

流動化ソイルセメントについての一考察

株式会社インボックス 秋山祥克 橋木貞則 ○織田哲暢

1 はじめに

近年砂防工事において、現地発生土砂の有効活用という観点から、砂防ソイルセメントの施工事例が増加している。

砂防ソイルセメント工法の一つである INSEM 工法は、ゼロスランプの INSEM 材を転圧し施工するという点が特徴である。そのため、効率良く施工が行える大断面の場合に採用されることが多い。対して小断面の場合には、ソイルセメントを有スランプ化、流動化させることにより施工性が向上すると考えられる。

そこで今回、流動化ソイルセメントの試験を実施し、考察を行った。

2 試験方法

今回試験に用いた土砂(写真 1;以降土砂 A と称す)は砂礫質粘性土に分類されるものであり、従来の INSEM 材に活用する場合は適応性の低い土砂である。その物性値(表 1)をみれば、細粒分が 60.6%と多く、最大乾燥密度は 0.969g/cm^3 と低いため、適正な強度発現が得られる含水比は、図 1 の模式図に示すようにゼロスランプ領域ではなく流動化領域にある土砂と考えられる¹⁾。

表 2 に配合試験ケースを示す。使用セメントには高有機質土用固化材を用いた。試験含水比は従来の INSEM 材同様に転圧できる限界と判断された含水比(写真 2)、並びにソイルセメントが十分にワーカビリティを得られ、施工時にバイブレーターを要しない程度まで流動化させた状態(写真 3)を確認して含水比を設定し、供試体を作製した。流動化状態のケースで用いるモールドは、通常のモールド、並びに排水用の穴の開いた有孔モールド(写真 4)の 2 種類を使用した。なお、有孔モールドには透水性のある布を敷き詰めて使用した。

表 1 土砂 A 物性値

試験項目	試験方法 JIS規格	土砂
1. 土の粒度試験(%)	礫分	17.0
	砂分	22.4
	シルト・粘土分	60.6
2. 土粒子の密度試験(g/cm^3)	A 1202	2.762
3. 細骨材の密度及び吸水率試験	表乾比重(g/cm^3)	1.74
	絶乾比重(g/cm^3)	1.26
	吸水率(%)	39.1
4. 粗骨材の密度及び吸水率試験	表乾比重(g/cm^3)	1.59
	絶乾比重(g/cm^3)	1.01
	吸水率(%)	57.2
5. 突固めによる土の締固め試験(E法)	最大乾燥密度(g/cm^3)	0.969
	最適含水比(%)	44.0
6. 土の自然含水比試験(%) (参考)	A 1203	89.2

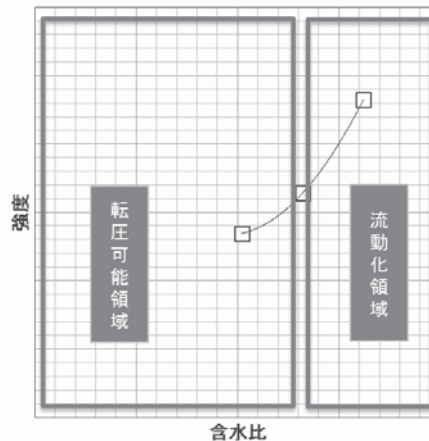


図 1 ソイルセメント性状模式図

表 2 配合試験ケース

配合 ケース	母材	セメント量 (kg/m^3)	含水比 (%)	使用モールド
Case-1	土砂 A	200	70.0	通常モールド
Case-2	土砂 A	200	92.0	通常モールド
Case-3	土砂 A	200	92.0	有孔モールド



写真 1 土砂 A

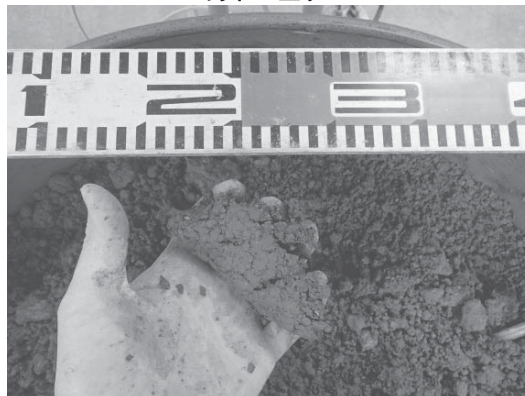


写真 2 転圧できる程度のソイルセメント

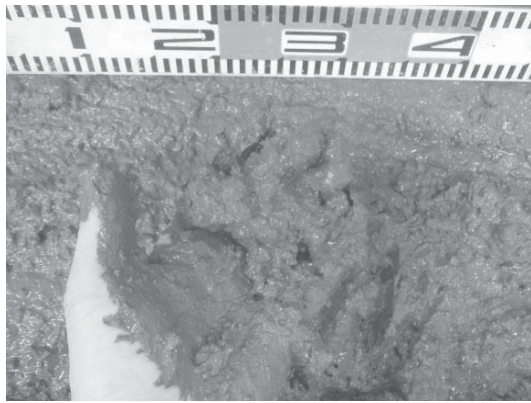


写真3 流動化状態のソイルセメント

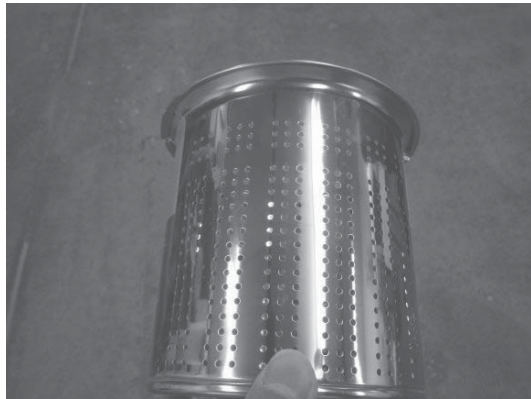


写真4 有孔モールド

3 試験結果及び考察

表3に材齢7日圧縮強度試験結果を、図2にそのグラフを示す。Case-1ではセメントによる明瞭な硬化が見受けられず、その強度は0.54N/mm²と低い。一方、流動化させたソイルセメントは、同じセメント量であるが2~3倍程度の高い強度を発現した。これは、当初想定されたように流動化領域においては、明瞭なセメント水和反応が得られたものと考えられる。

3.1 使用モールドの違いによる比較

明瞭なセメントによる水和反応が確認できた、流動化ソイルセメントのケースをみると、通常モールドにて作製したケース（Case-2）と比較して、有孔モールドにて作製したケース（Case-3）は、1.2倍程度の圧縮強度が得られている。有孔モールドで作製した供試体をみると、供試体作製後初期水和の段階で写真5のように透明な水が多く排出される現象がみられた。これをふまえて考察すると、有孔モールドの強度が伸びた原因は、セメント水和反応に必要な余剰水が時間と共に排出され水セメント比が低下し、強度発現性が向上したものと考えられる。ここで、ソイルセメントは土砂そのものが水を吸収するため、コンクリートでいうところの水セメント比の概念を数値化することは難しいが、少なくとも初期水和の段階において余剰水が排出される現象は確認されていることから、水セメント比が低下したことには変わりがないと考えられる。

表3 材齢7日圧縮強度

配合ケース	含水比 (%)	性状	使用モールド	σ_7 (N/mm ²)
Case-1	70.0	転圧可能	通常モールド	0.54
Case-2	92.0	流動化	通常モールド	1.22
Case-3			有孔モールド	1.50

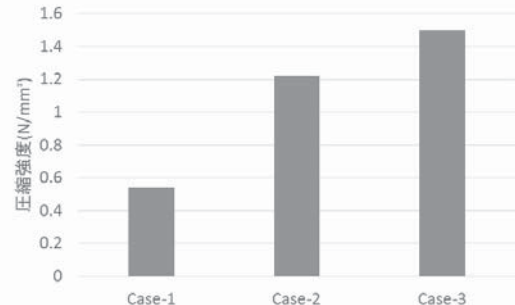


図2 圧縮強度の比較

4 おわりに

今回得られた試験結果をふまえれば、従来、流動化領域でなければ明瞭なセメントによる硬化が期待できない土砂をINSEM材として活用する際には、クラッシュランなどで改良を行う必要があった。一方、流動化ソイルセメントとして活用する場合は、改良を行う必要はなく、明瞭なセメントによる硬化を期待することができる。

さらに、透水性のある型枠を用いれば、余剰水の排出が期待できるため、強度発現性の向上及び、配合における含水比管理が簡素化できると考えられる。

つまり、流動化ソイルセメントは、転圧を必要とせず、余剰水を排出することを勘案すれば、現場における含水比管理が容易になると言え、流動化ソイルセメントの製造及び施工の合理化、簡便化が図られるものと考えられる。

しかしながら、本試験は1種類の試料を用いて行ったものであることから、今後様々な土砂において試験ケースを増やすことで、流動化ソイルセメントの幅広い活用につなげていきたいと考えている。

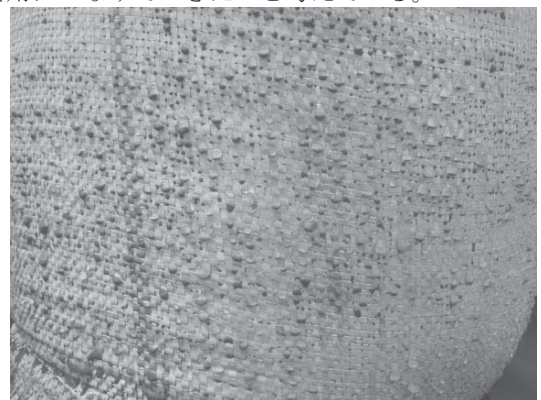


写真5 透水性のある型枠からの排水状況事例

参考文献 1) 嶋ら：INSEM材の水和反応を保証する最小管理強度の導入，砂防学会誌，Vol. 68, No. 2, p. 14-22, 2015