

上部フレアの波圧特性について

(株)神戸製鋼所 正○田中 敦 (株)神戸製鋼所 正 荻野 啓  
(株)神戸製鋼所 神田 直美 (株)神戸製鋼所 片岡 保人  
(株)神戸製鋼所 正 安藤 圭

1. はじめに

上部フレアは、曲面で波を沖に返して越波流量を低減するプレキャスト製品であり、写真1に示す通り、海岸部の護岸における越波対策で適用されている。従来対策である護岸の嵩上げや、消波ブロック被覆工法と比べ、天端高を低減できる特長がある。上部フレア部には波圧が作用するため、実案件での設計においては、作用波圧に対する部材設計が必要となる。本論文では過去に実施した水理実験データを基に、上部フレアに作用する波圧特性について検討する。

2. 上部フレアの設計手法

(1) 護岸天端高の決定

上部フレアは図1に示す通り、ブロック高を1mから3mまでの50cm間隔で設定しており、全国の様々な設計条件に対応できる。上部フレアの必要天端高は、現地の波高・周期・波長・水深・海底勾配・許容越波流量などの設計条件を基に、ブロック高による越波流量の変動を考慮し、フレア護岸の越波流量推定線図<sup>1)</sup>を用いて求められる。

(2) 設計波圧の決定

設計波圧は、水理実験を実施して、まず許容越波流量を満足することを確認し、決定した断面に対して同様に実験を実施して求めている。写真2に水理実験の実施事例を示す。波圧は実験模型に取り付けた波圧計を用いて測定し、現地縮尺に換算して設計波圧としている。仮に実験波圧1.0kN/m<sup>2</sup>とし、実験縮尺が1/50の場合では、実験波圧を実験縮尺で除して設計波圧50kN/m<sup>2</sup>となる。

3. 水理実験による波圧計測

(1) 水理実験条件

直立護岸の波圧推定式の代表的な手法としては、合田式<sup>3)</sup>がある。上部フレアの水理実験は、合田式と同様に、様々な条件下で規則波の波高を変化させて波圧を測定した。水理実験ケースを表1に、水理実験断面を図2に示す。フレアの越波流量推定線図に合わせて、海底勾配は1/10と1/30とし、水深hを3種類、換算沖波波高H<sub>0</sub>'を6～9段階に変化させて波圧を測定した。実験模型は比較対象となる直立断面と上部フレアとし、実案件での適用性を考慮して、上部フレアの模型高は3種類に変化させて実施した。なお、本論文では護岸直前で碎波することが多く、比較的作用する波圧が大きい海底勾



写真1 上部フレア施工事例

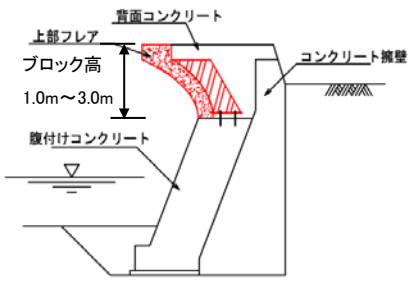


図1 上部フレアによる対策断面例

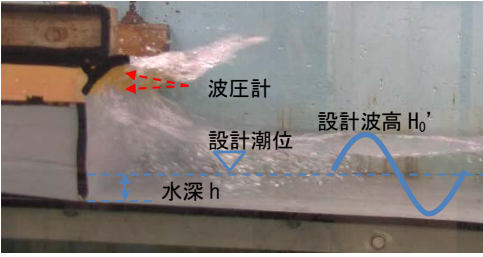


写真2 フレア部設計波圧について

表1 水理実験条件

| 海底勾配1/10  |                       |                    |           |                       |                    |
|-----------|-----------------------|--------------------|-----------|-----------------------|--------------------|
| 波形勾配0.012 |                       |                    | 波形勾配0.036 |                       |                    |
| h (cm)    | H <sub>0</sub> ' (cm) | h/H <sub>0</sub> ' | h (cm)    | H <sub>0</sub> ' (cm) | h/H <sub>0</sub> ' |
| 7         | 6～26                  | 0.27～1.17          | 8         | 7～29                  | 0.28～1.14          |
| 11        | 9～19                  | 0.58～1.22          | 12        | 10～21                 | 0.57～1.20          |
| 13        | 9～17                  | 0.76～1.44          | 14        | 9～17                  | 0.82～1.56          |

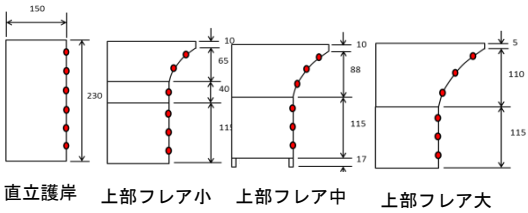


図2 水理実験断面  
(直立、上部フレア小・中・大)

キーワード フレア護岸、上部フレア、越波対策、老朽化対策、波圧、水理実験

連絡先 〒651-8585 神戸市中央区脇浜海岸通2-2-4 (株)神戸製鋼所 TEL078-261-7815 FAX078-261-7807

配 1/10 について報告する。

## (2) 水理実験結果

水理実験における、直立模型および、フレア模型 3 種類の波圧測定結果を表 2 に、実験状況を写真 3 に示す。本論文では代表的に海底勾配 1/10、波形勾配 0.012 の結果を記載する。波圧は、規則波を連続的に作用させて測定した 10 波の平均値で整理した。波圧の平均値  $Pave(kN/m^2)$  は、直立模型、フレア模型共にフレア模型の曲面部と同じ範囲の波圧計の数値を平均化した値である。総じて直立護岸よりフレア護岸の波圧が高いことがわかる。既往の研究<sup>4)</sup>や、過去に実施した水理実験においても同様の傾向がみられ、図 3 の波圧分布に示す通り、波を沖に返す際に、曲面部に大きな波圧が発生している。

表 2 に示す水深が深いケースでは、沖波高が最大の 17cm よりも小さい沖波高で波圧の最大値が確認された。これは、模型直前で碎波した波が模型に作用し衝撃的な力が作用するためと考えられる。この傾向は、直立模型、フレア模型共に同様に示しており、実験値を比較することで、上部フレアの波圧発生傾向が確認可能と考えられる。

## (3) 上部フレア波圧と直立断面波圧の関係

上記の結果を基に、同条件における上部フレアと直立断面の波圧平均値の比率分布を図 4,5 に示す。図中の横軸は  $h/H_0'$ 、縦軸は上部フレアの 3 種類のサイズごとの直立断面との波圧の比率としている。波圧の比率は条件により異なるが、1~4 倍の範囲で分布しており、波形勾配 0.012 と 0.036 を比較しても同様の傾向である。この結果から、フレア断面の波圧実験値は、直立断面の最大でも約 4 倍程度と推測される。図中の上部フレアにおける最大比率の包絡線を用いれば、直立断面の波圧計測結果より上部フレアに作用する波圧が安全側に導けると考える。

## 4. まとめ

以上の結果より、水理実験結果を基に、水深波高比  $h/H_0'=0.2\sim1.5$  の範囲では、上部フレア部に作用する波圧は直立護岸に対して 1~4 倍となることが確認された。

今後は、直立護岸の波圧推定方法を用いて簡易に上部フレアの波圧を推定する方法を検討する予定である。

謝辞：本研究に際して、港湾空研技術研究所の下迫健一郎特別研究主幹にご指導・ご助言を頂いた。ここに謝意を表します。

## 【参考文献】

- 1) 片岡保人ほか：フレア型護岸の不規則波による水理特性の検討，海洋開発論文集，第 17 巻，pp.61-66，2001.
- 2) 田中敦ほか：上部フレア護岸の越波流量および天端高さの推定方法に関する検討，第 71 回年次学術講演会，第 II 部門，p433-434，2016.
- 3) 社団法人 日本港湾協会：国土交通省港湾局監修 港湾の施設の技術上の基準・同解説 上，pp189-192，平成 19 年 7 月
- 4) 竹鼻直人ほか：フレア護岸の設計，製作，施工，海洋開発論文集，第 21 巻，pp523-528，2005.

表 2 実験測定値(海底勾配 1/10, 波形勾配 0.012)

| 模型水深 $h$ (cm) | 模型沖波高 $H_0'$ (cm) | $h/H_0'$ | 直立 $Pave$ ( $kN/m^2$ ) | フレア小 $Pave$ ( $kN/m^2$ ) | フレア中 $Pave$ ( $kN/m^2$ ) | フレア大 $Pave$ ( $kN/m^2$ ) |
|---------------|-------------------|----------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 13            | 9                 | 1.44     | 1.43                   | 5.28                     | 4.32                     | 3.94                     |
| 13            | 11                | 1.18     | 3.53                   | 11.27                    | 11.52                    | 9.27                     |
| 13            | 13                | 1.00     | 4.42                   | 10.23                    | 11.49                    | 10.42                    |
| 13            | 14                | 0.93     | 4.97                   | 9.77                     | 9.60                     | 11.22                    |
| 13            | 15                | 0.87     | 5.60                   | 9.59                     | 8.53                     | 10.01                    |
| 13            | 17                | 0.76     | 3.85                   | 7.34                     | 6.72                     | 6.73                     |

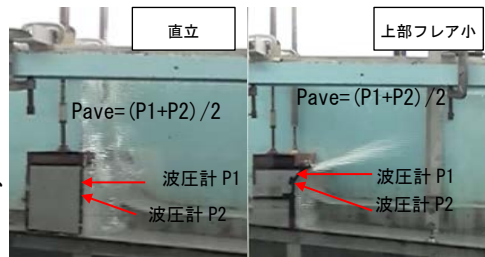


写真 3 水理実験状況

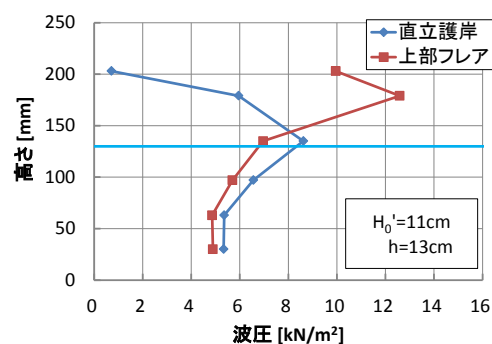


図 3 直立護岸と上部フレアの波圧分布

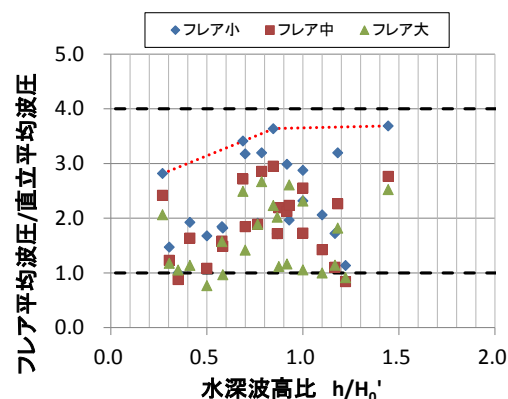


図 4 直立護岸に対する上部フレア波圧の比率推定図(海底勾配 1/10, 波形勾配 0.012)

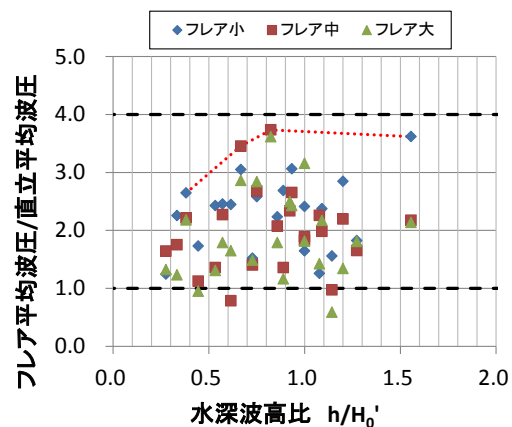


図 5 直立護岸に対する上部フレア波圧の比率推定図(海底勾配 1/10, 波形勾配 0.036)