

Ⅲ - A294 アブレーションに着目した海岸崖侵食の予測（続）

日本海洋コンクリート(株) 正会員 ○ 佐々木康子
茨城大学工学部 正会員 安原一哉・村上 哲・金沢浩明

1. 研究の背景と目的

砂浜侵食に比べると、海岸崖侵食の研究は砂浜侵食のそれに比べ極めて数が少ない。海岸崖侵食は、まず摩耗によるノッチの侵食が進み、その後崩落が起こる。長期的視野からすると崖の侵食量はノッチの摩耗量に一致すると考えられる。すなわち侵食量=摩耗量である。これまでの研究によれば、摩耗のされ易さは①崖の抵抗力、②波の攻撃力、③崖前面に堆積する砂の摩耗作用に影響される。

これまでに、崖を構成する岩石の強度低下、また海浜堆積物の密度増加に伴い、侵食が促進されるという知見が得られた。そして、この中でも特に海浜堆積物によるアブレーション(摩耗)が崖の侵食促進に大きく関与していることが分かっている¹⁾²⁾³⁾。

これまでの海岸崖侵食の一連の研究²⁾³⁾⁴⁾において、二次元造波水路を用いた崖模型実験から海岸崖侵食の予測式が提案されている。一方、著者ら⁵⁾は、さらに砂が崖を削り取るアブレーションに着目した摩耗試験を行い、この結果から崖侵食の予測式を定式化し、その予測式からこれまで行ってきた崖模型の侵食現象を予測することにより、提案式の検証を行っている⁶⁾。本報告では、さらに提案式を茨城県北部海岸の崖侵食の予測に適用した結果について述べる。

2. 実験概要

使用した摩耗試験機は、澤井ら(1979)⁶⁾による内筒回転式侵食試験法を参考にして作成した。実験装置の概要を図-1に示す。試験機には、可変速度制御モーターを付け、その先に直径5cm、高さ20.0cmの円柱回転体を取り付けた。人工岩石供試体は、早強ポルトランドセメント、豊浦標準砂、水を一定の割合で配合し固結させた。模型のサイズは外径15cm、内径10cm、高さ約20.5cmの中空円筒形の人工岩石供試体である。

実験は、作成した中空供試体の中に既知の水(1500cm³)と水の体積比で2.5%の砂を入れ、その中で前述の円柱を回転させて行った。この摩耗実験では、模型を構成する岩石の強度、投入する砂の密度、供試体側面に作用する水の圧力(水圧)の影響に関する実験を行った。この実験では、実験機に繋がったシリンドラからシリンドラ内の水を供試体に通水し、供試体に満たした水の体積を測定し、単位面積当たりの体積から侵食距離を求めた。侵食量の定義を図-2に示す。

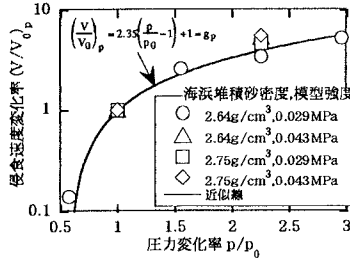


図-4 圧力変化率-侵食速度変化率

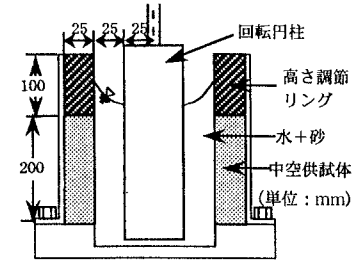


図-1 実験装置

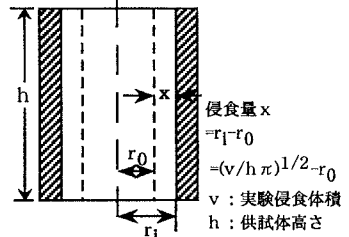


図-2 侵食量の定義

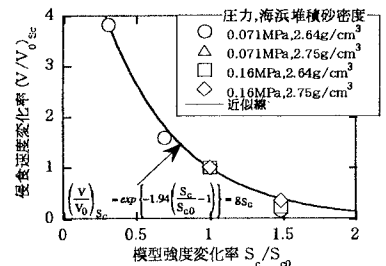


図-3 崖の強度変化率-侵食速度変化率

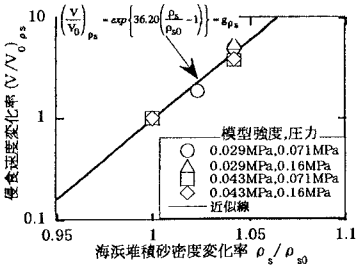


図-5 砂の密度変化率-侵食速度変化率

実験から得られた結果から、それぞれの要因の変化率と侵食速度変化率の関係を図-3、4、5に示す。これらの結果から、それぞれの要因の変化率と侵食速度の関係は、いづれの試験条件においても同じ一本の線(図中の近似線)で表せることが分かる。

3. 予測式の提案

本研究ではこれまでに侵食速度 $V(=dx/dt)$ は、崖の強度(崖の抵抗力)、波の作用力(波の攻撃力)、砂の密度(海

アブレーション 侵食 海岸 岩盤 模型実験 海岸崖

〒130 墨田区江東橋2-3-10 TEL 03-5600-5577 FAX 03-5600-5571

〒316 日立市中成沢町4-12-1 TEL 0294-38-5174 FAX 0294-35-8146

浜堆積砂の摩耗作用)をパラメータとした次式のような関数形で表されると仮定した。

$$V = f(\text{強度, 圧力, 海浜堆積砂の密度}) = f_{S_c} \times f_p \times f_{\rho_s} \quad (1)$$

ここで、 f_{S_c} は崖の一軸圧縮強度、 f_p は崖に作用する圧力、 f_{ρ_s} は海浜堆積砂の密度に関わる関数である。なお、本研究では崖に作用する圧力を崖前面での波高で代表させることにした。したがって、以下本文では、崖に作用する圧力とは波高のことを意味する。

以上の仮定を基に本研究では、これまでに摩耗試験による新たな崖侵食の予測式として次式を提案している5)。

$$V = g_{S_c} \cdot g_p \cdot g_{\rho_s} \times V_0 \quad (2a)$$

$$= \left[\exp \left\{ -1.94 \left(\frac{S_c}{S_{c0}} - 1 \right) \right\} \right] \times \left[2.35 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right) + 1 \right] \times \left[\exp \left\{ 36.20 \left(\frac{\rho_s}{\rho_{s0}} - 1 \right) \right\} \right] \times V_0 \quad (2b)$$

ここで、 V_0 :基準となる侵食速度、 S_c :崖の一軸圧縮強度、 p :崖に作用する圧力、 ρ_s :海浜堆積砂の密度である。添字0はそれぞれの要因における基準となる値であることを意味する。

4.提案式の適用

ここでは、実際の茨城県及び諸地域の海岸崖侵食の予測を摩耗実験から提案した予測式による予測結果について述べる。表-1に崖模型実験と摩耗実験における要因と実験パラメータの対応を示す。また、予測を行う海岸のそれぞれのパラメータの値を表-2に示す。本研究では、予測を行うにあたり、基準となる侵食速度 V_0 は式(2a)に地形図から求めたそれぞれの海岸の侵食速度 V と各要因の変化率の関数 g_{S_c} 、 g_p 、 g_{ρ_s} を代入して逆算し、その全平均値を V_0 とした。また、要因ごとの基準値である崖の圧縮強度 S_{c0} 、波の圧力 p_0 、海浜堆積砂の密度 ρ_{s0} もそれぞれのパラメータ S_c 、 p 、 ρ_s の値を平均し、その値を基準値 S_{c0} 、 p_0 、 ρ_{s0} とした。以上の過程で算出した各パラメータの平均値と基準侵食速度の平均値(表-3)を式(2b)に代入して整理すると、次の予測式が得られる。

$$V = 0.54(3.67p - 1.35) \cdot \exp(-0.89S_c + 13.82\rho_s - 34.26) \quad (3)$$

上式を用いて、表-2の海岸における侵食速度を予測した。図-6は実際の侵食速度(地形図からの実測値)と予測した侵食速度(予測値)の対応を示したものである。これから、現地海岸の実測侵食速度と今回摩耗から提案した予測式から求めた予測値は、よく対応していることが分かる。このことから、摩耗実験から実際の海岸の崖侵食予測をすることが可能であることが分かる。

5.結論

崖の抵抗力と波の攻撃力のみを考慮した従来の方法による崖侵食の予測値より、さらにアブレーションを引き起こす崖前面の堆積砂の影響を考慮した予測値の方が、地形図から求めた崖侵食の実測値とよく対応する。以上のことから、摩耗実験から現地の侵食を予測することが十分可能である。

謝辞: 本研究は茨城県の委託によるものであり、また、研究の一部は、能村財団、鹿島財団の助成を受けた。記して謝意を表する次第である。

参考文献 1)佐々木康子・安原一哉・宮崎数礼・村上哲:茨城県北部海岸における海崖侵食特性、海岸工学論文集、第42巻、pp.541-545、1995。 2)宮崎数礼・安原一哉・村上哲・佐々木康子:海岸崖侵食における崖の圧縮強度と侵食速度の関係、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集、pp.670-671、1995。 3)佐々木康子・安原一哉・村上哲・灰塚栄二:海岸崖侵食に及ぼすアブレーションの影響、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集、pp.702-703、1996。 4)Sunamura,T.: A Predictive model for wave-induced cliff erosion with application to pacific coasts of Japan, Jour.Geology, 90, pp.167-178

5)佐々木康子・安原一哉・村上哲:アブレーションに着目した海岸崖侵食の予測、第32回地盤工学研究発表会(投稿中)、1997。 6)澤井健二・芦田和男:内筒回転式土壌侵食試験法について、京大防災研究所年報、第22号、pp.291-300、1978。

表-1 要因と実験パラメータの対応

要因	実験パラメータ
岩石の抵抗力	崖モデルの圧縮強度
波の攻撃力	水圧(回転数)
海浜堆積砂の摩耗作用	海浜堆積砂の密度

表-3 パラメータの平均値

基準圧縮強度 S_{c0}	2.17MPa
基準圧力(崖前波高) p_0	0.64m
基準海浜堆積砂密度 ρ_{s0}	2.62g/cm ³
基準侵食速度 V_0	0.54m/year

表-2 茨城県における海岸の特性

崖海岸名	侵食速度実測値 V (m/year)	岩石の 種類	崖の圧縮強度 S_c (MPa)	崖に作用する圧力 p 崖前波高で代表(m)	海浜堆積砂密度 ρ_s (g/cm ³)
五浦海岸	0.62	泥質砂岩	1.42	0.625	2.59
高戸海岸	0.47	泥岩	2.01	0.625	2.60
小貝ヶ浜海岸	0.33	泥岩	2.97	0.625	2.64
日高海岸	1.00	泥岩	2.08	0.625	2.65
大みか海岸	0.23	泥岩	2.67	0.625	2.60

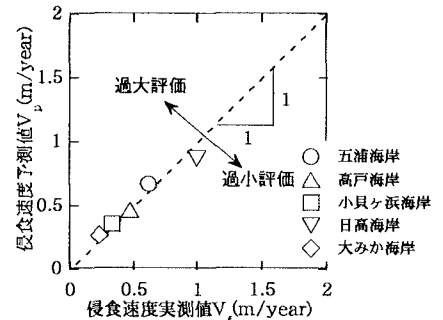


図-6 予測値と実測値の対応