

プレキャスト護岸の水理特性に及ぼす表面粗度の効果に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 安藤 康平
 名古屋大学大学院工学研究科 正 会 員 水谷 法美
 南濃コンクリート工業株式会社 増田 高司

1. はじめに: 近年, コンクリート製の護岸や波返し工のプレキャスト化が可能となってきた。これらのプレキャスト化により, 護岸表面の加工の自由度が高くなり, 滑らかな表面が一般的であった従来の護岸に容易に粗度が付けられるようになる。これは, 護岸への波の打上高の減少が期待されるだけでなく, 景観, 親水性や防災面でも利点があると期待される。しかし, プレキャスト化された護岸は, これまで耐波安定性が十分に検討されていないため湾内の比較的作用波の小さい場所にしか設置されておらず, 広く実用化されるまでには至っていない。そこで本研究では, 耐波安定性を検討するための基礎として, 表面にさまざまな粗度を有する護岸を使った水理模型実験を行い, 表面粗度の形状が護岸上への波の打上高や護岸表面への作用波圧, および護岸上部の波返し工への作用波力に及ぼす影響について水理実験結果を行い考究することを目的とする。

2. 水理模型実験の概要: 水理模型実験を片面ガラス張 2 次元鋼製波水槽(長さ 30m, 幅 0.7m, 深さ 0.9m)で行った。水槽を木製不透過隔壁板により幅が 0.47m と 0.22m に二分し, 幅 0.47m の水路に護岸模型を設置し, 0.22m の水路には何も設置せず通過波を計測した。実験装置の概略図は図-1 に示すとおり, 法面勾配 1/2 の木製不透過斜面上に護岸模型を設置した。実験では模型縮尺を 1/30 とし, 図-1 に示す W1~W6 の位置で電気容量式水位計を, W7 の位置に防水型 6 分力計を, W8~W11

の位置に小型圧力センサーを設置して, 水位変動, 作用波圧, 波返し工への作用波力の計測を行った。打上高の測定は木製斜面上から波返し工に至る護岸表面にメジャーを貼り付け, ハイスピードビデオカメラで撮影された画像から測定した。護岸表面は, 滑らかな表面のものとは 3 種類の粗度を有するものの合計 4 種類とした(写真-1)。以下の結果では, それぞれ Type-1, Type-2, Type-3, Type-4 と表記する。実験では静水深 h を 45cm と 50cm の 2 種類変化させた。入射波はすべて規則波とし, その周期 T を 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0s の 6 種類変化させた。また, それぞれの周期の波に対し, 波形勾配を, $h=45\text{cm}$ の場合, $H/L=0.015, 0.030, 0.045, 0.060$ の 4 種類, $h=50\text{cm}$ の場合, $H/L=0.010, 0.020, 0.030$ の 3 種類変化させた。なお, 最も低い位置の波圧計にまで波が打ち上がらないケースは計測から除外した。

3. 実験結果及び考察: 図-2 は $h=50\text{cm}$ の場合における打上高 η を入射波高 H_i で除した無次元打上高と波形勾配の関係を示しており, 図の右端の線を付けた値は各表面別の無次元打上高の値の平均値である。粗度の有無に着目すると, Type-1 よりも Type-2, Type-3 と Type-4 の方が無次元打上高は小さくなっており, 粗度のある方が打上高は小さくなるのがわかる。また, 越波するケースは打上高を測定することができなかったため図示していないが, 越波のケース

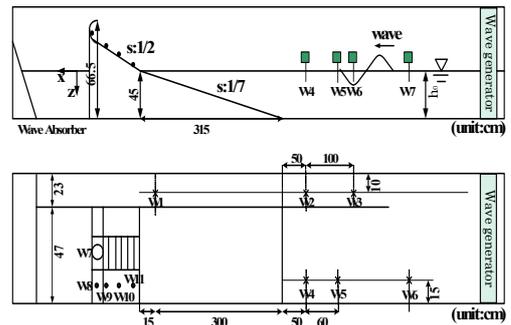
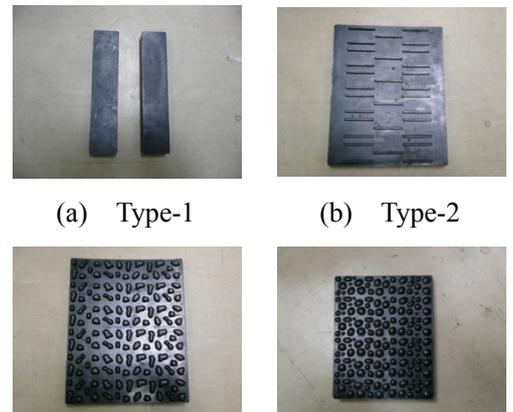


図-1 実験装置の概略図



(a) Type-1 (b) Type-2 (c) Type-3 (d) Type-4
写真-1 護岸模型の形状

キーワード 護岸, プレキャスト, 粗度, 波圧, 波力

連絡先 〒464-8603 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 Tel 052-789-4630

は Type-1 に多く、これを考慮すると打上高の平均値の差はさらに大きくなると考えられる。粗度の形状に着目すると、わずかではあるが Type-2 の打上高が小さいことがわかる。これは、粗度に衝突した水粒子の運動量の変化が要因と考えられる。以上の結果より、護岸表面の粗度は波の打上高を低減するのに有効であることが示され、また、その効果には粗度の表面占有率よりも護岸粗度の形状の影響が大きいと考えられる。

図-3 に静水深 $h=45\text{cm}$ と $h=50\text{cm}$ の場合の護岸に作用する無次元最大圧力 $p/\rho g H_i$ (H_i : 入射波高) の分布を例示する。縦軸は波圧の計測位置である。同図より、全体的に Type-1 の方が作用波圧は大きいことがわかる。これ

は先に述べたように打上高が Type-1 の方が大きいため、それにともない静水圧に相当する波圧が大きくなったことによると考えられる。粗度の形状について比較すると、護岸下部において Type-2 の無次元最大圧力が大きいことがわかる。打上高は Type-3 や Type-4 の方が大きいのにに対し、波圧は Type-2 の方が大きいのは、既述したように、粗度に衝突した水粒子の運動量の変化が Type-2 の場合の方が大きいことが原因として考えられる。以上より、護岸への作用波圧に及ぼす粗度の有無の影響については、粗度を持つ護岸への波圧が大きくなる場合もあるが、全体的には護岸への打上高が支配的であり、打上高の大きい Type-1 の護岸への作用波圧の方が大きいことが明らかとなった。また、粗度の形状に着目すると、Type-2 と Type-3、Type-4 の作用波圧は、打上高よりも粗度の形状による影響が支配的であると判断される。

図-4 は護岸上部に取り付けた波返し工への作用波力 F_x と波形勾配の関係を示したものである。図より、波形勾配が大きい場合を除いて全体的に Type-1 において波力が大きい傾向が見られる。これは、Type-1 では圧力が大きくなる傾向があり、その積分値である波力も大きくなったものである。よって、現場において構造的に厳しい条件が課せられると思われる波返し部分の耐波面からは、護岸表面に粗度を付けることは波力軽減の観点からも有効であると判断できる。

4. おわりに：本研究では、護岸上部に波返し工を付けたプレキャスト護岸を対象とした水理模型実験によって、護岸表面の形状を変化させて護岸への打上高や波圧、波力などの水理特性を比較することにより、プレキャスト護岸の水理特性に及ぼす表面粗度の効果について検討を行った。紙面の都合上、一部の結果のみしか示せなかったが、その詳細は講演時に発表する。

参考文献：水谷ら(2005)：人工粗度を有する護岸の打ち上げ高と波圧に関する実験的研究海洋開発論文集，第21巻，pp.575-579.

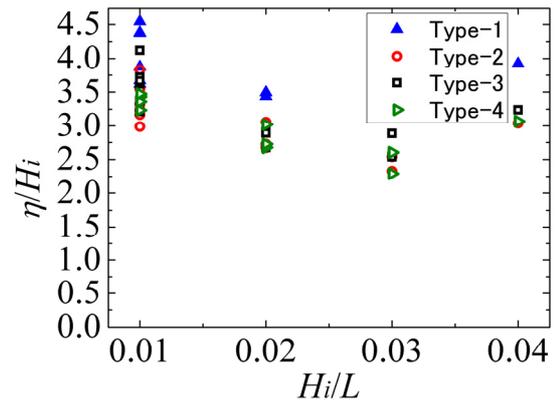
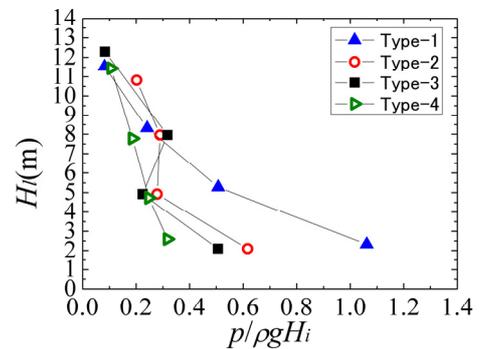
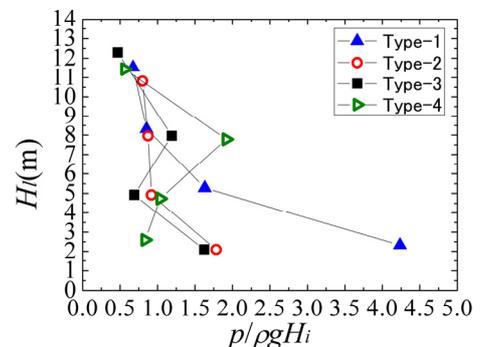


図-2 無次元打上高と波形勾配の関係($h=50\text{cm}$)



(a) $h=45\text{cm}$, $T=1.8\text{s}$, $H/L=0.045$



(b) $h=50\text{cm}$, $T=2.0\text{s}$, $H/L=0.030$

図-3 波圧の比較

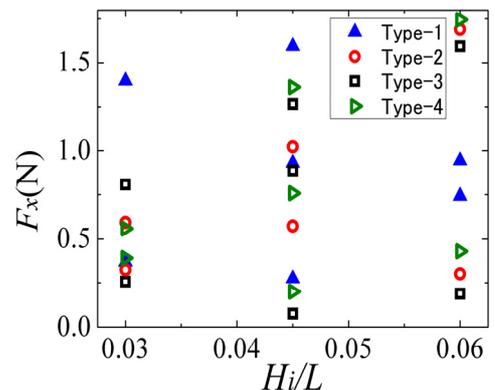


図-4 波力と波形勾配の関係($h=45\text{cm}$, F_x)