

II-188

侵食防止・植生繁茂を両立させるシート材の持つべき基本特性

建設省土木研究所 正会員 堀 謙吾
 建設省土木研究所 正会員 藤田光一
 建設省土木研究所 正会員 服部 敦
 建設省土木研究所 正会員 宇多高明

1. はじめに

最近、植生が相当大的な侵食防止機能を持ちうるということが明らかになりつつある¹⁾。しかし、植生を護岸の一部に代用させようとすると、植生が十分育つまでの間に受けるかもしれない流水外力への対処や、植生面全体の耐侵食強度を支配する弱点箇所の扱いが大きな技術的課題となる。本研究では、護岸設計において、植生を主材料に用いつつその侵食防止の信頼性を実用的なレベルまで向上させる手段として、侵食防止と植生繁茂を両立させるシート材の開発を考え、このようなシートの持つべき基本特性について検討を行った。

2. シート材開発の基本的な考え方

従来の吸い出し防止のためのシート材は、必要な透水性が保たれる範囲でシート層内の空隙径を小さくして、土砂の通過を妨げるという原理により侵食防止機能を発揮させている。しかし、シート層内の空隙径が小さくなることで根がシートを貫通できず、植生の繁茂は阻害されてしまう。侵食防止と植生繁茂を両立するシート材は、植生根が通過できる空隙径を確保しながら侵食防止機能を発揮できるものでなければならない。このことは、空隙径を土砂粒径よりも大きくせざるを得ず、シート下の土砂移動をシート材自体が阻害するので、シート層内の水理特性によって侵食防止を図ることを意味する。本研究では、シート層内で流速を減少させ、土砂に作用するせん断力を小さくさせることで侵食防止機能を発揮させるため、シート層の透過係数 k 、シート厚さ t が侵食防止機能の重要な要素になると考え検討を進めた。侵食防止機能の面からシート材の持つべき特性が把握できれば、あとは植生の繁茂（植生根の通根性）と施工性の観点からシート材の特性を考えれば良いため、全体としては図-1のような開発目標を見いだすことができる。今回は、侵食防止機能にかかわるシート材の基本特性について理論のおよび水理実験による検討を行った。

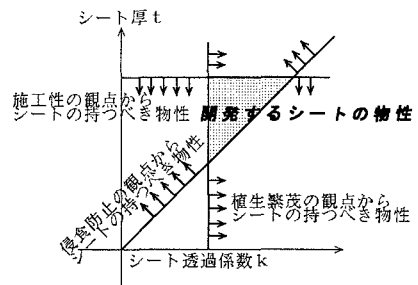


図-1 シートの開発目標

3. 侵食防止機能を満たすシート材特性

3. 1 シート材の侵食防止機能に関する理論的検討

シート材の侵食防止機能を満足する特性として、式(1)に示すように、主流からシート上面に伝わるせん断力が、シートの物性（シート厚さ t 、シート層内の代表空隙径 D 、シートの透過係数 k など）を通してシート底面でどれだけ低減するかという、せん断力の低減率 RE を用い、その低減率を一定値以下に抑えることを侵食防止機能としての開発目標に置いた。

$$RE = \frac{\tau_L}{\tau_u} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 τ_L ：シート底面でのせん断力、 τ_u ：シート上面でのせん断力を示す。シート上面、底面でのせん断力を求めるためにはシート層内の流速 U を知る必要があり、シート層内の流れの力学的つり合いを考え、無次元化（ $u = U/u_0$ 、 $\eta = z/D$ ）された式(2)をもって流速を算出した。

$$\frac{du}{d\eta} \cdot \frac{du^2}{d^2\eta} - Pu^2 = 0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

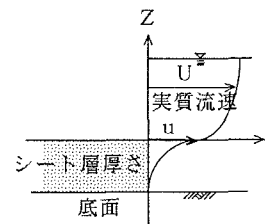


図-2 シート層内流れ模式

ここに u_0 ：シート上面での流速， z ：シートの厚さ方向距離である。式(2)左辺第二項の P は、シート材の空隙抵抗係数にかかわるパラメータで式(3)で表される。

$$P = \frac{g \cdot D \cdot \lambda^2}{2 \cdot k^2} \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 g ：重力加速度， λ ：シートの空隙率， k ：シートの透過係数を示す。図-3は式(1)より算出したシート材によるせん断力の低減率 RE をシート材の厚さ $A = t/D$ と空隙抵抗係数 P という2つの無次元パラメータとの関係で示した。図-3より空隙抵抗係数 P の変化は、せん断力の低減率 RE 値にさほど影響を与えないが、シート材の厚さ $A (= t/D)$ はせん断力の低減効果に大きく影響することが確認できた。このことから、 A の算出にとってシートの代表空隙径 D を正確に算定することが、今後シート材の侵食防止機能を把握する上で重要になる。

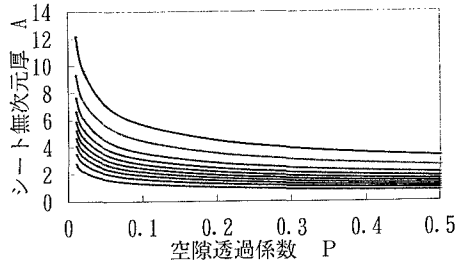


図-3 $RE \sim A \sim P$ 関係

3. 2 シート材の侵食防止機能に関する水理実験

シート層内の流速より、シートの代表空隙径 D を算出し、3. 1で用いた理論式の妥当性を検討した。実験は長さ14m，幅0.3m，高さ0.5mの矩形管水路を使用した。シート層内の流速の測定は、本来ならシートは非常に薄いためシート層内の流速を測定することは不可能である。そこで、今回はシート層内の流速が測れるように厚さを確保した拡大模型を用い、拡大模型の一部をカットすることによって、流速計がシート層内に入り込み流速の測定ができるようにした。また、実験ケースは、シートの材質，高さ，シート上面流速を変えた合計20ケースとした。今回は、1つの材質（同じ材質ならシートの代表空隙径 D ，空隙透過係数 P は同じ）に着目しシートの厚さ t ，シート上流速を変化させることで検討を行った。

①理論解の妥当性の検討

理論解の妥当性を検討するに際し、水理実験で測定されたシート層内の流速分布と3. 1の理論解を用いて、代表空隙径 D を変化させることによって実験値との流速分布をfittingさせた。シートの材質が同じであれば、シートの厚さ、シート上流速に関係なく D は同じ値となるはずである。その例として、図-4に同じシート材質で厚さおよび流速を変化させた場合、同じ $D (=0.35\text{cm})$ でfittingさせた結果を示す。図-4が示すように t/D が大きい場合、実験値と理論解は非常に良くfittingしている。ただし、 t/D が小さい場合には実験値と理論解に若干のずれが生じている。しかし、シート底面での du/dz に着目すると、 t/D が小さい場合 du/dz は非常に大きく、 t/D が大きい場合 du/dz は0に等しい。これは、 t/D によってせん断力が底面に及ぼす影響を良く表しており、せん断力を低減させることで侵食防止機能を発揮させる理論解の有効性を示している。

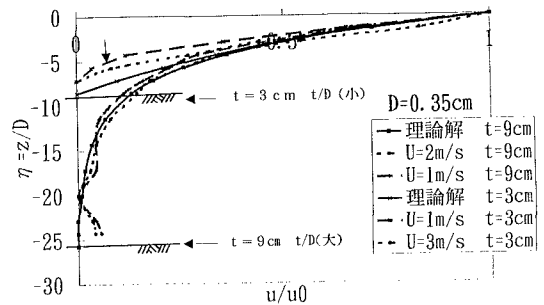


図-4 理論解と実験結果のfitting

実験値と理論解は非常に良くfittingしている。ただし、 t/D が小さい場合には実験値と理論解に若干のずれが生じている。しかし、シート底面での du/dz に着目すると、 t/D が小さい場合 du/dz は非常に大きく、 t/D が大きい場合 du/dz は0に等しい。これは、 t/D によってせん断力が底面に及ぼす影響を良く表しており、せん断力を低減させることで侵食防止機能を発揮させる理論解の有効性を示している。

② D の算定：今回、拡大模型実験から得られた流速分布と3. 1の理論解をfittingさせることによりシート層内の代表空隙径 D を算定した。図-4のシート材質からは0.35cmという D を算出したが、実際に使用した材料を観察すると、それほどかけ離れた値ではなかった。このことから、理論解が有効性を示している。

4. おわりに

今回は基礎的な水理実験からではあるが、シート材の特性と理論解の有効性を確認することができた。今後は更に、土砂の抜けだし現象や代表空隙径 D の算定を発展させて行きたい。

〈参考文献〉

- 例えば、服部ほか：根毛層が発揮する耐侵食性の評価方法 第51回土木学会年次学術講演会（1996）
- 山田ほか：浸透層上の流れの抵抗則に関する理論的研究 土木学会論文報告集 第325号(1982) pp 69～80