

## Ⅱ－４５

## 急勾配斜面上における遡上特性に関する実験的検討

○ 東北電力（株） 電力技術研究所 正員 奥野敏彦  
 （株）東北開発コンサルタント 佐藤啓二

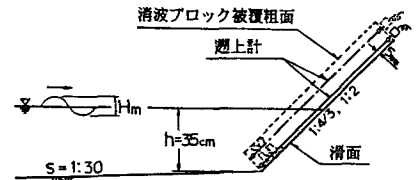
## １．まえがき

入射波が比較的急斜面を有する消波ブロック被覆堤に衝突すると、斜面上に遡上する現象が発生する。この時の消波ブロックの安定性は、遡上波の流体力と密接な関係を持つことから、ブロックの安定性を論ずる上でも入射波の遡上特性を把握することが重要となると考えられる。

そこで、本研究は規則波・不規則波を用いて不透透斜面堤（滑面、消波ブロック被覆粗面）に対する遡上特性の基本的な知見を得ることを目的として遡上実験を実施したので、ここにその結果を報告する。

## ２．実験装置と実験条件

実験水路は、幅0.7m、高さ1m、長さ35.2mの片面ガラス張り鋼製水槽で、造波機は油圧サーボ式ピストン型である。斜面堤は、図－１に示す白ペンキ塗装合板（滑面）と滑面上にテラポッド模型（118.9g/個）を２層乱積みした粗面であり、海底勾配 1:30 の上に水深  $h=35\text{ cm}$  に設置した。斜面堤の法勾配は 1:4/3、1:2 の２種類とし、斜面長は越波しない長さとした。

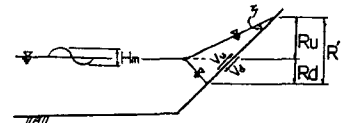


図－１ 実験装置

遡上計は容量式波高計（1.5m）で、滑面では斜面より5mmの高さに、粗面ではブロック被覆層の２層目の中心に斜面と平行に設置した。実験では、水路を長さ方向に２分割し斜面堤をガラス面側に設置し、背面側は入射波の通過波高  $H_m$  の測定用とした。実験波の周期は、規則波の場合  $T=1.20, 1.68, 1.80, 1.95, 2.10$  および  $2.45\text{ sec}$  の６種類、不規則波の場合  $T_{1/3}=1.68, 1.95$  および  $2.45\text{ sec}$  の３種類とした。不規則波は、Bretschneider-光易型を目的スペクトルとし同一周期に対し波群性の異なる波を２波作成した。

## ３．実験結果

検討する遡上波の水理量は、図－２に示す遡上高  $R_u$  と流下高  $R_d$  を合算した遡上変動高  $R'$ 、遡上流速  $V_u$ 、流下流速  $V_d$  および波の打ち上げ空間波形の先端角  $\theta$  である。流速は、遡上波形  $\eta_R(t)$  ( $\Delta t=40\text{ msec}$ ) の連続する２データの変動差  $\Delta \eta_R$  より流速  $V=\Delta \eta_R / \Delta t$  として求め、遡上時・流下時の最大値を遡上流速、流下流速として代表させた。先端角  $\theta$  は、ビデオ撮影により求めた。また、不規則波の場合の水理量は、遡上波形および遡上波先端流速波形に対し代表波解析を行い、有義遡上高  $(R_{1/3})_u$  や有義遡上流速  $(V_{1/3})_u$  などを求めた。



図－２ 遡上波の水理量

（１）遡上変動高

遡上変動高は、斜面被覆材が受ける流体力の鉛直方向の作用範囲を示す水理量に相当する。図－３、４は、規則波、不規則波に対する滑面と粗面の無次元遡上変動高の変化である。横軸は、斜面上での碎波形式を与える Surf Similarity Parameter:  $\xi$  であり、次式で表わされる。

$$\xi = \tan \theta / \sqrt{H_m / L_o} \quad (\theta: \text{斜面の傾斜角}, H_m / L_o: \text{沖波波長に対する波形勾配}) \quad \cdots \cdots (1)$$

無次元遡上変動高は、規則波、不規則波とも滑面より粗面の方が小さいが、両波とも  $\xi \leq 4$  まではほぼ直線的に増加し、それより大きいとほぼ一定となる傾向にある（滑面で約３、粗面で約２）。 $\xi > 4$  では、遡上変動高は波形勾配や相対水深の影響をほとんど受けないと考えられる。また、規則波の滑面の場合  $\xi=3$  付近で鋭いピークを持ち相対水深が大きい程大きい。これは、Bruun・Johannesson<sup>1)</sup> が指摘した入射波と遡上波による斜面上での共振現象によるものと考えられる。一方、規則波の粗面の場合や、不規則波の滑面と粗面の場合にはこのような傾向が見られない。すなわち、斜面の摩擦抵抗が大きい場合や波高・周期が時々刻々変化する不規則波の場合は共振現象の発生が抑制されると考えられる。

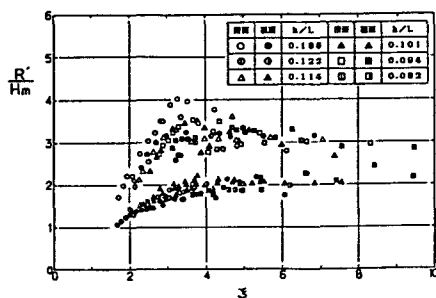


図-3 無次元遡上変動高の変化（規則波）

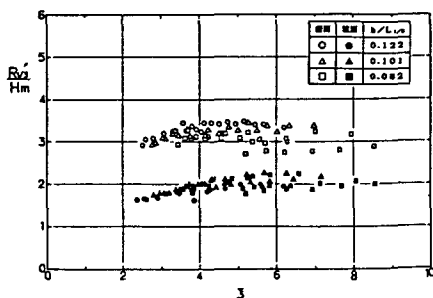


図-4 無次元遡上変動高の変化（不規則波）

## (2) 遡上流速と流下流速

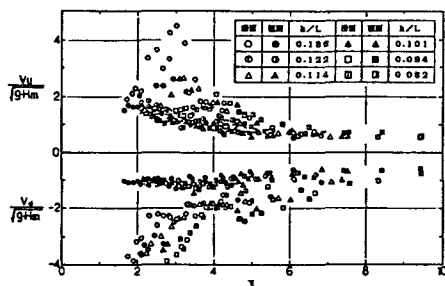


図-5 無次元遡上・流下流速（規則波）

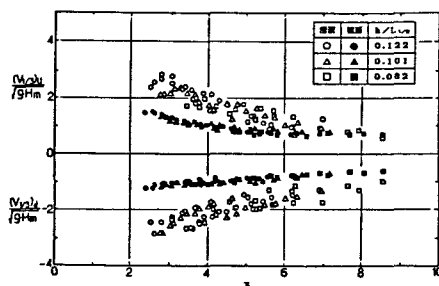


図-6 無次元遡上・流下流速（不規則波）

図-5、6は規則波と不規則波に対する無次元遡上流速・無次元流下流速の変化を示している。これより、規則波の滑面の場合には、共振現象が発生すると考えられる $\xi=3$ 付近で遡上流速は顕著なピークを示し、流下流速も非常に大きい。遡上流速のピークは相対水深が大きい程、すなわち波の周期が短い程高くなる傾向を持っている。しかし、その他のケースではこのような傾向は見られず、相対水深に関係なく、 $\xi$ の増加とともに遡上流速・流下流速とも漸減している。すなわち、波高（有義波高）が一定の時、周期（有義波周期）が長い程両流速とも減少することになる。これは、微小振幅波理論における水平水粒子速度が $\pi H/T$ に比例することによるものと考えられる。

## (3) 遡上波の打ち上げ空間波形の先端角

打ち上げ空間波形の先端角は、遡上高とともに遡上波の流量と密接な関係を持つ因子である。高田<sup>2)</sup>は、滑面について先端角を定量的に求め、次式を与えた。

$$\cot \theta = 6.7 (H/L) \cot^{1.6} \theta \quad (1 \leq \cot \theta) \quad \text{----- (2)}$$

そこで、規則波の粗面の場合の先端角を求めると、図-7となった。これより、式(2)と同様に先端角は波形勾配の増加とともに小さくなるが、式(2)よりも大きい。また、斜面上で碎波する場合、先端角は非碎波の場合よりも小さくなる傾向にあり、相対水深が小さい程大きくなることがわかる。

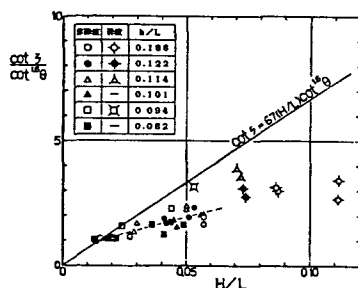


図-7 打ち上げ波形の先端角

## 4. あとがき

今回は、比較的急勾配の斜面堤に対する遡上現象の基礎的な特性について検討した。粗面における遡上特性は、不規則波の場合有義遡上変動高や有義遡上流速・有義流下流速を用いると規則波の場合と同様な傾向を示すことがわかった。今後は、不規則波の持つ波群性と遡上特性の関係について検討を進めたい。

<参考文献>(1) Bruun・Johannesson: Jour. of Waterway, Port and Coastal Ocean Div., WW4, 1977. (2) 高田: 土木学会論文報告集, 第182号, 1970.