

空港護岸の越波対策における模型実験について (越波量低減効果に関する模型実験)

齋藤 英治¹・南 靖彦²・平石 哲也³

¹港湾空港技術研究所 海洋・水工部 波浪研究チーム (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

²北陸地方整備局 新潟港湾・空港整備事務所 企画調整課 (〒951-8011 新潟市中央区入船町4-3778)

³港湾空港技術研究所 海洋・水工部 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1) .

海上空港では、高潮・高波による越波の影響で被害を受けている。海上空港の越波対策には、護岸天端高を上げる対策が考えられるが、空港では航空機の離発着を妨げないよう護岸天端高に制限があり、天端高を上げることができない。本実験では、まず低天端で越波を抑制できる胸壁間に透水層を設けた護岸形状を提案し、さらに最適な胸壁間距離や後壁高さを検討したものである。実験の結果、胸壁間距離は6mで高い越波低減効果を示し、後壁高さは2.5m以上必要ことがわかった。また、津波に対しても一定の効果があることがわかった。

1. はじめに

日本は、その国土の特殊性から空港の沖合展開化が顕著になっている。また、近年の台風大型化により、空港施設の一部又は全部が海上に設置された空港では、高潮や高波からの越波によりフェンスの倒壊やアスファルトの剥離などの被害が生じている。(写真-1)

このような被害への単純な対策としては、護岸の嵩上げが考えられるが、空港護岸は航空機の離発着の障害とならないよう高さ制限(転移表面)を受けており、単に嵩上げをすることが困難である。また、滑走路を含め全体を嵩上げすることは莫大なコストがかかるため現実的ではない。

そこで、護岸の天端高が限られた低天端の護岸に対応できる越波対策護岸を提案し、模型実験により越波量低減効果の検証を行った。



写真-1 越波により倒壊したフェンス

2. 護岸形状の提案

水理模型実験により、3種類の護岸について越波低減効果の検証を行った。

(1) 実験水槽および模型の構成

実験は、港湾空港技術研究所所有の多方向不規則波造波水槽で行われた。水槽の平面図を図-1に示す。この水槽は「デュアルフェースサーペント水槽」とも呼ばれ、幅48m、長さ25m、深さ2mの平面水槽となっている。内部の側壁に沿って幅50cmのピストン型造波機100台が設置されており、斜め方向へ進む規則波(斜め波)、斜め方向へ進む一方方向不規則波および多方向不規則波を造波することが可能である(平石ら、1992)

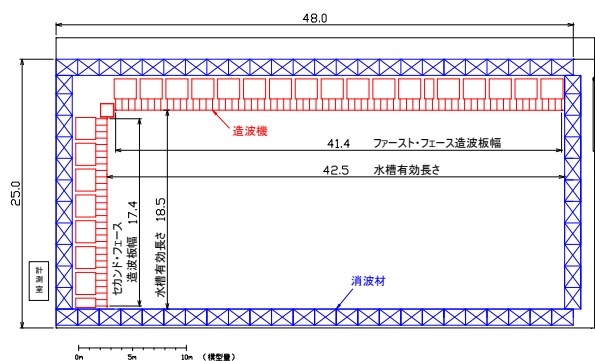


図-1 多方向不規則波造波水槽

検証を行った護岸のタイプについては、比較用として通常の①直立護岸（図-3）、波返しを設けた②波返し護岸（図-4）、護岸背後に排水路を擁する③越波吸収型護岸（図-5）の3種類である。③の越波吸収型護岸は、火力発電所等の電力関係埋め立て地護岸で用いられた実績がある。

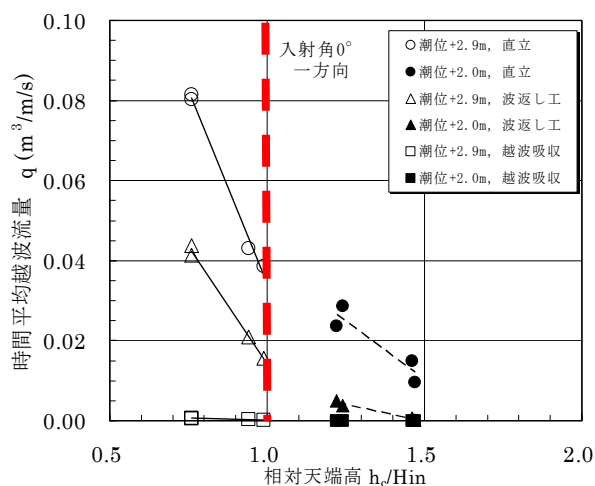
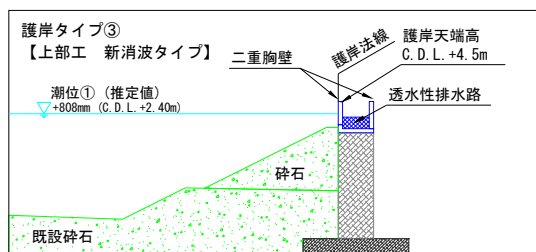
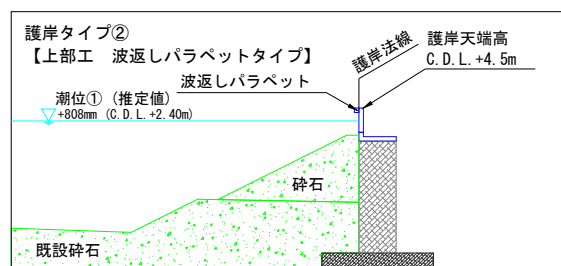
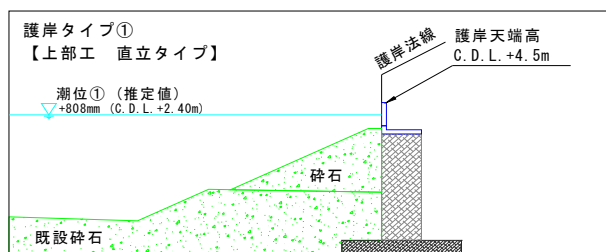


図-6 護岸構造の違いによる相対天端高と越波流量の関係

(1) 実験模型

実験模型の断面図とイメージ図を図-7, 8に示す。模型は耐水ベニヤによる木製とし、後壁の設置位置が6m間隔（現地量）で3箇所に変えられる構造とした。これにより後壁を設置しない直立護岸から、後壁設置位置に応じた排水溝幅の越波吸収型護岸を再現可能とした。また、後壁板材を2種類製作し、後壁天端高を変更した実験を可能とした。また、排水溝には碎石を充填した。

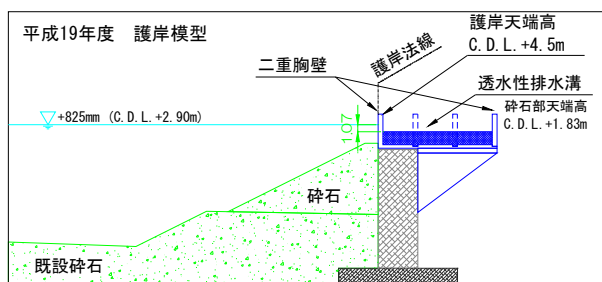


図-7 護岸模型断面図

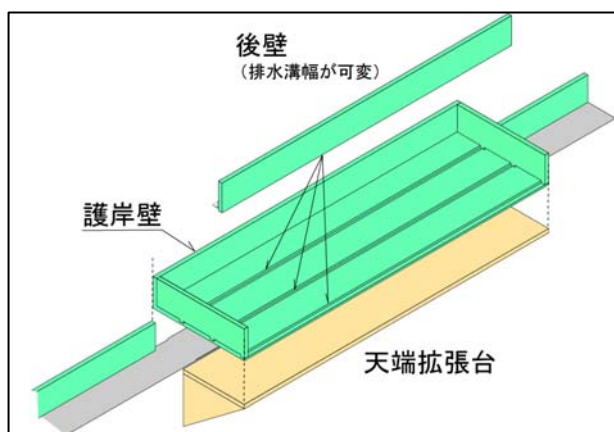


図-8 模型イメージ図

(2) 実験結果

実験の結果、排水溝幅6mで急激に越波を低減できることがわかった（図-9）。また、直角入射0°方向からの波による時間平均越波流量が最も大きく、入射角が傾くにしたがい越波流量が小さくなる傾向が確認できた（図-10）。後壁高さについては、波高2.0m以下であれば後壁高さは2.5mで十分に越波を低減できることがわかった（図-11）。

また、時間平均越波流量 q と短時間平均越波流量の最大値 q_{max} の比（ q_{max}/q ）について、全ての実験結果との関係を示すと、図-12が得られる。図によると、例えば時間平均越波流量が $0.02\text{m}^3/\text{m/s}$ 程度の場合には、短時間平均越波流量の最大値 q_{max} は、時間平均越波流量 q の約18倍程度（ $0.36\text{m}^3/\text{m/s}$ 程度）となると試算される。つまり、瞬間的な越波流量は最大で平均越波流量の約18倍程度になる可能性があると言える。

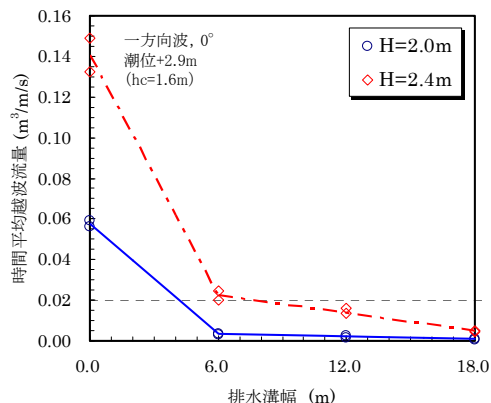


図-9 排水溝幅と時間平均越波流量の関係（波高による変化）

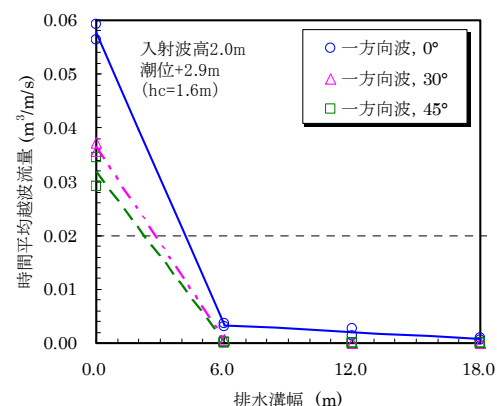


図-10 排水溝幅と時間平均越波流量の関係（波向による変化）

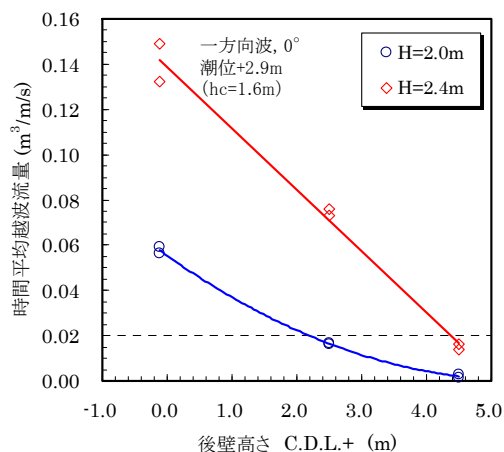


図-11 後壁高さと時間平均越波流量の関係

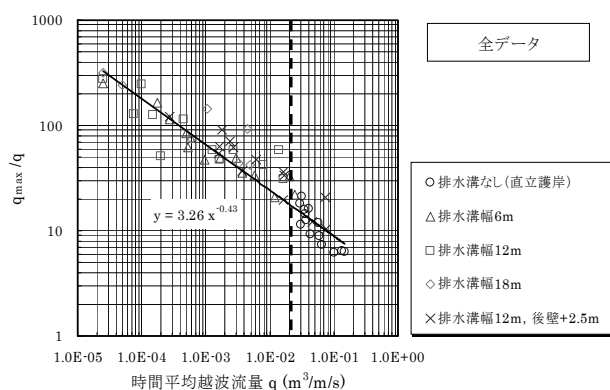


図-12 時間平均越波流量と短時間越波流量(最大値)の対数表示

4. 津波に対する検討

実験では、津波に対する効果を検証するため、周期が長い波が越波吸収型護岸に与える影響についても検証実験を行った。

(1) 実験条件

実験は周期20s程度の2mと4mの津波を想定し、排水溝の幅0～18m、後壁高さ +2.0m, +4.5m (いずれも現地量) の条件で行った。

(2) 実験結果

実験状況を写真-2, 3に、波作用後の排水溝内の石材の様子を写真-4, 5に示す。

写真-2から津波高2mでは、排水溝内へ大量の水塊が流れ込み、排水溝から跳ねた水塊が背後へ流れていく様子がわかる。一方、写真-3の津波高4mでは、護岸の天端高に対して前面水位が大きく立ち上がり、排水溝を乗り越えて多量に越流している様子がわかる。

また、写真-4, 5は波作用後の排水溝内の石材の飛散状況であるが、津波高2mでは排水溝内に越流水が直接打ち込むことによって石材が飛散するのに対して、津波高4mでは排水溝を乗り越えて背後に越流するため、石材の飛散が見られない。

図-13は護岸前面波高と短時間平均越波流量の関係を表したものである。護岸前面波高6m付近のプロットは津波高2m、護岸前面波高12m付近のプロットが津波高4mの結果である。図を見ると越波流量は多いが、全てのケースで1波ごとの時間平均越波流量が直立護岸(Case1)を下回っている。特に排水溝幅が18mのCase4では、Case1に比べ越波流量が50%以下に小さくなっている。この結果から、越波吸収型護岸では、周期の長い津波のような波に対しても一定の越波低減効果が期待できると考えられる。



写真-2 波作用状況 (津波高 2m)



写真-3 波作用状況 (津波高 4m)



写真-4 石材飛散状況 (津波高 2m)

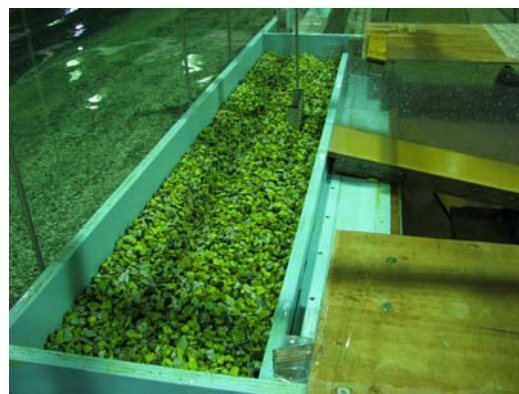
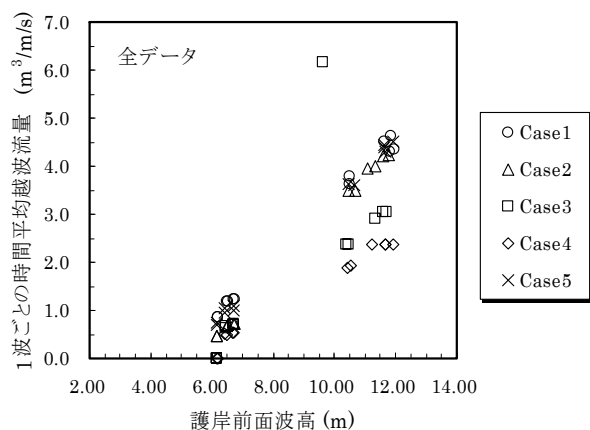


写真-5 石材飛散状況 (津波高 4m)



注) Case1 : 直立護岸
Case2 : 越波吸収護岸, 排水溝幅 6m
Case3 : 越波吸収護岸, 排水溝幅 12m
Case4 : 越波吸収護岸, 排水溝幅 18m
Case5 : 越波吸収護岸, 排水溝幅 12m,

図-13 護岸前面波高と1波ごとの時間平均越波流量の関係(長周期規則波)

5. まとめ

本実験では、低天端護岸で越波を抑制するため、越波吸収型護岸を提案し、さらにその適用性を検証した。

実験の結果、越波吸収型護岸は非常に有効であり、本実験条件では、排水溝幅は6mで越波を十分に抑制でき、後壁高さは2.5m以上が望ましいとの結論を得た。

津波を想定した周期の長い波に対しても、一定の越波低減効果があることがわかった。ただし、排水溝内に波が直接流入した場合には碎石が飛散する可能性が高いことも判明したため、この場合、二次災害などの可能性も考えられる。現場への適用性を考えた場合、石材の散乱を防ぐ工夫(石材を使用せず透水性舗装にする等)が必要である。さらに、既存の空港において越波吸収型護岸を計画した場合、護岸背後に6m以上の遊水区間を造成することは難しいため、場周道路を排水溝として利用する等の工夫が必要である。また、排水溝に貯水した水の処理についても検討が必要である。

参考文献

- 1) 齋藤英治・平石哲也(2008) : 越波吸収型護岸の越波量低減効果に関する模型実験, 港湾空港技術研究所資料, No.1178,18p
- 2) 南 靖彦・平石哲也(2007) : 空港護岸の越波量低減法に関する模型実験, 港湾空港技術研究所資料, No.1158,21p
- 3) Hiraishi T(2002) : Wave transformation in multi-face current generation basin, Proc.12th International Polar and Offshore Engineering Conference, pp.167-172

