

多方向不規則波浪場における越波量の空間変化について

三井共同建設コンサルタント株式会社 正 会 員 ○竹田 壘
 鳥取大学大学院工学研究科 学生会員 塚本倫也
 鳥取大学工学部社会開発システム工学科 正 会 員 松見吉晴

1. 研究の背景と目的

護岸天端高は、背後地への許容越波量を越えない条件として決められている。この許容越波量の算定の基本となるのが、一般に2次元実験による一方向不規則波を対象に得られた総越波量を造波作用時間及び堤体幅で平均化された平均越波流量である。この一方向波に基づいた考え方を人工島のように外海に面するような施設に対して適用する場合、越波流量に及ぼす波の方向分散性の影響を明らかにしておく必要がある。平石ら¹⁾は多方向不規則波による模型実験を実施し、多方向波の平均越波流量が一方向波より0.7~0.8倍程度と小さくなることを示している。しかし、越波が発生する荒天時における波の方向分散性と護岸前面の波高分布を結びつけて考えた場合、場所によっては一方向波の場合より出現波高が大きくなり、越波量が多くなる可能性が考えられる。すなわち、多方向波の越波量の評価に対して護岸長で平均化された平均越波流量を適用すると、一方向波に比べて総越波量は小さくなるが、局所的には越波量が大きくなる箇所があり、平均越波流量で設計された護岸背後の水たき部などの施設が局所的に破壊され、全体としての排水機能の損傷につながる恐れがある。そこで本研究は、隅角部を有する直立護岸を対象として、まず護岸軸方向の越波量の空間変化について多方向波と一方向波の違いを明らかにし、ついで越波量の算定法について線形回折波モデルを用いて開発するものである。

2. 水理模型実験

本実験は、14枚の造波板からなるスネークタイプの多方向不規則波造波水槽（9×16×0.6m）内に直立護岸模型を設置して行った。直立護岸模型は図-1に示すL型モデル（4×2m）とし、天端高さ h_c は20cmである。水深は30cm一定である。模型の配置は、造波有効領域内に造波板からの再反射を避けるために20°傾けて設置された。越波量の計測には堤体背後に10cmピッチに設置したマスを用いた。なお、隅角部における越波量につ

いては、一辺30cmの正方形のプラスチック容器に直接貯水した。護岸周辺の水位変動は、16台の波高計により計測した。入射波条件は、直角入射（ $\alpha=0^\circ$ ）と斜め入射（ $\alpha=-15^\circ$ ）のJONSWAP型（ピーク周期： $T_p=1.14s$ 、有義波高： $H_{1/3}=8cm$ ）をもつ多方向波（ $S_{max}=5, 10, 20$ ）及び一方向波の27分間の信号（波数：約1000波）を作成し使用した。実験はこれら16ケースの波浪条件について3回繰り返し行った。

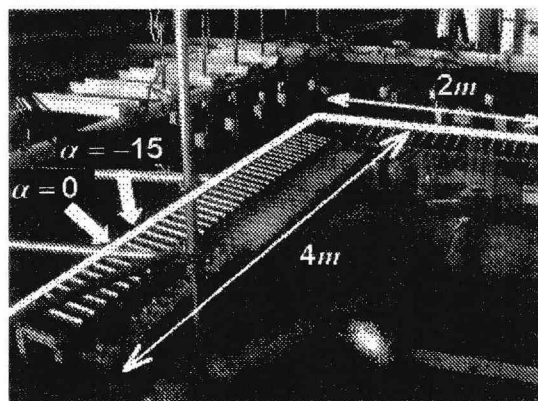


図-1 実験状況

3. 直立護岸の越波特性

まず護岸延長距離で平均化した平均越波流量については、平石らが指摘しているように直角入射の場合は一方向波が大きくなり、斜め入射の場合には波の方向分散性が弱くなり $S_{max}=20$ と一方向波では同程度になった。

図-2は、直立護岸における多方向不規則波と一方向不規則波の越波流量の空間分布を比較したものである。この図より一方向不規則波（ $S_{max}=\infty$ ）と多方向不規則波（ $S_{max}=5$ ）の空間分布は異なっており、多方向不規則波の方が越波流量が多くなる場所も確認できる。この原因は、多方向不規則波の場合は隅角部に対する波の方向分散性に伴う直接の来襲波により隅角部から少し離れた位置で越波量が大きく現れていると考えられる。なお、一方向不規則波の場合は、堤体両端での回折波に伴う堤体前面の波高の空間変化に依存した越波量の空間変化が現れている。

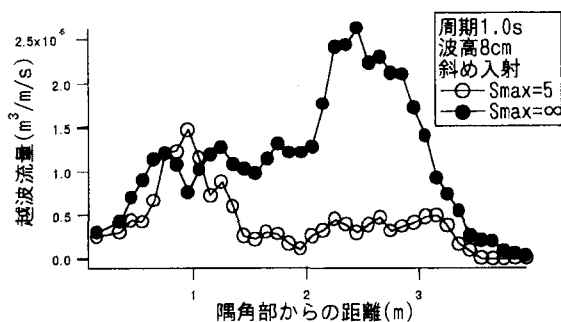


図-2 越波流量の空間分布の比較

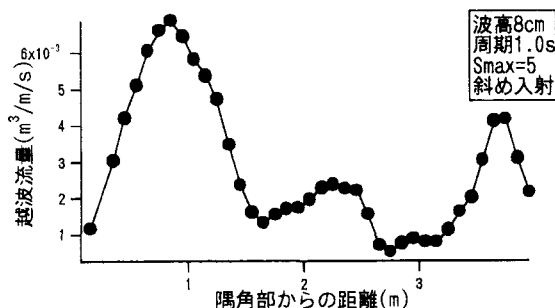


図-4 越波流量の空間分布の数値計算結果

4. 越波流量算定モデル

越波流量算定法については、まず造波水槽内の直立護岸を含めた波浪場（水位変動，流速）の計算に関して Isaacson 線形回折波モデル³⁾を拡張した手法³⁾と，造波板及び護岸等の固定境界表示に対して湧き出し分布法，また部分反射面境界に対しては Berkhoff の混合境界条件に基づいて与えている．多方向波浪場に対しては，方向分布関数及び周波数特性に基づいてダブルサンメーション法により算定している．

護岸の各位置における単位幅当たりの越波量は，波浪場の計算結果より護岸前面の水位変動 $\eta(t)$ と堤体法線方向の流速 $U(t)$ の時系列結果より，図-3に示すように水位変動 η が護岸の天端高 hc を越えると，越流が生じ越波する．ただし，本研究では $(\eta(t) - hc) > 0$ 及び $U(t)$ が堤体方向の場合に越波量を次式で算定している．

$$q = \sum C(\eta(t) - hc)U(t)\Delta t/Tw$$

ここに， C は越流係数， Δt は計算時間ステップ， Tw は造波作用時間（27分間）である．

図-4及び図-5は，多方向不規則波 $S_{max}=5$ ， $H_{1/3}=8\text{ cm}$ ， $T_p=1\text{ s}$ ， $\alpha=-15^\circ$ の波浪条件のもとで越波流量の空間分布の数値計算結果と実験結果である．数値計算結果と実験結果はほぼ同様の傾向を示すものの，定量的には計算結果が過大に評価している．この原因としては，本数値計算モデルが直立護岸を有限高さとして計算できないため，護岸前面での重複波の波高を現実より過大に評価し，その結果が越波量に影響していると考える．

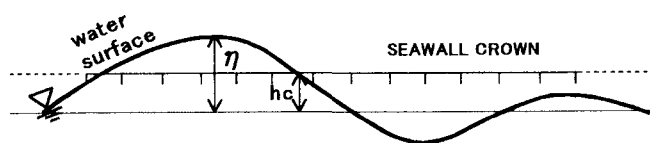


図-3 護岸越波の様式

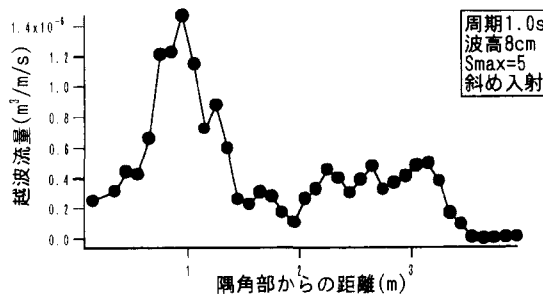


図-5 越波流量の空間分布の実験結果

5. まとめ

本研究では，多方向不規則波浪場における越波特性を実験的に検討し，その数値計算モデルの開発に取り組んだ．多方向不規則波と一方向不規則波の越波特性の空間分布に違いがあり，多方向不規則波の越波流量が局所的に大きく出ており，平均越波流量に基づいて排水施設が設計されるとその機能が損傷する可能性があると言える．数値計算モデルは，実験結果における越波量の空間変化に関する定性的な傾向を捉えていることは確認できたが，定量的な再現性に関して堤体反射率等を変化させて今後検討する予定である．

<参考文献>

- 1) 平石哲也・望月徳雄ら(1996)，護岸越波量における波の多方向生の影響，港湾技術研究所報告，第36巻，第1号，pp.39-63.
- 2) Isaacson, M.(1992), Diffraction Model of Directional Wave Generation in a Basin with Partially Reflecting Boundaries, Report prepared for National Research Council of Canada.
- 3) 松見吉晴・E.P.D.Mansard・大野賢一(1994)：多方向波浪場における防波堤周辺の波動場の計算モデル，海岸工学論文集，第41巻(1)，pp.131-135.