

II-67 植生を持つ地表面の耐浸食性に関する研究

建設省土木研究所 正員 藤田 光一
 建設省土木研究所 正員 福岡 捷二
 建設省中部地方建設局 正員 加藤 善明

1. 研究の目的

越水や河道内の流水による堤防破壊の多くは、その初期に流水による堤体表面の浸食を伴う。従来の研究によれば、堤体表面に植生のない土堤に比較して植生のある土堤は、流水による浸食に対してはるかに大きな強度を示すことが実験や被災事例から知られている。したがって、植生を持つ土堤表面の浸食が、流水に対する堤防の安全度を支配する最も重要な現象と考えられる。本研究は、流水に対する堤防安全度を明らかにするための基礎資料を得る目的で、植生を持つ地表面の浸食特性を調べ、耐浸食強度の評価を試みたものである。

2. 研究方法

現場において浸食特性を手軽に乱さない形で測定できる装置を開発し、それにより植生を持つ地表面の浸食特性を調べた。開発した試験器は、図1に示す通り地面に設置すると地表面を底面とする広長方形断面の管路ができる形をしたものである。この試験器に通水し、通水後に試験器の上蓋をとって地表面高を測定することにより浸食特性を調べる。水が地表面を通る部分は、高さ5cm、幅40cm、流下方向の長さ1mである。地表面高測定は、上下流端20cm、両端5cmを除いた長さ60cm、幅30cmの範囲で、横断方向1.5cmピッチ、流下方向5cmピッチの計260点で行った。調査地点は、江戸川57.3km右岸の高水敷上であり、その中で表層が植生により均一に覆われているところを選定した。この場所の土はシルトと砂から成っており、草の根は平均的に10cm程度の深さまで張っていた。試験は、試験器内の初期流速を1~3m/sの範囲で変えて24ケース行った。各ケースの試験中の流量は一定である。なおここで言う初期流速とは、初期地表面高から得られる通水前の平均的な通水断面積で流量を割った値である。

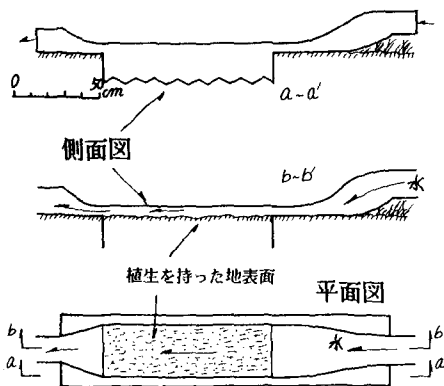


図1 浸食試験器概要図

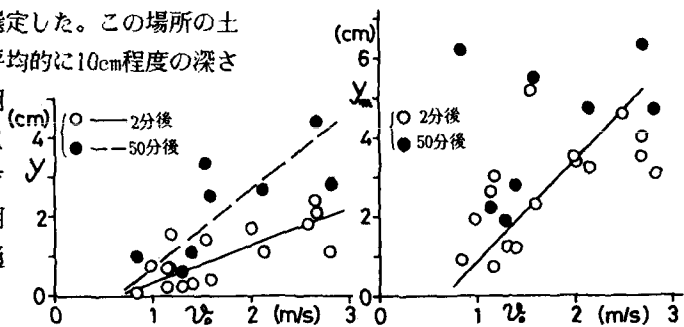


図2 2分後と50分後のyおよびymとu0との関係

3. 試験結果

3.1 浸食過程

通水後、根の間にある土粒子が次第に抜けていき、表面に根だけの層が現れ、この層の厚さが時間と共に大きくなるという浸食過程が、いずれのケースでも見られた。ただし、根の密度の場所的不均一によって、一部は土の抜け落ちが早く一部は遅いなど浸食の進行は必ずしも場所的に一様ではなかった。図2は、2分後と50分後の平均浸食深y及び最大浸食深ymと初期流速u0との関係を示したものである。yは、すべての測定点における浸食深の平均値である。図より、u0が大きいかほど浸食深が大きくなるという明確な傾向を持っており、浸食速度が流速に強く依存することがわか

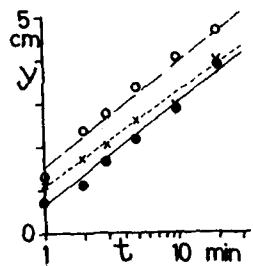


図3 y-t関係の代表例

る。平均浸食深 y と時間 t との関係は、通水初期に急激に平均浸食深が大きくなり以後浸食深の増加速度が小さくなるという傾向を持つ。図3に示すように、平均浸食深 y と時間 t との関係が近似的に次式で表現できる。

$$y = A \log t + B \dots (1)$$

ここで、 y の単位は [cm]、 t の単位は、[min] である。

3. 2 浸食速度を支配する因子とその影響度

(1)式を変形すると(2)式に示すように浸食速度 V と平均浸食深 y との関係が得られる。一方試験器内の流速 v と y との間には(3)式に示す関係が成立する。

$$V = dy/dt = A/\ln 10 \cdot \exp\{\ln 10/A \cdot (B - y)\} \dots (2)$$

$$v = v_0 / (1 + y/H) \dots (3)$$

ここで、 H : (初期通水断面積の縦断平均)/通水幅、である。これら2つの関係から、 $V \sim v \sim y$ 関係が得られる。図4は、実測値から求めた各ケースの A 、 B 値を用いて、 $v \sim y$ 面上に等浸食速度線(等 V 線)を描いたものである。なお等 V 線を引くにあたっては、平滑化を施している。図4より、浸食速度 V が浸食深と流速に支配されており、流速 v が小さく浸食深 y が大きい程 V が小さくなるのがわかる。 V が v だけでなく y にも影響を受けるのは、浸食深の増大に伴い土の耐浸食性が高まることと、土粒子が抜けたあとの根が流れを阻害することが原因だと考えられる。ところで図4からは、同一の流速 v の下での $V \sim y$ 関係を得ることができ、この関係は(4)式に良く適合する。

$$\log_{10} V = a y + b \dots (4)$$

(2)式と(4)式との比較により、 A 、 B 、 a 、 b 間には(5)式の関係が成立することがわかる。

$$A_0 = -1/a, \quad B_0 = -1 / \{a \cdot \ln 10 \cdot \{b \cdot \ln 10 - \ln(-1 / (a \cdot \ln 10))\}\} \dots (5)$$

なお(1)式の A 、 B と区別するため、添字 0 を付けている。(5)式を用いて各流速に対応する A_0 、 B_0 を計算することにより、今回の試験により得られた、一定の流速 v が流れる場合の平均的な $y \sim t$ 関係として(6)式が得られる。

$$y = (1.57v - 0.54) \log t + 0.37 \dots (6) \quad y \text{ [cm]、} v \text{ [m/s]、} t \text{ [min]}$$

上記が、今回試験対象とした場所における浸食特性を表現していると考えられる。実際の $y \sim t$ 関係は、(6)式の値を中心としてある範囲でばらつく。

4. 植生を持つ地表面の浸食限界推定法について

植生を持つ地表面の浸食過程を調べた実験によれば、流水により根の間の土粒子が抜け、この土粒子の離脱が根の層全体に及ぶと根がはがされて、急激に浸食が進む。このことから、植生による地表面の浸食防止効果がなくなるのは、流水による浸食深が根の層厚に達する時だと考えられる。この時根の下の土の耐浸食能力が根の層のそれにくらべて著しく小さい場合には、この段階で急激に浸食が進み、言わば「破壊」のような現象になると考えられる。以上の考察から、植生を持つ地表面の浸食限界を支配するのは、根の層厚に等しい浸食が起こるのに必要な「流速 v_{cr} 」と「時間 t_{cr} 」だと考えられる。 v_{cr} と t_{cr} は、 A_0 と B_0 が既知であれば求めることができる。図5は、 A_0 と B_0 を用いて得られた t_{cr} 、 v_{cr} と根の層厚との関係である。実際の洪水における高流速継続時間が数時間～十数時間のオーダーであることを考えると、図5より浸食限界を支配しているのは v_{cr} であることがわかる。例えば、根の層厚が10cmであれば、流速2m/sでは大きな浸食を受けないが、3m/sを越えると浸食危険度が増す。以上のように、本浸食試験により得られた結果は、浸食限界の推定に応用できると考えられる。

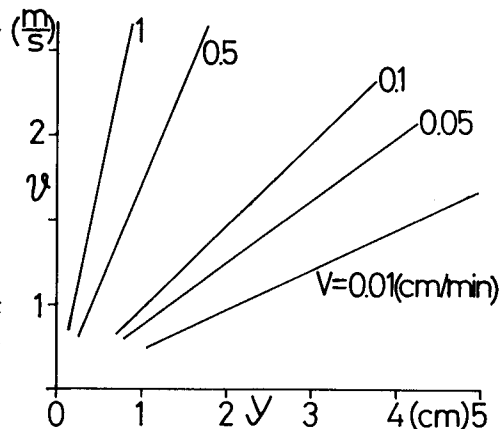


図4 等浸食速度線図

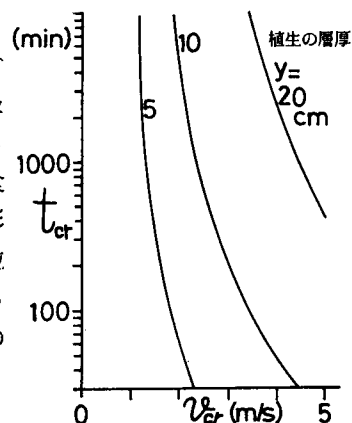


図5 浸食限界推定図