

1. はじめに

崩れ波型碎波の碎波面の伝播速度、高さや水面形については、現在、実験的にも理論的にもほとんど検討されていない。本研究は崩れ波型碎波の波高減衰、段波の先端軌跡、高さや水面形を予測できる著者らの一人の解析モデルの妥当性を実験との比較により検討することを目的とする。

2. 実験装置と方法

実験は高さ0.5m、幅0.3m、長さ11mの両面ガラス張り銅製矩形水路を用いて行った。

孤立波は水路端部に取り付けられたプランジャー型造波機を1回押し下げるにより造波された。本実験ケースは静水深 h を0.1mに固定し、底面粗度(5×5×300mmの角材を5cm間隔で設置)有無とした2ケースである。測定項目とその方法は、波高減衰、段波の先端軌跡及び高さをビデオ・システムと6本の容量式波高計で、水面形をモーター・ドライブ・カメラ(5コマ/秒)で測定した。

ここで、碎波点は造波機側から1本目と2本目の波高計の

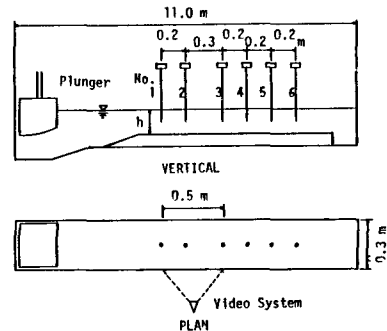


図-1 実験装置

間に来るようにし、碎波点測定の目安とした。ビデオに記録されたデータの解析には1/60秒まで読み取り可能なビデオ・モーション・アナライザーを使い、1、2本目の波高計に関してはテータ・レコータに記録した後AD変換を行い、残りはペンレコータによった。実験装置を図-1に示す。

3. 実験結果と考察

3-1 先端軌跡と波高減衰

図-2に先端軌跡 a の理論値¹⁾(図中実線)、段波の初期移動速度で動く軌跡(破線)と粗度有(図中黒丸)、粗度無(白丸)の実験値との比較を示す。碎波々高 H_b は粗面0.080m、滑面0.079mである。理論値は抵抗係数 K をそれぞれ0.006、0.003とした2ケースである。ここで、抵抗係数はManningの粗度係数を粗度有の時 $n=0.017$ 、粗度無の時0.013と推定して算出された。また、理論値を決定つける圧力と運動量の合成補正係数 γ は0.80とし、理論を近似するさいの係数 μ は0.40としている。図より、先端軌跡は抵抗にあまり影響されず、実験値は理論と比較的よく一致している。

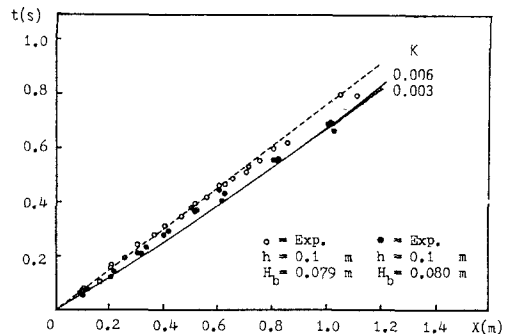


図-2 先端軌跡

図-3に抵抗係数を種々と変化した時の波高減衰(図中実線)¹⁾、次式で与えられる段波先端水位 H_a (破線)の理論値を示す。

$$H_a = h + H_b \operatorname{sech}^2 \left(\sqrt{3H_b/4h^3} a \right) \quad (1)$$

波高減衰は抵抗に大きく影響されるが、段波先端水位はあまり影響されないことがわかる。

図-4と5に波高減衰(図中黒丸)、段波先端水位(白丸)の理論と実験値の比較を示す。実験値は図-2に使用したものと同一で、粗度係数もそれぞれ同じである。

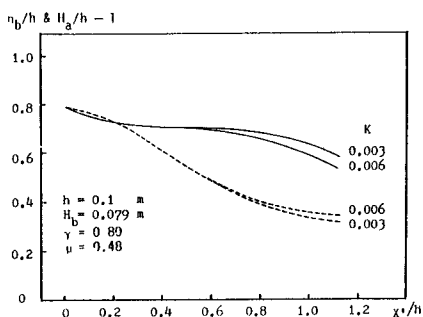


図-3 波高減衰と先端軌跡

これらの図によると、理論と実験値は砕波直後の短い間を除いて比較的良好に一致することがわかる。

3-2 水面形の推定

孤立波の崩れ波型砕波をダム破壊流れに換算することにより水面形を推定する。

著者らの一人の水面形推定手法²⁾が適用できるダム破壊流れの段波は、段波高、伝播速度と段波長が与えられれば初期のダム上・下流側水深比 h_1/h_0 をパラメータとして特定できる。ダム破壊流れの段波に換算される孤立波の崩れ波型砕波による段波の任意時間での段波高、伝播速度、段波長をそれぞれ ΔH 、 $\dot{a}_e$ 、 L とすると、換算ダム破壊流れの初期下流側水深 h_0 は h_1/h_0 をパラメータとして、次式のRitter理論より求められる。

$$2\sqrt{h_1/h_0} = \varepsilon (\dot{a}_e/c_0) + 2\sqrt{\Delta H/h_0 + 1} \quad (2)$$

ここで、 $\varepsilon : U_{e0}$ (換算初期水粒子速度) と $\dot{a}_{e0}$ (換算初期先端移動速度) の比、 $c_0 = \sqrt{g h_0}$ 。すなわち、 h_0/h_1 を仮定し、ダム破壊問題でのStoker理論により U_{e0} 、 $\dot{a}_{e0}$ を求め、 ε を決定することにより h_0 が一義的に定まる。また、換算抵抗係数と換算時間はダム破壊流れの先端移動速度と段波長に関する第一近似を用いて求める。以上の換算諸量を用いて段破先端位置 a_e から任意位置 X までの水面形を推定する (具体的手法は文献2) 参照)。

図-6に水面形の理論と実験値の比較を示す。図中には h_1/h_0 を18、25とした2つの場合を示してある。図によると、 h_1/h_0 の水面形への影響は小さいことが判る。また、実験値は、瞬間値であるため波打ち、理論と大きくずれている所もあるが、比較的良好に一致している。

5. おわりに

本研究において、著者らの一人のモデルが孤立波による崩れ波型砕波の波高減衰、砕波面の高さ、伝播速度や水面形を予測できることを確認した。今後の課題としては、砕波直後の短い間砕波面の段波背後の水位が段波先端水位を越える等というモデルの不備な点の改良を行わなければならない。

(参考文献) 1) 山上 茂 他: 孤立波による崩れ波型砕波の発達に関する実験的研究、東北支部 P81-82、1986。

2) 松富 英夫: 下流側水深を有するダム破壊流れ先端部の水面形 七論集 NO.375/II-6 P161-170。

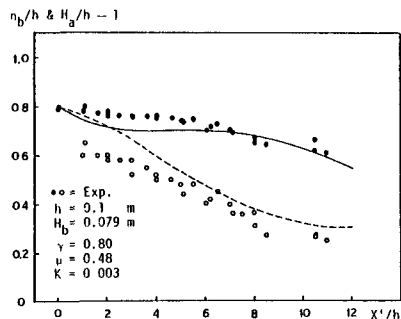


図-4 粗度無

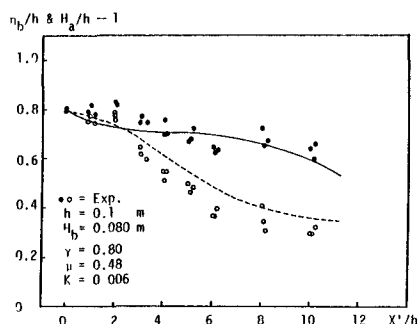


図-5 粗度有

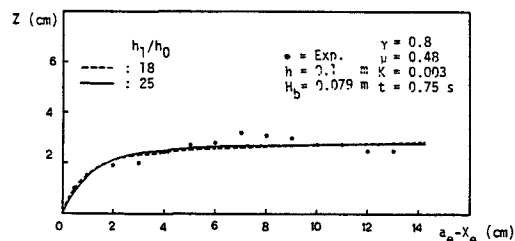


図-6 水面形