三角形状越波対策工を有する直立護岸の越波・波圧特性に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科　学生会員　○　笹田　泰雄
名古屋大学大学院工学研究科　正 会 員　　川崎　浩司

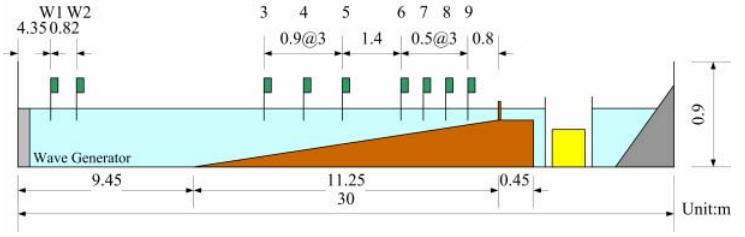
1. はじめに

台風など低気圧接近時に沿岸域で発生する越波は，護岸背後の建造物の損傷や人命への危険性，道路交通規制による物流の停滞といった被害をもたらしてきた．そのため，越波防止対策は古くから数多く行われており，例えば，直立護岸や消波護岸は我が国の海岸において広く普及している．近年では，社会的要請として景観・環境・建設コストを考慮した海岸整備が望まれ，護岸新設の際には，より低天端高で許容越波流量が実現可能な非越波型護岸も建設されている．さらに最近では，建設コスト削減のため，新設せず既存の護岸に越波低減工を設置することで越波量を低下させる試みが行われている．例えば，宮城県大原海岸と神奈川県佐島海岸には，三角形状の越波対策工が設置され，ビデオ解析や住民ヒアリングによってその定性的な越波低減効果が確認されている．しかし，直立護岸に設置した三角形状越波対策工の効果について定量的に評価した研究はほとんどなく，護岸に作用する波圧特性に関しても議論の余地が残されている．

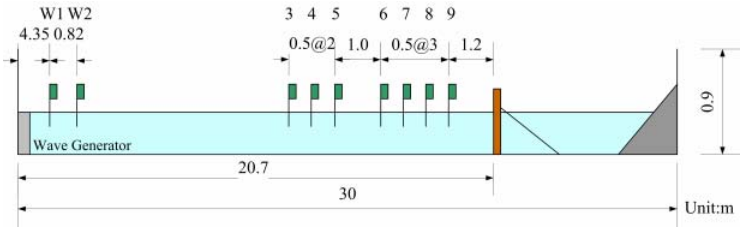
本研究では，水理模型実験を実施することにより，直立護岸に設置した三角形状越波対策工の越波量低減効果および護岸に作用する波圧特性について考究することを目的とする．

2. 水理模型実験の概要

水理模型実験は，名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻の断面 2 次元造波水槽（幅 0.7m, 高さ 0.9m, 長さ 30m）を用いて，越波量測定実験および波圧測定実験を行った．**図-1**(a), **図-1**(b)に越波量測定実験および波圧測定実験の実験水槽断面図を示す．越波量測定実験は模型尺度 1/30, 海底勾配 1:30 の一様勾配地形とし，波圧測定実験は模型尺度 1/15 の一様水深とした．また，**図-2** に示すような二等辺三角形状の越波対策工を直立護岸に設置した場合と設置しない場合それぞれに対して越波量および作用波圧を測定した．



(a)　越波量測定実験



(b)　波圧測定実験

図-1　実験水槽断面図

越波流量測定実験では，ピストン型造波装置により不規則波を作用させた．不規則波の波スペクトルタイプは修正 Bretschneider・光易型とし，1 波群 204.8s で，波形勾配が 0.015～0.044 となる波を入射した．また，護岸模型背後に越波升を設置することにより，護岸天端上に接続した幅 30cm の導水板を介して越波した水塊を集水した．なお，越波した水塊を，5 波目以降の約 204.8s 間にわたって集水し，越波量計測時間と導水板の幅で割ることにより，単位幅あたりの平均越波流量を求めた．また，測定した越波量のばらつきを考慮して，越波量の測定は各ケース 3 回ずつ行った．

一方，波圧測定実験では，波形勾配が 0.006～0.050 となる規則波を作用させた．護岸に作用する波圧は，**図-2** に示すように，三角形状越波対策工に 3 点，直立部に 5 点の計 8 箇所においてサンプリング間隔 1kHz で測定

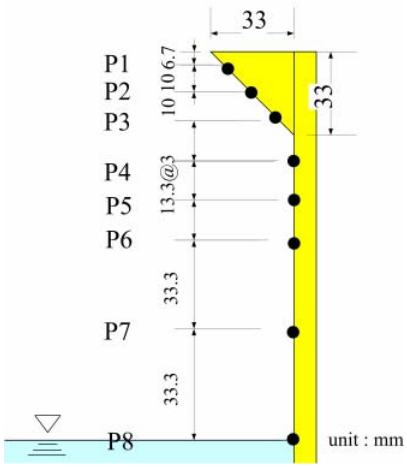


図-2　波圧測定位置

した．また，波圧測定実験および越波量測定実験において，**図-1**(a)，**図-1**(b)に示す位置に設置した計 9 台の容量式波高計によって水面変動量を測定した．

3. 実験結果および考察

3.1 三角形状越波対策工の越波低減効果

図-3 に波形勾配 0.040 に対する三角形状越波対策工の越波流量低減率を示す．ここで，越波流量低減率とは，直立護岸に三角形状越波対策工を設置することで減少した越波流量を，対策工を設置しない場合の越波流量で除して百分率にしたものである．同図から，同一波形勾配の波が越波対策工に作用する場合，h_c/H_0'が大きく，h/H_0'が小さくなるほど越波流量低減効果は増大することがわかる．さらに，**図-4** から，異なる波形勾配 H_0'/L_0 に対する越波対策工の越波流量低減効果は，H_0'/L_0 が大きくなるほどよくなることがわかる．以上のことから，三角形状越波対策工は，優れた越波流量低減効果を有する上に，本研究の実験条件範囲内では，3 つの無次元量 h/H_0'，h_c/H_0'，H_0'/L_0 が越波対策工の越波低減効果に影響を与えていると考えられる．特に，h_c/H_0'の変化が越波流量低減効果に与える影響は大きく，h_c/H_0'の値によっては平均越波流量低減率の差が 2 倍にも及んでいる．

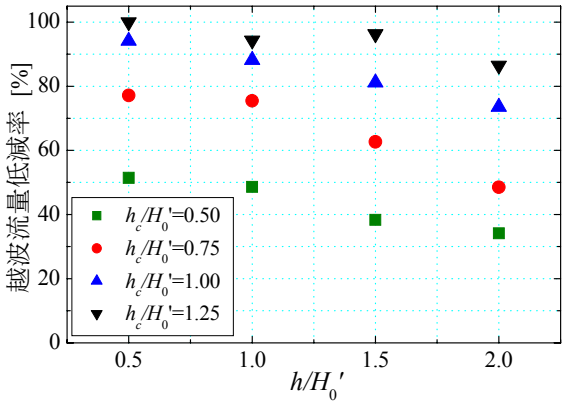


図-3 波形勾配 0.040 に対する越波流量低減率

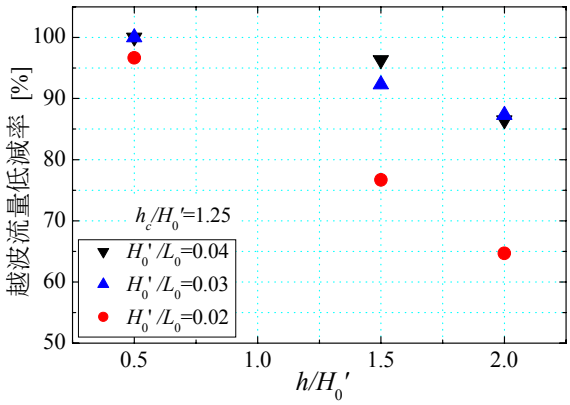


図-4 異なる波形勾配に対する越波流量低減率

3.2 三角形状越波対策工の作用波圧特性

直立護岸および越波対策工を設置した直立護岸に作用する最大波圧の分布を**図-5** に例示する．ここで，実験条件は相対天端高，相対水深，波形勾配がそれぞれ 1.11，3.3，0.045 の場合である．なお，本研究では，ノイズ除去のため 20Hz 以上の高周波数成分をカットした値を作用波圧値とした．同図から，波圧測定点 4 では，越波対策工を設置した護岸の作用波圧が直立護岸のみの作用波圧より大きいことがわかる．紙面の都合上，割愛するが，他の実験ケースにおいても同様の傾向がみられており，本研究では，三角形状越波対策工を設置することにより，直立護岸に比べて 1.2～4.0 倍程度大きな波圧が護岸に作用することがわかった．この結果は，坂井・山本(2007)の結果とほぼ同様であり，現地に三角形状越波対策工を設置する際には，三角形状越波対策工の耐波性のみならず，既存護岸の強度に十分留意する必要があることを示唆している．

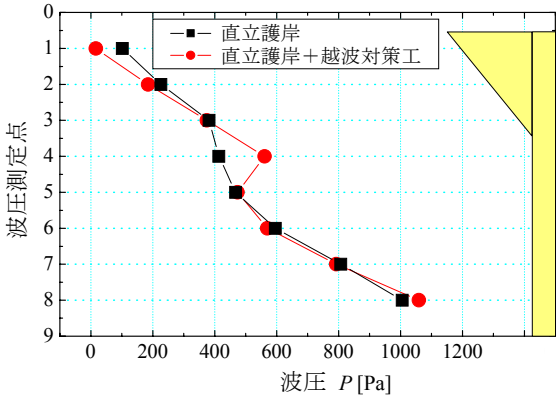


図-5 護岸に作用する最大波圧の分布

4. おわりに

本研究では，2 次元波動場を対象とした水理模型実験を行い，三角形状越波対策工を有する直立護岸の越波低減効果および作用波圧特性について検討した．その結果，三角形状越波対策工は優れた越波低減効果を有していることが判明した．また，本実験の範囲内では，相対天端高 h_c/H_0'，相対水深 h/H_0'，波形勾配 H_0'/L_0 の 3 つの無次元パラメータに影響されることがいえる．さらに，三角形状越波対策工を設置した護岸に対しては，直立護岸に比べて局所的に大きな波圧が作用することがわかった．

参考文献：坂井洋平・山本泰司(2007)：第 50 回北海道開発技術研究所発表会，http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/gijyutu/pdf_files_h18/05cosuto/cs-17.pdf.