

円錐浅瀬上の段波の挙動に関する実験

秋田大学 学生員 ○牧 祐介 正員 松富英夫

1. はじめに 1983 年日本海中部地震津波の際，秋田県北部海岸でエッジ・ボアが形成され，大きな話題となった．エッジ・ボアは時として海岸構造物などに強力な波力を及ぼすのではないかと考えられている．また，不明な点も多々あり，エッジ・ボアの性質などを検討する必要がある．

エッジ・ボアは汀線に沿って伝播する段波で，一般的な波と異なり，屈折や伝播方向に対して直角方向のエネルギー輸送などにより，沖側へ伝播しようとする性質をもっていることを既報¹⁾の研究で指摘した．

本研究は，既報のものより精度の高い水理実験を行うことで，円錐浅瀬上の段波の性質を再検討するものである．

2. 実験方法 実験装置の概略を図 1(a)と(b)に示す．実験に用いた平面水槽は長さ 350 cm，幅 100 cm，高さ 10 cm である．図 1(a)は波高計の配置と設置した円錐浅瀬模型の諸元を示す．容量式波高計（計測技研製）を用い，A～E の 5 点で段波時間波形を計測した．円錐浅瀬は正十六角錐を半分にした状態のもので（4 mm 厚の塩化ビニール樹脂製），斜面勾配は 1/100 に設定してある．図 1(b)に示すように，静水深 h_0 は水平床部分で 2 cm，円錐頂部の静水深は 0.8 cm である．円錐浅瀬模型は，ゲートから 150 cm の位置に円錐頂部がくるように設置し，波高計はその頂部から前後 40 cm の位置に設置した．屈折変形の評価は，80 cm 離れている計測地点 A—C 間と B—D 間を段波先端が伝播するのに要する時間から，両者の時間差を求めることでできる．段波は平面水槽の端から 100 cm のところのある 0.2 cm の真鍮製のゲートを急速に抜くことによって発生させた．

表 1 に実験条件^{1), 2)}や各測点での段波波高と段波伝播速度を示す．表中の記号は， h_1 は貯留水深， h_0 はゲート下流側の静水深である． ΔH は段波波高で，添字 A～E は各測点であり， S は斜面勾配である．定常状態の段波波高を読み取るため，各 ΔH は，波形が立ち上がった点から，0.4 秒後から 0.5 秒後の 0.1 秒間の値を平均し，

キーワード：エッジ・ボア，津波，実験

秋田県秋田市手形学園町 1-1 090-8323-9523

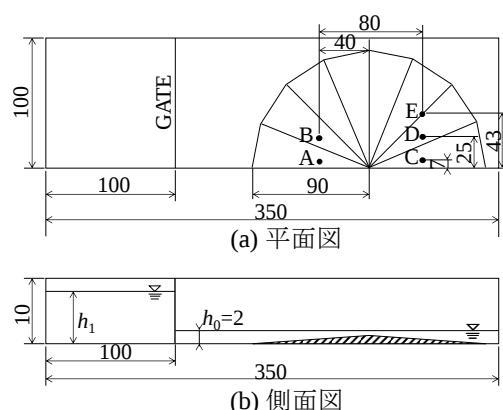


図 1 実験水路の概略と測定機器の配置（単位：cm）

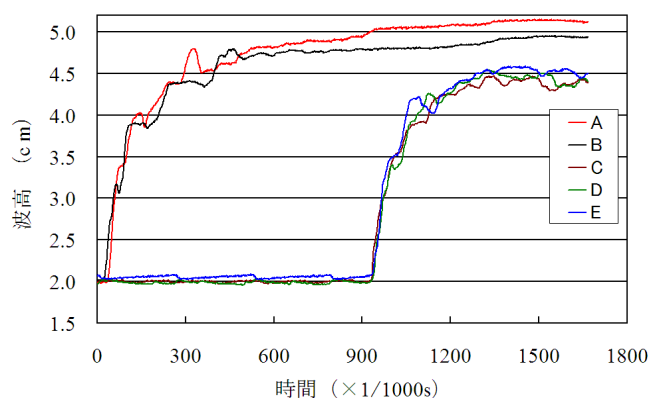


図 2 各測点での水位の経時変化例（ $h_1=9$ cm）

表 1 実験条件及び各測点での段波波高と段波伝播速度

h_1 (cm)	h_2 (cm)	S	ΔH_A (cm)	ΔH_B (cm)	ΔH_C (cm)	ΔH_D (cm)	ΔH_E (cm)	段波伝播 速度 (cm/s)
7	2	0.01	2.098	2.058	1.836	1.849	1.828	75.785
8			2.378	2.331	2.043	2.096	2.132	81.916
9			2.737	2.686	2.331	2.343	2.473	89.244

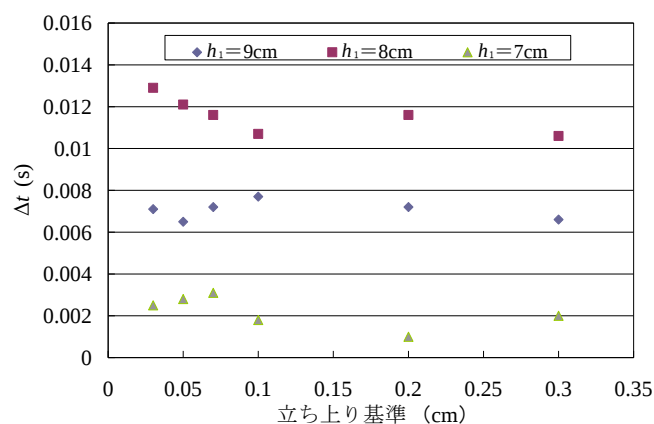
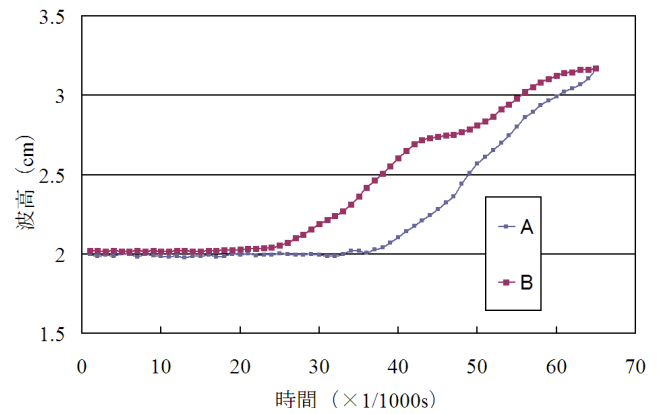


図 3 立ち上がり基準と Δt の関係

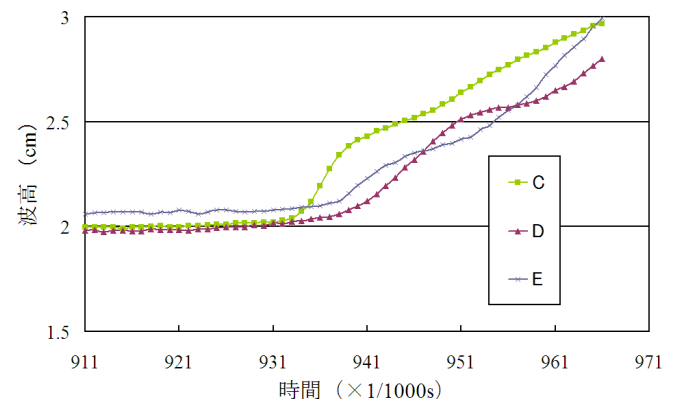
その値を伝播後の段波波高としたものである。図 2 は各測点での水位の経時変化例で、貯留水深 $h_1=9$ cm の 1 回目のものである。図 3 に示している Δt は段波先端の到達時間差で、測点 A—C 間と測点 B—D 間を伝播するのに要する時間差である。この値は B—D 間の伝播時間より A—C 間のそれの方が短い場合を正で示す。つまり、浅い方 (A 点からの入射) の段波先端が深い方 (B 点からの入射) のそれより速く伝播した場合が正で示されている。このことより、図 3 はすべて正で示されているので、A—C 間の伝播時間が短いことになる。

また、既報の実験ではデジタルレコーダで記録したものをアナログ出力して使用していたため、波形の立ち上がりが不鮮明であり、人によって読み取りにばらつきが生じる。図 4(a)と(b)は、図 2 の横軸方向 0~65, 911~966 を取り出し、測点 A と B 及び測点 C と D と E の波形の立ち上がり部分を拡大したものである。これを見ても波形の立ち上がりが緩やかなところや急なところがあり、どの点で波形が立ち上がっているのか判断が難しい。この点を改善するために今回の実験では AD 波形集録ユーティリティーを使用し、Excel データとして保存した。さらに読み取りにばらつきが生じないように、図 3 の横軸に示す波高の立ち上がり基準を定めた。立ち上り基準とは、ゲート下流側の平均静水深に 0.03 cm, 0.05 cm, 0.07 cm, 0.1 cm, 0.2 cm, 0.3 cm をそれぞれ加え、その各値に達した点を段波が各測点に到達したものとし、波形の立ち上がりとしたものである。

3. 実験結果と考察 表 1 の結果を見ると、 ΔH_A , ΔH_B の段波波高は、 ΔH_A の方が高くなり、既報の実験データと同じ傾向を示していることが分かる。しかし、 ΔH_C , ΔH_D , ΔH_E の段波波高に関しては、 $h_1=7$ cm を除いて、 ΔH_E がもっとも高くなる傾向を示し、既報の実験データと矛盾が生じてしまった。また、 $h_1=7$ cm の場合においては、 ΔH_C , ΔH_D , ΔH_E の段波波高が他の 2 ケースに比べ、ほぼ同じ高さを示す傾向になった。超音波式変位計を用いて、貯留水深 9 cm の条件のみであるが、同じ実験を行った。この場合でも波高は ΔH_E がもっとも高くなる傾向を示すデータが多かった。この結果より、段波波高に関しては再検討が必要である。 Δt に関しては、貯留水深 h_1 の各条件で既報の実験データと同じ傾向を示した。ただし、 $h_1=8$ cm の場合を除き、 Δt が既報



(a) 測点 A と B での水位の経時変化例 ($h_1=9$ cm)



(b) 測点 C と D と E での水位の経時変化例 ($h_1=9$ cm)

図 4 各測点での水位の経時変化例 (拡大図)

の実験データの値に比べ約 1/10 になった。つまり、AC 間と BD 間の段波の到達時間差が以前の実験結果より短くなった。これは、立ち上がりの読み取りのばらつきが既報より抑えられたことが原因だと考えられる。

また、図 3 より立ち上がり基準を変化させても、それほど大きく Δt の値が変わることがなかった。

4. おわりに 今回の実験から、円錐斜面上における段波は、水深の浅いところほど伝播速度が大きい傾向を持っており、浅い方から深い方へと伝播する傾向が再確認された。一方、 $h_1=8$ cm と 9 cm の段波波高に関しては、以前と逆の傾向を示した。この点に関しては再検討が必要である。

—参考文献—

- 1) Matsutomi, H.: Two-dimensional Behavior of a Strong Bore over a Sloping Beach, J. Hydraulic, Coastal and Environ. Eng., JSCE, No.740/II-64, pp.197-208, 2003.
- 2) 松富英夫・神 昭平：斜め入射する碎波段波の斜面からの反射，海岸工学論文集，第 51 巻，pp.256-260, 2004.