

海食崖に作用する砕波遡上波に関する水理模型実験

八戸工業大学大学院 遠藤貫太

八戸工業大学工学部 井深裕馬・桑原功太

八戸工業大学大学院 春川祥吾・高瀬慎介・加藤雅也

1. はじめに

海食崖は周辺沿岸への土砂供給源であるが、その後退は背後地の災害につながる場合がある。そのような災害を防ぐためには、海食崖の中・長期的な変動を定量的に評価する必要があり、それが可能な計算モデルを構築するためには、海食崖に作用する波の特性を詳細に調べる必要がある。海食崖に関する研究は古くから行われているが（例えば堀川・砂村¹⁾、川村ら²⁾、五十里ら³⁾など）、多くの場合崖尻が静水面あるいはそれ以下となる場合を対象としている。そのため、崖尻と汀線の間にも前浜を有する場合についての研究は少なく、砕波後の遡上波と海食崖の侵食・後退の関係に関する知見が十分あるとは言えない。本研究では、海食崖に作用する砕波後の遡上波の波圧特性に関する水理模型実験を行った。

2. 実験方法

実験は、図-1 に示す幅 0.6m、長さ 20m の二次元造波水路にコンクリート型枠用塗装合板で製作した地形を設置して行った。地形は、沖側先端部 1m の勾配を $\tan\beta=1/10$ とし、その後は岸側端部まで $\tan\beta=1/30$ の一様勾配とした。さらに、斜面勾配 70° の海食崖模型を、後述する実験条件に応じた位置に配置して、海食崖崖尻に作用する波圧を測定した。

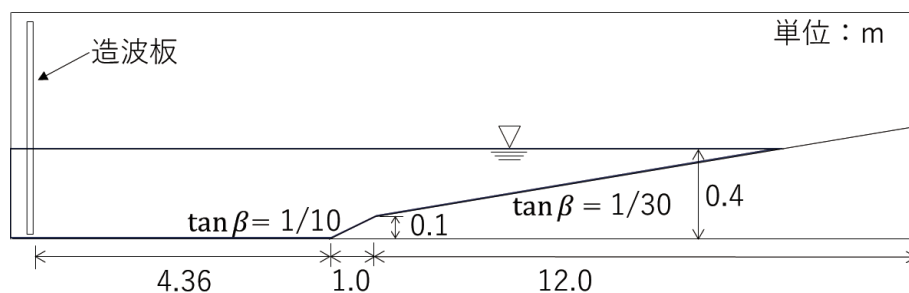


図-1 二次元造波水路と地形

表-1 に実験条件を示す。表中の距離は初期汀線から崖尻までの距離で、陸側を正 (+)、海側を負 (-) で示している。実験は、ピストン型造波装置を用いて、予め造波検定により求めた造波板振幅と波高の関係から設定波高となる造波振幅により造波した。波圧の測定は、波圧計 P310-02 ((株) エス・エス・ケイ製) を、海食崖崖尻に設置して行った。また、海食崖崖尻が静水面以下の水中となるケースでは、波圧計を静水面位置にも設置した。計測は、サンプリ

ング周波数 5kHz で、造波開始から 1 分間行った。さらに、水平床部分（地形端部と造波板との中央）に波高計を設置して波高を測定した。なお、考察に用いる沖波波高はこの測定値から浅水係数を用いて算出した。実験はデータのばらつきを考慮して同条件を 3 回ずつ行った。

表-1 実験条件

CASE 名	海食崖崖尻と汀線の距離 (m)	周期 T (s)	設定波高 H (m)
A	+0.4m	1.2, 1.6, 2.0, 2.4	周期 1.2s については, 0.04m と 0.06m の 2 ケース その他の周期については, 0.02m 毎に 0.04m~0.12m の 5 ケース
B	+0.3m		
C	+0.2m		
D	+0.1m		
E	0.0m		
F	-1.2m (水深 0.04m)		

3. 実験結果と考察

図-2 に $T=2.0s$, $H=0.1m$ の場合の波圧の時系列変動の比較を示す。砕波遡上波の波圧変動 (CASE-C) は、海食崖前面に水深を有する場合の静水面位置の波圧変動 (CASE-F) とは大きく異なることが分かった。以下では、主に海食崖崖尻に作用する砕波遡上波の波圧変動について検討した結果を示す。

図-3 に、海食崖崖尻に作用する波圧の計測データ (造波開始から 1 分間) の一例を示す。図に示すように、作用波圧に入射波周期より長い周期的な変動が見られる。そこで、波圧と波高の計測データについて入射波周期で移動平均を行ったところ、どちらも概ね周期 20s の変動が確認された。この変動を引き起こした要因としては、砕波、遡上と戻り流れ、海食崖からの反射等による影響が考えられる。さらに、図-4 に示すように本実験の計測系を矩形水槽に置き換えて、以下の式 (1) により固有周期を計算したところ、1 次モードの固有周期は 18.74s となった。

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot g}{L} \cdot \tanh \frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot h}{L}} \quad (1)$$

以上の結果、この長周期変動は、本実験の計

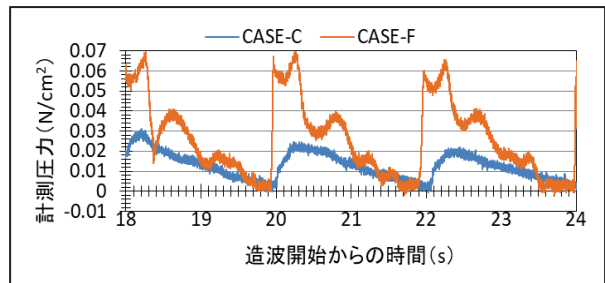


図-2 波圧の時系列変化の比較

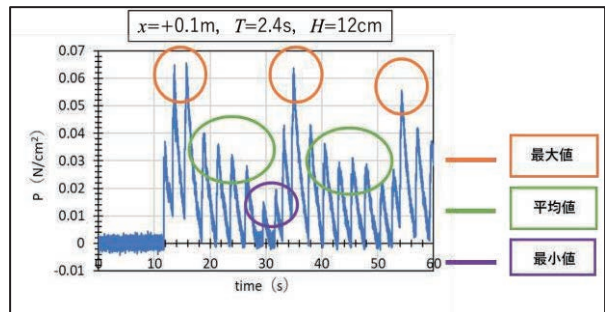


図-3 海食崖崖尻に作用する波圧の計測

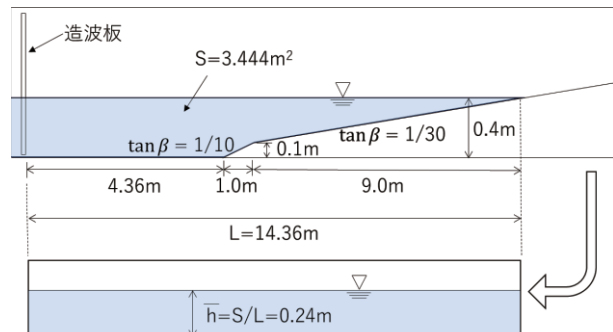


図-4 固有周期の概算

測系固有の振動と考えられる。そこで以下では、図-3中に示した実線で囲った部分のデータを各々最大値 P_{max} 、平均値 P_{ave} 、最小値 P_{min} と定義し、主として平均値 P_{ave} に基づき検討することとした。

図-5に汀線から+0.2m陸側の地点での海食崖崖尻の波圧の平均値の結果を示す。汀線から+0.2mの陸側の地点では、入射波の沖波波高の増加とともに波圧は直線的に増加することが分かった。

図-6に汀線から±0.0m地点での海食崖崖尻の波圧の平均値の結果を示す。汀線から+0.2m地点と同様に入射波の沖波波高の増加に対して波圧は増加傾向にあることを確認した。その他の陸側の各地点でも沖波波高の増加に従って概ね直線的に増加することが分かった。

図-7に汀線から-1.2mの海食崖崖尻が水面下に位置する場合の崖尻の波圧の平均値の結果を示す。陸側地点と同様に沖波波高の増加に従って波圧は増加傾向にある。また、汀線より陸側に位置する場合と比較して波圧は非常に大きくなっていることを確認した。

図-8に、砕波形態を分類する指標である surf similarity parameter と海食崖崖尻に作用する無次元波圧の関係を示す。ここで、surf similarity parameter $\xi_0 = \tan \beta / \sqrt{H_0/L_0}$ の算出および波圧の無次元化には、波圧計測時に造波板と斜面先端部との中間地点で測定した波高と浅水係数から算出した沖波波高 H_0 を用いている。波圧は surf similarity parameter の増加とともに概ね直線的に増加し、その増加率は崖尻が汀線に近づくに従って大きくなる傾向があることが分かった。そこで、海食崖設置位置毎に原点を通る近似直線を Excel の

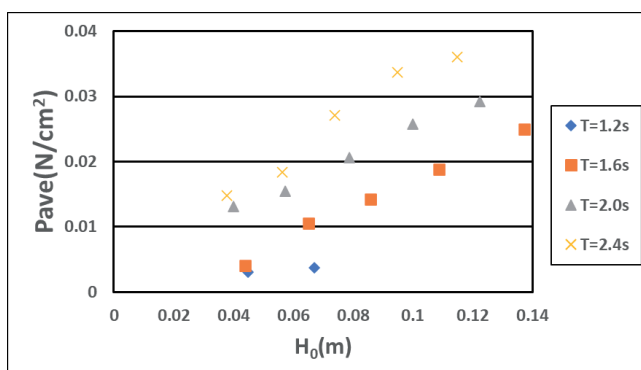


図-5 沖波波高と波圧の関係
(汀線から+0.2m)

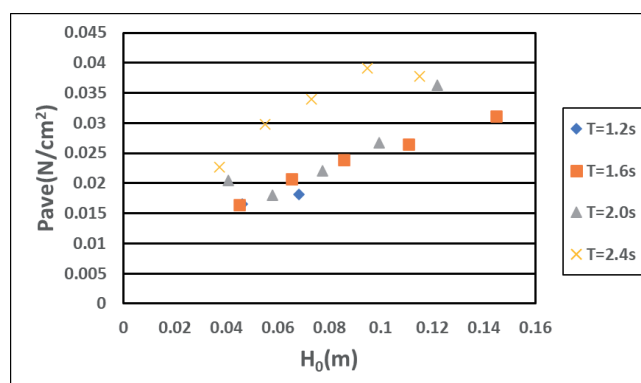


図-6 沖波波高と波圧の関係
(汀線から±0.0m)

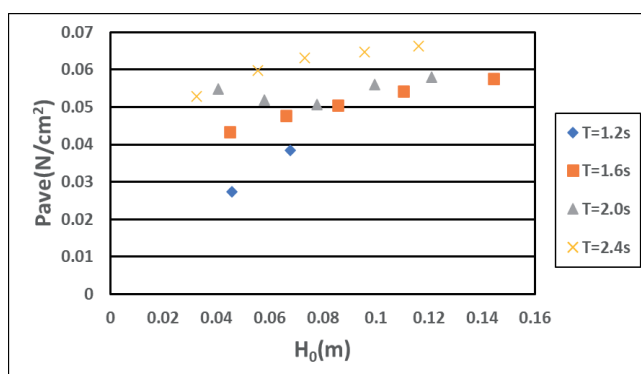


図-7 沖波波高と波圧の関係
(汀線から-1.2m (崖尻))

機能を用いて求めたところ図に示すとおりになった。また、各近似線の傾きと決定係数は表-2に示すとおりである。さらに、直線の傾きは海食崖の位置により異なるので、海食崖崖尻の汀線からの距離と直線の傾きとの関係を図-9に示す。なお、図中には一次式と二次式の近似線を合わせて示している。各近似線の決定係数は表-3に示すとおりであり、どちらも高い相関があるが、二次式の方が若干高くなった。

以上の近似式により、本実験条件に限定されるが、海食崖崖尻に作用する波圧の推定が可能であることが分かった。

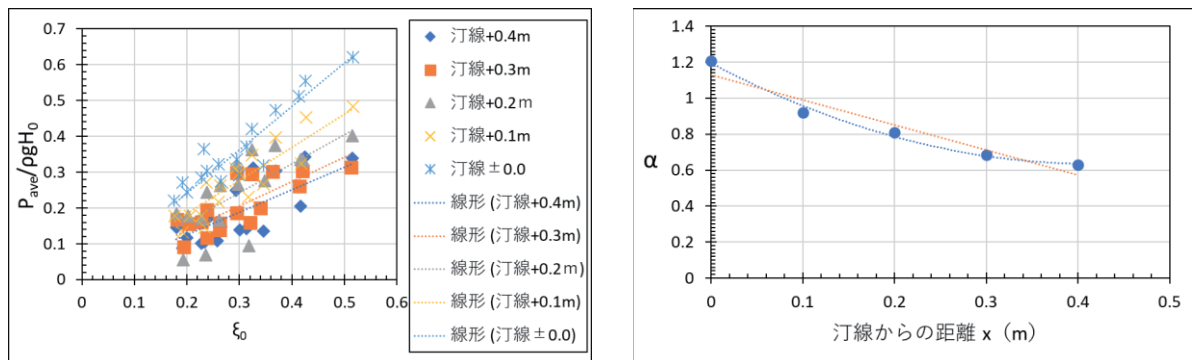


図-8 陸側に位置する海食崖崖尻に作用する波圧 図-9 海食崖の位置と近似線の傾きの関係

表-2 図-8の近似線の傾き α と決定係数 R^2

崖尻位置	近似線の傾き α	決定係数 R^2
汀線+0.4m	0.6285	0.9276
汀線+0.3m	0.6840	0.9581
汀線+0.2m	0.8092	0.9284
汀線+0.1m	0.9217	0.977
汀線±0.0m	1.2084	0.9878

表-3 図-9の近似線

	近似線の式	決定係数 R^2
線形近似	$\alpha = -1.3975x + 1.1299$	0.9218
多項式近似	$\alpha = 3.2121x^2 - 2.6824x + 1.1941$	0.99

参考文献

- 1) 堀川清司・砂村継夫：海蝕崖の侵蝕に関する実験的研究，第15回海岸工学講演会講演集，pp.149-157，1968.
- 2) 川村志麻・栗林正樹・三浦清一：波の侵食作用を受ける海岸斜面の力学特性とその評価，海岸工学論文集，第55巻，pp.536-540，2008.
- 3) 五十里洋行・後藤仁志・新井智之：海食崖の侵食過程の計算力学のための流体・弾塑性体ハイブリッドモデルの構築，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol. 66, No.1, pp.916-920，2010.