

シート材を用いた河岸防御法に関する研究

Study on a method of river bank protection using geosynthetic materials

浅利 修一*・池内 幸司**・小川 幸雄***・美寺 寿人****・松村 憲芳*****

Shuichi ASARI, Koji IKEUCHI, Yukio OGAWA, Hisato MITERA, Noriyosi MATSUMURA

1. はじめに

平成9年度を初年度とする第9次治水事業七箇年計画において、自然を活かした川づくりを行うことが示されている。また、その中では積極的な技術開発の推進が示されている。多自然型川づくりをより効果的に進めるためには環境保全型工法の開発が急務となっている。近年、多自然型川づくり工法として、豊かな自然環境を保全・創出するために、植生による護岸やコンクリート護岸への覆土が積極的に実施されている。また、最近堤体表面の植生の耐侵食性能が明らかになりつつある¹⁾。従来の研究では、植生の耐侵食性は植生の地下部分により発揮されることが分かっている。しかし、植生に耐侵食性があるとはいえ植物が十分生育するまでの間は流水により侵食されやすく、またモグラ穴などの植生欠損箇所から侵食が進行するとの報告もある²⁾。そこで、環境保全型工法として、シート材と植生を組み合わせた工法について研究を行った。シート材は、一般的に盛土の補強材、排水材、吸い出し防止材、軟弱地盤補強材等に用いられているものである。本研究は、侵食防止機能と植生を両立させるシート材活用による河岸防御工について検討したものである。平成8年度から9年度の2ヶ年にわたり実施した。平成8年度は現在市場に流通しているシート材を収集してシート材の物性、植生試験等の結果から護岸に使用可能なものを最終的に5種類選定した^{3) 4)}。また、選定したシート材を用いて、植生がない状態での管流水路での耐侵食性実験等を行っている。平成9年度は、シート材と植生を用いた場合の耐侵食性実験、新潟県関川での現地試験施工等を行い、耐侵食性能、現地適用性について検討を行った。

2. 工法の基本的考え方

シート材を用いた河岸防御法においてシート材を使用する基本的な考え方について以下に示す。

- (1) 植生護岸に裸地や欠損等の弱点がある場合、流水によりその箇所から侵食が進行する恐れがある。シート材によりその弱点を補強する。
- (2) コンクリート護岸に覆土を行い植生を行う場合があるが、植生初期段階においては、流水に侵食されやすいのでシート材により侵食を防止する。
- (3) 植生の根がシート材に活着することにより植生そのものの流水に対する耐力を向上させる。

キーワード：多自然型川づくり、植生、覆土、シート材、侵食防止

* (財) リバーフロント整備センター研究第二部主任研究員 (〒102-0075 東京都千代田区三番町3番地8)

** (財) リバーフロント整備センター研究第二部次長 (〒102-0075 東京都千代田区三番町3番地8)

*** 新潟県土木部管理課副参事 (〒950-8570 新潟県新光町4番地1)

**** 新潟県総務部新行政推進室主査 (〒950-8570 新潟県新光町4番地1)

***** (株) 建設技術研究所 (〒300-22 茨城県つくば市鬼ヶ窪1047-27)

3. 試験及び実験に用いたシート材

本研究で使用したシート材の基本形状及び材料特性について写真－1に示す。平成8年度に、258種類のシート材のカタログデータより評価を行い 20 種類に一次選定している。さらに、摩擦試験、ポット内室内生育試験、経済性等を考慮し5種類のシート材を二次選定した。

採用シート ●NO. 3	採用シート NO. 8	採用シート ●NO. 7	採用シート NO. 9	採用シート ●NO. 13
形 態 布	形 態 マット	形 態 マット	形 態 マット	形 態 グリット
目 合 い 1.0mm	目 合 い 2.0mm	目 合 い 2.0mm	目 合 い 9.5mm	目 合 い 2.5mm
厚 み 0.5mm	厚 み 10.0mm	厚 み 30.0mm	厚 み 20.0mm	厚 み 1.5mm
引張強度 $f=3.34$ (tf/m)	引張強度 $f=0.3$ (tf/m)	引張強度 $f=0.88$ (tf/m)	引張強度 $\mu=0.50$	引張強度 $f=0.4$ (tf/m)
摩擦係数 $\mu=0.49$	摩擦係数 $\mu=0.53$	摩擦係数 $\mu=0.56$		摩擦係数 $\mu=0.40$
採用シート NO. 15	採用シート ●NO. 1	採用シート NO. 18	採用シート NO. 6	採用シート ●NO. 14
形 態 グリット	形 態 グリット	形 態 グリット	形 態 グリット	形 態 グリット
目 合 い 5.0mm	目 合 い 7.0mm	目 合 い 8.0mm	目 合 い 17.0mm	目 合 い 25.0mm
厚 み 1.8mm	厚 み 0.5mm	厚 み 1.5mm	厚 み 1.0mm	厚 み 3.7mm
引張強度 $f=0.7$ (tf/m)	引張強度 $f=4.0$ (tf/m)	引張強度 $f=4.0$ (tf/m)	引張強度 $f=2.0$ (tf/m)	引張強度 $f=0.77$ (tf/m)
摩擦係数 $\mu=0.40$	摩擦係数 $\mu=0.43$	摩擦係数 $\mu=0.49$	摩擦係数 $\mu=0.47$	摩擦係数 $\mu=0.43$

写真－1 実験に用いたシート材

4. 供試体による引張試験

4. 1 試験条件

供試体作成の植生条件を表－1に示す。

シート材と植生の根の活着強さを引張強さ試験で評価を行った。本研究用に開発した図－1に示すような引張試験器を用い評価を行った。シート材と根の引張強さを以下の式に示す。

$$F = Ws + Wi + S + C + N \tag{1}$$

- F : 引張強さ
- Ws : 円筒内土の重量
- Wi : 円筒重量
- S : 円筒に作用する土の摩擦力
- C : 土の粘着力
- N : 根の活着強さ

4. 2 試験結果

シート材と根の引張り強さの関係を図－2に示す。播種後約2ヶ月目の第1日目の引張試験時には、全ての実験ケースで、植生が無しの場合の引張強度を上回っており、植生の根による効果と考えられる。シート材と植生を用いた3回目の調査結果をみると、最も引張強さが大きかったのはS－3（マット、目合い2mm、厚み30mm）のケースである。この材料は、30mm厚で繊維状の多孔質となっており根が十分に絡まったものと考えられる。また、グリット系材料S－5（グリット、目合い2.5mm、厚み1.5mm）、布系材料S－1（布、目合い1.0mm、厚み5mm）の引張強度も比較的大きくなっている。シート材の種類、目合い等と引張強度との関係については、今回の実験結果からは確認出来なかった。試験を行った供試体の数が少なかったことと、試験のばらつきが大きかったためと考える。

表－1 植生条件

項 目	試験条件
播種時期	平成9年7月16日 (現地播種時期と同じ)
試験期間	平成9年7月16日 平成9年11月11日
芝の種類	トールフェスク、ペレニアクグラス ケンタッキーブルーグラス ハムユタグラス
播種方法	種子吹き付け
土 壌	れき混じり土 (関川現地より搬入)
覆 土	7.5cm
供試体寸法	45cm × 90cm × 30cm の木製

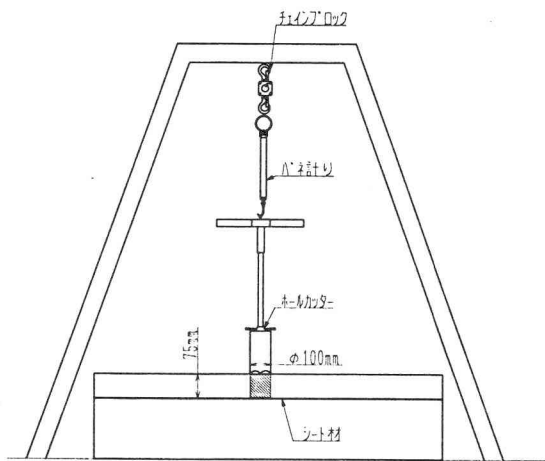


図-1 引張試験器

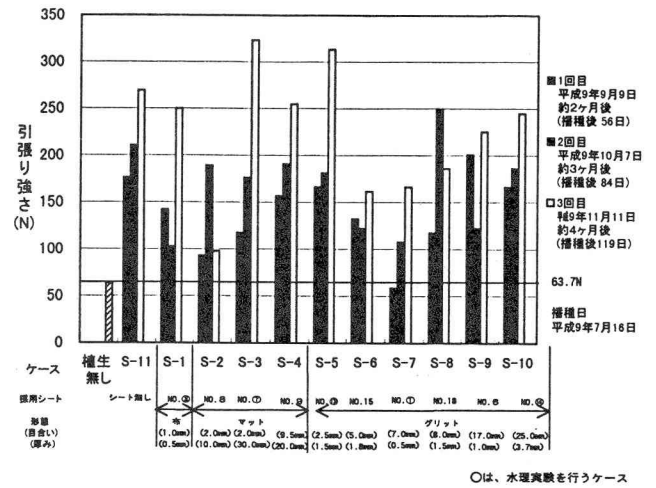


図-2 シート材と根の引張強さの関係

5. 水理実験

5.1 実験目的

水理実験は、供試体を図-3、写真-2に示す様な管流水路にセットし、シート材と植生の流水に対する耐侵食性について検討を行った。

5.2 実験方法

通水時間は、新潟県関川高田橋地点でのハイドログラフを参考に、1.0(m/sec)から7.0(m/sec)までを、1時間ごとに1.0(m/sec)づつ階段状に大きくした。実験装置の能力から、最大流入流速7.0(m/sec)まで実験が可能である。また、実験は供試体が破壊するまで行った。模型床面が露出する、あるいはシート材が破断した場合を破壊と定義した。なお、流入流速7.0(m/sec)の場合、破壊が起こるか、洗掘が定常状態になるまで試験を継続した。

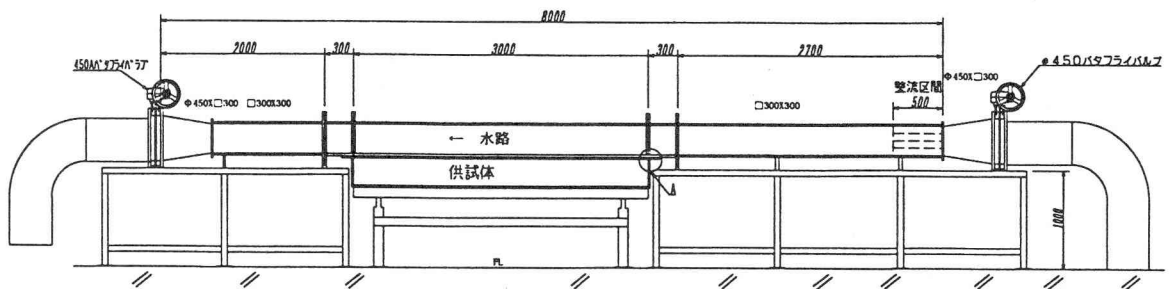


図-3 管流水路

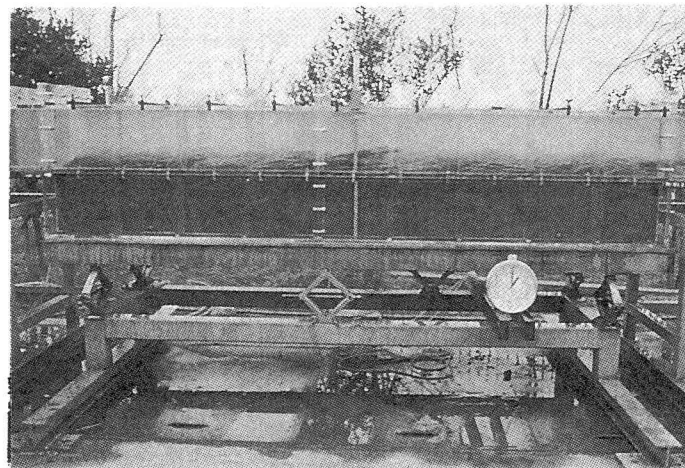


写真-2 水理実験状況

5. 3 供試体

播種時期は、現地試験施工を行っている新潟県関川と同時期である平成9年7月16日に行い、11月11日までおよそ4ヶ月間生育させた。実験に用いた土砂は関川現地より搬入し、覆土厚7.5(cm)とした。土砂の締め固めは山中式硬度計を用い管理を行った。植生は、平成8年度の検討結果から、関川現地において適当と判断した芝の混播（トールフェスク、ペレニアンライグラス、ケンタッキーブルーグラス、バミューダグラス）とした。播種方法は、種子散布工である。

5. 4 実験水路

実験水路の通水断面は、30(cm)×30(cm)の管水路である。実験に用いた供試体の大きさは、長さ3.0(m)、幅0.3(m)、高さ0.3(m)の容器とし、土砂の侵食状況が観察できるように透明なアクリル製とした。

5. 5 実験ケース

水理実験は5種類のシート材とシートを用いない場合について、それぞれモグラ穴を想定した芝の欠損がある場合とない場合について行った。

5. 6 測定方法

(1) 侵食深さ

通水後、左右の側壁沿いの洗掘深さを縦断方向に10(cm)の間隔で測定した。変化点については、逐次測定した。

(2) 流速

ピトー管を用いて、水路上流端及び供試体中央位置で通水開始直後に測定した。

5. 7 実験結果

実験結果を図-4に示す。横軸に流入流速、縦軸に平均洗掘深を示した。図中には、平成8年度に実施した、植生がない場合の実験ケースも示している。昨年度の実験結果から図中に示すように、シート材を用いることにより侵食の進行を抑制していることがわかる。また、シートを用いない場合について、植生の有無で比較すると、明らかに植生がある場合は、洗掘深さは小さくなっている。今回の実験でも、植生により地表面近傍の流速が減少することを確認している。これは植生による効果と考える。次にシート材の種類による侵食の程度について比較する。流入流速5.0(m/sec)までは、シート材の種類により差はない。流入流速5.0(m/sec)を越えると侵食が急激に進行する。流入流速が7.0(m/sec)の場合について比較すると、シート材を用いたケースの方が平均洗掘深が小さい。また、シート材の目合いが小さい程平均洗掘深が小さい傾向にある。また、シートNO.1（グリッド、目合い7.0mm）のケースを除いて概ね、平均洗掘深は7.5(cm)程度であり、シート材の覆土部分が侵食されシート材の下部分の侵食量は小さい。

図-5は破壊までの時間を示した図である。シートNo.7のマットの場合、他の実験ケースと比較し

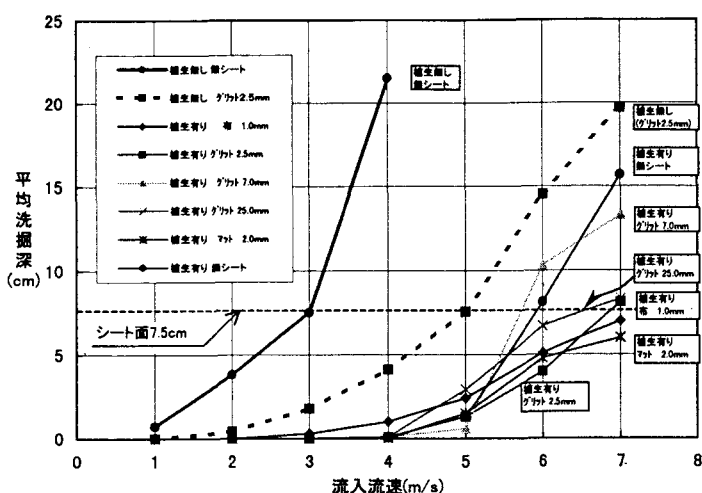


図-4 流入流速と平均洗掘深

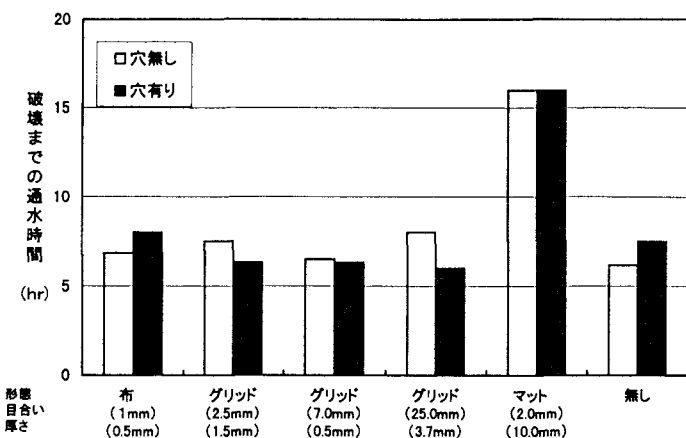


図-5 破壊までの通水時間

て、耐久性能が良いことがわかる。これは、グリット系のシート材の厚さが 0.5(mm)から 3.7(mm)なのに対して、マットは 30(mm)の厚さである。そのため、マット材そのものの効果により、流水によるマット材の下土の吸い出しを軽減したと考える。

今回の実験結果より、植生が無い場合概ね流入流速 3.0(m/sec)程度までシート材で侵食量を低減できることがわかった。また、流入流速 6.0(m/sec)から 7.0(m/sec)の領域でも、シート材の効果により侵食量が低減した。

シート材を用いた目的は、シート材そのものの効果による流水からの吸い出し防止効果と植生がシートに絡むことによる耐侵食性能の向上である。今回の実験結果からシート材による吸い出し防止効果が、目視結果等から認められた。植生のみでも 7.0(m/sec)程度流速まで耐え得ることが可能であることが、従来の実験で報告されているが、実際の現地では植生に欠損があると、そこから一気に破壊が進行する。このような破壊を防止するために植生とシート材を用いれば、かなりの流速まで耐えうるということが可能と考える。また、植生が十分繁茂するまでは、シート材により耐侵食性能を向上させることが可能である。

6. 現地試験施工

シート材の現地での有効性について検討するため、新潟県関川において現地試験施工を行った。図-6に現地断面図を示す。

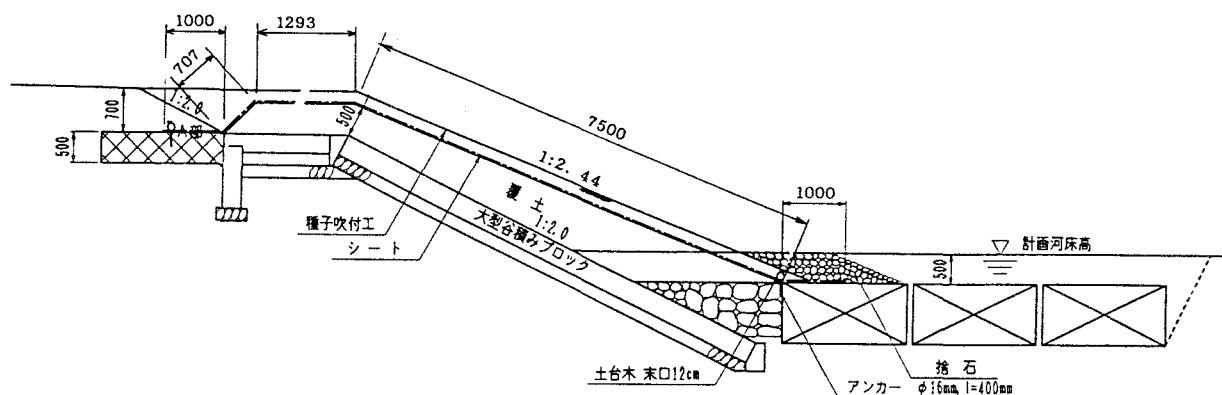


図-6 試験施工断面図

6. 1 条件

施工場所は新関川橋下流直線部 (18.0km~18.1km) で、施工延長 20(m)を6区間について行った。植生 トールフェスク、ペレニアンライグラス、ケンタッキーブルーグラス、バミューダグラスの混播とした。

6. 2 試験施工方法及び手順

施工手順を示す。

(1) 覆土工

既設の2割勾配の低水コンクリート護岸に 30(cm)~50(cm)程度の覆土を行った。法面勾配は 2.5 割である。

(2) シート敷設工

覆土の上にシート材を敷設した。シート

材の重なり幅は 10(cm)とした。また、シート材のずれ、めくれ防止のために重なりの中心部にアンカーピンを挿入した。形状は、φ16 の丸鋼鉄筋、長さ 40(cm)で、法面方向に 100(cm)間隔、縦断方向は 50(cm)で挿入した。

(3) 端部処理

覆土をするため、既設護岸と覆土区間の間に段差が生じ、流れの変化が生じる。ふとん籠で 10(m)のすり

付け区間を設けた。

(4) 捨て石工

法尻の捨て石高は現地で発生する石を用いた。高さは計画河床より 30 (cm) の高さとした。

(5) シート上の覆土

シート材の上に、5 (cm) ～10 (cm) の厚さで覆土を行った。

(6) 植生工

種子散布工で植生を行った。

(7) 仮締切工

植生が十分生育するまでに、流水により侵食されないよう仮締切を行った。

6. 3 調査方法

(1) 定期調査

定期調査は播種後 1 ヶ月毎に、1 区間当たり上流、中流、下流の法肩、法面中央、水際部の 9 ヶ所について草丈、草種、繁茂率について調査を行った。計 4 回の現地調査を行った。

(2) 引張強さ試験

植生とシート材の引張強さを測定した。播種後 4 ヶ月後の定期調査最終回の 11 月に実施した。

(3) 出水時の調査

昭和 60 年から平成 7 年までの平均年最大流量値 50 (m³/sec)、計画河床より 68 (cm) 以上の出水があった場合、痕跡水位、植生の脱落等について現地で調査することとした。

6. 4 現地調査結果

12 月 8 日に水位 60 (cm) 程度の出水があったが、植生の脱落、侵食、シート材の破損等の被害は見られなかった。今後引き続き現地調査を継続するものとする。

7. 今後の課題

(1) シート材の有効性

今回の水理実験の結果より、植生がない場合に、流入流速が 3.0 (m/sec) 程度まではシート材で侵食量を低減できることがわかった。また、流入流速 6.0 (m/sec) から 7.0 (m/sec) の領域においても、シート材により侵食がある程度押さえられることがわかった。ただし流入流速 4.0 ～5.0 (m/sec) の領域では、シート材の有無による差は見られなかった。植生による、表層近傍の流速低減効果が極めて大きかったためと考える。今後、耐侵食性と目合いの大きさ、厚み等との関係、植生に欠損がある場合のシートの有効性についても十分な検討が必要である。

(2) 現地試験施工

現地での試験施工を行ったものの、施工後出水がなく評価するまでの結果が得られなかった。今後さらに現地での調査を継続して行いたい。

参考文献

- 1) 服部敦、平舘治、藤田光一、宇多高明、関口利明、宮下光泰：堤防の耐侵食性の評価方法に関する研究、河道の水理と河川環境シンポジウム論文集、P73-80、1995.
- 2) 加藤一典、北川明、宇多高明：河川堤防の植生遷移と管理のあり方について、土木学会第 50 回年次学術講演会概要集、Ⅱ-115、p230-231、1995.
- 3) 水戸唯則、安田実：シート材を用いた河岸防御法の研究、リバーフロント研究所報告第 8 号、p119-129、1997.
- 4) 浅利修一、池内幸司、美寺寿人：シート材を用いた河岸防御法に関する基礎的研究、第 3 回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集、p99-106、1997.