侵食防止シート「セグローバ」

迫 部 唯 行 SAKOBE Tadayuki
ユニチカファイバー株式会社

1. 侵食防止シート“セグローバ”について

侵食防止シート「セグローバ」は国土交通省土木研究所（現国土技術政策総合研究所）河川研究室との共同研究「侵食防止および植生繁茂の制御機能を有するシート材に関する研究」により開発を行った¹⁾。

また同シートは業界に先駆け、平成15年3月付で財団法人土木研究センター発行の「侵食防止シートの性能評価証明書第0001号」を取得した²⁾。

この侵食防止シート「セグローバ」を用いた護岸工法は、芝や茅といった草本植物の耐侵食力を補強することにより、堤防法面や河岸の流水による侵食を防止する新しい法覆工である。この侵食防止シートを使用する工法では、護岸部の完全緑化が可能であり、堤防護岸部の緑化を目的とした多自然型川づくりに最適である。

開発の背景としては、平成9年6月に一部改正になった河川法、より実務的には平成8年度の策定された第9次治水事業7か年計画（コンクリート護岸のない（見えない、使わない）「自然を生かした川」を目指した川づくり）に河川特有の自然環境や景観に配慮した川づくりの理念・方針が示された。さらに災害復旧についても美しい山河を守る災害復旧基本方針（平成11年）が発刊され、新しい理念・方針に基づく川づくりを実践する際のベースとなる技術的方針が示されている。

このような背景の中で当社は国土交通省土木研究所（現国土技術政策研究所）河川研究室との共同研究「侵食

図1 侵食防止シート「セグローバ」

防止および植生繁茂の制御機能を有するシート材に関する研究」により侵食防止シート「セグローバ」の開発を行った。このシートは水流に抵抗し耐侵食性を向上させるため、また一定の空隙と厚みが保持できる当社独自の立体製編技術を駆使している。耐候性などの耐久性を考慮して黒原着モノフィラメントを主に用いており、また寸法安定性を付与させるために芯鞘構造を有するバインダー繊維（芯部：レギュラーポリエステル、鞘部：低融点ポリエステル）を一部に使用した。またシートの表裏層は土砂充填性を考慮してハニカム構造とした（図1）。

2. 侵食防止シートの侵食防止機構

シートによる侵食を防止する機構を模式的に図2に示す。シートを敷設した地面上に洪水流が作用すると、当初、植物が有する侵食耐力により地面の侵食が防止される。次に下記の段階を経て侵食を防止する。

- (1)植物が有する侵食耐力を上回る侵食力が作用すると、侵食弱点箇所において局所的に侵食が進行してシートが露出しはじめる。
- (2)シートの露出厚さは侵食の進行に伴って大きくなる。
- (3)侵食の進行に伴って地表面近傍の流速が急激に小さくなる。
- (4)侵食発生より小さい流速まで低減できる厚さ（最小必要厚さ）まで露出した時点で侵食が生じなくなり侵食防止が達成される。

図2 侵食防止シートの侵食防止機構

3. セグローバの設計について

耐侵食性の目安となる抵抗特性試験では透明アクリル製水路（長さ $L=1.8\text{m}$ 、巾 $B=0.3\text{m}$ 、高さ $h=45\sim70\text{mm}$ ）を用いて実験を行った。水路内に侵食防止シートを設置し、その上流から所定の流量を流下させ、水面勾配を測定した。立体編物の空隙率を偏させ、測定した結果を図3に示す。なお、透過係数 K とレイノルズ数 Re の算定式を下記に示す。

$$K=V/I^{1/2} \quad K: \text{透過係数(m/s)}$$

$$V: \text{見かけの平均流速(m/s)}$$

$$I: \text{エネルギー勾配 (水面勾配)}$$

$$Re=dV/\nu \quad Re: \text{レイノルズ数}$$

$$d: \text{材料の直径}$$

$$\nu: \text{動粘性係数 (水 } 0.0101\text{cm}^2/\text{s: } 20^\circ\text{C)}$$

図3より立体編物の空隙率が上がるにつれ、レイノルズ数 Re と透過係数 K がともに高くなることが認められた。これは抵抗特性に最も寄与するパイル糸が編み組織およびバインダー繊維の効果により、固定されていることを示している。次に立体編物の繊維径 d とシート厚みについてシミュレーションした結果を図4に示す。図4から編厚みの限界と原糸・編生産性および施工性（土砂充填性）などを考慮し、シート厚 t は 30mm 、繊維径 d が 0.32mm （1100T）の立体編物「セグローバ」を設計した。

図3 立体編物の透過係数 K とレイノルズ数 Re の関係

図4 立体編物の繊維径 d とシート厚さ t の関係

4. 侵食防止シート「セグローバ」の物性^{1), 3)}

侵食防止シートに要求される性能としては(1)耐侵食性、(2)土砂充填性、(3)機械的特性、(4)施工性、(5)耐久性および(6)安全性の6点が挙げられ、次にその詳細について述べる。

(1)耐侵食性 耐侵食性については国土交通省国土技術政策総合研究所河川屋外実験場高速流水路（長さ $L=20\text{m}$ 、巾 $B=1.0\text{m}$ 、高さ $h=0.8\text{m}$ ）を用いて、流速を変化させて実験を行った。その結果、当社の侵食防止シート「セグローバ」は流速 4.0m/s の耐侵食性があることが確認された。

(2)土砂充填性 スランプ値 25cm の土砂を侵食防止シート上にのせ、ハンドコンパクターにより充填した。その結果、侵食防止シート「セグローバ」は表裏の組織がハニカム構造を有しているため、十分に充填されることが認められた。

(3)機械的特性

①耐損傷性（引掛け強度）試験片（巾 10cm 、長さ 20cm ）をフック間距離 10cm 、引張速度 20cm/min としてフックで引っ張った際の最大強度を耐損傷性とした。その結果、スベック 150N （作業員がシート類を持ち上げ移動するときに加える力）に対して 250N であることが確認された。

②耐衝撃性 平地に敷設したシートの高さ 1m 上方より剣先スコップ（重量約 1.7kg ）を落下させ、その状況を確認したが、侵食防止シート「セグローバ」の損傷は見受けられなかった。

③圧縮に対する復元率（重機などが乗り上げることを想定） 100kPa の荷重下で 30秒 、 1時間 および 24時間 放置したときの厚さ復元率は 95% を保っていることが認められた。

(4)耐久性

①耐候性 侵食防止シートは通常土砂に埋設されているが、不慮の事故でシートが地表面に露出することを想定して試験を行った。その結果を図5に示す。

図5 侵食防止シート「セグローバ」の耐候による劣化

図5から1年間暴露されても引掛強度および切断伸度ともに93%を保持していることが確認された。

②耐熱耐寒性 全国各地で使用されることから-20～70℃まで温度領域下で24時間放置後の強度がどのように変化するかを測定した。結果を図6に示す。ポリエチレンテレフタレートガラス転移点67℃を超えた70℃の雰囲気下で引掛け強度が86%まで低下することが確認されたが、スペックである150Nをはるかに超える値であった。

③その他の耐久性試験 各地で使用されるため土壌のPHがシートに与える影響を耐薬品性試験で、数十年使用されることを想定し、四季の温度差がシートに与える影響を耐凍結・融解性試験で、また腐葉土中の微生物などによる影響を耐土壌性試験で確認した。その他の耐久性試験結果を表1に示す。表1から侵食防止シート「セグローバ」はいずれの試験でも99%以上の引掛強度保持率を示し、十分な耐久性を有することが示唆された。

(5) 安全性 安全性については廃棄時の焼却されることを想定して、燃焼時に発生するダイオキシン類の発生量を測定した。測定方法としては小型陶芸釜内に100gの試料を設置し、着火後から釜内の温度が700℃まで上昇する間に発生するガスを連続採取した。その結果、侵食防止シート「セグローバ」ではPCDD（ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン）およびPCDF（ポリ塩化ジベンゾフラン）は検出下限の0.01pg-TEQ/m³以下であり、CO-PCB（コプラナーポリ塩化ビフェニル）は0.05 pg-TEQ/m³であった。これら3物質の排出量をすべて加算しても、ダ

イオキシン対策特別措置法の環境基準（0.6 pg-TEQ/m³）をはるかに下回ることが示された。また前述のように侵食防止シート「セグローバ」を作製するに当たり、塩素を含有する物質は全く使用していないが、燃焼試験でこれらの塩化物質が検出されるのは運送などのルートで塩化物質が付着したものと推定される。

(6) 施工性 施工性についてはシートを敷設する際に端部を90°に曲げて行うための端部処理性、またシートを固定するためにピン打設試験また作業員がシート上面で作業を行う作業性試験が挙げられるが、いずれの試験でも侵食防止シート「セグローバ」は柔軟であるため、すべての項目で支障のないものであった。また敷設時にシートの自重で伸長すると難であるが、表裏およびパイルを構成するモノフィラメントを芯鞘構造の熱接着型繊維でしっかり固定することにより、伸長を制限する効果が確認された。

5. 侵食防止シート「セグローバ」を用いた実施工例

実施工については準備工程（施工計画→施工準備→土工）、シート敷設工程（敷設→固定→接続→端部の埋設）および仕上げ工程（土砂充填工→植生工）の3工程で行われる（代表的な写真を図7から図9に示す）。

6. 侵食防止シート「セグローバ」の特徴

最後に侵食防止シート「セグローバ」の特徴をまとめて示す。

- 耐侵食性は従来から使用されているコンクリートブロックマットとほぼ同等であり、限界流速が4.0m/sまでの耐侵食性がある。
- 柔軟であるため地面にフレキシブルに密着し施工性が優れている。
- シート表面がハニカム構造であり、また空隙率が96%であるため土砂充填性が優れている。
- 従来のコンクリートブロックマット護岸工法に比べて工期の短縮および建設機械の使用を低減できるため施工時の消費エネルギーを削減できる。

図6 温度変化に伴う引掛強度と伸度の関係

表1 耐薬品性、耐凍結融解性、耐土壌性

試験項目	試験方法	結果（引掛強度保持率）
耐薬品性	1) 耐アルカリ性 (Ca(OH) ₂ 0.1%) 2) 耐酸性 (H ₂ SO ₄ 0.1%) 浸漬時間50±2℃×250時間	1) 99% 2) 99%
耐凍結・融解性	1サイクル 凍結 (-20℃)×3時間 融解 (70℃)×3時間 サイクル数：50,100回	50回：99% 100回：99%
耐土壌性	腐葉土中に3,6,9ヶ月間埋没	3,6,9ヶ月：99%

図7 シート敷設

図8 土砂充填

- 資材レベルの環境負荷を比較するとコンクリートブロックマットの二酸化炭素排出量が $9.06 \times 10^{-2} \text{t/m}^2$ であるのに対して^{4), 5)}, 「セグローバ」は $6.35 \times 10^{-3} \text{t/m}^2$ であるため、二酸化炭素排出量は約90%の削減効果が期待される。

参考文献

- 1) 国土交通省土木研究所河川部河川研究室, 旭化成(株), 太陽工業(株), 東洋紡績(株), 東レ(株), 前田工繊(株), 三井化学産資(株), 三菱化学産資(株), 三菱樹脂(株), ユニチカファイバー(株), 共同研究報告書, 第265号, 2001, 「植生の耐侵食機能を活用した侵食防止シートの開発に関する共同開発報告書」
- 2) (財)土木研究センター, 性能評価報告書, 侵性証第0001号, 2003, 侵食防止シート「セグローバ」
- 3) 国土交通省土木研究所河川部河川研究室, 旭化成(株), 太陽工業(株), 東洋紡績(株), 東レ(株), 前田工繊(株), 三井化学産資(株), 三菱化学産資(株), 三菱樹脂(株), ユニチカファイバー(株), 共同研究報告書, 第265号, 2001, 「植生の耐侵食機能を活用した侵食防止シートの開発に関する共同開発報告書」(別冊)

図9 植生後

- 4) 土木研究所資料第3167号, 1993, 2, 資源・エネルギー消費, 環境負荷の策定手法の開発と実態調査報告書(その1)
- 5) 島谷幸宏, 小野和憲, 萱場祐一, 土木技術材料, 40, No.6, 56-61(1998)

迫部唯行 (さこべ ただゆき)

1989年, 信州大学大学院繊維学研究科修士課程修了, 同年, ユニチカ(株)入社, 産業用繊維資材の製品開発に従事。現在, ユニチカファイバー(株)生産開発部開発センターマネージャー。