

II-274 越流を受ける植生のり面の耐侵食性に与える表面凹凸の影響

建設省東北地方建設局岩手工事事務所 正 員 郡山秀樹
 土木研究所河川部河川研究室 正 員 服部 敦
 同 上 正 員 藤田光一
 東北地方建設局岩手工事事務所 北川 明
 土木研究所河川部 正 員 宇多高明

1. まえがき

北上川の一閑遊水地では、植生の耐侵食性を生かして越流堤のり面の侵食防止に関わる設計を行うことを検討している。これまで、一様な状態にある植生の耐侵食性については、定量的な知見が明らかになりつつあるが、実際の堤防のり面には凹凸や根の密度の不均一など種々の擾乱が発生することが十分考えられる。そこで、施工時より長い年月が経った旧堤のり面を利用して、このような擾乱を有する植生のり面の侵食特性を調べ、のり面にモグラ穴に代表される局所的な凹部があると、その凹部内の水衝部となる地表面において植生の根を洗い出すような侵食が生じ、その結果として侵食域が凹部下流に向かって拡大することを報告²⁾している。本論では、この結果を踏まえ、このような凹凸が侵食特性に与える影響の定量的評価を試みる。

2. 実験方法

実験水路は、のり勾配1:3の旧堤のり面上に最急勾配線に沿って水路幅が1.5mになるように長さ約5mの側壁を設置したものである。水路床となるのり面は、シルト以下の粒径を約30%含有する砂質土で構成されており、張りシバ後約2年間養生した被度5のシバが繁茂していた。上記のような水路を2レーン作成し、そのうちの1レーンには、地表面を押し込むことによって水路横断方向に水路幅と同じ長さで幅20cm、深さ5cmの凹部を1.4m間隔で2本作成した。この凹部は除草作業時などに形成される凹部を模擬したものである。侵食深は、凹部がない場合ではほぼ等流流れとなる水路下流側の1m四方の範囲において、また凹部がある場合では凹部内およびその下流側において間隔10cmで測定した。流量は1台当たり単位幅流量が約0.07m³/s揚水可能なポンプの台数によって調節した。ある流量を所定の時間通水した後に侵食深の測定を行うことによって、侵食深の経時変化を得た。なお、実験装置の詳細については北川ほか²⁾を参照されたい。

3. 侵食特性

以下では2本ある凹部の内、侵食の進行が著しかった下流側の凹部についてのみ実験結果を示す。凹部なしでは測定対象範囲内での、また凹部ありでは凹部内での平均侵食深の経時変化を図-1に示す。図中の実線は、式(1)に示す福岡ほか³⁾が提案した侵食深の経時変化を表す経験式である。

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

ここに、 z (cm) は侵食深、 t (min) は時間、 A は侵食され易さを表すパラメータである。式(1)によって、侵食深の経時変化が良好に表せることが確

認されている凹部なしの場合だけでなく、凹部内の局所的な侵食であっても式(1)が適用できることが分かる。凹部の下流端から20cm下流までの範囲（凹部の外）における平均侵食深の経時変化を図-2に示す。この範囲においては、通水から225分経過した時点において約7cmの深さまで侵食が急激に進行し、その後しばらくの間ほぼ一定の侵食深を保っている。図-1,2より凹部周辺における侵食過程は、通水開始から210分間では凹部内においてのみ侵食が進行し、凹部内の平均侵食深が約2.5cmに達した225分以降に凹部内のみでとどまって

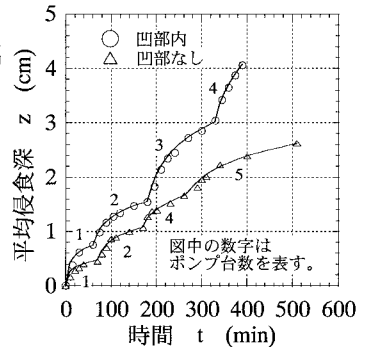


図-1 平均侵食深の経時変化

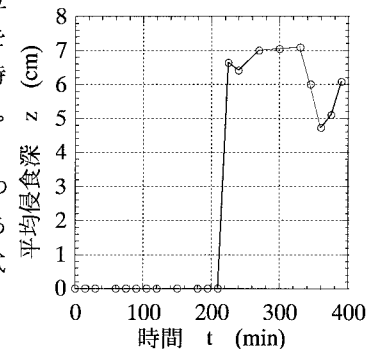


図-2 凹部より下流側における平均侵食深の経時変化

いた侵食域が下流方向に急激に拡大していったことが分かる。したがって、侵食域が拡大するのは、凹部内の侵食深がある値（本実験では2.5cm）以上になった以降からである。実験の観察によると、凹部内の侵食深が2.5cmに達した時点では、部分的にシバが地面から浮き上がった状態になっていたことが確認されている。このような状態は、シバの根毛が折り重なって形成される層（以下、根毛層と呼ぶ）が発揮する耐侵食性が失われた状態であり、堤防のり面の侵食としては破堤の危険が非常に高い状態であると考えられる。したがって、設計上許容される凹部内の侵食深（以下、許容侵食深と呼ぶ）は、服部ほか¹⁾と同じく、根毛層の部分的破壊が生じない最大侵食深とすることが妥当である。

4. 侵食速度

凹部あり、なしのいずれの場合も図-1に示したように式(1)によって侵食深の経時変化を表すことができるので、式(1)の両辺を t で微分して再整理した式(2)によって侵食速度 dz/dt が計算できる。

$$\frac{dz}{dt} = \frac{A}{\ln 10} \cdot \exp\left(-\frac{\ln 10}{A} z\right) \quad (2)$$

式(2)より、同一の侵食深であれば、 A が大きいほど侵食速度が大きくなることが分かる。すなわち、 A の値の大きさを比較すれば、侵食速度の大小の比較が可能である。図-1から計算した A と摩擦速度 u_* の関係を図-3に示す。

なお、侵食深の測定を行った範囲においてほぼ等流であったことから、その範囲近傍で測定した水深の平均値 h とのり勾配 i から $u_* = (g \cdot h \cdot i)^{0.5}$ として計算した。凹部内に作用する摩擦速度は、凹部内に水衝部が形成されること

を勘案すると、上記の方法で計算した摩擦速度より大きくなっていると推定される。すなわち、上記の方法で計算した摩擦速度を代表値として用いることによって、凹部内に実際に作用する摩擦速度が代表値より大きくなっていることに起因する A の増加特性について図-3より明らかにできる。なお、服部ほか¹⁾によると、 A は摩擦速度 u_* に比例し、その比例定数 α は根毛量、堤体土の侵食抵抗によって変化する。今回の実験では、堤体土の材料および根毛量がほぼ同一であることから、 A は摩擦速度のみによって変化すると考えて良い。図-3より、凹部なしでは A が u_* に比例する関係が得られている。それに対して、凹部ありの場合では、摩擦速度が0.56m/s以上において凹部なしに比較して直線の傾きが2.8倍大きくなる。このように、 A が大きくなるのは流量規模によって凹部内の流況が変化するためと考えられる。以上より、凹部における侵食速度は、ある流量以上になると凹部なしの場合に比較して大きくなることが分かった。

5. 凹部があることによる耐侵食性の低下

ポンプ4台（単位幅流量 $0.28\text{m}^2/\text{s}$, $u_* = 0.62\text{m/s}$ ）の場合を一例として、式(1)および図-3を用いて侵食深と通水時間の関係を計算した結果を図-4に示す。凹部内の侵食深が2.5cmに達したとき、凹部の下流方向に侵食域が急激に拡大したことを勘案して、許容侵食深を2.5cmに設定する。図-4より許容侵食深に達するのに要する時間は、凹部なしでは約1000分間であるのに対して、凹部ありではわずか約20分間であることがわかる。この計算例から、のり面に凹部があるのり面は、ない場合に比較して著しく耐侵食性が低いことが明らかとなった。今後は、越流堤の設計・施工・管理においてはこの特性を十分に考慮していく予定である。

参考文献

- 1) 例えば、服部ほか：植生が繁茂する堤防のり面の耐侵食性，第51回土木学会年次学術講演会，1996。
- 2) 北川ほか：一関遊水池における越流小堤の耐侵食力に関する現地実験，水工学論文集，第39巻，pp.489～494，1995。
- 3) 福岡ほか：堤防法面芝の侵食限界，水工学論文集，第34巻，pp.319～324，1990。

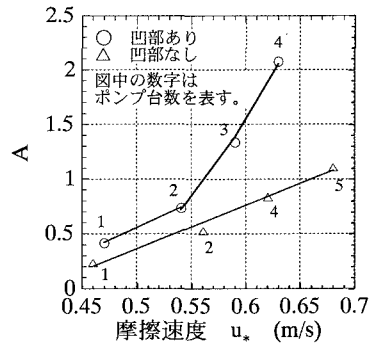


図-3 Aと摩擦速度の関係

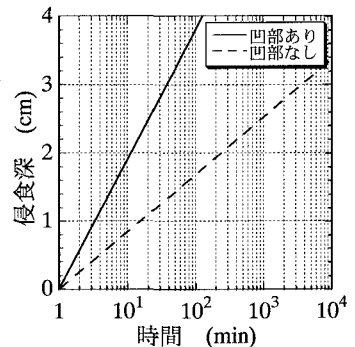


図-4 侵食深と時間の関係