

## ◆ 安全・安心を支える技術開発特集 ◆

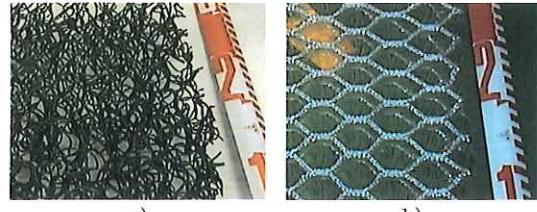
## 植生の耐侵食機能を活用した侵食防止シートの開発

藤田光一\* 服部 敦\*\*

## 1. はじめに

粘性土や植物には「場合」によっては洪水時でも侵食の防止が可能なほどの侵食耐力があることが知られている。どのような「場合」であれば侵食の防止が可能かを明らかにすることは、植生が繁茂する護岸なしの堤防や自然河岸の侵食に対する安全性の評価と、覆土工の設計に資する重要な情報となる。近年、土や草本植物（シバ、チガヤ、ヨシなど）が本来有する侵食防止効果の評価手法が開発され<sup>1),2),3)</sup>、これらの手法を活用して自然河岸や護岸のない堤防のり面などの侵食耐力がある程度見積もれるようになっている<sup>4),5)</sup>。また、シバやチガヤなどの植物の場合、一様な密度で繁茂した状態であれば護岸に匹敵する高い耐侵食性を有するものの、モグラ孔や繁茂密度が小さい場所など何らかの理由で侵食防止効果が著しく小さい弱点箇所が形成されると、そこから侵食が進行することがわかっている<sup>4)</sup>。このように植物はコンクリートブロックや石材のように空間的に均一かつ時間的に一定したものではないので、侵食防止材としての信頼性が低いという短所を持っている。この課題を解消し、草本植物をより積極的に活用できるようにすることを目的として、河川研究室では侵食防止シートとそれを用いた侵食防御工法の開発を行っている<sup>6)</sup>（平成13年度初頭までに実用化する予定）。

本文は、この開発を進める上で重要な課題の一つであった侵食防止シートへの土砂充填に関する成果をとりまとめたものである。まず最初に、侵食防止シート（以下、シートと呼ぶ）の構造設置状況と侵食防止効果の発揮機構について説明し、シート内への土砂の充填が侵食防止効果の確実な発揮のために重要であることを示す。次に、シート開発上の本質的な課題（充填性を優先させると“すかすか”なシートがよいが、その反面、侵食防止効果が低下する）の解決のために本研究で開発した最適な土砂充填工法と、この工法を用いて完全



a) b)  
写真-1 開発中のシートの一例



写真-2 シートの設置状況

充填が可能となるシート諸元（構成材料の直径、空隙率、厚さ）の設定法について示す。以上の知見を総合した結果、土砂充填性と侵食防止効果が両立するシートの諸元設定法が提案できた。この成果は、シート構造の設計に用いる最も重要な情報である。

## 2. 侵食防止シートの概要と土砂充填の重要性

## 2.1 シートの構造と設置状況

現在開発を進めている侵食防止シートの一例を写真-1に示す。いずれも糸状の熱可塑性樹脂を構成材とした厚さ1~5cm、空隙率90~99%程度のシートであり、人力によって簡単に折り曲げられる程度の柔軟性を有する。シートは、その構成材が流水抵抗となりシート内の流れを地面の侵食が発生しない程度の低速に抑える機能を有する。この機能はシートの構成材の直径と空隙率によって調節可能なので、シートの設置場所に作用する侵食外力の大きさに応じて適切なシートが選択できる。

シートは、写真-2に示すように地表面から3~5cm程度の位置に埋設する。地表面には、草本植物（写真-2ではノシバ）を繁茂させる。シート内には土砂が充填されており、根茎の伸長は全く阻害されない。植物の根茎はシート内からその

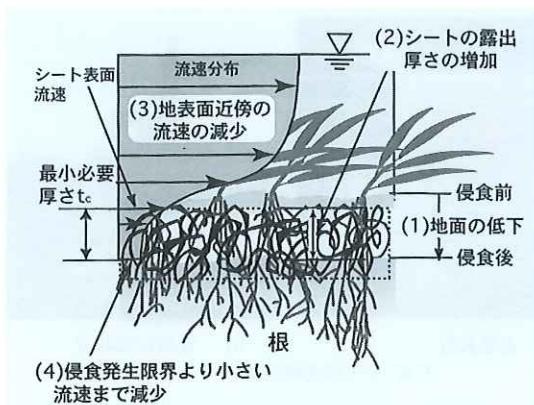


図-1 侵食防止効果の発揮機構

下側まで伸長できるので、シートが埋設されている地面上での植物繁茂の状態は、一見しただけではシートなしの状態とほとんど差異がない。

## 2.2 侵食防止効果の発揮機構

シートは、吸い出し防止材（ジオテキスタイルシート）とは異なり、砂粒よりもはるかに大きい空隙を有する多孔質なものである（写真-1参照）。このような“すかすか”なシートが侵食防止効果をどのように発揮するのか、図-1を用いて簡単に説明する。シートを埋設した地面上に洪水流が作用すると、最初、植物が有する侵食耐力によって地面の侵食が防止される。それを少し上回る侵食力が作用するようになると、植物の繁茂密度が粗な部分において局所的に侵食が進行してシートが露出し始める（図-1の（1））。シートの露出厚さは、侵食の進行に伴って大きくなる（図-1の（2））。それに伴って、地表面近傍の流速が急激に小さくなる（図-1の（3））。侵食発生限界より小さい流速まで低減できる厚さ $t_c$ （以下、最小必要厚さと呼ぶ）までシートが露出した時点で、侵食が生じなくなり（図-1の（4））、侵食防止が達成される。このように、シートは“すかすか”ではあるが、地面に作用する侵食力を侵食発生限界より小さくできるようにシートの厚さ、構成材の直径、空隙率が調整されているので侵食防止が可能となる。

植物が有する侵食耐力の発生原理は、シートと同じであり<sup>1)</sup>、植物の茎や葉または根茎がシートと同様に流速低減効果を発揮する。ただ、植物にはモグラ孔や繁茂密度が小さい箇所に代表される弱点箇所があり、そこでは流速低減効果が小さくなる。その部分をシートが補強することで、面的に均一かつ時間的にも一定した流速低減効果を有する侵食防止材として植物を利用できるようになる。

吸い出し防止材やコンクリートブロックなどに代表される被覆材の上に覆土工を施した侵食防御工では、覆土が侵食を受けたときに被覆材が露出して、被覆材下の地面を流れから“遮蔽”することで侵食防止を行う。したがって、被覆材が露出した時点で、侵食防止の要因が植物の流速低減効果から被覆材の遮蔽による侵食防止に変化する。この点がシートと大きく異なる点である。

## 2.3 シートの適用条件と土砂充填の重要性

流速低減効果を活用したシートには、その侵食防止機構に起因する適用限界がある。シートの適用条件とその理由を以下に示す。

- 1) 地面に作用する侵食力（流速）は、図-1に示すように地面とほぼ平行な主流速分布となる流れ場であるときのみ、シートによって低減可能である。侵食力の低減が困難である、地面に衝突するような流れ場となる場合（例えば、堰など横断構造物下流の段落ち流れ部）へは適用できない。
- 2) シート内への土砂充填と草本植物の繁茂が不可能な場所への適用は避けるべきである（理由は後述する）。そのような場所として平水時においても水面以下となる場所が挙げられる。

適用条件1)は、“すかすか”的なシートでは十分な流速低減が不可能な流況を適用外としたものである。また、適用条件2)は、シートと地面の間に隙間が生じるのを防止するための条件である。シートと地面の間に隙間が生じると、隙間に沿って侵食発生限界より高流速の流れが発生し、その結果として隙間に面した地面の侵食が進行する危険性がある。このような危険性の排除のために本工法では、写真-2に示したように、シート内に土砂を充填するとともに、植物を繁茂させることで、隙間発生の防止を行うこととしている。隙間の発生原因として以下の2種類が考えられる。

- a) 施工時に形成される隙間。例) シートを敷設する地面は、シートと密着するように凹凸が無いようあらかじめ整形する必要があるが、完全を期するのは施工管理上、かなり難しい。その結果として、部分的には隙間が形成される。
- b) 洪水流を受けている最中に生じる隙間。例) シートは約1m間隔で打設するピンによって地面に固定することになっているが、ピンが打設されていない場所では揚力によりシートが持ち上げられて隙間が形成される懸念がある。

a)のような隙間は、シートへの土砂充填を実施する際に、シート下の隙間にも土砂が到達するよう



写真-3 搅拌機と圧送ポンプ



a) 充填装置



b) 充填作業状況

に充填を行うことで埋める。また、b) のような隙間の発生防止は、シート上に繁茂した植物の根茎がシート下の地中にまで達して、この根茎がピンと同等の機能を果たすことにより達成される。このように根茎を発達させるためにも、シート内に土砂を充填する必要がある。以上の理由により、写真-2 に示したようにシート内に土砂を完全に充填することが、侵食防止効果を発揮させるために必要不可欠であることがわかる。

### 3. 土砂充填工法の開発

シートは、写真-1 に示したように“すかすか”ではあるが、その空隙に土砂を充填するには、特別な工夫が必要であった。ここでは、新しく開発した充填工法を示す。

#### 3.1 充填用の土砂

充填用の土砂は、植物の根茎発達を阻害しない性質のものである必要がある。この観点からも、また充填しやすさの観点からも空隙径より粒径が大きい礫は不適であり、礫が混入しない砂質土が最適である。山砂では細粒分(粒径 0.075mm 以下)が大きな塊となっている場合があり、これも礫と同じ理由で好ましくない。礫や細粒分の塊は充填に先立って除去しておく必要がある。塊状でなくても細粒分を多く含有する砂質土は、3.2 に後述するように使用不可となる場合がある。

#### 3.2 液状化を利用した充填工法

シートに土砂を充填する工法として、コンクリートのスランプ試験と全く同様な方法で測定したスランプ値が 23~27cm になるように含水比を調整した流動性の高い土砂(以下、高含水比土砂と呼ぶ)をシート上に載せ、土砂に振動を加えて液状化させ、空隙内に“流し込む”方式が最良であることが、他の工法との比較実験<sup>注1)</sup>から明らかとなった。このスランプ値は液状化すること以外に、“勾配 1:2 の斜面上に敷設したシート上に

シート厚さと同じ厚さ(単位面積あたりのシートの全空隙を土砂で満杯にするのに必要な土砂量)で容易に高含水比土砂を盛れる”ように流動性を抑えることを条件として実験的に設定した。過度に含水率を高くした高含水比土砂は、目標の厚さまで盛ろうとしても、流動性が非常に高いために薄く広がり、厚さが確保できない。このような高含水比土砂は、シートの空隙を満杯にするのに必要な土砂量を 1 回でシート上に盛れないと必然的に複数回の充填作業を行うこととなり、充填作業の非効率化をまねくので使用を避けなければならない。

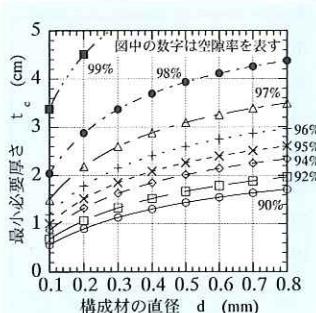
なお、細粒分を多く含む砂質土については、上記のスランプ値にするためにより多くの水を必要とすること、さらに充填終了後、水分が乾燥すると収縮ひび割れなどが発生し、シートと地面の間に隙間が生じやすくなることから、充填用の土砂として好ましくない。含水比が 60% 以下でスランプ値が 23~27cm に達する土砂であれば、上記の問題が生じないことを実験において確認している。これ以上の含水比とする必要がある土砂を用いる場合には、試験施工を行って上記の問題が生じないことを確認する必要がある。

#### 3.3 土砂充填に用いる機器と施工法

シート内への土砂充填工法は、高含水比土砂の配合、運搬、充填の 3 工程からなる。以下では、

注 1) 比較に用いた他の充填方法としては、1) 土砂に圧力をかけて“押し込む”方法と、2) さらさらの乾燥砂を“流し込む”方法について検討した。1) の押し込み法としては、シート上に土砂を盛ったうえで振動コンパクタを走行させる方法を検討した。その結果、ある程度の充填が可能ではあったが、多くの場合、シートが圧力に耐えられず潰れてしまうために完全に充填できないことがわかり、この方法が不適であることが判明した。

2) の乾燥砂の場合、シートも乾燥した状態であれば、非常に良好に充填できる。しかし、現場への適用を考えると、シートの敷設後に地面からの水分の蒸発や降雨などによってシートが水分を含むケースが考えられること、その場合にシートを乾燥状態に戻すのが困難であること、またそもそも乾燥砂を大量に入手するのが困難なことから、実現性が乏しい。

図-2  $d$ ,  $\lambda_p$ ,  $t_c$  の関係図の一例

この工程を 1) 配合・運搬と 2) 充填に分けて、各工程で使用する機器と施工法について説明する。なお、土砂充填に用いる施工機器は、高含水比土砂の充填装置(写真-4a)参照)を除きすべて既往の機器を活用した。

#### (1) 配合・運搬工

写真-3に高含水比土砂の配合・運搬に用いた機器を示す。いずれの機器もコンクリート用のものであり、配合には 2 漏式の攪拌機、運搬には高粘性用のグラウトポンプを利用した。これらの機器を用いた工程は以下のとおりである。

- 1) 攪拌機内に、スランプ値が 23~27cm になるように土砂と水を供給し、次に攪拌して高含水比土砂とする。
- 2) 高含水比土砂を攪拌槽に設けられた流出口からグラウトポンプの貯留槽に流し込む。
- 3) グラウトポンプにより貯留槽からシート上に高含水比土砂を圧送する。圧送管の出口を作業員が持ち歩いて、シート上にまんべんなく積載する。

#### (2) 充填工

上記工程が終了した後、高含水比土砂に振動を加えるが、その作業に用いる充填装置を写真-4a)に示す。この装置は、一辺が 1m の鋼製充填板とその中央に設置された振動機(コンクリート型枠に振動を加え、締め固めるのに用いる自振モーター)によって構成される。この装置を写真-4b)に示すようにバックホウに取り付け、振動機を作動させながら充填板をシート面から離れないよう(つまり、写真-4a)に示した状態を保ちながら)斜面下部から持ち上げていく。充填終了後、シート上に 1~5cm 程度の客土をし、張りシバなど適当な方法で草本植物を繁茂させれば完成である。

### 4. 土砂充填が可能なシート諸元の設定法

土砂充填は第 3 章に示したように液状化した高

表-1 想定した河道・出水条件

高水敷上の水深(m)	3 ~ 4
高水敷の勾配	1/2,500 ~ 1/5,000
マニングの粗度係数	0.03 ~ 0.04
平均流速(m/s)	0.7 ~ 1.7
摩擦速度(m/s)	0.08 ~ 0.13
冠水時間(hour)	10 ~ 30

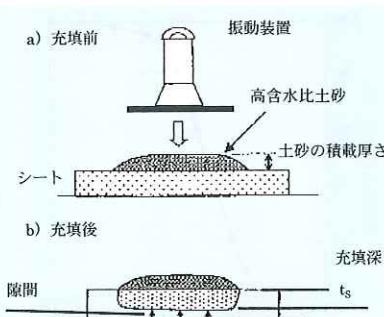


図-3 土砂充填実験

含水比土砂を“流し込む”ことで行うが、流速低減効果の大きい(つまり空隙率が小さい)シートほど流し込みにくくなる。ここでは、所定の侵食防止効果を得るためのシート諸元設定法(4.1)と土砂充填が完全に行えるシート諸元設定法(4.2)をそれぞれ提案し、これらの設定法を活用して土砂充填性と侵食防止効果の両立という課題について検討した結果(4.3)を示す。

#### 4.1 流速低減効果とシート厚さ

シートの形状に関する特徴は、構造、構成材の直径  $d$ 、空隙率  $\lambda_p$ 、厚さ  $t$  によって表すことができる。シートの流速低減効果は、構造、 $d$ 、 $\lambda_p$  に応じて変化する。ある一定の構造の場合、 $d$  または  $\lambda_p$  が小さいシートほど、流速低減効果が大きくなる。この理由を以下に簡単に説明する。流速低減効果はシートの構成材が流体抵抗となるために発揮されるが、このことはシート単位体積あたりに含まれる構成材に作用する流体抵抗の総和が大きいほど、流速低減効果も増加することを意味する。流体抵抗は流れを遮蔽する物体の面積に伴って増加するので、流体抵抗の総和がシートの単位体積あたりに含まれるシート構成材の遮蔽面積(図-1に示した流れ方向への構成材の投影面積)に伴って増加するといえる。つまり、シート単位体積あたりに含まれる構成材の遮蔽面積に伴って流速低減効果が増加する。単位体積あたりの遮蔽面積は、 $d$  を固定して考えれば、 $\lambda_p$  が小さいほど大きくなる。また、 $\lambda_p$  を固定(シート単位体積あたりに含まれる構成材の体積を固定)して考えると、直径が小さい構成材ほど表面積が多くなり、それに応じて遮蔽面積も増加する。以上より、シートの流速低減効果は、構造が一定であれば、 $d$  または  $\lambda_p$  の減少に伴って大きくなることが理解できる。また、流速低減効果が大きいと、図-1に示したシート表面の流速が小さくなり、そのため最小必要

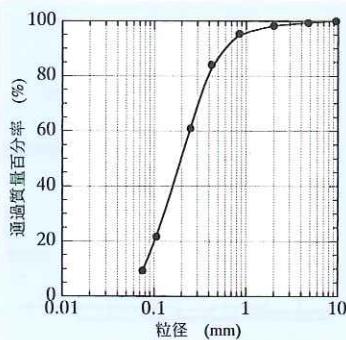
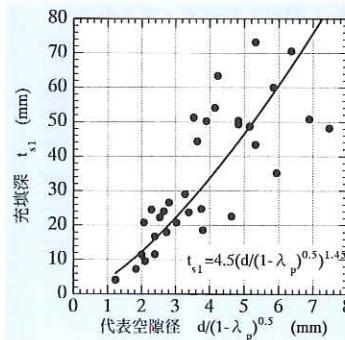
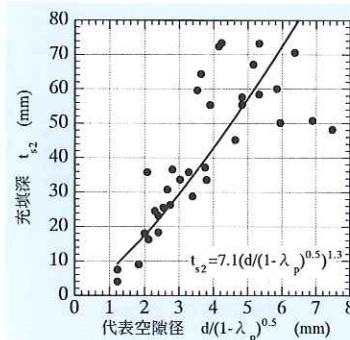


図-4 実験に用いた砂の粒度分布



1) 充填回数1回の場合



2) 充填回数2回の場合

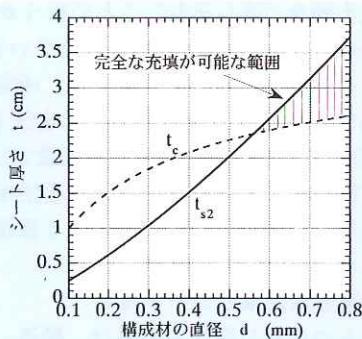


図-6 土砂充填が可能なシート (空隙率95%の場合)

厚さ  $t_c$  (2.2 参照) がより小さくなる。したがって、侵食防止が可能な最大侵食力 (流速) が同一のシートであっても、 $d$  と  $\lambda_p$  が小さいシートほど  $t_c$  も小さくなる。この関係を定量的に評価した一例を図-2 に示す。図-2 は、写真-1a) に示す構造を有するシートを対象として、表-1 に示す河道出水条件を参考にして堤防のり面に作用する代表的な侵食力<sup>注2)</sup>を摩擦速度 0.1m/s と想定して、これに對して侵食防止が可能なシートの  $d$ ,  $\lambda_p$ ,  $t_c$  の関係を示したものである<sup>注3)</sup>。 $d$  と  $\lambda_p$  の減少に伴つて  $t_c$  も小さくなる関係が明確に現れていることが

注 2) 計画規模の洪水時に生じるであろう高水敷上の水理量であり、高水敷の幅は十分に広く、高水敷上の流速がマニング式によって近似的に計算できるとして推定した。詳細については服部ほか<sup>7)</sup>を参照されたい。

注 3)  $d$ ,  $\lambda_p$ ,  $t_c$  の関係を求めた条件は、粒径 0.5mm の非粘着性土で構成される勾配 1:2 の堤防のり面に全く植生が繁茂しない状態でシートが敷設されている状況を想定して設定した。この条件は、のり面上の砂粒子が非常に流送されやすい (限界掃流力が小さい) うえに、本来發揮されるはずの植物の耐侵食力を考慮しないという、現場での状況に比較して侵食が非常に生じやすい条件といえる。このような条件に対してシートのみによって侵食防止を行おうとしたため、表-1 に示したように流速が 0.7~1.7m/s と比較的小さい値となっている (張芝の侵食限界流速は最低でも 2m/s 程度<sup>8)</sup> である)。しかし表-1 の流速は、シートの侵食限界流速を表すものではなく、かなり侵食が生じやすい上記のような条件を想定してシートの侵食防止能力を具体的に数値化した一つの参考指標として示したものである。侵食防止シートを用いた防護工の設計に用いる侵食限界流速の設定法については、検討中であります機会を改めて紹介する予定である。

確かめられる。

#### 4.2 土砂充填性とシート厚さ

液状化した高含水比土砂を“流し込む”と、図-3 b) に模式的に示すようにシート表面から深さ  $t_s$  までは完全に充填されるが、それより下側では土砂充填されない“隙間”が生じる場合があることがわかった。 $t_s$  は、流速低減効果の大きいシートほど小さくなる傾向がみられた。この原因は、鉛直方向に連続した空隙からなる流路に液状化した高含水比土砂が流れ込む際に、空隙径 (つまり流路の径) が小さいほど流动を阻害する抵抗が大きくなるためと考えられる。この傾向を定量的に評価できるようにすることを目的として、3.3 に示した充填工法と同様な方法で土砂充填実験を行った。ただし、室内の小規模実験としたため、写真-4a) に示した充填装置を小型化した振動装置 (図-3a) 参照) を用いた。この振動装置は、振動板の単位面積あたり重量が写真-4 に示した充填装置 (約 1,800N/m<sup>2</sup>) と同一である。スランプ値 25cm の高含水比土砂をシート厚さ  $t$  と同じ厚さでシート上に載せ、これに振動装置により約 5 秒振動を加えた後 (実際の充填施工とほぼ同じ秒数)、充填深  $t_{s1}$  を測定した。この充填作業を続けて 2 回行った際の充填深を  $t_{s2}$  とする。なお、充填用の土砂としては図-4 に示す粒度分布を有する江戸崎山砂を用いた。

写真-1の a) に示す構造を有するシートを対象として、充填深  $t_{s1}$ ,  $t_{s2}$  と代表空隙径<sup>6)</sup>  $d/(1-\lambda_p)^{0.5}$ との関係を整理した結果を図-5 に示す。ここで代表空隙径とは、シート構成材と同じ直徑の直線材を同じ空隙率で正方格子に並べた構造を持つ仮想シートの空隙径 (格子間距離) に相当する値であり、仮想シートの空隙径をもって実シートの空隙代表値を表すという考えに基づいて定めた指標で

ある。図-5 から代表空隙径の増加に伴って充填深も大きくなること、1回より2回の充填作業を行った方が充填深は大きくなるが、 $t_{s2} < 2 \times t_{s1}$  であることから充填回数に比例しては充填深が大きくならないことがわかる。なお、さらに充填回数を増加させても、充填作業1回あたりの充填深の増加量が小さくなり、ある最大充填深までしか充填できないことが実験により確かめられている。充填深の推定には、図-5 中に実線で示した実験式を活用すればよい。なお、これらの実験式を用いて4.3に後述するシート厚さ  $t$  の設定を行うにあたっては、充填回数が少ないほど施工効率がよくなることを考慮して、まず  $t_{s1}$  の実験式を用いて  $t$  の設定を試みることとする。ただし、侵食防止機能が高いシートになると、土砂充填性が低下するため、1回の充填作業では完全な充填が困難になる傾向があり、 $t$  の設定ができない場合がある。この場合には、 $t_{s2}$  の実験式を用いて、 $t$  の再設定を行う。

#### 4.3 土砂充填が可能な侵食防止シート

土砂充填が不完全であることに起因する”隙間”的の発生防止を行うとともに所定の侵食防止効果を發揮させるためには、 $t_c < t < t_s$  という条件を満さなければならない。この条件を満たすシートを製造するには、4.1, 4.2 に示した情報を組み合わせればよい。ここでは、写真-1の a) に示す構造を有するシートについて、図-2 と図-5 を用いて2回の充填作業を行うこととした場合のシート諸元  $d$ ,  $\lambda_p$ ,  $t$  を定めた一例を図-6 に示す(なお、1回の充填作業では実用的な諸元設定が困難だったので、ここでは省略した)。図-6 には空隙率 95% のシートについて、侵食防止機能を確保でき(図-2 に示した  $\lambda_p = 95\%$  の場合に対して、 $t_c < t$  となる条件)、かつ土砂充填が可能(図-5 に示した  $t_{s2} > t$  となる条件)な範囲を斜線でハッチングして示した。このような範囲は、上記と同様な方法で様々な空隙率に対して求めることができる。現在開発を進めている全シートは、上記の手法で諸元を決定している。

#### 5. おわりに

今回は、土砂充填に関する検討結果に焦点を絞り、土砂充填工法とシート諸元の設定法について成果を示した。シートを用いた侵食防御工を実用化するにあたっては、土砂充填以外にも、シートの強度、耐劣化性、耐燃焼性などといったシートの材料特性に関する事項、シートを用いた侵食防護工の設計法、施工後の維持管理手法、また歩掛

や検査など実務上重要な事項に関する課題がある。これらについては並行して検討が進められており、現在とりまとめ作業を進めている。上記の課題に関する検討成果については、今後、別の機会を利用して紹介したい。

#### 謝 詞

写真-4 に示した充填装置は、萱場祐一氏(建設省土木研究所河川環境研究室)、高橋智好氏、石田裕俊氏、丹羽善久氏(以上、矢作建設工業(株))、西村晋氏、江島敬三氏(以上、(財)土木研究センター)と、また第3章に示した高含水比土砂を用いた充填工法は、西村晋氏、江島敬三氏と共に開発したとともに、特許申請も行った。本研究は、建設省土木研究所と民間企業(地化成工業(株)、太陽工業(株)、(株)田中、東洋紡績(株)、東レ(株)、前田工織(株)、三井石化産資(株)、三菱化学産資(株)、三菱樹脂(株)、ユニチカファーバー(株))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」によって得られた成果のうち、土木研究所が研究担当した部分をとりまとめたものである。上記の各氏および共同研究者に對して、ここに記し謝意を表する。

#### 追 記

第3章に示した土砂充填工法と土砂充填装置、および第4章に示した土砂充填可能なシート諸元に関しては、特許申請中である。

#### 参 考 文 献

- 1) 土木学会水理委員会編集：水理公式集、平成11年版、丸善(株)、第1刷、pp.209-212、1999。
- 2) 宇多高明ほか：洪水流を受けた時の多自然型河岸防護工・粘性土・植生の挙動、土木研究所資料、第3489号、pp.7-96、1997。
- 3) 濑崎智之ほか：ヨシ群落が繁茂した大型水路を用いた現地スケール実験と抵抗則の検討、第27回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp.372-373、2000。
- 4) 宇多高明ほか：洪水流を受けた時の多自然型河岸防護工・粘性土・植生の挙動、土木研究所資料、第3489号、pp.172-179、1997。
- 5) 服部敦ほか：自然河岸の侵食速度予測の試み、土木技術資料、41-7、pp.54-59、1999。
- 6) 望月達也ほか：植生の耐侵食機能を応用した侵食防止工法のコンセプト、土木技術資料、39-7、pp.32-37、1997。
- 7) 服部敦ほか：年2回の草刈りを行っている堤防のり面の耐侵食性的評価、水工論文集、第41巻、pp.367-372、1997。
- 8) 美しい山河を守る災害復旧基本方針：建設省河川局防災海岸課、99.04.12版、pp.2-6、1999。

藤田光一\*



中部地方建設局三重工事  
事務所長(前 建設省土  
木研究所河川部河川研究  
室長)、工博  
Dr. Koh-ichi FUJITA

服部 敦\*\*



建設省土木研究所河川部  
河川研究室研究員  
Atsushi HATTORI