

II-275

粘性土の耐侵食性評価法の比較

建設省土木研究所河川研究室 正員 平舘 治

同 上 正員 服部 敦

同 上 正員 藤田光一

建設省土木研究所河川部 正員 宇多高明

1. はじめに

表-1 侵食限界を表す指標と土質パラメータ

粘性土の耐侵食性を明らかにすることは、河川の堤防や高水敷の侵食防止にかかわる設計上重要な要素となる。そのため、従来より粘性土の耐侵食性について多くの評価法が提案されてきた。その一例を表-1に示す。これらの研究は、一般に土の強さが土の種類、密度、含水比、土の構造などの土質パラメータによって変化するという知見に基づいて、土

	(A)Dunn ²⁾	(B)Smerdon, Beasley ³⁾	(C)小川・村端・大石 ⁴⁾	(D)佐々木ほか ⁵⁾
侵食限界を表す指標	限界掃流力 τ_c	限界掃流力 τ_c	限界掃流力 τ_c	侵食限界流速 V_c
上記の指標を支配するパラメータ	ペーンせん断強度 τ_s	粘土含有率(粒径0.002mm以下)	粘土含有率(粒径0.005mm以下)	引張り破壊応力 σ_{tb}
供試体材料	河川から採取砂～粘土混じりシルト(乱した土)	農園の土(乱した土)	混合土粘土～粘土混じりシルト(乱した土)	混合土、高水敷堤体土粘土～シルト混じり砂(乱さない土)

質パラメータと限界掃流力（または侵食限界流速）との関係を実験から定めようとしたものである。しかし、表-1に代表される研究では土質パラメータや土質条件がそれぞれ異なるため比較検討が出来ない。そのため、これまで限界掃流力を定める最適な土質パラメータや方法を選択することが出来なかった。本研究では河道設計で対象とするような自然堆積土や人工的な盛土など広範な条件をもつ河道構成土を対象として実験を行い、各土質パラメータについて比較を行い、どの評価法が侵食に対して最適であるか検討したものである。

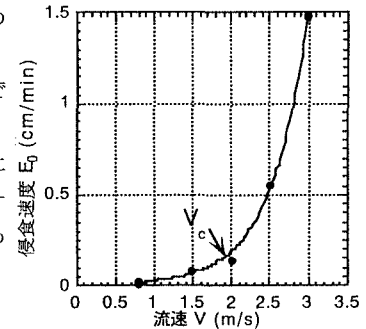
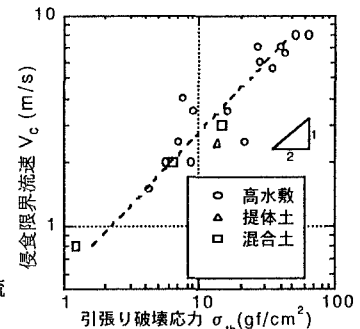
2. 本比較で採用した耐侵食力の指標

耐侵食力の指標を決定するため、実際の堤防や高水敷上から採取した不攪乱の大型供試体を水路に固定して侵食実験を行った。実験方法の詳細については参考文献⁹⁾を参照されたい。供試体は、高水敷、堤防から採取した自然土と、築堤を想定して盛り土を行った混合土に大別される。

自然土と混合土の供試体に対して侵食実験を行った結果、流速と侵食速度の関係は図-1に示すような関係となった。すなわち侵食速度はある流速以上になると急激に増大する傾向が見られた。その流速を把握することは土構造物の侵食防止の観点から設計上重要である。従って侵食速度が急激に大きくなる流速を侵食限界流速 V_c とした。表-1に示した各研究においても、侵食速度と掃流力の関係から V_c の場合と同様にして限界掃流力 τ_c を定めている。流速と掃流力には相関があることから、耐侵食力の指標は V_c を用いた。

3. V_c と各侵食パラメータとの相関3.1. 評価パラメータ1：引張り破壊応力 σ_{tb}

現地の地表面を一辺が10cmの立方体に整形した供試体を、鉛直方向に引張り、破壊する瞬間の応力を佐々木ほか²⁾が独自に開発した測定装置によって計測した。図-2の結果から、 $\sigma_{tb} \propto V_c^2$ の関係があることがわかる。また、

図-1 侵食速度 E と流速 V との関係図-2 引張り破壊応力 σ_{tb} と V_c との関係

自然土と混合土など異なる堆積環境においても値が同じ関数に乗った点が注目される。

3.2.評価パラメータ2：粘土含有率

表-1の(A),(C)に示す通り粘土分の粒径の上限は異なる。本研究では、土質工学基準に基づいて粒径0.005mm以下の粘土分とした。図-3に V_c と粘土含有率との比較図を示す。全般的な傾向として、粘土含有率が増加するとともに V_c も増加しているが、値のばらつきが大きく明確な相関性は得られていないことが判る。

3.3.評価パラメータ3：粘着力C

表-1の(B)では、ペーンせん断試験器を用いて、ペーンせん断強度 τ_s を測定している。ペーンせん断試験は、一軸あるいは三軸圧縮試験の供試体を作成することが困難な、軟弱な地盤において行われている非排水試験りである。したがって、本研究ではペーンせん断試験を行っていないため、三軸圧縮試験により求めたCを代用した。 V_c とCを比較した図を図-4に示すと値が大きくばらついており、自然土に対しては粘土含有率と同様、 V_c とCとの間には相関が得られなかった。

4.考察

引張り破壊応力以外のパラメータが侵食機構を再現出来なかった理由を次に述べる。粘土含有率を土質パラメータとしたのは、粘着性土質の量が耐侵食性に関連があるとしたためと考えられる。しかし、同一の粒度分布であっても自然堆積土と人工的に盛土した土では、耐侵食力に大きな差がでる。なぜなら、堆積環境の違いによって土の密度や構造が異なるためである。粘土含有率のみでは土の密度や構造の把握が不可能であるため V_c との関連性がそれほど見られなかったのであろう。一方、 τ_s と σ_{1b} の土質パラメータは、両者とも土の粘着性そのものを直接測定することによって耐侵食性との関連性を図ろうとしているものである。しかしながら、 τ_s と σ_{1b} の間には差異が見られた。侵食は流水により供試体表面に作用する揚力が供試体表面付近に働く引張り力を上回った時に破壊されると考えられ、ゆえに侵食特性を把握するには引張り力を直接測定しなければならない。しかし一般にペーンせん断試験や三軸圧縮試験等の土のせん断試験は外力もしくは自重による圧密によって土の内部に生じるせん断応力を調べるための試験である。 τ_s と V_c の間に関連が見られなかったのは、試験法自体が侵食現象を再現するためのものではないためである。

また、表-1の各研究で行った実験において侵食特性に対してよい相関を得ているが、その理由として、各土質特性が限られていたためと考えられる。つまり、本研究での土質の対象範囲が広範であったのに対し、他の研究では粒度などの土質条件や締固めなどの実験条件が狭い範囲に限定されていたためである。

5.おわりに

土の侵食特性と σ_{1b} の間には実験的にも機構的にも高い関連性が得られていることが明らかになった。今後 σ_{1b} に関して更なる解析を行うことによって粘性土の侵食特性の定量的評価が可能になるものと期待できる。

参考文献

- 1)土質工学会編：土質試験法，土質工学会，1979.
- 2)Irving S. Dunn:Tractive Resistance of Cohesive Channels,Proc. ASCE,No.SM3,pp.1-24,1959.
- 3)E.T.Smerdon and R.R.Beasley:Critical Tractive Forces in Cohesive Soils,Agricultural Engineering,Vol.42,pp.26-29,1961.
- 4)小川芳明・村端克己・大石 功：粘性土河床の変動に関する実験的研究
- 5)佐々木・藤田・宇多・服部・平館：大型不攪乱供試体を用いた堤防・自然河岸の耐侵食強度評価実験，水講演文集，第38巻，pp.677-682，1994.

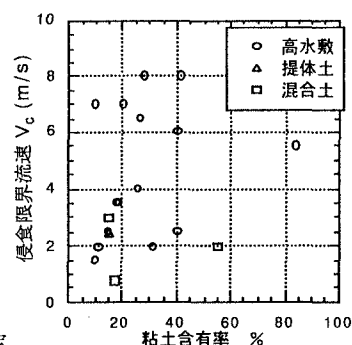


図-3 粘土含有率と V_c との関係

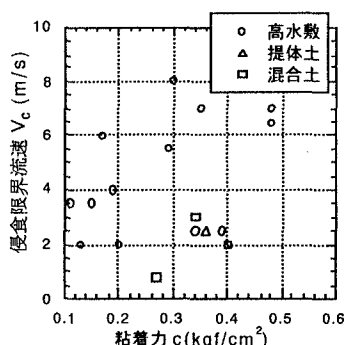


図-4 粘着力Cと V_c との関係