

II-154

消波工を有する傾斜護岸の越波特性に関する実験的研究

運輸省第五港湾建設局設計室 正会員 片平和夫
同 上 杉野輝彦
同 上 中井 章
玉野総合コンサルタント(株)海洋部 森川高徳
同 上 金田研一郎

1. はじめに

近年、人工島など埋立地に沖合に展開する事例が多くなり、高波浪の来襲を受けやすくなっている。埋立地に高波浪が来襲すると、波が護岸を越えて陸部に進入する「越波」が生じやすくなり、その量の把握や制御が重要な課題となる。越波量は護岸の形状や波の諸元などの条件によって大きく変化し、現状では、限られた条件以外、越波量を推定することができない。

このような背景の中、本研究は、伊勢湾北部の任意の海域を対象に、消波工を有する1:4/3勾配の傾斜護岸(以降、1:4/3勾配護岸と呼ぶ)について水理模型実験を行い、任意の消波工天端幅や入射波向に対する越波流量特性を断面実験及び平面実験により明らかにしたのでここに報告する。

2. 研究の概要

実験は、運輸省第五港湾建設局伊勢湾水理模型実験場が所有するピストン型単一方向不規則波造波装置が設置された断面及び平面水槽において、模型縮尺1/30(断面実験)及び1/50(平面実験)で実施した。実験対象護岸の断面は図1のとおりであり、断面実験は天端高+7.5m(水面上+3.0m)で消波工天端上層ブロック列(天端幅)を2~5列(2.9m~8.3m)に変化させた。なお、消波ブロックは5t型であり、2列時(2.9m)の天端幅は、既存の消波護岸越波流量算定図の天端幅(本実験より大型のブロックを天端上層3列並び)の1/2以下とかなり狭い条件である。

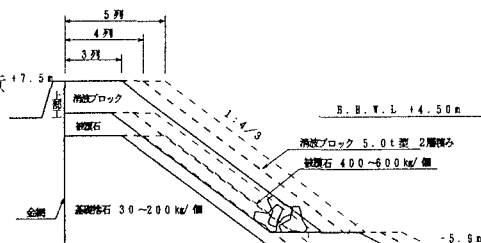
一方、平面実験では天端高+5.6m(水面上+2.1m)、天端上層ブロック(5t型)2列で、波の入射角を護岸法線直角方向に対し0度、10度、30度、45度、60度に変化させた。実験対象波は、断面実験が $H1/3=4.0\text{m}$ 、 $T1/3=7.2\text{s}$ 、平面実験が $H1/3=2.8\text{m}$ 、 $T1/3=6.3\text{s}$ (いずれも、本海域の波浪諸元で、波形勾配0.05程度)であり、周波数スペクトルは修正レッドシフト・光易型を目標とした。

実験では約660波(現地約1時間強)に対する越波流量を測定し、消波工天端幅や波の入射角の変化に伴う1:4/3勾配護岸の越波特性を求めた。さらに、実験データを基に、対象波に対する任意の上層ブロック列(天端幅)や任意の入射角と任意の天端高における概算の越波流量を推定できる手法を検討した。

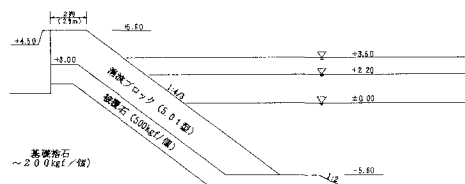
3. 研究結果

(1)消波工天端幅の拡幅による越波流量特性

図2は、消波工天端上層ブロック列(天端幅)の違いによる対象波(波高4.0m)の越波流量特性を示したものである。これを見ると、越波流量はブロック列が2列から3列に増加することでブロック2列時の1/2程度($0.06\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$)に減少し、さらに5列になると、越波流量は2列時の1/6以下($0.019\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$)となって、設定した許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 内に収まる結果となっている。これは、消波工天端幅を拡幅することで波に対する粗度が高まり、かつ、砕波点も天端から遠ざかるためと考えられる。このように、越波流量は、護岸の消波工天端幅を拡幅することで、大きく低減することが確認された。

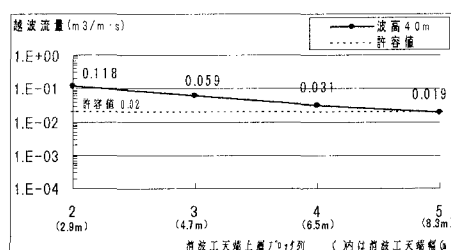
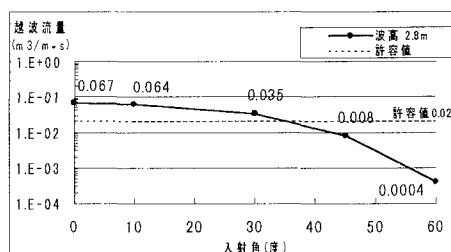


(1) 断面実験用



(2) 平面実験用

図1 実験断面

図2 消波工天端幅と越波流量の関係($H1/3=4.0\text{m}$)図3 波の入射角と越波流量の関係($H1/3=2.8\text{m}$)

キーワード: 傾斜式消波護岸、消波工天端幅、波の入射角、越波流量、天端高低減率
連絡先: 名古屋市南区東又兵衛町一丁目57番地の2

(2) 波の入射角による越波流量特性

図3は、平面実験（天端高+5.6m、消波工天端上層7°ロック2列）において、対象波（波高2.8m）が作用した時の入射角と越波流量の関係を示したものである。これを見ると、越波流量は、入射角の増加に伴って顕著に減少し、入射角30度の越波流量は0度（直角入射）の約1/2に、60度になると約1/150に低減して、設定した許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ を大きく下回る結果となっている。これは、入射角が大きくなるにつれて波エネルギーの法線直角方向成分が減少し、逆に法線方向成分が増大するためと考えられる。

ただし、既往の報告によれば、直立護岸の場合、入射角が45度になると越波流量は増大傾向となり、その要因は、入射角が大きいと非線形干渉が生じて波高が増大するためであることが指摘されている。したがって、本実験で得られた図3の越波特性は傾斜護岸固有の特性の可能性もある。

(3) 任意の天端高、天端幅、入射角に対する越波流量算定図

図4、図5は、実験結果を基に直立護岸への換算天端高係数を利用して作成したものであり、天端高をパラメータとして、対象波（波高4.0m及び2.8m）に対する1:4/3勾配護岸の概算越波流量を算定することを可能とした。図4は任意の天端幅に対して、図5は任意の入射角に対して求めることができる。

また、図6、図7は、各越波流量算定図より、許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ となるための所要天端高 h_c を読みとり、天端幅2列時及び入射角0度時の天端高に対する比（所要天端高比）として表したもので、それぞれ、消波工天端幅や入射角の増加による天端高低減率に相当するものである。

はじめに、天端幅による天端高低減率をみると、天端上層7°ロック列を2列から4列に増やすことで、所要天端高比は0.7程度となり、さらに、天端幅を5列にすると、所要天端高比は0.6に低下している。

同様に、波の入射角による天端高低減率をみると、入射角が45～60度になることで所要天端高比は0.5前後に低下している。

このことより、天端幅や入射角が増大することで、天端高をかなり低減できる可能性があるものと推測される。

4. 主要な結論

本研究より得られた1:4/3勾配護岸の越波流量特性をまとめると以下のようになる。

- ① 天端高+7.5m ($h_c=3.0\text{m}$) の条件で波高4.0mの波を作用させた場合、天端上層7°ロック列（天端幅）を2列（2.9m）から5列（8.3m）に拡幅すると、越波流量は約1/6程度に低減し、設定した許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ を下回ることが判明した。
- ② 天端高+5.6m ($h_c=2.1\text{m}$) の条件で波高2.8mの波を作用させた場合、入射角が大きくなると越波流量は顕著に減少し、入射角30度の越波流量は0度（直角入射）の約1/2に、60度になると約1/150に低減して許容流量 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ を大きく下回ることが解った。
- ③ 得られた実験データより、直立護岸に対する換算天端高係数を利用して、天端高をパラメータに、任意の天端幅算越波流量 図7 入射角による天端高低減率（許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 時）を推定できる図を作成した。

- ④ 作成した越波流量算定図より許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ を満足させるための所要天端高 h_c を読みとり、天端幅2列時及び入射角0度時を基準とした所要天端高比としてみると、消波工天端幅を4～5列に拡幅することで所要天端高比は0.6～0.7程度に低下し、同様に、波の入射角が45～60度になると0.5前後に低下している。

このことより、天端幅や入射角が増大することで、天端高をかなり低減できる可能性があるものと推測さ

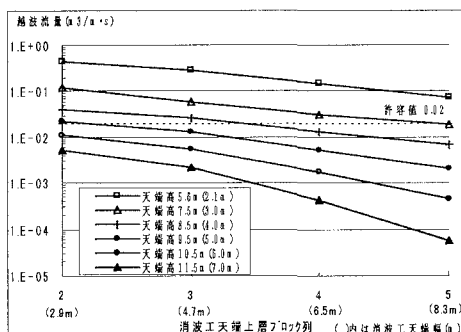


図4 任意の天端幅、天端高における越波流量算定図

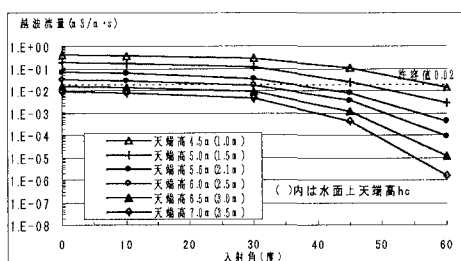
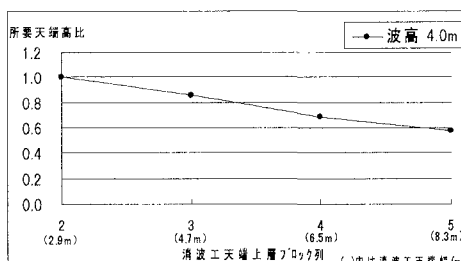
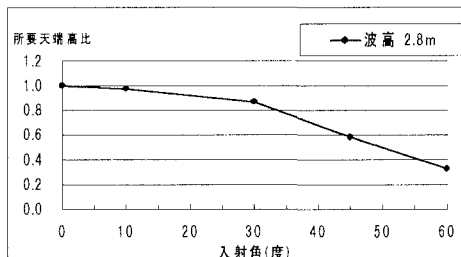


図5 任意の入射角、天端高における越波流量算定図

図6 消波工天端幅による天端高低減率（許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 時）

及び任意の入射角に対する1:4/3勾配護岸の概