

砂防ソイルセメントに関する Q&A

(財)砂防・地すべり技術センター企画部

近年、環境への負荷の軽減やコスト縮減あるいは工事の安全施工等の観点から、砂防工事の現場において現地で発生する掘削土砂を有効活用し、砂防堰堤や護岸などの構造物を構築するINSEM工法(砂防CSG工法、CSG工法)やISM工法等を総称した「砂防ソイルセメント工法」が用いられるようになってきました。現地発生土砂を活用した工法は、近年の公共事業に求められる合理化施工、コスト縮減、環境への負荷の軽減等の観点から、全国の砂防現場での活用が進むと考えられます。

このような背景から、平成13年に京都大学大学院教授 水山高久氏監修の『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』の発行を受けて、当センターにおいては、平成13年度から15年度にかけて「砂防ソイルセメント活用技術講習会」を全国7会場で実施してまいりました。

その後も、継続的な情報発信として、当センターのホームページで技術的なQ&Aを公開しています。なお、独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループのホームページでは施工事例集が公開されています。

独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ
<http://www.pwri.go.jp/team/volcano/jindex.htm>

財団法人砂防・地すべり技術センター
http://www.stc.or.jp/lesson/lesson_soil.html

ここではこれまで当センターのホームページに寄せられた質問とその回答について、以下に紹介します。

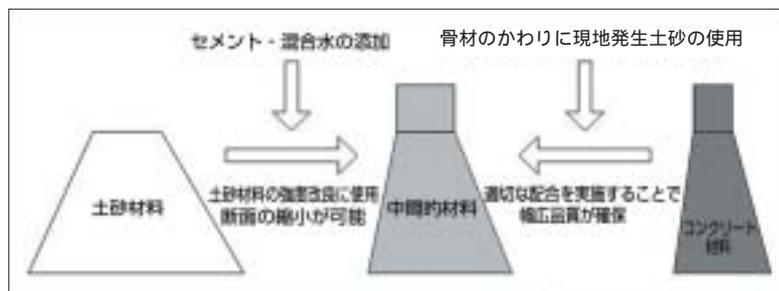


図-1 砂防ソイルセメントの概念図(「砂防ソイルセメント活用ガイドライン」より)

Q1

INSEM打設にあたって各層ごとの打設間隔はどのくらいの日数を取る必要がありますか。施工性を上げるためには、一日前の打設面に翌日打設（連続打設）していく方が効率的であると考えられますが、どのように考えるべきでしょうか。

[県土木事務所職員]

A1

砂防施設におけるINSEM材は普通コンクリートに比べてセメント使用量が少ないこと、多目的ダム等に比較して堤体断面が小さいので連続打設した場合におけるINSEM硬化時のヘアクラックの発生といったリスクがより小さいことから、連続打設して良いと判断されます。

なお、現地発生材等の条件によりセメント使用量を特に多くするような場合などについては、検討が必要と考えられます。

Q2

平成15年末に国土交通省砂防部から砂防堰堤本体内部に使用する場合のINSEMの強度として $6-18\text{N/mm}^2$ が示されていますが、砂防堰堤は重力式構造物で設計上必要な重さがあればよい、土砂でもよいところを、被覆する部材が破壊されていても中詰めの土砂が流出しない(土砂よりましなもの)としてINSEMがあるわけで、その意味ではガイドラインにあるレベル ($3-6\text{N/mm}^2$) で十分と考えられますが。

[県土木事務所職員]

A2

土石流などに対する耐摩耗性、気象条件が厳しい場合の耐凍結融解性を確保するために『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』に示されているように、普通コンクリートやコンクリートブロック等で表面を被覆(外部コンクリート)すれば、砂防堰堤内部に使用する場合の強度はレベル ($3-6\text{N/mm}^2$) 程度にすることは可能と考えています。ただし、施工事例数が少ないことから、耐久性に関するモニタリングを継続して実施することが必要と考えます。

Q3

現地発生材が砂防ソイルセメントとして使えるかどうかの試験が、構造物の設計前に必要となります。これを示したものが今のところないので、現場によってまちまちの対応となっています。一定の標準となるような試験方法のルール、積算基準があればよいのですが。

[コンサルタント技術者]

A3

砂防ソイルセメントの特徴の一つは、現地発生材の質、量ともに現場ごとに異なることです。したがって、設計前の室内での材料試験や必要に応じて施工前の現地試験施工により強度が確認されますが、その内容は各現場によって一律でないのが実態です。

現在、入手可能な資料として、試験項目については『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』が、また積算基準については建設物価版等の土質試験の項などが参考となると考えられますが、ご指摘の通り、一定の標準となるような試験方法のルールは示されておりません。そのため、現在これらの作成に向けて検討を進めているところで、なるべく早くお示しできるよう努力します。

Q4

最近の工法で、外部に軽量鋼矢板を用いて型枠代わりとするLUC-SBウォール工法において、中詰めにソイルセメントを使用してもよいのでしょうか。クラッシュランと現地発生材を混合した場合はどうでしょうか。

[コンサルタント技術者]

A4

LUC-SBウォール工法は、クラッシュランを骨材として使用するコンクリートを中詰めとすることを基本としており、外部材の軽量鋼矢板と一体になった構造体としてより剛性が高く、巨礫が衝突した場合に軽量鋼矢板はあまり変形しません。

一方、現地発生材との混合や砂防ソイルセメントを使用する場合については、施工条件によって中詰めが土砂に近い構造体として施工される場合と砂防ソイルセメントの構造体として施工される場合に

ることから、その取り扱いが異なると考えられます。前者の場合は大きな変形が生じる可能性があることから、変形の程度によっては破壊が生じます。したがって『鋼製砂防構造物設計便覧』に示された設計の考え方により部材の検討がなされるべきだと考えられます。後者の場合は、『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』に示された外部保護材厚の考え方により部材の検討がなされるべきと考えられます。

Q5

現地発生材料（骨材）の最大寸法は、敷均し層厚の1/2程度とされ、INSEMでは、施工事例としては80mmもしくは150mm、ISMでは混合機械の能力から300mmとしています。しかし、玉石の除去（篩い分け）は、手間がかかります。構造物の内部に使用する場合などには、あまり神経質になる必要はなく、極端に大きな岩塊を除いてそのまま使用して良いのではないかと考えますが、いかがでしょうか。 [県技術職員]

A5

INSEM工法の場合、一層の敷均し厚さ以上に大きい岩塊が入っていると、敷き均しがスムーズにいかないという施工上の理由などから、最大骨材寸法は敷均し層厚の1/2程度とされています。

しかしながら、ご質問の通り、土砂の処分が困難な砂防の現場で、現地発生土砂を有効活用するという観点からは、できるだけ大きい骨材も使うべきだと考えられます。用いる材料のうち大きな礫径の占める割合にもよりますが、施工性等に影響が及ばない範囲で、より大きい礫径のものを有効活用するという積極的な姿勢がコスト面、環境面などからして好ましいと考えられ、試験施工や実施工レベルで、積極的に試みる必要があると考えられます。

なお、敷均し層厚程度より大きい礫径の材料の割合が多いと、局部的に礫がかみあって十分に締め固められないところが出てくることも想定されるので、このような場所では岩塊を除いたほうが良いと考えられます。

また、ISM工法の場合のご質問の通り、ツインヘッド等の混合機械の能力から規定されているため、できれば300mm以上の礫は除くことが望ましいと考えられます。ただし、試験的な意味も含め、混合状況をよく確認しつつ300mm以上の礫を使用することは今後の施工の参考となると考えられます。

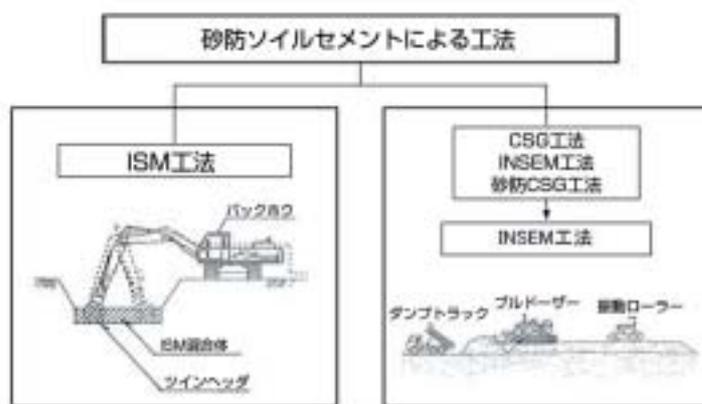


図-2 砂防ソイルセメントを活用した工法の分類
（「砂防ソイルセメント活用ガイドライン」より）

Q6

砂防ソイルセメント工法と従来工法の比較に当たり、設計段階で検討すべき項目・実施すべき調査等を教えてください。

〔国土交通省事務所職員〕

A6

循環型社会の形成に資するため、環境への負荷の軽減や建設コスト縮減等の観点から、砂防ソイルセメント工法を積極的に活用していくことが望まれています。

砂防ソイルセメント工法の活用に当たって検討すべき項目は、“現場条件”“活用部位”“目標強度”及び“施工方法”が考えられます。まず、現地状況を把握し、採取できる現地発生土砂の賦存量及び性状を把握し、対象とする砂防施設及び部位を決定します。活用部位により目標強度レベルが設定されますので、現地の施工条件（プラントの確保等）及びコスト縮減等を含めて総合的に判断し、施工方法、配合設計を行います。

さらに実施すべき調査については、砂防ソイルセメント工法は、ISM工法とINSEM工法とがあり、配合設計・材料試験が異なります。ISM工法は『現位置攪拌混合固化工法（ISM工法）設計・施工マニュアル』（（財）先端建設技術センター・ISM工法研

究会）INSEM工法は『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』（水山高久監修；砂防ソイルセメント活用研究会編）がありますので、これらを参考にしてください。

配合設計は、『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』のP82から記述されている既往砂防ソイルセメントの配合計算例を参考にしてください。ISM工法、INSEM工法の両方が記述されています。

次に、材料試験ですが、INSEM工法の場合、『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』のP12に掲載されている試験項目を参考にしてください。ISM工法の場合、『現位置攪拌混合固化工法（ISM工法）設計・施工マニュアル』のP13に記載されている試験項目を参考にしてください。

留意点として、以下のようなことが考えられます。

材料試験に使用する現地発生土砂の採取位置は、対象とする砂防施設施工箇所を代表する場所を選定し、有機物を多く含む表層（A₀層）をはぎ取り、なるべく地中部の土層から得るようにして下さい。

現地発生土砂が細粒分を多く含む場合は、強度が小さくなる傾向があります。

また、INSEM工法の場合、現地発生材の含水率等の土砂特性が品質に影響を与えるので注意して下さい。



写真-1 INSEM工法による転圧作業状況
（富士川砂防事務所提供）



ツインヘッド

写真-2 ISM工法におけるツインヘッド (ISM工法研究会提供)

Q7 現在、『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』を参考に、砂防堰堤基礎の地盤改良の検討を進めております。ガイドラインによりますと、基礎部にソイルセメントによる改良体を用いる場合、目標強度は $1.5 \sim 3.0 \text{N/mm}^2$ とありますが、この数値の根拠をお教えいただきたく存じます。九州地方整備局の『土木工事設計要領 河川編』には、「砂防堰堤の基礎地盤は原則として岩盤とし……」と書かれてあり、地盤の許容支持力の概算表には、軟岩()及び軟岩()の許容支持力はそれぞれ $1,180 \text{kN/m}^2$ 、 $1,960 \text{kN/m}^2$ の数値が出ています。ガイドラインの目標強度はこれらの数値に近いのですが、改良体の基礎の支持力は軟岩に準じるということで、これらの数値を設定しているものと理解してもよろしいのでしょうか。 [コンサルタント技術者]

A7 『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』に示された目標強度は、これまでの砂防ソイルセメントの施工事例、対象とする砂防施設の構造的安定性等を検討し設定されたものと考えられます。一方、基礎部での砂防ソイルセメントの活用の場合、軟岩程度を目標強度としているという判断もできます。

なお、目標強度は、対象とする砂防施設の部位等に合わせて適切に設定する必要がありますが、床固及び砂防堰堤（堰堤高15m未満）の基礎部分（現河床以下）で、堰堤の基礎の地盤改良及び堰堤の下部（堰堤の一部）として砂防ソイルセメントの活用を考える場合は、堰堤の基礎地盤改良としての活用： 3N/mm^2 程度、堰堤下部における活用： 6N/mm^2 程度、が求められる強度と考えております。

Q8 砂防堰堤の設計を行っていますが、地質調査報告書では基礎地盤の許容支持力が $q = 250 \text{KN/m}^2$ 程度しかなく、この程度では地盤改良が必要となってしまいました。そこで地盤改良工法の一つとしてソイルセメントを使用した置換工法を考えました。『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』を確認しましたが、P.16表4.1目標強度レベル基礎工の項目で許容支持力 500KN/m^2 とありますが、この数値は確保されるものなのでしょうか。また、この数値の該当位置は実際にはどこのことでしょうか。 [コンサルタント技術者]

A8 『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』に示される目標強度レベルは、これまでの施工実績から得られた各施設の最大圧縮応力や有限要素法を用いた解析結果から、構造物内部に発生する最大圧縮応力を算定した上で決定しています。一般に砂防堰堤（15m未満）に作用する圧縮応力は 500KN/m^2 （ 0.5N/mm^2 ）以下となることから、ガイドラインでは、この数値以上の許容支持力を目標とするように記載しています。ただし前述のような応力解析から地盤支持力等を算出する場合は、その結果を用いていただければ良いと考えます。

また、目標強度を発現する範囲については、基礎工を実施する範囲、すなわち、堰堤基礎地盤の改良範囲を示しています。

砂防ソイルセメントの発現強度に及ぼす要因としては、一般に 活用する材料の含水比、 粒度分布（細粒分の含有量）、 有機不純物含有量が挙げられます。

これらの条件の違いにより発現する強度にバラツキは生じますが、地盤改良を目的とした目標強度レベルの発現強度（ $1.5 \text{N/mm}^2 \sim 3.0 \text{N/mm}^2$ ）であれば、これまでの活用実績から強度発現は可能であると考えます（『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』P.61参照）。

Q9

このたび砂防ソイルセメントを対象とした配合設計・及び粒度試験（現場・室内）を行うことになりました。試験方法について、特別な仕様などはあるのでしょうか。一般的な配合設計と特に異なる点はあるのでしょうか。[コンサルタント技術者]

A9

砂防ソイルセメントを対象とした配合設計及び試験については、基本的にはコンクリートのものを準用します。ただし水セメント比がコンクリートと異なるために、施工中の管理基準などがコンクリートと異なってきます。

砂防ソイルセメント工法は、ISM工法とINSEM工法とがあり、配合設計・材料試験が異なります。ISM工法は『現位置攪拌混合固化工法（ISM工法）設計・施工マニュアル』（（財）先端建設技術センター・ISM工法研究会）INSEM工法は『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』（水山高久監修；砂防ソイルセメント活用研究会編）がありますのでこれらを参考にして下さい。

配合設計は、『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』のP82から記述されている既往砂防ソイルセメントの配合計算例を参考にして下さい。ISM工法、INSEM工法の両方が記述されています。

次に、材料試験ですが、INSEM工法の場合、『砂防ソイルセメント活用ガイドライン』のP12に掲載されている試験項目を参考にして下さい。ISM工法の場合、『現位置攪拌混合固化工法（ISM工法）設計・施工マニュアル』のP13に記載されている試験項目を参考にして下さい。

留意点として、以下のようなことが考えられます。

材料試験に使用する現地発生土砂の採取位置は、対象とする砂防施設施工箇所を代表する場所を選定し、有機物を多く含む表層（A₀層）をはぎ取り、なるべく地中部の土層から得るようにして下さい。

現地発生土砂が細粒分を多く含む場合は、強度が小さくなる傾向があります。

また、INSEM工法の場合、現地発生材の含水率等の土砂特性が品質に影響を与えるので注意して下さい。

Q10

砂防ソイルセメントを地山の土留壁として活用する場合、砂防ソイルセメント壁に水抜パイプおよび裏面排水が必要となるのでしょうか。砂防ソイルセメントは人工地山（レベル3）で行います。 [コンサルタント技術者]

A10

砂防ソイルセメントは、その特徴を考慮して砂防施設等に活用が図られていますが、通常の構造物を設計、施工する際に現地の諸条件を考慮して行われているように、現地の諸条件は考慮する必要があります。土留壁として活用する場合、擁壁背面に地下水等の浸出が考えられますので、排水するための水抜孔等の排水工を設置する必要があると考えられます。