

大水深域における非越波型護岸の最適断面形状に関する研究

九州大学 学生員 ○久留島暢之 井ノ口洋平

正会員 山城 賢 吉田 明德 入江 功

1. はじめに

近年、空港などの広大な用地を必要とする施設を、沖合に建設する事例が増加しており、この傾向は、今後さらに強くなることが予想される。その場合、沖合人工島や海上空港などの施設とその機能を維持するためには越波を極力防ぐことが重要である。しかし、沖合では波の不規則性に起因して突発的に巨大な波が発生するため、従来の直立護岸では天端高を高くする以外に方法はなく、建設費が増大する。

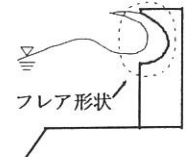


図-1 フレア形状を用いた大水深護岸(井ノ口¹⁾)

以上の観点から、井ノ口¹⁾は上久保ら²⁾が浅海域を対象に開発した低天端非越波型護岸フレア型護岸を大水深域に適用することを考え、図-1に示す形状の護岸を対象とした実験を行い、大水深域におけるフレア型護岸の越波防止機能を検討した。その結果、フレア断面が大きいかつ平均水面がフレア形状内にある場合は直立護岸に比べ越波防止効果が発揮されるが、フレア断面が小さい場合や平均水面がフレア形状よりも下の直立部に位置する場合は、フレア形状が活かされないことがわかった。

そこで、本研究では、大水深域における非越波型護岸の最適断面形状を開発することを目的に、大水深域における不規則波の打上げの基本的な特性を把握する水槽実験を行った。直立護岸では、護岸前面の波形勾配が大きくなると、波が護岸に衝撃的に作用し上方に大きく打ちあがる。そこで、護岸に傾斜をつけ、護岸法線に対する相対的な波面の傾きを小さくすることで打上げ高を低減できるのではないかと考え、若干傾斜させた護岸を用いて波の打上げ特性について検討した。

2. 実験内容

実験には、図-2に示す長さ 20.0m、高さ 1.2m、幅 0.6m の 2次元反射吸収式造波水路を用い、勾配 1/30 の不透過斜面に続く水平床に不透過マウンドおよび護岸を設置した。水平床上の水深は 50cm とした。護岸は、直立護岸および 10° と 20° 傾斜させた護岸を用いた。マウンドおよび護岸の模型を図-3に示す。マウンドの形状は波の打上げに大きく影響するが、本研究ではマウンドの形状は一定とした。護岸の壁面に沿う水面変動を波高計により計測し、その最大値を最大打上げ高さとした。傾斜させた護岸の打上げ高さは鉛直方向に換算した。また、波高計を護岸から 10cm 間隔で 5 本設置し護岸前面の水面変動も計測した。加えて、打上げの様子をビデオカメラにより撮影した。

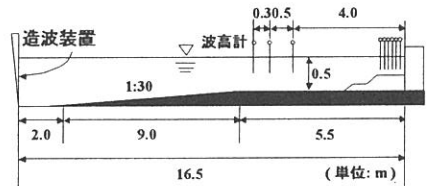


図-2 2次元造波水路

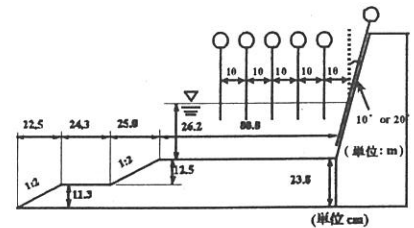


図-3 護岸付近の条件

入射波は、Bretshneider - 光易型スペクトルを想定し有義周期を $T_{1/3}=1.25s$ と固定し有義波高 $H_{1/3}$ を変化させた。なお、入射波は 100 成分波とし、位相の組み合わせが異なる 20 通りの不規則波を作成して直立護岸を対象に予備実験を行い、その中から図-4に示す最大の打上げを生じる波を入射波として選択した。

3. 実験結果と考察

図-5に入射波高に対する打上げ高を示す。横軸は有義波高 $H_{1/3}$ と水深 h の比 $H_{1/3}/h$ であり、縦軸は最大打上げ高さ R_c と水深 h の比 R_c/h である。直線的な変化をしている部分については、入射波高に対する打上げ高の増加率 ($M① \sim M④$) を図中に示して

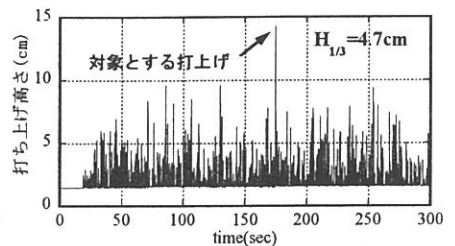


図-4 対象とする打上げ

いる。図より、入射波高が増加するにつれ、打上げ高も増加するが、その変化の様子は三段階に分かれていることがわかる。入射波高が小さい領域Ⅰでは波高の増加に見合う分だけ打上げ高が増加するのに対し、入射波高が大きな領域Ⅲでは波高の増加に対する打上げ高の増加率は大きく $M=15.3\sim 25.4$ となる。領域Ⅱにおいては、打上げ高の変化は直線的ではない。護岸による違いは領域Ⅱおよび領域Ⅲで見られる。特に打上げ高が大きくなる領域Ⅲで比較すると、傾斜護岸の打上げ高は直立護岸に比べて低く、入射波高に対する打上げ高の増加率 ($M②\sim M④$) についても傾斜護岸の方が直立護岸に比べて小さい。この結果から、打上げ高を低減させるには傾斜した護岸が直立護岸に比べ有利であると考えられる。

図-6 は、護岸前面 10cm における水面変動の時系列である。横軸は打上げが生じる時間を 0.0sec として表示している。護岸前面で得られる水面波形は重複波の波形であるが、本研究における実験を通して、入射波高が増大するにつれ、打上げが生じる直前の水面の勾配も大きくなる傾向があることがわかった。特に図-5 中の領域Ⅲでは、水面の勾配の微妙な違いが打上げ高に大きく影響する。図-6 に示す水面波形は、入射波高がおおよそ $H_{1/3}=5.4\text{cm}$ で、図-5 中の $H_{1/3}/h=0.11$ 付近のものである。水面の勾配の値を比較してみると、直立護岸の $N=92.1$ に比べ、 20° 傾斜した護岸は $N=62.4$ と大きく下回り、波形が緩やかであることがわかる。しかし、 10° 傾斜した護岸は $N=105.0$ であり直立護岸に比べ波が若干切り立っている。図-7 は、図-6 と同条件における打ち上げ高が最大となる瞬間の画像である。図より、直立護岸では打上げの最高点付近の流体が薄くなり高い位置にまで到達している様子がわかる。一方、傾斜した護岸では最高到達点付近で水塊が薄くなっておらず、そのため打上げ高が低くなっている。

4. おわりに

大水深域において、護岸を若干傾斜させることで波の護岸に対する衝撃的な作用を緩和し、打上げ高を低減出来ることがわかった。大水深域における護岸前面の水位変動は基本的には重複波的であり、越波を防ぎ背後地を守るためには入射波に応じた護岸の天端高を確保する必要がある。しかし、現実には護岸の天端高を無限に大きく取る事はできず、大部分の波に対して越波を防ぐことが出来ても、本研究で対象としているような突発的な打上げを防ぐことは難しい。今後は、本研究で得られた知見をもとに、護岸上部の形状を工夫することで、突発的な打上げを含んで完全非越波を実現する護岸断面の開発を行う予定である。

(参考文献)

- 1) 井ノ口洋平(2001)：不規則波に対する大水深域フレア型護岸の非越波特性に関する実験的研究 九州大学 卒業論文
- 2) 上久保祐志ら(1999)：浅海域を対象とした非越波防波護岸断面の基礎的特性について 海洋開発論文集 第15巻 pp. 25-30

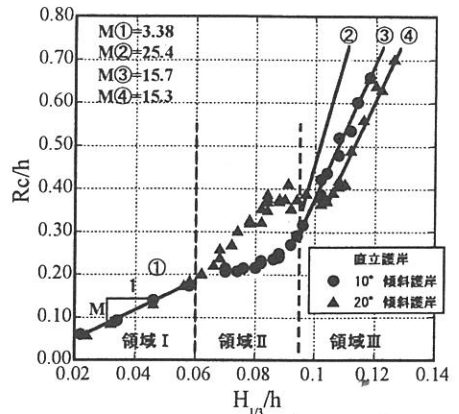


図-5 有義波高に対する打上げ高

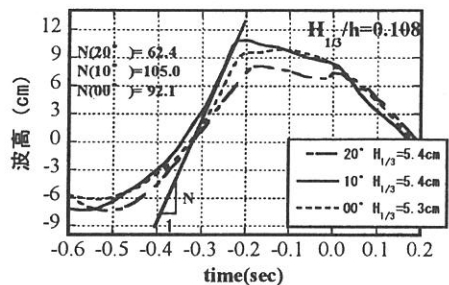


図-6 護岸前面 10cm における水面変動の時系列

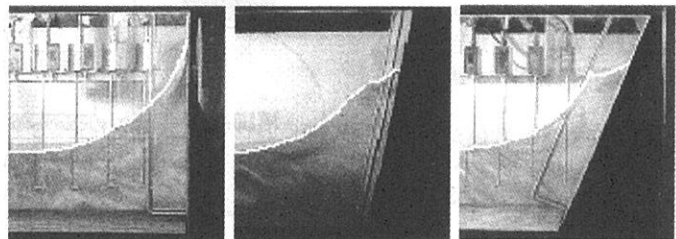


図-7 打上げ時における各護岸の波の状況 ($H_{1/3}=5.4$)