

砂防ソイルセメントの技術的な課題と今後の研究の方向について

(独) 土木研究所 ○栗原淳一 武澤永純
 国土交通省砂防部 西山幸治
 (財) 砂防・地すべり技術センター 松井宗廣

1. はじめに

砂防ソイルセメントは、施工現場において現地発生土砂とセメント、セメントミルク等を攪拌・混合して製造するもので、砂防施設とこれに伴う附帯施設の構築及び地盤改良に活用する材料の総称である¹⁾。建設残土を有効活用することは環境面だけでなく、コスト縮減からも重要であると考えられている。

砂防ソイルセメントは、各地の直轄事務所で用いられるようになってきているが、都道府県事業における活用はあまり進んでいないのが実態である。著者らはこの数年間砂防ソイルセメントの活用に向け技術的な課題について検討を進めてきたが、都道府県事業での活用を考えた場合、幅広く現場で生じている課題を吸い上げ、対応することが必要と考え、平成 17 年秋に全国各地で都道府県の砂防事業担当者と意見交換会を開催した。そこで明らかになった課題を提示し、現在の検討状況や、今後の砂防ソイルセメントに関する研究の方向性について述べることにする。

2. 砂防ソイルセメントとは

砂防ソイルセメント（以下、「ソイルセメント」という。）には、ツインヘッダーによる施工と振動ローラー転圧による施工方法の違いから、ISM 工法および INSEM 工法（CSG 工法、砂防 CSG 工法も含む）の 2 つに分類される。

砂防事業においてソイルセメントが使用された施設数の内訳を表-1 に示す。調査対象期間が異なるが、砂防事業は直轄事業に比べ都道府県の事業箇所の施工割合が多い点を考えると、都道府県の砂防事業における活用が十分には浸透していないことが分かる。

工法別の内訳を見ると、INSEM が全体の 7 割を占めるが、事業主体別で見ると直轄の砂防関係事業では ISM が全体の 4 割ほど占めるのに対し、都道府県の砂防事業ではほとんどが INSEM となっている。

また、ソイルセメントが砂防施設のどの部位で使われているかを見ると、砂防えん堤の基礎部で使われているものが最も多く、次いで本堤となっている（図-1）。ソイルセメントは、技術開発の途上にあるので、まずは土石流や洪水流の直撃等を受けない部分に活用してみようとする発注者の考えの他に、土砂の賦存量や施工性の問題もあるためと推測される。

3. 砂防ソイルセメントに関する意見交換会の結果

平成 17 年秋に地方整備局単位に行われた意見交換会におけるソイルセメントに対する課題、意見、要望等を取りまとめた。このうち、主なものを紹介する。

3.1 強度発現に対する不安

意見交換会を通じて最も多かったのが強度発現に対する不安であった。

ソイルセメントは、コンクリートと異なり現場で攪拌、混合して製造するために、コンクリートのように一定の強度を安定的に確保することが難しい技術であることは否定できない。土砂の粒度分布や含水率によって強度に差が出ることも当然ある。都道府県の担当者は、強度が確保できない危険性について大きな不安を抱き、その結果ソイルセメントの採用に対し慎重になっている。

この課題については、工事着手前に配合試験を行い発現強度の確認をすることになっており、事前試験が適切に行われれば発現強度に幅はあっても強度が確保できないというケースはほとんど発生しない。ソイルセメントはコンクリートのように、工場から均一な品質のものが生産されるような安定した建設材料ではないことを認識する必要がある。

ただし、実際には細粒分が多い土砂では強度が出にくいことがあるので、このような現場では無理にソイルセメントを使用すべきではない。各地の施工現場の配合試験結果を基に粒度分布と圧縮強度の関係を整理した一例が図-2 である。含水比により強度が低下する恐れはあるものの、粒度分布から目標強度レベルを概ね推定することが可能である。

表-1 INSEM と ISM の施工実績数
 (単位：施設数)

事業主体	INSEM	ISM
直轄の砂防事業 (H7~H16)	38	24
都道府県の砂防事業 (H15~H16)	14	1

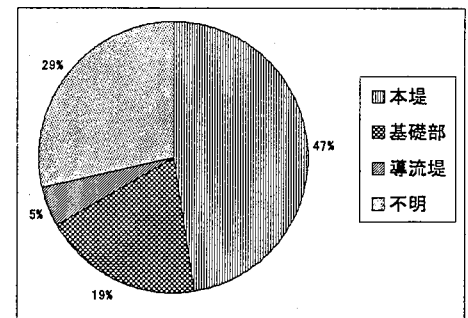
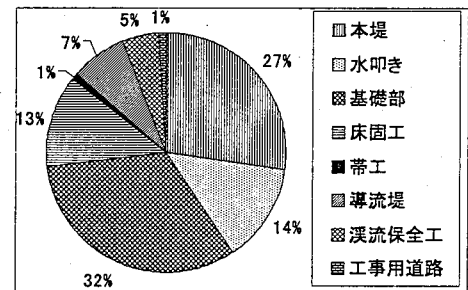


図-1 ソイルセメントの適用部位
 (上：直轄事業 下：都道府県の砂防事業)

なお、目標強度レベルとは対象とする施設、部位について必要となる強度の下限値であり、レベルⅠは盛土材、Ⅱは基礎部、Ⅲは砂防えん堤の内部材に適用可能な強度レベルである¹⁾。

3.2 ソイルセメントの優位性発揮の条件

どの程度の工事スケールならソイルセメントの優位性が発揮されるのか明らかになっていないという意見があった。ソイルセメントは、攪拌、敷均し、転圧等を機械施工によって行うので、一定の規模以上の工事に適する性格のものである。このため直轄の砂防関係事業に比べ都道府県の砂防事業では溪流及び施設の規模が小さいので、スケールメリットが生じないのではないかとという疑問が大きいことが明らかとなった。これについては、仮想積算をしながらソイルセメントの優位性が発揮できる可能性のある砂防えん堤の規模の条件を明示する方向で作業している。

3.3 工事及び設計の歩係

上記で述べた技術課題と性格が異なるものであるが、歩掛の設定を求める意見が数多く出された。これについては、現在ソイルセメントの積算基準を作るための作業を実施している。

3.4 六価クロムについて

著者がこれまでに収集した範囲では、工事施工前の試験で六価クロムの値が基準値を超えたため、クラッシュヤーランの混合等で基準値以下に処理して施工したものが1件、事前試験で六価クロムの値が基準値を超えたため、工法を変更したものが2件あった。このように事前の試験で確認され、適切に処理されている。六価クロムに対しては試験方法²⁾が技術的に確立されているので、これに基づいて試験を行い、試験結果によっては適切な処理を行うことになる。なお、設計の手戻りの危険性を回避するためにも、ソイルセメントの検討の初期段階に六価クロムの溶出試験を行うことが、合理的と考える。

3.5 大径礫が強度と施工性に与える影響について

ソイルセメントは、現在転圧の関係から最大礫径を80mm~150mmと規定している¹⁾。このため、更に大きな礫を活用できないかという意見があり、大径礫が強度と転圧作業にどのような影響が生じるかについて、雲仙復興事務所において実際に試験施工を行ったのでその概要を速報の形で紹介する。

試験は約11m×3mのヤードを設け、表-2に示す試験条件に基づきINSEMによる施工を行い、振動ローラーによる転圧後の打設面の起伏量と強度試験について計測した。

3.5.1 転圧後の起伏量 (基準面と打設面との差の絶対値)

各ケースに1m間隔に長さ11mの計3測線を設定し、転圧後の光波測量を実施した。測線ごとの累計凹凸量を算出し、そのうちの最大値を表-3に示す。この結果より、粗骨材の割合が大きくなると、起伏が大きくなる傾向にある。また、累計起伏量(最大値)は最大骨材寸法が300mmの場合、150mmの時より14%程度の増加にとどまっているが振動ローラーが走行中に傾く現象が150mmの時より顕著になっており、安全性に問題がある。

3.5.2 発現強度

上記表-3の各ケースのコアの圧縮強度試験を行った。その結果を図-3に示す。供試体No. 1~No. 3は中央の測線上から起伏の少ない箇所を選んで採取し、No. 4~No. 6は礫ならびにジャンカ周辺から採取した。当初、大礫が混入すれば締固め力が低下し、強度低下することを想定していたが、この結果を見る限り、骨材寸法の影響は少ないと思われる。

4. まとめ

本論文では意見交換会で明らかとなったソイルセメントの課題を列挙した上で、それに対する回答や検討状況、今後の研究の方向性について示した。今回集約された意見を基にソイルセメントを活用する場合の環境作りを更に進めていくことが望ましいと考える。

参考文献 1) 砂防ソイルセメント活用ガイドライン：砂防ソイルセメント活用研究会編、鹿島出版会、2002。 2) 環境庁：土壌の汚染に係る環境基準について(抜粋)、平成3年8月23日環境庁告示第46号、1991。

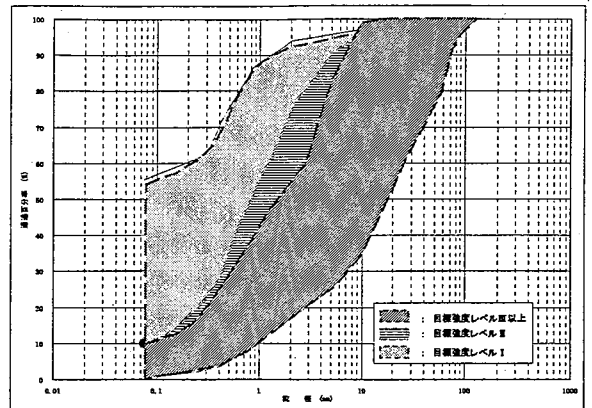


図-2 目標強度レベルに応じた粒度適用範囲 (イメージ)

表-2 試験ケース

試験ケース	敷均し層条件	粗骨材粒径(mm)	粗骨材粒径の割合(%)
ケース1	約300mm×1層	80~150	40
ケース2			20
ケース3			30
ケース4		80~300 (80~150:150~300=1:1)	10(=5+5)
ケース5			20(=10+10)
ケース6			30(=15+15)

表-3 起伏量

ケース	累計起伏量の最大値(cm)
ケース1	48.0
ケース2	53.4
ケース3	68.5
ケース4	47.1
ケース5	75.0
ケース6	77.9

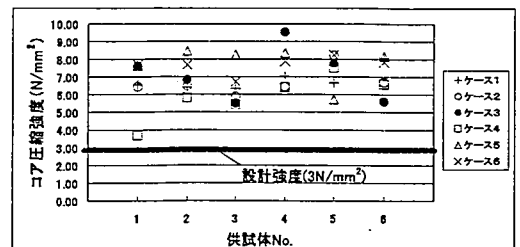


図-3 コア圧縮強度