

フレア型護岸背後への飛沫の輸送

九州大学工学部 学生員 ○神田一紀 上久保祐志
正会員 入江功 牛房幸光
宮崎大学工学部 正会員 村上啓介

1. はじめに

海岸におけるアメニティの向上のため、護岸や防波堤上を解放することへの要請が非常に高くなってきている。そのためには越波の阻止が重要な課題となるが、従来の直立消波護岸では十分な越波阻止機能は望めない。そこで、筆者らは、越波が生じ難く低天端となりうる護岸としてフレア型護岸を提案し、その越波阻止機能および作用波圧特性について実験的な検討を行ってきた。しかし、当初考案した四分円形のフレア型護岸は、直立護岸に比べてかなり優れた越波阻止機能を持つものの、その特殊な形状のため構造物としての安定性に欠け、特に鉛直上向き方向の波圧の増大が問題となった。

今回、この問題を解決するために、図-1に示す新フレア型護岸を考案した。この護岸は、フーチングを施すことにより安定性を持たせると同時に、断面上部へ向かって曲率を緩やかにすることで護岸に作用する波圧を漸減させ、鉛直上向きの波圧を軽減させる特徴を持つ。

また、フレア型護岸は水面上部で前傾しているため、沖側から吹く風が護岸上で上昇、迂回する効果(遮風効果)があるものと考えられる。護岸上の安全な親水空間の確保を考えると、この遮風効果は大きくプラスになると考えられる。

本研究では、新しい形状のフレア型護岸の非越波限界天端高さを従来型のものと比較し、また、本年度より導入した風洞装置を用いてこの護岸の遮風効果を検討することを目的としている。

2. 実験装置と実験条件

(1) 限界天端高さの測定

実験は、図-2に示す2次元造波水槽(長さ20.0m, 高さ1.2m, 幅0.6m)に1/20の不透過傾斜海浜(スロープ)を設け、その上に今回考案した新フレア型護岸断面(護岸高さ $B=40.0\text{cm}$)を設置した。実験は、波形勾配 $H_0/L_0=0.036$ のもとで波高 $H_0=8.0\text{cm}\sim 14.0\text{cm}$ の波を作用させ、設置水深 h を種々変化させて越波が生じる限界天

端高さ hc を求めた。今回、前面に消波工は設置せず、また、越波の有無は目視で確認した。

(2) 護岸上の風速分布の測定

実験は、図-2の2次元造波水槽上に半円形のドームを取り付けた吸い込み式風洞装置を用いた。この装置で水面上において $U_0=5.0\text{m/s}$ となる風を吹かせ、護岸高さ B がそれぞれ40.0cmの新フレア型および直立型護岸の先端から風下域の風速鉛直分布をベーン式風速計により測定した。測定地点は、護岸上部先端より水平方向に0.0cm $\sim$ 50.0cmの範囲で、鉛直方向に2.0 $\sim$ 2.5cm間隔で設けた。天端高さは $hc=15.0\text{cm}$ と $hc=25.0\text{cm}$ の2種類で行った。次に、同じ条件下で風速を $U_0=2.0\text{m/s}$ に変えてドライアイスを用いた流れの可視化を行い、ビデオカメラで撮影した後比較した。

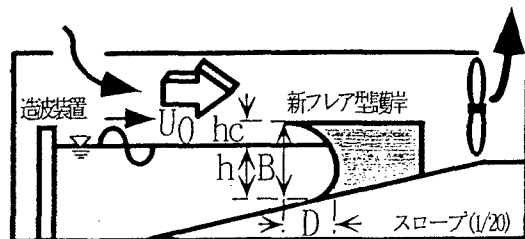


図-2: 実験装置図

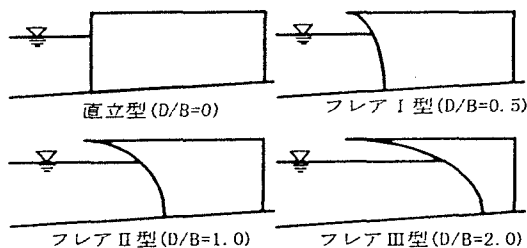


図-3: 過去の実験で用いた模型断面

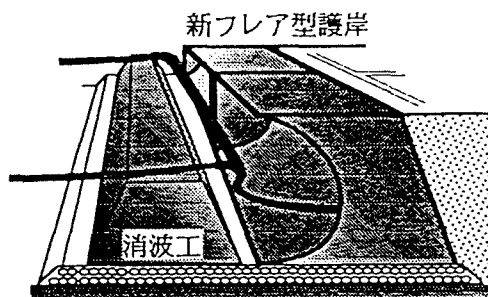


図-1: 概念図

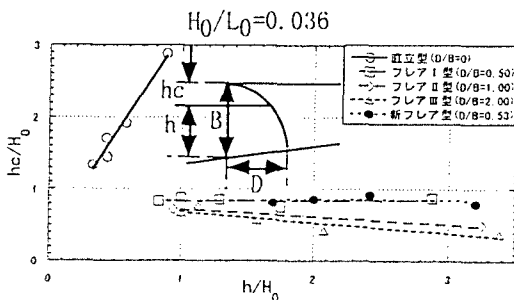


図-4: 相対水深 h/H_0 に対する
限界天端高さ hc/H_0 の変化

3. 実験結果と考察

(1) 限界天端高さ

新フレア型護岸と過去の実験で用いた護岸 (図-3 参照) の限界天端高さを図-4 に示す。図中の各プロットは、波形勾配 $H_b/L_b=0.036$ の波が各護岸断面に入射した場合の相対設置水深 h/H_b に対する限界天端高さ hc/H_b を示したものである。従来のフレア型護岸との限界天端高さの違いを比較すると、従来のフレアⅡ型、Ⅲ型よりは、新フレア型の限界天端高さが高くなるが、フレアⅠ型とはほぼ同じ限界天端高さとなる。これは、新フレア型護岸の D/B の値が、フレアⅠ型護岸 ($D/B=0.5$) に近い 0.53 であるためと考えられ、限界天端高さが、 D/B の値に大きく関係するが、新フレア型下部のフーチングの寄与はほとんどないことが確認された。また、新フレア型護岸の限界天端高さは、 $hc/H_b < 1$ と、沖波より小さく、直立型に比べて非常に越波が生じにくい護岸であることがわかる。

(2) 護岸上の風速分布

図-5 は、護岸前面において断面平均風速 $U_0=5\text{m/s}$ となるように風を吹かせた場合に、護岸先端から $X(\text{cm})$ 離れた地点での鉛直高さ $Z(\text{cm})$ に対する風速 $U(\text{m/s})$ を、それぞれ護岸高さ B および断面平均風速 U_0 で無次元化したものである。 $X=0\text{cm}$ では鉛直方向の風速の変化はほとんど見られないが、 $X=10\text{cm}$ 以降においては護岸上の低い領域で風速が遅くなる剥離の効果がみられる。各ケースでの剥離の効果を比較するために、図-6 には、横軸に $X(\text{cm})$ 、縦軸に $Z(\text{cm})$ を取り、 $U/U_0=1.0$ となる点をプロットした。このプロット線より下は U_0 以下の風速領域であり、剥離の影響を受けている領域だと考えられる。このことより、天端の低い護岸に比べて天端の高い護岸が、また、直立型に比べてフレア型が、剥離の影響を大きく受け、護岸上の遮風効果が大きくなるといえる。図-7(a), (b) は、それぞれ天端高さ $hc=15\text{cm}$, 25cm の新フレア型護岸に対してドライアイスを用いて可視化した流線のスケッチで、図中の矢印は、ドライアイス煙の大きな軌跡を表している。この時の風速は $U_0=2\text{m/s}$ とした。それぞれの図において剥離の様子がみられ、図-7(b) のように、フレア型護岸の天端を $hc=25\text{cm}$ と高くした場合は、剥離層の厚さがかなり増大した。これは、護岸前面における風速分布が、剥離の效果に大きく関係していると考えられる。

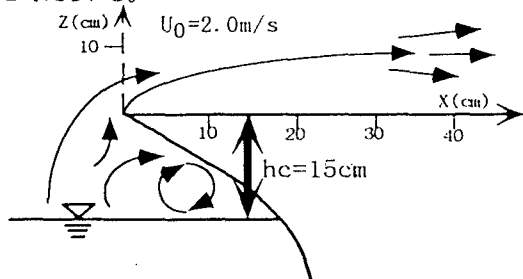


図-7(a) : 流線図 ($hc=15\text{cm}$)

4. あとがき

本研究では、フーチングを設けた新たな形状のフレア型護岸を提案し、従来のフレア型護岸と限界天端高さを比較して、 $D/B=0.5$ のフレア型護岸と越波阻止機能が類似していることから、 D/B が限界天端高さに大きく関係していること、および、フーチングの寄与はほとんどないことを明らかにした。風洞実験により遮風効果を確かめ、直立型よりもフレア型護岸の方が、また、天端高さが高い方が、剥離の効果が大きいことを示した。今後はこの新フレア型護岸に作用する波圧特性を検討する予定である。一方、強風下において波が護岸に作用した場合に生じる飛沫の輸送特性についても検討が必要と考えられる。

なお、本研究では、フレア型護岸本体及び波の消波技術について、それぞれ九州電力(株)、(株)神戸製鋼所との共同研究として実施しているものである。

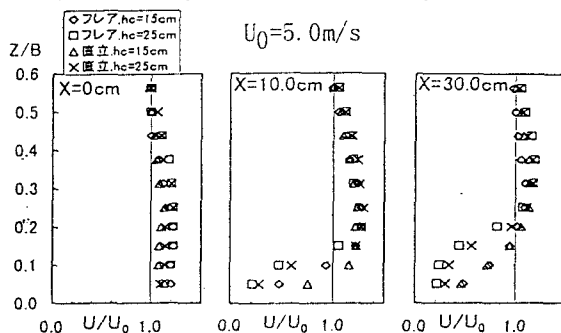


図-5 : 護岸上の風速分布

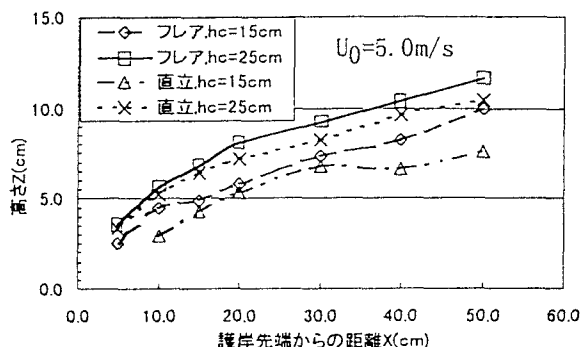


図-6 : $U/U_0=1.0$ の地点の分布

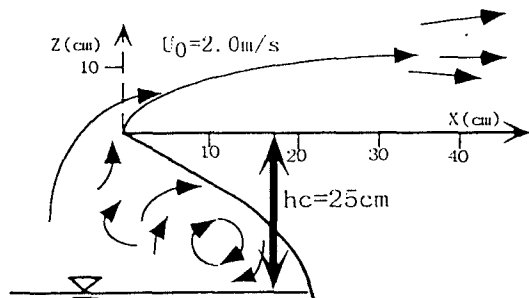


図-7(b) : 流線図 ($hc=25\text{cm}$)