

沿岸構造物による津波遡上抑制効果に関する実験的研究

北海道工業大学大学院 土木工学専攻 学生員 ○千葉 勇
 北海道工業大学 社会基盤工学科教授 正会員 水野 雄三

1. 目的

1993年に発生した北海道南西沖地震では、津波によって多くの人命や財産が失われ、防波堤等の港湾・漁港施設や陸上の建物などに甚大な被害を被った。そこで本研究は津波による被害を低減する研究の一環として、沿岸構造物による津波遡上の抑制効果を模型実験によって検討した。

2. 実験概要

本研究は、幅 0.40m、高さ 0.36m、長さ 17.0m の開水路を使用し、貯水部にはアクリル製のゲートを設置して、ゲート急開流れにより段波を発生させ津波を再現した。ゲートから 11m を水平部、水路端 6m に 1:10 勾配の海底勾配部とそれに連続する陸上勾配部を設け、海底勾配部始点から沖側へ 0.5m 離れた点に直立堤、捨石式傾斜堤、消波ブロック被覆堤をそれぞれ設置した。波高測定は容量式波高計を沿岸構造物前面 (ch1) の水平部と、背面 (ch2) の海底勾配部の 2ヶ所に設置して行った。また遡上高 (Ru) は、静水面から遡上位置までの距離として計測を行った。

3. 実験条件

実験波の条件は表-1のとおりで、それぞれのケースを堤体別に 2回ずつ計測し、その平均値を解析に用いた。また堤体天端高 hc は静水面からそれぞれ 1.5cm、3.0cm、4.5cm とした。

表-1 実験波の条件

水平部水深 h_0 (cm)	貯水深 h_1 (cm)
6.5	8.0・9.0・10.0・11.0・12.0・13.0・14.0
9.0	12.0・13.0・14.0・15.0
10.5	13.0・14.0・15.0・16.0

4. 波高の定義

今回の実験では図-1の実線で示すように、段波が ch1 に入射してから 1秒間に測定した波形より、静水面からの平均水位を「前面平均波高 Hf」として定義し、解析に用いた。

5. 実験結果

5-1 波の分裂状態

実験波のほとんどのケースで段波の先端部が分裂した状態になったので、波の分裂状態を調べるために前出の図のとおり、段波が入射してから 1秒間の分裂波の頂点の水位の平均値を、「包絡線波高 Hf'」として定義した。図-2は貯水深 (h_1) と水平部水深 (h_0) の差を h_0 で割った「無次元初波高 $(h_1-h_0)/h_0$ 」と、Hf を Hf' で割った「非分裂度 Hf/Hf' 」の関係を、「波高水深比 Hf/h_0 」をパラメータにして示した。ここで、非分裂度が 1.0 ということは、波の分裂が起きていないことを意味する。同図より無次元初波高が増加すると非分裂度が増加し、無次元初波高が 0.7 以上の波では計測された波形から、ほぼ非分裂波とみなせた。また Hf/h_0 が小さくなると、波の分裂度が大きくなった。

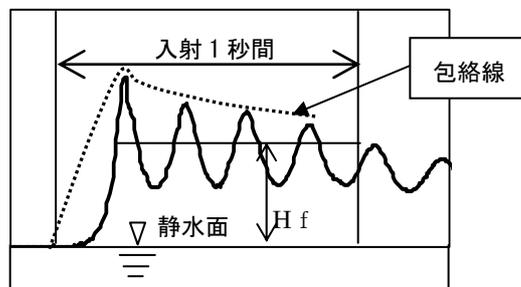


図-1 分裂波の波形と波高の定義

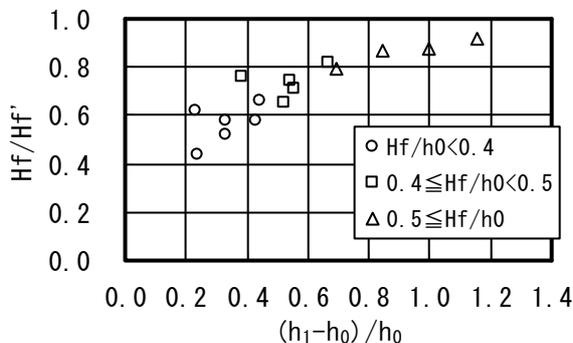


図-2 $(h_1-h_0)/h_0$ と Hf/Hf' の関係

キーワード：津波遡上、沿岸構造物、段波、波の分裂 連絡先：〒006-0817 北海道札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目 4-1

北海道工業大学社会基盤工学科 TEL 011-681-2161 FAX 011-688-3622

5-2 波高水深比と無次元遡上高との関係

図-3は「波高水深比 H_f/h_0 」と、 R_u を h_0 で割った「無次元遡上高 R_u/h_0 」の関係を示した。同図より通過波と比べて、堤体を設置することによって遡上高を抑制することがわかる。しかし消波ブロック被覆堤の R_u/h_0 は他の2堤体に比べて大きく、特に H_f/h_0 が0.6付近で通過波とほぼ変わらない遡上特性を示した。

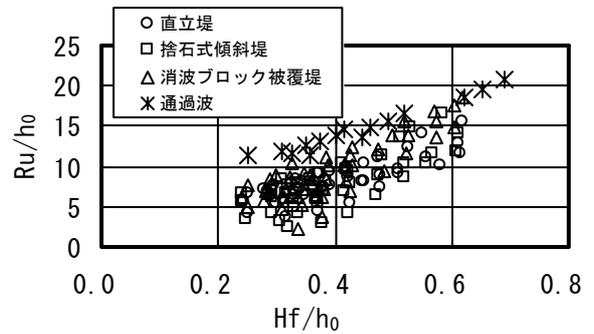


図-3 H_f/h_0 と R_u/h_0 の関係

5-3 無次元天端高と無次元遡上高との関係

図-4は hc を H_f で割った「無次元天端高 hc/H_f 」と、無次元遡上高との関係を示した。同図より、 hc を上げることが遡上高を抑制するのに効果的であることがわかる。またデータが3つのグループに分かれているのは、左から $hc=1.5\text{cm}$ 、 3.0cm 、 4.5cm に相当している。また堤体別で比較すると、同じ天端高でも消波ブロック被覆堤の R_u/h_0 が大きくなった。

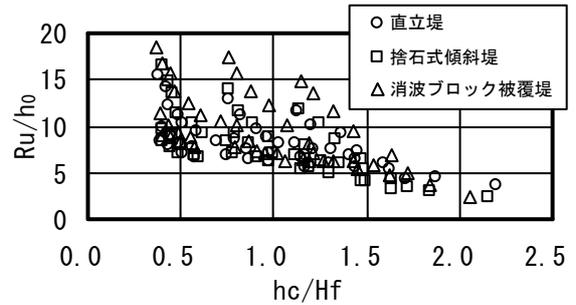


図-4 hc/H_f と R_u/h_0 の関係

6. 無次元遡上高に関する推定式の検討

今回の実験結果から、 H_f/h_0 と hc/H_f を説明変数にとって重回帰分析を行ない、下式のとおり各堤体毎に無次元遡上高 R_u/h_0 の推定式を求めた。図-5は推定式から得られた推定値と実験値との関係を示したもので、よく一致していることがわかる。

①直立堤 (決定係数 $R^2=0.918$)

$$R_u/h_0 = 20.11 \left(\frac{H_f}{h_0} \right)^2 - 2.820 \left(\frac{hc}{H_f} \right) + 7.388$$

②捨石式傾斜堤 (決定係数 $R^2=0.933$)

$$R_u/h_0 = 24.60 \left(\frac{H_f}{h_0} \right)^2 - 4.086 \left(\frac{hc}{H_f} \right) + 7.875$$

③消波ブロック被覆堤 (決定係数 $R^2=0.955$)

$$R_u/h_0 = 32.48 \left(\frac{H_f}{h_0} \right)^2 - 4.005 \left(\frac{hc}{H_f} \right) + 7.788$$

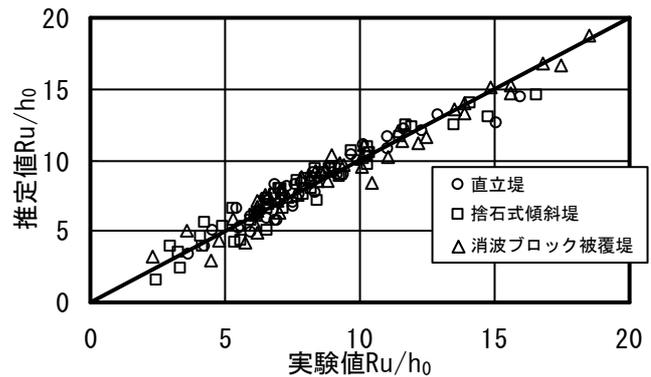


図-5 推定式の精度

7. まとめ

堤体天端高を上げることが津波の遡上抑制にとって効果的であるが、ある一定以上前面平均波高 (H_f) が大きくなると天端高の効果が低下し、遡上高が急激に上昇する。また堤体種別で比較すると、直立堤および捨石式傾斜堤に比べて、消波ブロック被覆堤の遡上抑制効果は低かった。その理由として、津波のような長周期波に対して、消波ブロックは斜面のような役割を持つため、津波がその斜面を駆け上がり、堤体の直立部が不透過性のため、堤体背後に水が溜まり、水位が高くなり遡上を促進したと考えられる。しかし捨石式傾斜堤についても同様の現象は起こったが、堤体が透過性のため堤体背後の水位が高くならなかったことで消波ブロック被覆堤よりも遡上を抑制できたと考えられる。今後は、非分裂波と分裂波の遡上特性の違いを明確にするとともに、堤体設置位置による遡上抑制効果についても検討したい。

【参考文献】

- 1)宇多高明・小俣篤・横山揚久：「離岸堤の津波遡上抑制効果」 海岸工学講演会論文集 第33巻 pp.461~465, 1986年
- 2)松富秀夫・飯塚秀則：「津波の陸上流速とその簡易推定法」 海岸工学論文集 第45巻(1) pp.361~365, 1998年
- 3)松富秀雄・大向達也：「津波氾濫流の流体力に関する実験」 海岸工学論文集 第46巻(1) pp.336~340, 1999年