

傾斜護岸上の波の遡上に関する考察

山口大学工学部 羽田野袈裟義・○嘉屋和男・馬 駿
山口県河川課 中村昌文 建設技術センター 保村守

1. はじめに

越波については多くの実験的・理論的研究が行われてきた。越波の主要な諸元は越波高と越波流量であり、従来はこれらを波の諸元と構造物の諸元との関係で調べている。波の条件については波高と波長で整理しているが、流速をもう少し直接的に関与させる取扱いがありうる。本研究は、傾斜護岸上の越波高さを、波による水の運動の速度水頭に着目し、既往の実験試料を基に調べたものである。

2. 遡上高の支配要因

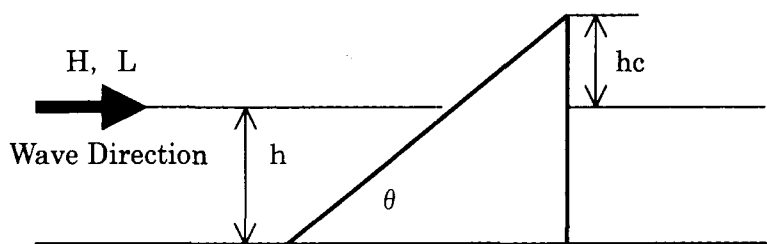


図-1 傾斜護岸上の遡上の説明図

図-1のように、水深hの海岸に傾斜角 θ の傾斜護岸があり、ここに波高H、周期T、波長Lの波が来襲したとき、高さRまで遡上するとする。来襲する水面波（進行波）の波形を次式でおく。

$$\eta = H/2 \cdot \cos(kx - \sigma t) \quad (1)$$

ここで、 $k = 2\pi/L$ 、 $\sigma = 2\pi/T$ である。

このとき、静水面から上方にzをとると、流速uは次式で与えられる。

$$u = \pi H/T \cdot \cosh k(h+z) / \sinh kh \cdot \cos(kx - \sigma t) \quad (2)$$

運動エネルギーを考えるため、流速振幅をもとに代表流速Uをいくつか考えた。これらは、水表面の流速振幅 U_1 、流速振幅の水深にわたる平均 U_2 、および流速振幅の2乗の水深にわたる平均の平方根 U_3 、および表面鉛直速度/傾斜であり、それぞれ次式で与えられる。

$$U_1 = \pi H/T / \tanh kh \quad (3)$$

$$U_2 = \pi H/T / kh \quad (4)$$

$$U_3 = ((\pi H/T / \sinh kh)^2 \cdot (1/4kh \cdot \sinh 2kh + 1/2))^{0.5} \quad (5)$$

$$U_4 = \partial \eta / \partial t / \tan \theta \quad (6)$$

また、波の峰では水の流速が進行方向に、谷では進行方向と逆向きとなるので、波の峰部がもつエネルギーとして速度水頭の他に、 $E = \text{速度水頭} + H/2$ を考え、 $U_1 \sim U_3$ に対応して $E_1 \sim E_3$ で表現する。

3. 解析結果

図-2は、岩垣ら¹⁾の実験結果を従来の方法で表示したものを示す。図中のSは斜面の勾配である。共通のデータについて越波高さRを速度水頭と比エネルギーで無次元化した例として、平均流速 U_2 を用いた結果を図-3、4に示す。図より、遡上高Rは比エネルギーより速度水頭で無次元化した方がデータのまとまりがよい。代表流速として U_1 と U_3 を用いた場合はこれに近く、 U_4 を用いた場合はデータの分布がかなり異なる。したがって、速度水頭で遡上高を整理することの可能性が期待される。なお、図では一定の傾向を

与えているが、値自体は2倍程度の範囲で散乱しており、実験条件との細かな対応を検討する必要がある。

越波高さを簡便に評価するため、図3の全データを対象に両対数紙上で二次曲線近似を行い、その結果を利用して描点の上限を通る曲線を求めた。その結果は、 $X = \log(H/L)$ 、 $Y = \log(R/(U_2^2/2g))$ において、

$$Y = -0.0906X^2 - 1.8641X - 0.6694 \quad (7) \quad \text{これより} \quad R = U_2^2 / 2g \cdot 10^Y \quad (7a)$$

となる。よって、規則波では水深、周期、波高が与えられると式(7)、(7a)より遡上高Rが算定される。

また、次式で定義される「遡上フルード数」を調べた。その結果を図-5に示す。

$$Fr = U / (gR)^{0.5} \quad (8)$$

次に越波量評価の方向性を示す。越波流量は、高さhcの護岸肩Aを超えうる流れで、A点で限界流が発生すると考え、式(7)による遡上高Rの算定値とベルヌイの定理によりA点の代表流速 V_A を式(9)で求め、限界流の条件から越波流量を式(10)で与える。ただし、 $R > hc$ で適用され、qは単位幅・単位時間の越波体積、Qは単位幅・1サイクルの越波体積である。

$$V_A = \{2g(R - hc)\}^{0.5} \quad (9)$$

$$q = V_A^3 / g = \{2g(R - hc)\}^{1.5} / g \quad ; \quad Q = q \cdot T \quad (10)$$

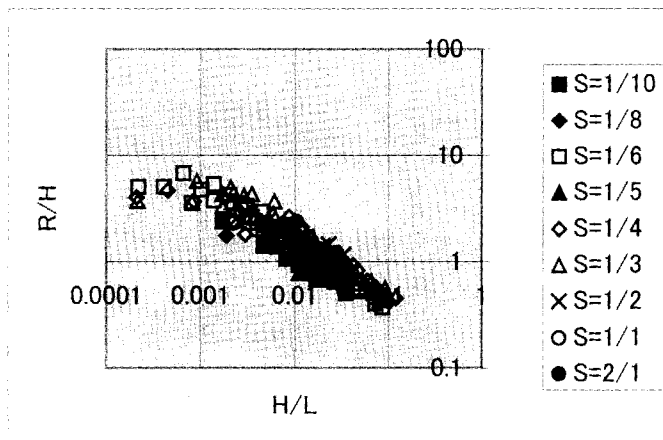


図-2 $R/H \sim H/L$ の関係図

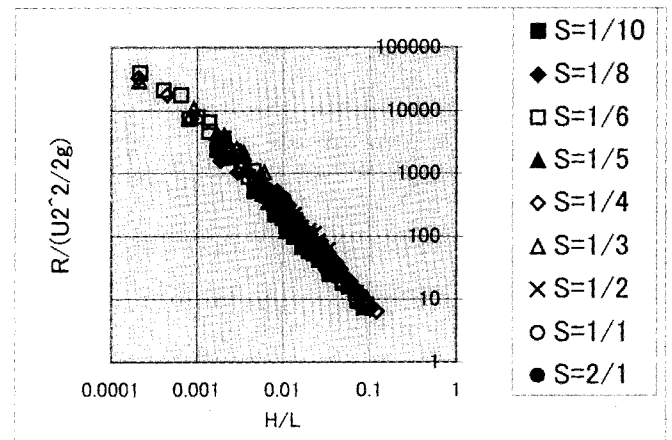


図-3 $R/(U_2^2/2g) \sim H/L$ の関係図

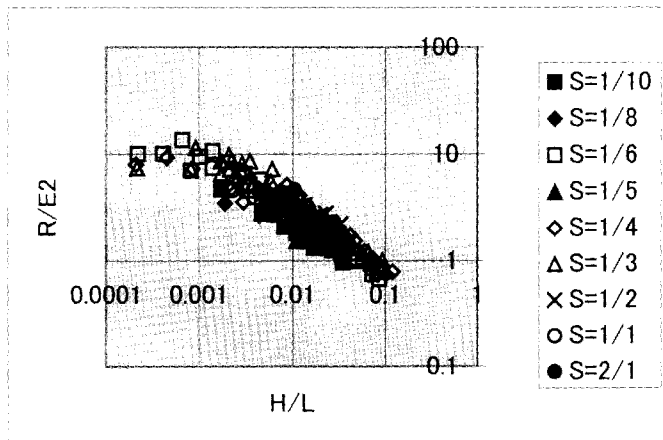


図-4 $R/E_2 \sim H/L$ の関係図

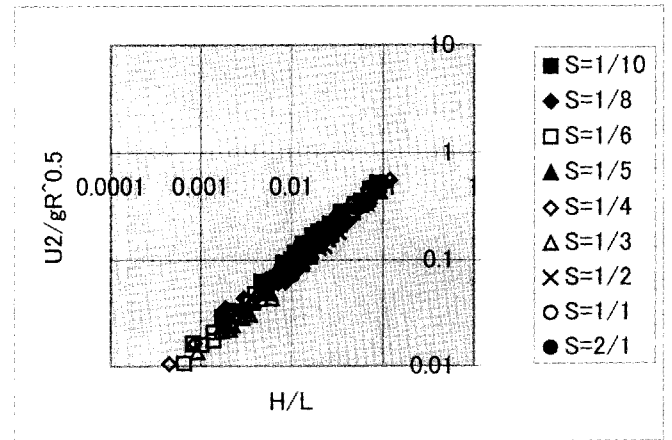


図-5 $U_2/(gR)^{0.5} \sim H/L$ の関係図

4. 結語

以上、傾斜護岸の越波高さを波による速度に基き検討を行った。その結果、代表流速の振幅を用いた速度水頭で無次元化した越波高さは波形勾配と強い相関を示し、越波量評価の新しい方法を期待させる結果を得た。今後さらにデータ追加して検証し、評価式を与える。また、越波量の検討をおこなう。

参考文献：1) 岩垣・井上・大堀：のり面上の波の遡上機構に関する実験的研究、第13回海講論文集