高潮位時における岸壁上の越波遡上実験とその再現計算

港湾空港技術研究所	海洋研究領域波浪研究グループ	正会員	平山克也
港湾空港技術研究所	海洋研究領域波浪研究グループ		長沼淳也
港湾空港技術研究所	海洋研究領域波浪研究グループ	正会員	○濱野有貴

1. はじめに

外郭施設により平常時の静穏性が確保された港内の岸壁では、荷役時の作業性や船舶係留の容易さ、安全性 などに配慮し、H.W.L.+1.0m 程度の天端高を有するものが多い.また、港湾計画においては台風の来襲などに よる高波浪時にも港内施設の性能に大きな影響を与えないこととされているが、高潮潮位が H.W.L.を超え、 水面が岸壁天端に近づくにつれて、波が岸壁上をあらい、背後施設に浸水被害をもたらすことがある.しかし、 一般的な海岸堤防とは異なり越波水塊の一部は引き波時に海へと戻るため、想定される護岸越波量と関連づけ て浸水域や浸水深を推定することは容易ではない.そこで本研究では、岸壁天端高と潮位との関係毎に、岸壁 を越波した水塊による岸壁上の遡上高さを実験的に明らかにするとともに、段差地形上での計算の不安定化を 回避できる波動モデルを用いてこれらの再現計算を実施し、その精度を検証した.

2. 岸壁上の越波遡上実験

(1) 実験概要 港湾空港技術研究所所有の 35m 不規則波造波水路(長さ 35m,幅 0.6m,高さ 1.3m)内に天端 高 0.6m, 天端上の勾配 1/10, 幅 3m の岸壁模型を設置し,水深 h=0.60m±0.08m のとき,岸壁天端に沿わせた 長さ 3m の容量式波高計により岸壁上の波の遡上高を計測した.なお、岸壁前面は一様水深とした.これらの 状況を図-1 に示す.模型縮尺は 1/25 を想定した.作用波は表-1 に示す 12 ケースとし,4 種類の波形勾配毎に 3種類の異なる有義波周期を吸収制御により2波群ずつ、計測開始後200波以上造波するとともに、造波板と 岸壁模型の中間に設置した 2 本の波高計で岸壁による反射率を計測した. 周波数スペクトル関数は修正ブレ ットシュナイダー・光易型とし, 計測データ数は 8192, サンプリングタイムは周期に応じ 0.04~0.07s とした. (2) 実験結果 各潮位での岸壁上の遡上高Rの計測値を換算沖波波高Ho'に対して整理した結果を図-2に示す. ここで、図中の実線は一様勾配斜面への不規則波の打上げ高の計算式(Mase¹⁾)による結果を、各プロットの 形状(●,▲,■)はそれぞれ h=0.52, 0.60, 0.68m での計測値であることを示す.静水時の汀線が岸壁上に 位置する *h*=0.68m(■)では,いずれの波形勾配とも *H*₀'が小さいうちは *R*_{max}, *R*_{1/3} 値は計算式に比較的よく従 うことがわかる.また,潮位が岸壁天端と同じ h=0.60m (▲)では,H₀ が大きいほど計算式に比べ R_{max}, R_{1/3} 値 が大きくなり、引き波後に生じる岸壁上への越波の影響が疑われる. さらに、岸壁天端高 hc=0.08m となる *h*=0.52m(●)ではその傾向が顕著となり、*H*₀'が小さい波の打上げは計測されないが、*H*₀'が 0.08m 程度より 大きいほど計算式よりも大きな R_{max}, R_{1/3} 値が計測されるようになる.ただし,図-1 に示した遡上計の計測限 界により, ■では 0.22m, ▲では 0.30m, ●では 0.38m を超える遡上高は計測できていないことに注意を要す る. なお, 遡上高スペクトルの形状がもし造波スペクトルに従えば $R_{1/3}/\sqrt{m_0}$ = 3.80 (m_0 は遡上高スペクトル の0次モーメント)の関係が成り立つはずだが、実験結果ではこの比は h=0.60m のとき 3.24 程度であった.

次に,各潮位での岸壁の反射率を図-3に示す.なお,凡例は図-2と同様である. h_d/H₀'の減少及び波形勾配の増加に伴い反射率が減少するのは,岸壁上での越波と砕波によるエネルギー逸散によるものと考えられる.





<i>T</i> ₀ [s]	1.2	1.5	1.7	2.4	
L ₀ [m]	2.2	3.5	4.5	9.0	
H_{0}' [m]	H_0'/L_0				
0.011	0.005				
0.022	0.010		0.005		
0.045	0.020		0.010	0.005	
0.090	0.040		0.020	0.010	
0.140		0.040			
0.180			0.040	0.020	

図-1 岸壁模型と遡上計(容量式波高計)の設置状況,及び岸壁天端高と水深との関係

キーワード 岸壁, 高潮, 越波, 遡上, 浸水, ブシネスクモデル

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所 海洋研究領域波浪研究グループ TEL 046-844-5042

II-67



3. ブシネスクモデルによる再現計算

(1) 計算概要 潮位に応じ岸壁では波の越波や遡上が生じる.実際の岸壁等を対象とした将来の平面計算に備え、これらの再現計算には適切な境界処理法を備えたブシネスクモデル²⁾を採用した.また、岸壁が水没する高潮位時には、岸壁前面から天端上にかけての波浪変形は水深が急変する地形上で生じる.そこで、岸壁前面の直立壁に対しては、海底地形を平滑化して計算の発散を防ぐ代わりに急変地形をそのまま考慮して波の変形計算を行える段差境界処理法³⁾を適用した.再現計算の格子幅はΔx=10cm、時間刻みはΔt=T₀/24000sとした.
(2) 計算結果 岸壁上の遡上高の計算値を実験値と比較した結果を潮位毎に図-4に示す.ここで、各プロットの形状(●,▲,■,◆,*)はそれぞれ R_{max}, R_{2%}, R_{1/10}, R_{1/3}, R_{bar}の値であることを示す.計算値は実験値に比べ全体的に小さめであるが、これは斜面上を波が遡上する際のしきい値(本研究では越流水深の最小値を H₀^oの1%とした),及びΔx=10cmの計算格子による遡上高の分解能(0.01m)による影響がまず考えられる(h=0.60m, 0.68mのうち波形勾配の小さいケース).次に,H₀^oが増加しh=0.52mの場合も含め岸壁前面で顕著な越波が生じるケースでは、波形勾配によらず全体的に計算値が小さめであり、越波モデルで与えられる越流 Flux が未だ過小なようである.なお、波形勾配 0.020 の R_{max}, R_{2%}では一部の実験値が遡上計の計測限界に達している.一方、岸壁からの反射率の計算値を実験値と比較した結果を図-5 に示す.ここで凡例は図-2,図-3 と同様である.0.5 程度以下のときの再現性は越波時の乱れや砕波によるエネルギー減衰の再現精度に依存している.

4. おわりに

断面水路を用いた模型実験及び数値計算を行い,岸壁天端高と潮位との関係及び波形勾配に着目して,海側 へ傾斜した岸壁上での波の遡上高さの出現特性及び波動モデルによる再現性について考察した.今後は実際の 岸壁とその背後を対象とした平面2次元計算を行い,高潮時の越波浸水・排水過程を再現する予定である.

謝辞

課外実習のためご来所された阿部廉太朗君には遡上計算の実施と結果の整理をお手伝いいただいた.また、 本研究の一部は科学研究費補助金(課題番号:17H03315)の助成を受けたものである.ここに謝意を表す.

参考文献

- 1) Mase, H. (1992): Random wave runup height on gentle slope, *J. Waterway, Port, Coastal and Ocean engineering*, ASCE, Vol. 118, No.5, pp.534-550.
- 平山克也・長谷川巌(2011): ブシネスクモデルによる護岸越波・浸水過程に関する再現計算, 土木学会論文集 B3(海 洋開発), Vol.67, No.2, pp.I_262-I_267.
- 3) 平山克也・濱野有貴(2019):水深が急変する浅海地形上の波浪変形計算に用いる境界処理法の提案,土木学会論 文集 B3(海洋開発), Vol.75, No.2 (投稿中).

