

## フレア形状を用いた大水深護岸の越波制御に関する実験的研究

九州大学 学生員 ○井ノ口洋平 鮎川慶一朗  
 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、沖合に建設するケースが増加しており、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、沖合の荒波から施設とその機能を守るため越波を極力防ぐことが最重要となるが、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。

以上の観点から、著者らは、上久保ら<sup>1)</sup>が浅海域を対象に開発した低天端非越波型護岸であるフレア型護岸(図-1 参照)を大水深域に適用することを考えた。

通常、護岸の設計では、設計波と呼ばれる単一成分波を設定し、その波を対象に護岸断面を検討する。設計波は比較的周期が長く、沖合の大水深域では直立護岸の場合と同様にフレア型護岸の前面でも重複波が生じ、フレア形状の効果はほとんど無い<sup>2)</sup>。しかし、沖合では、波の不規則性が強いいため、護岸前面で瞬間的に波形勾配が大きくなったときに越波が生じ、この越波に対してはフレア型護岸の効果を期待できるものと推測される。

そこで、本研究では、フレア型護岸と直立護岸について最も簡単な不規則波である2成分入射波を対象とした水槽実験を行い、大水深域におけるフレア型護岸の有効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槽を用い、勾配1/30の不透過斜面に続く水平床にフレア型護岸および直立護岸を設置した。水平床上の水深は50cmとした。フレア型護岸は円弧状の断面により波を沖向きに返すことで低天端を実現するもので、その断面形状は護岸の安定性、鉛直波力の低減、飛沫の抑制を考慮して決定されている<sup>1)</sup>。今回の実験では従来のフレア断面と、フレア断面の天端上にはり出し部を付けた場合の2通りについて、天端高は3通りに変化させた。なお、フレアの凹部の高さは、一定とした。フレア型護岸の実験では、それぞれのケースについて越波限界波高(越波しない限界の入射波高)を目視およびビデオ画像により判定した。直立護岸の場合は、水槽上端まで直立壁を設置し、壁面に沿っての遡上高を2本の波高計により計測した。フレアの設定条件および実験ケースについてはそれぞれ図-3、表-1に示す。

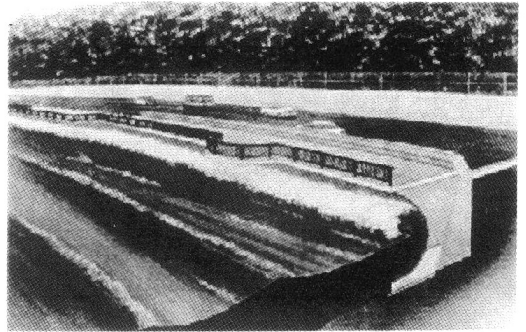


図-1 浅海域におけるフレア型護岸想定図

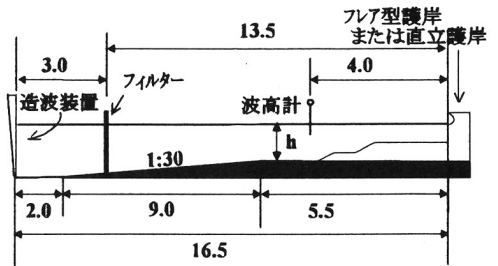


図-2 2次元造波水路 (単位 m)

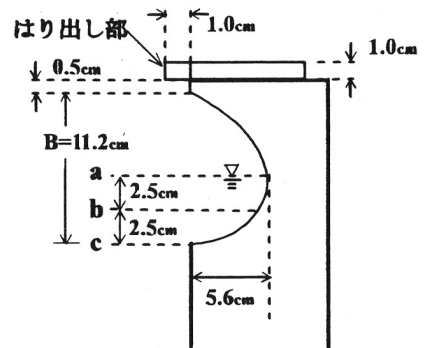


図-3 フレアの設置条件

表-1 フレア型護岸の実験ケース

水面	はり出しがない	はり出しがある
a	case-a0	case-a1
b	case-b0	case-b1
c	case-c0	case-c1

入射波の選定については、まず玄海灘沖における50年確率の沖波 ( $T_{1/3}=12.7\text{s}$ ,  $H_{1/3}=9.8\text{m}$ )を参考に、現地レベルで  $T_{1/3}=12.7\text{s}$ ,  $H_{1/3}=6.0\text{m}\sim 15.0\text{m}$  (1.0m きざみ)の Bretschneider-光易型スペクトルを想定し、実験室レベルに換算して入射波のスペクトルとした。入射波は最も簡単な不規則波として、比較的周期の長い波と短い波による2成分入射波を用いることとし、決定した入射波スペクトルを0.10Hzを境に低周波数帯と高周波数帯に分割して、各周波数の有するパワーと同じパワーを有する規則波で代表させることで2成分波の振幅を決定し、各周波数帯の換算波の周波数はスペクトルによる重み付け平均により決定した。実験室に用いた有義周期、有義波高はそれぞれ  $T_{1/3}=1.25\text{s}$ ,  $H_{1/3}=5.8\text{cm}\sim 14.5\text{cm}$ で、2成分波の周期は低周波数帯の換算波は1.27s、高周波数帯の換算波は0.72sである。

### 3. 実験結果と考察

図-4は、フレア型護岸と直立護岸の限界天端高さ(越波を生じない最低限の天端高さ)を比較したものである。横軸に入射波の有義波高をとっている。図中のいくつかの結果については用いた2成分波の波高  $H_L$ ,  $H_H$ を示している。直立護岸については、計測した波の打ち上げ高さを限界天端高さとなしている。なお、はり出し部を有して、静水面がフレア部下端と一致する場合の case-c1 では造波した入射波の範囲で越波は生じなかった。図-4よりフレア型護岸は直立護岸に比べ天端高さを低く抑えることができるといえる。■印で示すフレア護岸上の張り出しのないケース(case-a0, b0, c0)の結果についてみると、入射波高の増分に対する限界天端高さの増分(図中の回帰直線の傾き)は直立護岸とほぼ同じであり、フレア型護岸と直立護岸の限界天端高さの差が純粋にフレア形状による効果と考えられる。フレア型護岸上に張り出しがあるケース(case-a1, b1)は、最も越波阻止効果が高く、平均水深に対するフレア形状の設置位置が高いほどその効果は強まる。天端にはり出しを付けたことによる効果について、実験中の観察から考察すると、図-5に示すようにフレア形状は上部に行くほど曲率が小さくなるため、はり出しがない場合はフレア形状に沿って這い上がる水塊が、フレアの先端部から天端上に漏れるようにして越波が生じる。一方、はり出しを付けた場合でも同様にフレアに沿って水塊が這い上がるが、はり出しがあることによって水塊を完全に冲向きに行かせているのが見て取れた。このことより、はり出し部を設けた場合の方が限界天端高さを低く抑えることができたといえる。浅海域(碎波帯内)で飛沫の制御等をも考慮して定まったフレア形状ではあるが、大水深域では、よりふさわしい断面形状が存在するものと考えられる。

### 4. あとがき

大水深域におけるフレア型護岸の越波阻止効果について検討した結果、フレア型護岸の有効性を確認し、さらに、大水深域における最適断面形状の存在の可能性を見出すことができた。現地での施工を考えた場合、護岸前面に消波工を設置する必要があることから、消波工の形状を含め、大水深域における最適断面形状について、現在検討しており、講演時にはその結果についても報告する予定である。

#### (参考文献)

- 1) 上久保祐志ら(1999): 浅海域を対象とした非越波防護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
- 2) 赤司恵美ら(2001): フレア形状を用いた大水深非越波型護岸の水理特性 平成12年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集第2分冊 pp. 154-155

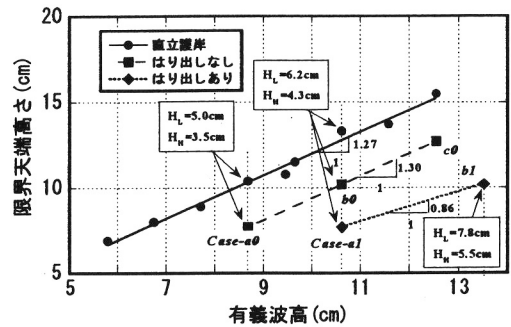


図-4 フレア型護岸と直立護岸との限界天端高さの比較

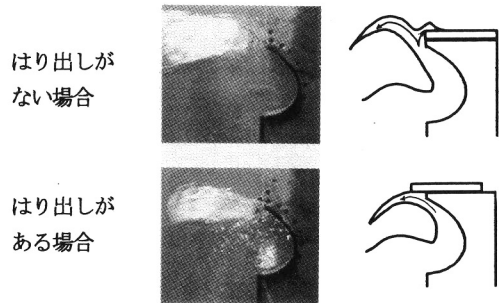


図-5 フレア型護岸前面の波の状況

図-5に示すようにフレア形状は上部に行くほど曲率が小さくなるため、はり出しがない場合はフレア形状に沿って這い上がる水塊が、フレアの先端部から天端上に漏れるようにして越波が生じる。一方、はり出しを付けた場合でも同様にフレアに沿って水塊が這い上がるが、はり出しがあることによって水塊を完全に冲向きに行かせているのが見て取れた。このことより、はり出し部を設けた場合の方が限界天端高さを低く抑えることができたといえる。浅海域(碎波帯内)で飛沫の制御等をも考慮して定まったフレア形状ではあるが、大水深域では、よりふさわしい断面形状が存在するものと考えられる。