力の振幅値が減少していくことがわかる。これに比べて定常波力はやや減少しているがほぼ一定であり、方向としてはすべて上向きである。これらの合力は、実験を行った範囲ではすべて広井公式の波圧強度係数の 1.5 よりも小さい値を示した。

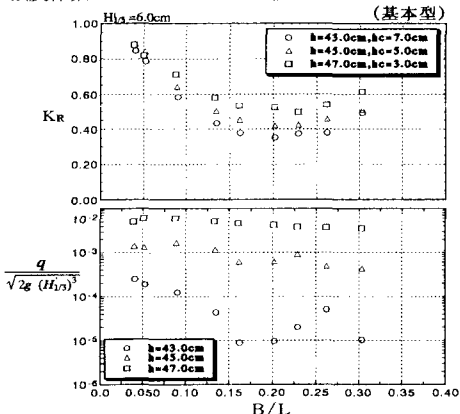


図-3 相対堤体長に対する基本型の越波量の変化

4. あとがき

以上の実験により以下の直立消波護岸についての水利特性が明らかとなった。反射率の低減に関して、実験対象波長において反射率 $0.30 \sim 0.90$ の範囲を示し、堤体長が波長の 20% 程度で最小反射率となり反射波の伝播水域の静穏効果が確認された。越波量に関しては、天端高・波高比に対して指数関数的な関係があることを示し、その実験式を提案した。また、直立消波護岸の設置については、パラベットとの併用により飛躍的に越波量を抑えることができる。

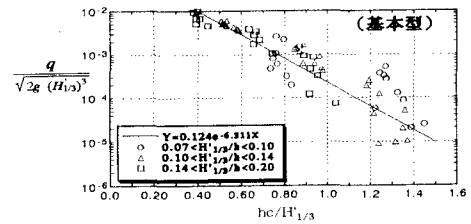


図-4 基本型の越波量の変化

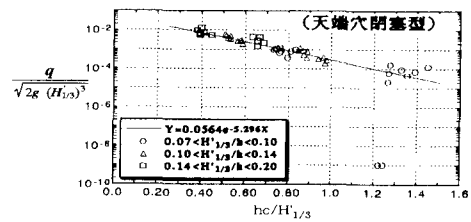


図-5 天端穴閉塞型の越波量の変化

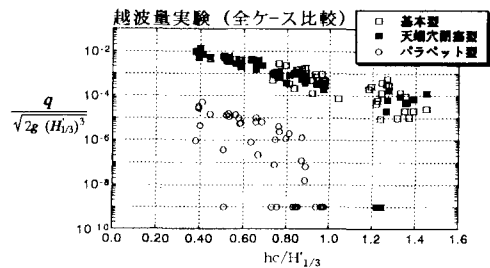


図-6 全ケースの越波量の変化

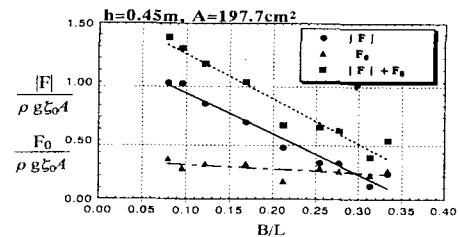


図-7 相対水深に対する波力の変化