

II-61

消波工を有する緩傾斜埋立護岸の越波特性に関する実験的研究（その2）

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

1. はじめに

近年、人工島など埋立地を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。

これを背景に、筆者らは平成6年度において、伊勢湾北部の任意の海域を対象に消波工を有する1:3勾配の緩傾斜埋立護岸（以降、1:3勾配護岸とよぶ）について水理模型実験を行い、施工事例が多い1:4/3勾配の消波護岸に比べ越波低減効果が高いことを明らかにした。

これに引き続き、1:3勾配護岸に関し、任意の消波工天端上層ブロック列（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+7.0m（水面上+2.5m）でブロック列（天端幅）を2, 3, 4列に変化させ、平面実験では天端高+6.6m（水面上+2.1m）、天端幅2列で入射角を護岸法線直角方向に対し0度、30度、60度に変化させた。実験対象波は、この海域の波浪諸元である $H1/3=4.0\text{m}$ 、 $T1/3=7.2\text{s}$ （概算波形勾配0.05程度）を基準波とし、周波数スペクトルは修正フレッド・シュナイダー光易型を目標とした。

実験では約660波（時間約70分間）に対する越波流量を測定し、護岸構造諸元や波の入射角の変化に伴う1:3勾配護岸の越波特性を求めた。さらに、実験データを基に、基準波に対する任意のブロック列（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、消波工天端幅の違いによる基準波（波高4.0m）の越波流量特性を示したものである。これをみると、越波流量はブロック列が2列から3列になると、ブロック2列時の半分程度の $0.024\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ に減少し、さらに4列になると、越波流量は設定した許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 内（ $0.017\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ ）に収まる結果となり護岸天端幅を拡幅することで、越波流量は大きく低減できることが確認された。

消波工天端幅の拡幅による越波流量の低下を天端高低減率（所要天端高比）として表したものが図3である。ここで、所要天端高比とは、各天端幅による越波流量の結果より、直立護岸に対する換算天端高係数を求め、これを消波工天端幅2列時を基準として示したものである。これをみると、天端幅を2列から3列に増やすことで、所要天端高比は0.7程度となり、天端幅2列時に

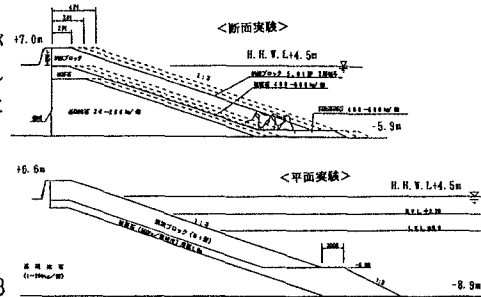


図1 実験対象断面

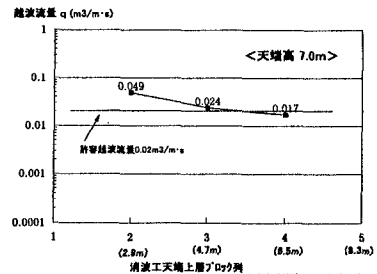


図2 消波工天端上層ブロック列に対する越波流量特性

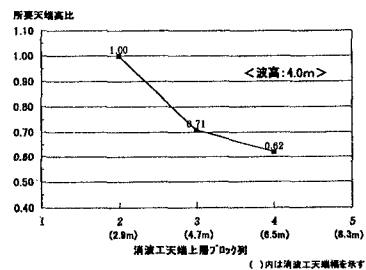


図3 消波工天端上層ブロック列に対する所要天端高比

キーワード：緩傾斜消波護岸、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

比べ、天端高を30%程度低減できることを示している。さらに、天端幅を4列にすると、所要天端高比は0.62に低下する。このように、消波工天端幅を3～4列に拡幅することで、天端幅2列時に比べ天端高を30～40%程度低下できる効果があることが解った。

(2)波の入射角による越波流量特性

図4は、平面実験（天端高+6.6m、消波工天端幅2列）において基準波（波高4.0m）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。なお、平面実験では基準波とほぼ同じ沖波波形勾配を有する波高3.2m、周期6.5s及び波高3.6m、周期6.9sの2つの波も対象とした。これを見ると、入射角が10度より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1/50～1/100に低減して許容越波流量 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 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を示唆している。したがって、本実験で得られた図4の越波特性は1:3勾配護岸（緩傾斜消波護岸）固有の特性の可能性もある。

図5は、入射角に対する越波流量の低下を天端高低減率（所要天端高比）として表したものである。ここで、所要天端高比とは、前述したように、実験結果より直立護岸に対する換算天端高係数を求め、これを直角入射時（0度）を基準として示したものである。これを見ると、入射角30度の天端高比は約0.8、60度になると0.3程度まで低下している。ということは、波の入射角が30度の場合、直角入射時より20%、60度では70%程度天端高を低減できることを示しており、1:3勾配護岸の入射角による天端高低減効果がきわめて高いことが判明した。

(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6、図7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、基準波（波高4.0m）に対する1:3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6は任意の天端幅に対して、図7は任意の入射角に対して求めることができる。

4. 主要な結論

本研究より得られた基準波（4.0m）に対する1:3勾配護岸の越波流量に関する主要な結論は以下のとおりである。

- ① 天端高+7.0mの場合、消波工天端幅を2列から4列に拡幅することで越波流量は65%程度低減し、設定した許容値 $0.02\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ を下回る（ $0.017\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ ）ことが判明した。
- ② ①を天端高低減効果としてみると、消波工天端幅を3～4列に拡幅することで、2列時に比べ、天端高を30～40%程度低下できることが解った。
- ③ 天端高+6.6mの場合、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1/50～1/100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。
- ④ ③を天端高低減効果としてみると、波の入射角が30度の場合、直角入射時より20%、60度では70%程度天端高を低減できることが判明した。
- ⑤ 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、任意の天端幅及び任意の入射角に対する1:3勾配護岸の概算越波流量を推定できる図を作成した。

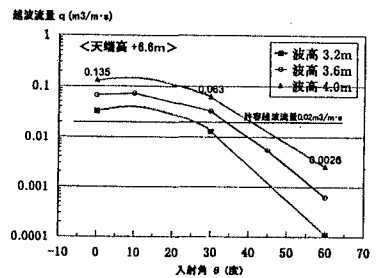


図4 波の入射角に対する越波流量特性

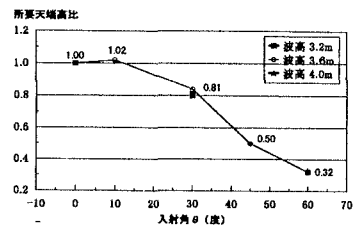


図5 波の入射角に対する所要天端高比

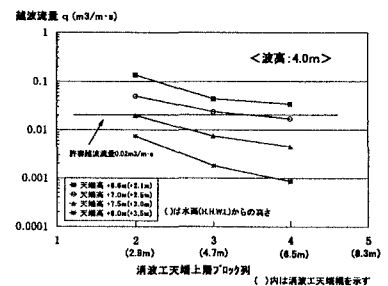


図6 任意の天端幅、任意の天端高における越波流量算定図

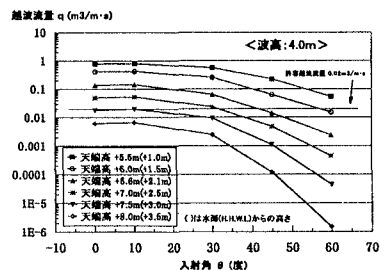


図7 任意の入射角、任意の天端高における越波流量算定図