フレア護岸を捨石マウンド上に設置した時の設計手法

㈱神戸製鋼所　正○市川　靖生　　㈱神戸製鋼所　正　片岡　保人
㈱神戸製鋼所　正　竹鼻　直人　　㈱神戸製鋼所　正　濱崎　義弘
宮崎大学　正　村上　啓介　　九州大学　正　入江　功

１．はじめに

海岸線領域において,台風等による高波・高潮で越波が起こり，背後の人家への被害や，臨海道路が通行止めになるといったことが頻発している．国土交通省による「港湾の技術開発長期政策」の中にも「良好な沿岸域環境の継承と創造」「安全で安心な暮らしを支える港湾」が掲げられている．このような安全の確保に筆者らはこれまで水理特性，景観性等に優れたフレア護岸[1)~5)]を提案してきた．フレア護岸とは，写真-1のように，護岸前面が沖側に張り出した独特の円弧形状により，低天端でありながら越波を大幅に低減できる護岸である．

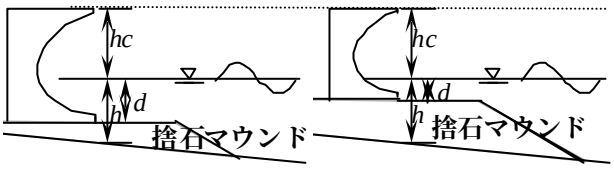
写真-1　フレア護岸の試験設置例[4)]

護岸の断面設計において、通常の直立護岸や消波ブロック被覆護岸の場合には設置堤脚水深 h、沖波換算波高 H_0'等の設計条件を元に許容越波量を満たすよう天端高さを決定する。一方フレア護岸で同様の手法をとると、フレア護岸はその特殊な形状ゆえに、直接斜面上に設置する場合に限定され，マウンドを設置した場合に適用するとあまりに安全な設計になることがわかった．そこで，本報告は，捨石マウンド上にフレア護岸を設置した時の設計手法を提案し，その手法をまとめたものである．

２．捨石マウンド設置時のフレア護岸の設計方法

護岸の断面設計において，直立護岸や消波ブロック被覆護岸の場合には設置堤脚水深 h，沖波換算波高 H_0'等の設計条件を元に，港湾の技術上の基準・同解説[6)]に示された越波流量推定図を用いて許容越波流量を満たすよう天端高さを決定するのが一般的である．越波流量推定図は斜面上にこれらの護岸を設置したものであるが，護岸の基礎に捨石マウンドを設置した場合においても堤脚水深 h で越波流量を算定すればよい．

一方フレア護岸において捨石マウンド設置時に同様の設計手法を適用すると，その特殊な形状ゆえに，マウンドの高さによりフレア護岸の形状が変化してしまう．つまり，堤脚水深 h，天端高さ hc をある値に決定しても，図-1のようにマウンドの高さが異なり，フレア護岸本体の大きさが相対的に異なる場合が想定され，最適なフレア護岸形状の決定が困難である．



a)マウンドが低い場合　　b)マウンドが高い場合

図-1　同一堤脚水深・天端高さのフレア護岸断面例

そこで，捨石マウンド設置時のフレア護岸の天端高さを決定するにあたり，図-2のように海底勾配が陸側に続いているものと仮定し，設置マウンド上水深 d とマウンドがない場合の前面水深 h が同じ場合,沖波換算波高 H_0' が同じであれば，マウンド上の波高と，勾配を延長した位置での波高がほぼ等しいものと考えることとした．この考え方の妥当性を確認すべく水理実験を行った．

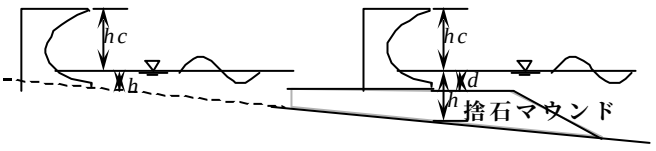


図-2　海底勾配延長の仮定方法

３．水理実験

○実験対象　今回の実験で対象としたのは，内湾で波浪が比較的穏やかである箇所を想定し，護岸高さ B=3.5～

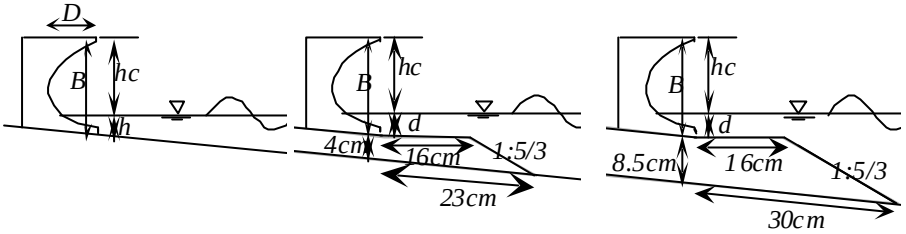
キーワード　越波，フレア護岸，捨石マウンド
連絡先　〒657-0845　神戸市灘区岩屋中町 4-2-15　神戸製鋼所　Tel.078-261-7285　Fax.078-261-7807

4.5*m*，縮尺 1/22～1/27，沖波換算波高 H_0'=1.2～1.9*m*，捨石マウンド高さを約 1*m* 又は 2*m* の 2 種類を想定した．

○実験概要　水槽実験は，2 次元吸収制御式造波水槽（長さ 30*m*，高さ 1.2*m*，幅 0.6*m*）中に 1/10 海底勾配を模擬した不透過斜面を設置し，その斜面上にフレア護岸モデルを鋼製治具で固定して行った．護岸モデルの高さ *B* は 16*cm* とし，形状は円弧部奥行き深さ *D* と護岸高さ *B* の比は *D*/*B*=0.52 とした．また，水槽の沖側（造波板側）水深は h_0=76*cm* とした．実験で用いた入射波は不規則波で波形勾配 H_0'/*L*=0.012，0.024 の 2 種類とし，沖波有義波高 H_0'=5.5～7cm，捨石マウンド上水深 *d*=5～12cm の範囲とした．実験に用いたモデルを図-3 に，実験条件のまとめを表-1 に記す．

表-1　実験条件

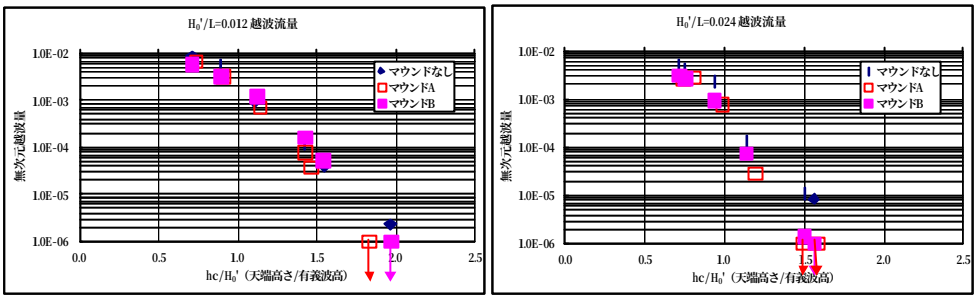
		実験値	想定護岸
海底勾配		1/10	
波形勾配 H_0'/*L*		0.012・0.024	
護岸高さ *B*		16*cm*	3.5～4.5*m*
縮　尺		—	1/22～1/27
沖波有義波高 H_0'		5.5～7.0*cm*	1.2～1.9*m*
マウンド上水深 *d*		5.0～12.0*cm*	1.1～3.2*m*
マウンド高さ	*A*	4.0*cm*	0.9～1.1*m*
	B	8.5*cm*	1.9～2.3*m*
マウンド肩幅		16*cm*	3.5～4.5*m*



a)マウンドなし　　b)マウンド *A* 設置時　　c)マウンド *B* 設置時

図-3　実験に用いたモデル

○実験結果　図-4 に越波流量試験結果を示す．横軸は護岸天端高さ *hc* を沖波有義波高 H_0'で除した *hc*/H_0'を，縦軸は無次元越波流量 $q/\sqrt{2g(H_0')^3}$ を示している．いずれも右肩下がりのほぼ同じ分布であり，越波流量の少ないケースで値にばらつきが大きくなるものの，それを除けばどちらの波形勾配においてもマウンドの有無によらず，ほぼ同等の越波流量である．これは，フレア護岸の水理特性が静水面上の円弧部の懐部分の形状，大きさが支配的であるためと思われる．したがって，越波流量に関しては，提案した設計手法が適用でき，沖波換算波高 H_0'と捨石マウンド上水深 *d* で水理特性を決めることができる．



a)波形勾配 H_0'/*L*=0.012　　b)波形勾配 H_0'/*L*=0.024

図-4　越波流量試験結果

4．まとめ

フレア護岸を捨石マウンド上に設置する場合の水理特性を斜面上に直接設置した場合の水理特性から推定する方法を提案し，比較的静穏な波浪条件のもとでの水理実験を行った結果，その妥当性を確認できた．最後に，捨石マウンド設置時のフレア護岸の断面設計のフローを図-5 に記す．

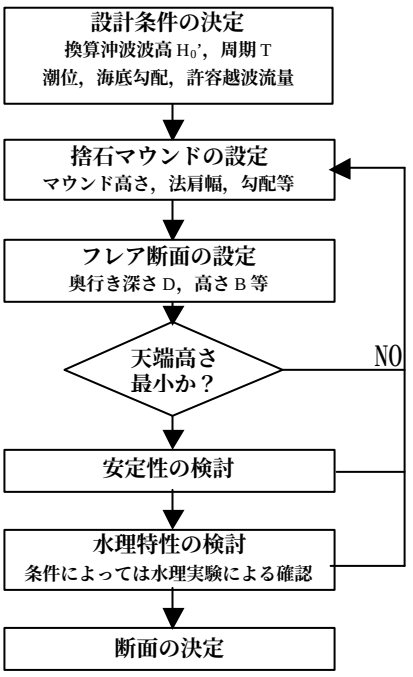


図-5　フレア護岸を捨石マウンド上に設置した時の設計フロー

【謝辞】本論文をまとめるにあたり，独立行政法人　港湾空港技術研究所　耐波研究室　下迫健一郎室長には多くの貴重なご助言を頂きました．ここに記して感謝の意を表します．

【参考文献】1)村上他；非越波型防波護岸の護岸天端高さと作用波圧，海岸工学論文集 Vol43, 1996, pp776-780　2)市川他；フレア型護岸の道路護岸への適用に関する基礎的検討，海洋開発論文集 Vol.16, pp.251-256, 2000　3)片岡他；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 Vol.17, pp.61-66, 2001　4)三田村他；新形式護岸（フレア護岸）の設計手法と試製作，土木学会第 56 回年次学術講演会，VIpp.594-595, 2001　5)市川他；フレア護岸の水理特性におよぼすマウンドの影響，海洋開発論文集 Vol.18（投稿中）6) 運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，日本港湾協会，1999