

国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所 森田耕司, 小林将雄

(現: 国土交通省中国地方整備局河川部)

国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所 光井伸典

(財)砂防・地すべり技術センター ○小出哲也, 松井宗広, 阿部淳, 近藤玲次

1 はじめに

砂防ソイルセメント工法は、セメント・水と混合する現地発生土砂の土質特性や配合方法などに応じて発現強度が変化する。近年、この方法を用いた砂防構造物の施工事例が増加しているものの、各施工現場では本施工に先立ち各種の試験を実施して施工時の強度管理が行なわれている場合が多く、現地発生土砂の種類毎に目標強度の推定指標などが整理された資料は少ないのが現状である。

本報告は、現地発生土砂の現場外への搬出を極力少なくすること、コスト縮減、施工の効率化などの観点から砂防ソイルセメント工法の活用を検討している広島西部山系管内を対象に、INSEM 工法による室内配合試験結果の評価を行うと共に、同管内以外の花崗岩地域で行われた INSEM 工法の室内配合試験結果による粒度分布と圧縮強度の関係について整理を行い、花崗岩地域の現地発生土砂（マサ土）を用いる場合の粒度分布から目標強度を推定する指標について考察したものである。

2 配合条件の検討

2.1 採取土砂の特徴

配合試験に使用した土砂は、広島西部山系管内を代表する広島型花崗岩を有する宮園地区から採取を行った。採取土砂は 5mm 以下の粒径が 80%以上を占める粒度分布である。図 1 は、砂防ソイルセメントの材料特性に関する調査（平成 18 年 8 月）¹⁾ に示される単位セメント量を 150kg とした場合の目標強度レベル²⁾ に応じた粒度適用範囲図に採取土砂の粒度分布を重ね合わせたものである。

採取土砂は 0.075mm 以下 10%未満、2mm 以下 55%程度であるため、目標強度レベル II ($\sigma=1.5\sim 3N/mm^2$) 程度の発現が期待できる（図 1、図 2 参照）。

2.2 配合条件

採取土砂の配合は、コンクリートアプローチ（以下、CA と表記する）とソイルアプローチ（以下、SA と表記する）の 2 通りの方法で実施した。

単位セメント量は、INSEM 工法の活用実績から 100kg ~ 175kg の範囲で設定した。また、加水量は、CA では VC 試験結果により単位水量を設定し、SA ではセメント、土砂、水を混合した材料の突固め試験による最適含水比から設定した。CA の単位水量は VC 値が 10, 20, 30 秒の 3 ケース、SA の含水比は最適含水比と $\pm 2\%$ の変動幅を考慮した 3 ケースを設定し、合計 24 ケースの配合条件とした（表 1 参照）。

3 配合試験結果

3.1 採取土砂の試験結果と評価

室内配合試験結果は、設計強度に割増し係数を乗じた値で評価した。図 3 によると、CA, SA 共に単位セメント量が 125kg 以上の場合に目標強度レベル II ($2.25N/mm^2$) 以上の圧縮強度が発現していることが分かり、採取土砂の圧縮強度は図 2 に示したフローによって判断できることが確認できた。

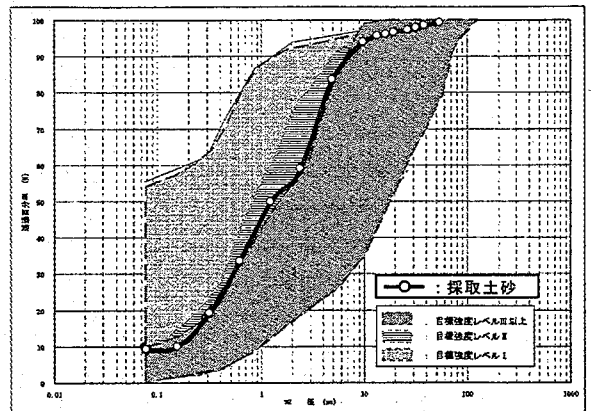


図 1 現地発生土砂の粒度分布

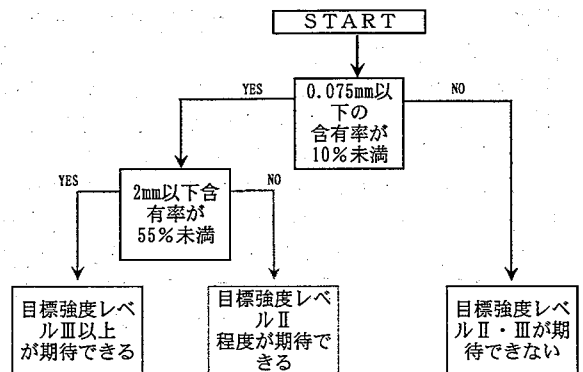


図 2 現地発生土砂適用フロー（案）

表 1 配合ケース一覧

工法ケース		単位セメント量	単位水量 または含水比	ケース数
INSEM 工法	コンクリート アプローチ	100kg/m ³	150kg, 160kg, 180kg	12
		125kg/m ³	150kg, 160kg, 180kg	
		150kg/m ³	150kg, 160kg, 180kg	
		175kg/m ³	150kg, 160kg, 180kg	
	ソイルアプローチ	100kg/m ³	12.8%, 12.8 \pm 2%	12
		125kg/m ³	12.6%, 12.6 \pm 2%	
150kg/m ³		12.5%, 12.5 \pm 2%		
		175kg/m ³	12.0%, 12.0 \pm 2%	

SA の場合、含水比と圧縮強度に着目すると、単位セメント量 125kg までは最適含水比で圧縮強度が最大となり締固め特性が反映される結果となったが、単位セメント量 175kg では、含水比の増加に伴い圧縮強度が増加し、締固め特性が反映されない結果となった(図 3 参照)。

なお、単位セメント量を 175kg 以上とした場合、①SA では含水比を 12~14% で管理すること、②CA では VC 値 10, 20, 30 秒を満たす単位水量を確保することによって、目標強度レベル III ($\sigma=4.5 \sim 9N/mm^2$) の圧縮強度を発現していることが確認できた。

3. 2花崗岩地域の強度試験結果との比較

今回の結果と、六甲、多治見(四ツ目)で実施された INSEM 工法における粒度分布、および室内圧縮強度試験結果との比較を行った。

図 5 より六甲(H7)・六甲一王谷では、他よりも大きな圧縮強度が発現している。これは、粒度分布図(図 4)から 5mm 以下の含有率が 55%程度であり、他のデータに比べ全体的に粗い粒度構成であるためと考えられる。また、図 5 から今回の採取土砂、六甲(H6)、四ツ目(H12)の 3 事例をみると、単位セメント量に対する発現強度は同様な傾向を示している。これらの粒度分布は図 4 よりほぼ同様であることが分かる。

以上のことから、マサ土を対象とする砂防ソイルセメント工法においても、圧縮強度の発現は土砂の粒度分布に大きく関係していることが分かる。なお、今回対象としたデータからは、図 2 に示したフローの 2mm 以下含有率よりも 5mm 以下含有率の方が圧縮強度の発現に高い影響を及ぼす結果となった。

4 まとめ

室内配合試験によると、単位セメント量が少ない範囲では最適含水比付近に最大の圧縮強度が発現し、密度が圧縮強度を支配すると考えられる。一方、単位セメント量が多くなると、含水比が高くなるにつれ圧縮強度が増加する傾向となり、セメントとの水和反応が圧縮強度を支配する要因になるものと考えられる。この傾向は、土砂の粒度構成が細くなるほど顕著になるものと思われる。

一方、粒度分布からの強度予測については、今回対象としたデータによると、発現強度に影響すると思われる 0.075mm 以下の細粒分含有率(10%以下)、および 5mm 以下の含有率に着目することで、マサ土を用いる砂防ソイルセメントの目標強度設定を効率よく行える可能性がある。

ただし、マサ土の粒度分布は砂防現場ごとに異なると考えられるため、今後も全国各地で実施されるデータのさらなる蓄積と分析を継続することにより、さらに分かりやすい砂防ソイルセメント(INSEM 工法)の設計手法が確立されることが望まれる。

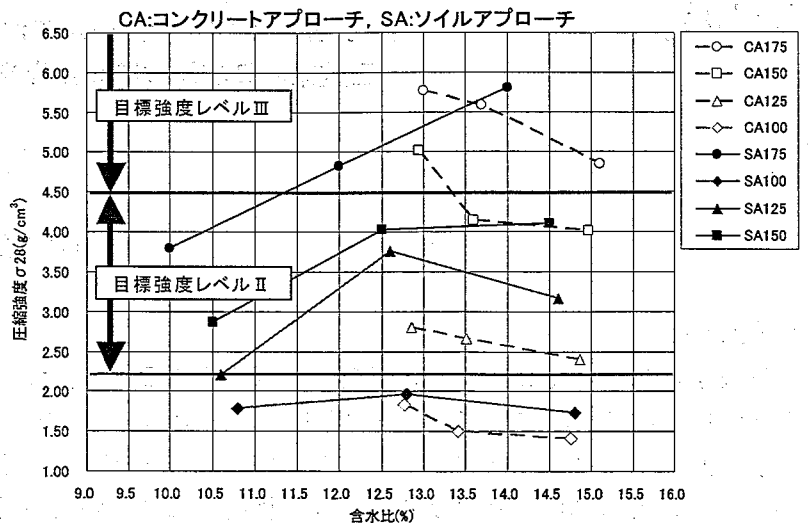


図 3 含水比と圧縮強度 (σ_{28}) の関係

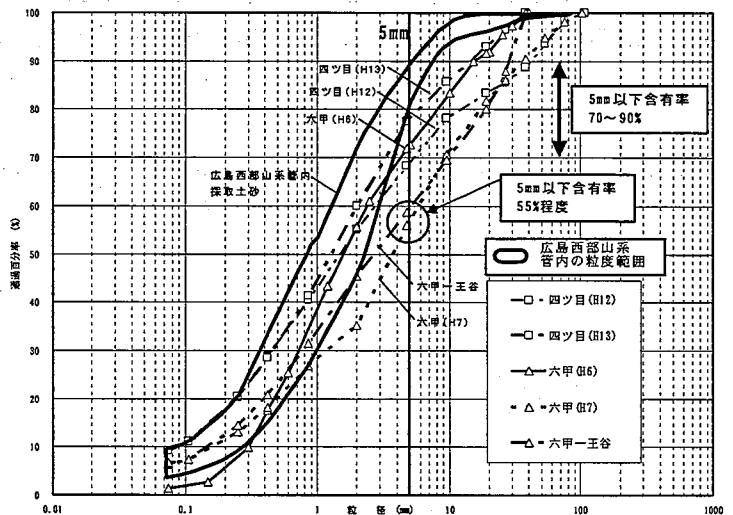


図 4 花崗岩地域の土砂の粒度分布

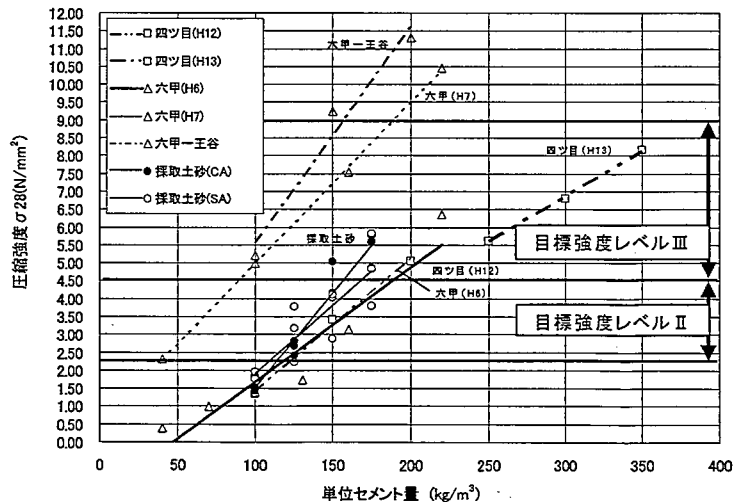


図 5 花崗岩地域の単位セメント量と圧縮強度 (σ_{28}) の関係

引用・参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム・(財)砂防・地すべり技術センター：砂防ソイルセメントの材料特性に関する調査, p. 5-10, 2006
- 2) 砂防ソイルセメント活用研究会：砂防ソイルセメント活用ガイドライン, p. 16, 2002