

II-389 越波時の護岸の波の打ち上げ高さについて

宮崎大学工学部 正会員 河野 二夫

宮崎大学工学部 正会員 高野 重利

宮崎県延岡市役所 森満 修一

宮崎大学工学部 Zainal ARSAD

1. はじめに

海岸堤防の断面を決める際に越波量を可能な限り許容する考え方は経済的な立場からSibulとTicknerが提言し実験を行っているが(1956), 同じ頃石原・岩垣も同様の提言を行っている。前者は越波量を低減させる断面形状について検討したものであり, 後者は背後地の経済効果を考えた立場である。それらの研究と前後して海岸堤防や護岸による波の打ち上げ高さや越波量に関する研究は急速に進展して行ったように思われる。例えば, Beach Erosion BoardにおけるSavillの実験(1955), Paaapeの実験(1961)を初めとして日本でも多くの実験的・理論的研究がなされている。特に, 近年は低天端親水護岸方式が要請されていることもあり, 防災面や経済性に加えて, 景観面も加味した波の打ち上げ高さや越波の研究が多くなされている。筆者らも親水護岸方式に関連して横スリット式曲面護岸を提案し実験結果を発表しているが(1992), 本文は越波に直接的に関係する護岸の波の打ち上げ高さに関する実験を行い, 特に, 越波時の打ち上げ高さについて非越波時の場合との比較検討を行った結果の一部分を示してある。

2. 理論的考察

有限振幅波理論に基づく重複波の静水面上の波頂高さ(η_{max})は Sainflou, Miche, 土屋・山口(1969)や合田(1966)等の理論的研究など多くなされており, 遠藤らは鉛直堤の越波時の波頂高についてSainflou, Miche, 合田の理論式と実験結果を比較して越波時の鉛直堤による波の波頂高に関する実験式(1)を提案している。

$$\eta_c / \eta_{max} = 0.65 + 0.35 (Z_0 / \eta_{max}) \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここで η_c : 非越波時の壁面での波頂高, Z_0 : 静水面上の堤天端高である。 η_{max} については実験式(2)を提案している。

$$\eta_{max} / H_i = [1 + 14.834 - 52.509 h/L] \delta_i \cdots \cdots \cdots (2)$$

H_i は入射波高, h/L は相対水深, δ_i は波形勾配である。なお実験条件は H/L が0.107~0.17の範囲になっている。式(2)を式(1)に代入すると式(3)が得られる。

$$\eta_c / H_i = 0.65 + 0.05573 / \delta_i \cdot (Z_0 / h) \cdot kh + (9.64 - 5.435kh) \delta_i \cdots \cdots \cdots (3)$$

k は波数であり, h は水深である。土屋・山口は種々の有限振幅波理論の適用性について, 検討しているが, 波頂高 η_{max} について実験結果と比較したのを見ると第3次近似解(Tadjabakshと Keller1960)の適合度が最も良いようである。彼らの η_{max} の式(複雑であるため省略)を式(1)に代入すると次式がえられる。

$$\frac{\eta_c}{H_i} = 0.65 + \frac{kh}{2\pi \cdot \delta_i} \left[0.65kh \left(\frac{a}{h} \right)^2 \cdot \phi_1(kh) + 0.35 \left(\frac{Z_0}{h} \right) \right] \cdots \cdots \cdots (4)$$

$$\delta_1 = \frac{kh}{2\pi} \left[\frac{a}{h} + \phi_2(kh) \cdot (kh)^2 \cdot \left(\frac{a}{h}\right)^3 \right] \dots\dots\dots (5)$$

上式で ϕ_1 、 ϕ_2 は $\tanh kh$ の関数である。式(5)に δ_1 と kh を与えて a/h の値を求めた結果と (Z_0/h) を式(4)に代入して η_c/H_1 を求めるのである。

3. 実験装置と実験方法

実験は、長さ15m、高さ0.6m、幅0.4mの二次元規則波造波水槽を用い、水平床上に図-1に示す局面護岸を置いて①の点の遡上高さ(η_c)を計測した。

曲面の表面は横スリットのある場合と無い場合について行った。沖側の波は護岸の前方約7mの地点で計測した。沖側の波は護岸の前方約7mの地点で計測した。実験は水深を30、32、34cmの種類、静水面上の堤天端水深を10.4、8.4、6.4cmに固定し、周期は0.8秒から2.8秒の範囲の実験を行った。

4. 実験結果と考察

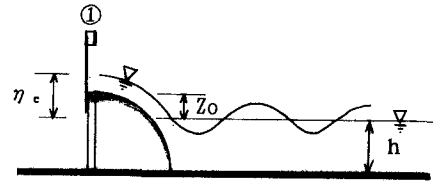
図-2には越波時の波の打上げ高さ η_c と非越波時の重複波の波頂高(η_{max})の比率を示してある。実線は式(1)を示したもので遠藤らが行った鉛直壁の越波時の波の打上げ高さを示す。その他は局面護岸(空隙率=0%)による同様の実験結果で η_{max} は遠藤らの式(2)を用いて計算してある。 (Z_0/η_{max}) が小さい範囲では曲面護岸の波の打上げ高さは鉛直堤に対し大きく低減している。

Z_0/η_{max} の大きい範囲については式(2)の適用条件にも関係する。図-3は非越波時の波頂高について式(2)とその他の有限振幅理論による近似解(土屋・山口)を引用して比較したものである。「○」印は土屋らの実験結果を示してある。また横軸は $h/H_1 = kh/(2\pi\delta_1)$ によって式(2)との対応を行ってある。図によると遠藤らの実験式も第3次近似解に近い値になっている。

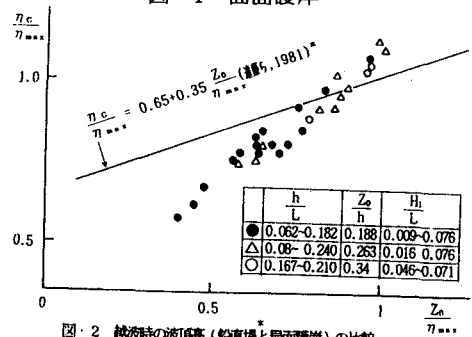
図-4は越波時の堤位置での波頂高(η_c)について鉛直堤の場合の実験式(3)と理論式(4)、(5)を曲面護岸による実験値と比較したものである。遠藤らによる式(3)の値は η_{max} に対する適用範囲の関係で第3近似解と異なっていると判断されるが、結局は曲面スリット護岸による打上げ高さは鉛直に比較して δ_1 が増加するほど低減することがわかる。

5. 結論

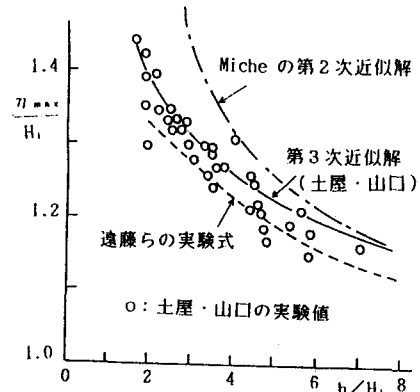
曲面護岸と鉛直堤の越波時の波の打上げ高さに注目した実験結果により、横スリット曲面護岸の波の打上げ高さはかなり低減することが判断される。



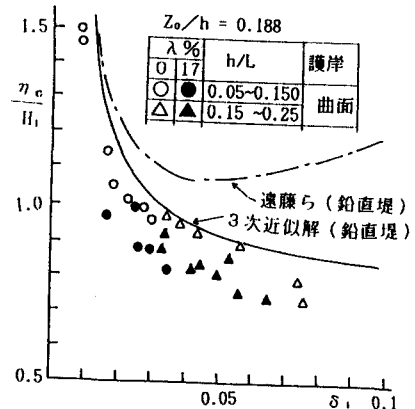
図・1 曲面護岸



図・2 越波時の波頂高(鉛直堤と局面護岸)の比較



図・3 重複波による壁面の波頂高(土屋らによる)



図・4 越波時の堤天端波頂高