

II-273

根毛層が発揮する耐侵食性の評価方法

建設省土木研究所河川研究室

正 員 服部 敦

同 上

正 員 藤田光一

土木研究所河川部

正 員 宇多高明

関東地方建設局河川計画課

関口利昭

関東地方建設局下館工事事務所

吉川宏治

1. まえがき

治水機能を保持しつつ、かつ緑豊かな（＝植生が繁茂する）景観に優れた堤防は、魅力ある川づくりに欠かせないものである。これを実現するためには、植生の耐侵食性と簡便に計測できる植生の物理量との間の定量関係を知ることが不可欠である。著者らは、地表面近傍の根の量が植生の耐侵食性を支配することに着目し、上記の物理量として根毛量（地表面から深さ3cmの単位体積中に含まれる根の重量）を用いることを提案した¹⁾。本論文は、この知見に基づいて行った系統の実験により、根毛量を物理パラメータとすることで植生の耐侵食性について一定の評価が可能になることを示したものである。

2. 実験方法

利根川水系の小貝川および鬼怒川の高水敷において、イネ科の植物が優先種である植物群落が繁茂していた場所から11個の供試体（幅0.3m、長さ3.0m、高さ0.3cm）を不撓乱で採取した。供試体の構成材料は粘着性を有する砂質～シルト質土であった。これらの供試体を高さ40cm、幅30cmの矩型管水路の水路床に設置した。この管水路に流速一定の流れを所定の時間通水し、その時間内で侵食された深さを侵食面の150箇所において測定し、それらの平均値として侵食深を計算した。この測定を繰り返し行い、侵食深の経時変化を得た。また、侵食面に作用していた掃流力は、供試体の上下流端で測定したピエゾ水頭を用いて計算した。

3. 耐侵食性の特徴

侵食深 z と時間 t の関係の測定例を図-1に示す。ある一定の摩擦速度の下では、侵食深の増大にともなって侵食速度が遅くなる特徴が見られる。図中の実線は福岡ほか²⁾が提案した式(1)を示したものであり、図-1の例のように本実験の全ケースにおいても侵食深の経時変化が式(1)によって近似的に表せることが確認された。

$$z = A \log t \quad (1)$$

ここに、 z (cm)、 t (min) である。式(1)の物理的説明は以下のようなものである。地中から洗い出された根毛が幾重にも重なって形成された層（以下、根毛層と呼ぶ）が侵食の進行に伴って層厚を増すために、侵食過程にある

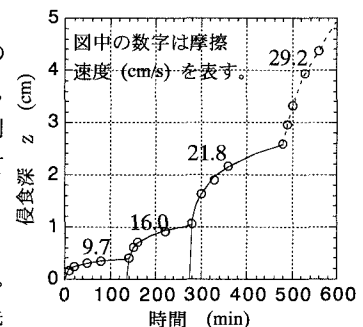


図-1 侵食深の経時変化

地表面に作用する掃流力がより低減され、その結果として侵食速度が時間とともに小さくなる。この物理的機構に基づくと、同一の侵食深で比較すると地表近傍に多くの根毛を有する植物群落ほど耐侵食性に優れていることが分かる。以上より、植生の耐侵食性を表すパラメータとして根毛量が適していることが理解できる。また、図-1において通水時間が480分に達したとき、急激に侵食が進行した。これは大きな侵食深が生じた部分において根毛層が破壊されたことに起因している。このような状況は、植生面の侵食防止という観点からは、極めて危険な状態と判断して良い。そこで設計上で考える植生の耐侵食性は、そのような根毛層破壊が生じる侵食深に達するまでの時間内のみ発揮されると考える。すなわち、植生の耐侵食性の評価とは、根毛量をパラメータとして上記の急激に侵食が進行するまでの時間と掃流力との関係を与えることと同じである。

4. 耐侵食性の評価方法

侵食深の経時変化を表す式(1)を用いた耐侵食性の評価方法を導くためには、根毛層の部分的破壊が生じない最大侵食深（以下、許容侵食深と呼ぶ）を定めることと、係数 A と根毛量とを関連づけることが必要である。

4.1 許容侵食深

各ケースの許容侵食深はそれぞれ異なった値となる実験結果となった。この原因は次のように考えられる。平面的に様な根毛量分布を有する場合を想定すると、許容侵食深は根が土中に侵入している深さと同一になる。しかし、実際の植物では平面的に様な根毛量分布となっておらず、局所的に根の侵入深さが小さい場所がある。そのような場所において、侵食深が根の侵入深さより大きくなり根毛層が破壊される。したがって、許容侵食深は根の侵入深さだけでなく、根毛量の平面的分布にも依存する。上記の実験結果は、根の侵入深さだけでなく、根毛量の平面的分布も許容侵食深を定める要因として無視できないことを示唆するものである。現段階ではこれらの要因を考慮して許容侵食深を定める方法は得られていない。本研究では、安全側の評価結果を与えるように許容侵食深 z_p を今回の実験の最低値である2cmに設定する。

4.2 Aと根毛量との関係

今回行った実験では、福岡ほか³⁾が提案した式(2)に示すAと u_c の関係が成り立つことが確かめられた。

$$A = \alpha \cdot u_c \quad (2)$$

ここに、 α は耐侵食性を表すパラメータで、服部ほか¹⁾によると根毛量および粘性土の侵食耐性によって変化する。 u_c (m/s)は摩擦速度である。 α と根毛量の関係を図-2に示す。プロットはばらつくものの、大局的には根毛量が大きくなるほど α が小さくなる、すなわち耐侵食性が向上する傾向が見られる。プロットがばらつくのは、主に粘性土の耐侵食性が異なることに起因すると思われる。福岡ほか³⁾はシルトより細かい（粒径74 μ m以下）土粒子の含有率（以下、細粒分と呼ぶ）が大きいほど土粒子間に作用する粘着力が大きくなるという考え方に基づいて、図-3に示す α と細粒分の関係より、細粒分が40%以上では α が細粒分の増加に伴い減少するとしている。しかし、図-3に併記した今回の実験結果ではそのような傾向は見られない。以上より α を定める第一の要因は根毛量であり、粘性土の耐侵食性は第二の要因であると判断される。また、地表面近傍の土はそのときの天候に応じて含水率が異なるため粘性土の耐侵食性も日々変化すると考えられる。したがって、粘性土の耐侵食性は常に発揮されることが期待できないので、設計上において粘性土の耐侵食性を考慮して α を決定することは適切ではない。そこで本研究では、実験の範囲で最も非粘性土に近い条件であり、かつ最も安全側の評価結果を与える図-2に実線で示した式(3)の α と根毛量 σ の関係を設計に用いることとする。

$$\alpha = -50\sigma + 9 \quad (3)$$

4.3 耐侵食性の評価方法

式(1)、(2)、(3)および $z_p=2$ cmより、許容侵食深まで侵食が進行する時間と摩擦速度の関係が図-3に示すように計算できる。図-4を用いれば、設計条件として摩擦速度とそれが作用する時間を設定すれば、侵食防止可能な植物群落の条件として根毛量が定められる。また、 u_c が時間的に変化する設計条件に対しても式(4)を数値積分することによって侵食深と根毛量の関係が計算でき、この結果より上記と同様に根毛量が定められる。

$$\frac{dz}{dt} = \frac{A}{\ln 10} \cdot \exp\left(-\frac{\ln 10}{A} z\right) \quad (4)$$

参考文献

- 1) 服部ほか：堤防の耐侵食性の評価方法に関する研究，第2回河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，pp.73～80,1995.
- 2) 福岡ほか：堤防法面張芝の侵食限界，水工学論文集，第34巻，pp.319～324,1990.
- 3) 福岡ほか：堤防芝の流水に対する侵食抵抗，土木学会論文集，No.491，II -27, pp.31～40,1994.

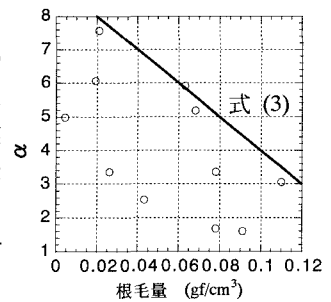


図-2 α と根毛量の関係

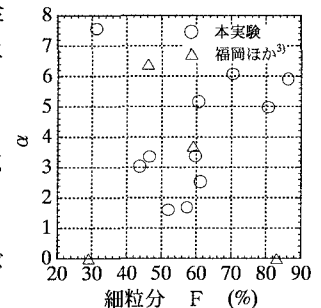


図-3 α と細粒分の関係

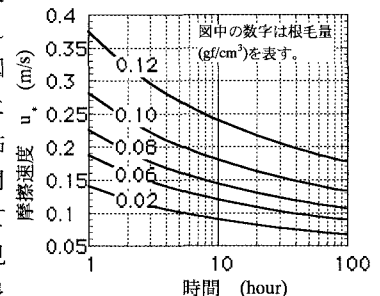


図-4 摩擦速度と時間の関係