

II-70

福島海岸における波浪と海食崖の応答解析

東北大学大学院 学生員 ○鈴木 成典
 東北大学工学部 正員 真野 明
 東北大学工学部 正員 沢本 正樹

1. はじめに

福島海岸は岩石海岸と砂浜海岸が交互に存在する海岸として知られているが、そのうち岩石海岸は特に侵食が顕著であった。そこで本研究においては福島海岸の岩石海岸に着目し、その侵食特性について考察をする。具体的には侵食外力として波のエネルギーフラックスを各岩石海岸ごとに求め、各岩石海岸の抵抗力を結びつけることによって解析を行い評価をする。なお本研究では侵食性の岩石海岸を海食崖と呼ぶ。

2. 波浪場の解析方法

(1) 解析領域と波浪データ

解析領域の原点を東経 141° 、北緯 $37^{\circ} 40'$ にとり、南向きに x 軸、東向きに y 軸をとる。北は原町市から南は富岡町までの領域である。この領域に対象とした海食崖が6箇所ある。海食崖の年平均後退量は航空写真の解析から資料¹⁾にまとめられているが、ここでは消波構造物設置の影響が考慮されていないので、構造物設置後は侵食は生じないものと仮定して補正した。年平均侵食量 q と崖の高さ S を表1に示す。なお、海食崖の番号は同資料に一致させてある。

本研究においては、1991年に相馬港沖防波堤より沖に790mの地点、水深は16.5mで観測された有義波高、有義周期、波向きの日平均量を入射波として使用する。ただし、波向きに関しては海底地形の影響を考慮して換算沖波波向きに換算した。

(2) 波向線方程式と屈折係数方程式

波向線方程式²⁾と屈折係数方程式³⁾を連立して解くことにより逐次波向きと屈折係数を求め、砕波点における岸沖方向の波のエネルギーフラックスを求める。なお砕波点は合田の砕波指標⁴⁾を用いる。エネルギーフラックスは砕波点における岸沖方向の成分で評価する。いまある海食崖を考え、そこに入射する波向線の本数を n_j とすると平均エネルギーフラックスは

$$F_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (E_B c_{gB} \cos^2 \alpha_{Bs})_i$$

で表される。沖で波向線を Δx の間隔で出発させ、崖の長さの x 軸への射影を l とすると、年平均エネルギーフラックス量は

$$F = \frac{365}{N} \sum_{j=1}^N \frac{n_j \Delta x}{l} F_j$$

となる。ここで N は観測日数、 E_B はエネルギー密度、 c_{gB} は群速度、 α_{Bs} は汀線に立てた法線と波向線のなす角であり、添字の B は砕波点での値を示す。

3. 海食崖の強度特性の測定

各崖より一辺が30cm程度の試料を削り取って持ち帰り、それを直方体に整形した後、弾性波測定のパックアップを8本取り付けP波の伝播速度 v_p を測定した。2つのパックアップの組み合わせから伝播速度が求められるが、速度のばらつきは15%程度であった。いま試料の乾燥密度を ρ とすると、ヤング率 E は次式で求められる。

$$E = v_p^2 \cdot \rho$$

4. 解析結果

図1に屈折図の例を示す。海底地形により複雑に屈折しており、凸型地形であるNo.16では波向線の集中が、また凹型地形であるNo.21では波向線の分散が生じていることがわかる。ここで波向線が交差していると

ころでは屈折係数が増加し局所的に砕波が起こる可能性があるが、これは単一の波向線の解析では予測できないので1本の波向線の屈折係数と浅水係数だけから波高変化を計算し砕波点を決めた。いま崖の侵食に関する量として、エネルギーフラックス F 、ヤング率 E 、長さを持つ量 L 、侵食速度 q を考えると次の無次元量が得られる。

$$q/(F/(E \cdot L))$$

これらの相関を調べたのが図-2、図-3 である。図-3 では特に長さ L として崖の高さ S をとった。図-3 より $q = 0.09 \cdot F/(E \cdot L)$ の良い相関関係が得られる。

5. おわりに

本研究を進めるにあたり資料を提供して頂いた運輸省第二港湾建設局小名浜港工事事務所と、伝播速度の測定において多大な援助をして頂いた東北大学工学部土木工学科材料及び構造力学講座に感謝致します。

参考文献

- 1) (株) 建設技術研究所・平成四年度海岸侵食状況調査業務 (航空写真による読み取り調査) 概要版,1993
- 2) Mei,C.C,"The applied Dynamics of Ocean Waves",A.wiley-interscience publication,John Wiley & Sons,1983.
- 3) Munk,W.II.and Authur,R.S.,"Wave Intensity along a Refracted Ray",Natl.bur.Std.,U.S.,Circ.521,Gravity Waves,November,1952.
- 4) 合田良實：砕波指標の整理について、土木学会論文報告集 No180, pp. 39-49, 1970.

表-1 各海食崖の諸量

No.	$q(m)$	$S(m)$	$v_p(m/s)$	$\rho(kg/m^3)$	$E(N/m^2)$	$F(J/m/year)$
13	2.12	18	769.4	1130	0.669×10^{10}	2.431×10^{11}
16	1.56	20	794.5	1230	0.776×10^{10}	3.445×10^{11}
20	1.86	18	796.4	1050	0.666×10^{10}	2.746×10^{11}
21	1.08	20	982.7	1210	1.168×10^{10}	2.090×10^{11}
22	0.92	20	929.4	1280	1.106×10^{10}	2.808×10^{11}
23	2.06	25	768.3	1110	0.655×10^{10}	2.830×10^{11}

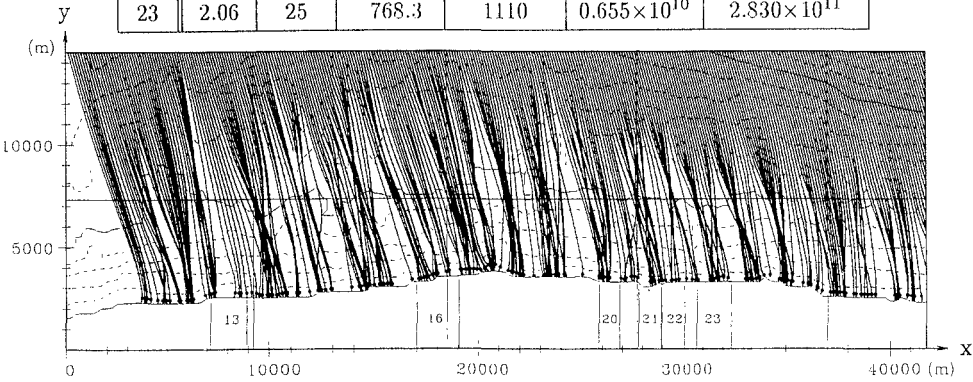


図-1 $H_0 = 0.63(m)$, $T = 11.0(s)$, $dir = 0.297(rad)$ の屈折図

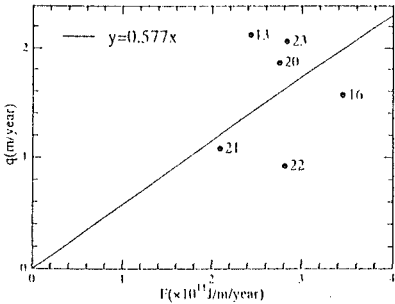


図-2 q と F の相関図

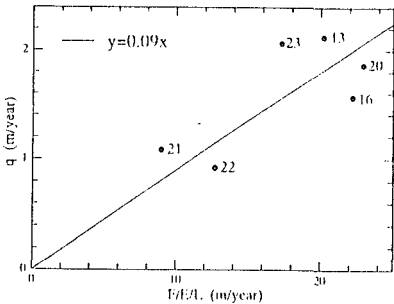


図-3 q と $F/(E \cdot L)$ の相関図