

砂防ソイルメントの配合に関する基礎的室内試験結果について

国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所 國光謙二、瀧口茂隆、西村崇士
独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ 千田容嗣
(財)砂防・地すべり技術センター 松井宗広、○福井健太郎、阿部淳

1. はじめに

広島西部山系砂防の対象地域における砂防施設の構築にあたり、コスト縮減及び掘削残土等の場外への搬出を極力減らすことはもとより、山裾まで宅地化が進んでいることから、少しでも工事用車両の出入りを減らすなどの合理化施工が求められている。このような背景から、砂防ソイルメント工法を積極的に活用する必要があると考えられる。同工法のうち INSEM 工法は施工形態が土工と同様であり単純なことから管内の砂防施設建設にあたって活用が望まれるところである。しかしながら、その配合設計において発現強度に影響を与えられられる現地発生土砂の吸水率による強度への影響については十分な評価が行われていない。また、メントを現地発生材に攪拌混合し、締固めた場合における体積変化は一般に考慮されていない。その様なことから、本検討では、マサ土を用いて基礎的な室内試験を実施したので、その結果について報告する。

2. INSEM 材のメント混合後の体積変化

(1) 試験方法等

- 試験方法は以下の手順で行った。なお、試料の配合及び試験結果を表 1 に示す。
- ①；目標含水比は最適含水比に±2%の幅を持たせ、15.2%(=最適含水比+2%)、13.2%(=最適含水比)、11.2%(=最適含水比-2%)の3ケースとした。
 - ②；①で準備した土砂について、メントを添加した試料(メント使用量=175kg/m³)と添加しない試料を作成した。
 - ③；②で作成した試料をφ15×30cmのモールドに投入した。投入量は、締固め後に供試体の高さのほぼ80%(24cm)となる量とし、投入土砂量は重さで管理した。
 - ④；モールドには試料を各回ほぼ均等となるよう3回に分けて入れ、一層ごとにボツダグン[®]で締固めた。
 - ⑤；締固め後の試料の体積を計測した。

(2) 試験結果

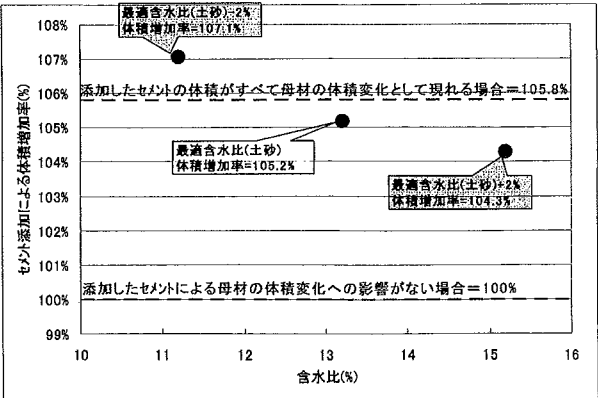
試験結果(図 1)からは、メントの添加により締固め後の INSEM 体積は 104%~107%程度の範囲で変化することが確認された。また、含水比が低いほどメント添加後の体積増加が大きくなる傾向が認められた。その原因としては、水量が少ない程メントペ-ストの水メント比が低くなるため、メントペ-ストの粘性が高くなり、メントペ-ストが十分に土砂の間隙に入り込まなかったことが一因として考えられる。

(3) まとめ

試験結果から、配合設計にあたってはメント添加後の体積変化を考慮する必要があることが分かった。このためには、メントを添加した後に締固め試験を行い、その結果を用いて配合検討を行うことが望ましいと考えられる。

表 1 試料の配合・試験結果

項目	単位	現場発生土砂 (最適含水比(土砂)+2%)		現場発生土砂 (最適含水比(土砂))		現場発生土砂 (最適含水比(土砂)-2%)	
		添加前	添加後	添加前	添加後	添加前	添加後
セメント添加							
最大乾燥密度(土砂)	kg/m ³	1,827		1,827		1,827	
単位セメント量	kg	0	175	0	175	0	175
最適含水比(土砂)	%	13.2		13.2		13.2	
自然含水比(土砂)	%	6.7		6.7		6.7	
目標含水比(土砂)	%	15.2		13.2		11.2	
湿潤密度(土砂)	kg/m ³	2,105		2,068		2,032	
土砂計量値	kg	1,949		1,949		1,949	
加水量	kg	155		119		82	
締固め後の供試体体積	m ³	4.319	4.505	4.314	4.538	4.411	4.722
セメント添加による母材体積への影響	%	104.3%		105.2%		107.1%	
セメント添加により増加した体積	m ³	0.186		0.224		0.311	



※メント添加による体積増加率=メント添加ありの場合の締後の体積/メント添加なしの場合の締後の体積
図 1 メント添加による母材の体積変化

3. 現地発生土砂の吸水率の影響

(1) 試験方法等

試験方法は以下の手順で行った。なお、試料の配合及び試験結果を表 2 に示す。

- ①；現場発生土砂(マサ土、吸水率=4.78%)と、購入骨材を用いて現場発生土砂と粒度分布を同じとした試料（全体としての吸水率=1.29%）の 2 種類の土砂を用意した。
- ②；各土砂にセメント 175kg/m³ を添加したときの、最適含水比を把握する(図 2 参照)。
- ③；各土砂を用いてセメントと配合した(表 2 参照)。配合における目標含水比は②で把握した最適含水比+2%とした。また、セメント添加による母材の体積変化への影響の試験結果に基づき、配合設計にあたっては混合するセメントの体積分の土砂の体積を減らした。
- ④；③で作成した試料をモールドに 3 回に分けて投入し、一層ごとにボッシュパ-で締固めた。
- ⑤；④で作成した供試体を材齢 28 日まで型枠（モールド）ごと養生し、その後圧縮強度試験を行った。

(2) 試験結果

圧縮試験結果を表 2 に示す。

この表から粒度調整土砂を用いた供試体の強度は、現場発生土砂のそれに比べて約 1.6 倍あることが分かる。ここで、コンクリートの配合設計手法に則って上記の 2 試料の水セメント比(W/C)を求めると、以下のようである。

- 現場発生土砂を用いた試料(吸水率=4.78%)：W=158kg、W/C=90%
- 粒度調整土砂を用いた試料(吸水率=1.29%)：W=173kg、W/C=99%

粒度調整土砂の W/C=99%であり、現場発生土砂の W/C=90%と比較して W/C は 9%程大きい。コンクリートでは一般的に、W/C が大きいほど圧縮強度は小さくなるが、今回の試験では粒度調整土砂の方が圧縮強度が大きくなっており、逆の結果となっている。

この一因としては、粒度調整土砂は現場発生土砂と粒度分布は同じとしたが、土砂の質が異なっていることが影響していると考えられる。吸水率は土粒子内の隙間（クラック）が多い場合には大きくなるが、このこと（吸水率が大きいこと）は土粒子自体の強度が弱いということを反映していると考えられる。この点についてはさらに検討ケースを増やすこと、またマサ以外の土砂でも同様な傾向が確かめられるか等についてさらに検討が必要である。

(3) まとめ

今回の試験結果からは、吸水率の違いは発現強度に大きい影響を与える可能性があることが確認できた。INSEM の配合設計にあたってこの点について考慮する必要があると考えられる。

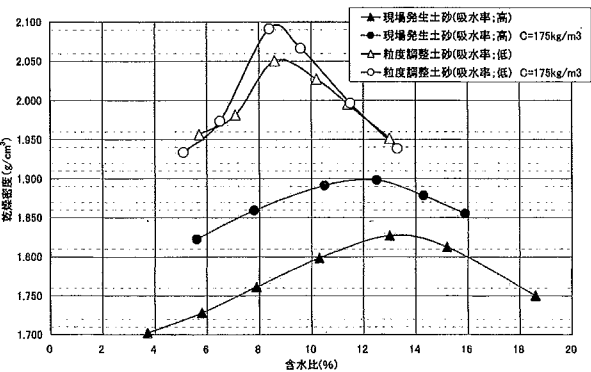


図 2 最適含水比試験

表 2 試料の配合・試験結果

項目	単位	現場発生土砂 (吸水率=4.8%)	粒度調整土砂 (吸水率=1.3%)
最大乾燥密度(土砂)	kg/m³	1,827	1,985
最大乾燥密度(土砂+セメント175kg/m³)	kg/m³	1,899	1,899
単位セメント量	kg	175	175
表乾燥密度(土砂)	kg/m³	2,450	2,610
吸水率(土砂)	%	4.78	1.29
土粒子の密度	kg/m³	2,656	2,683
最適含水比(土砂)	%	13.2	8.9
最適含水比(土砂+セメント175kg/m³)	%	12	8.6
自然含水比(土砂)	%	6.7	7.1
目標含水比(最適含水比(土砂+セメント175kg/m³)+2%)	%	14	10.6
乾燥密度(土砂)	kg/m³	1,722	1,871
湿潤密度(土砂)	kg/m³	1,963	2,069
土砂計算値	kg	1,837	2,004
加水量	kg	126	65
圧縮強度(材齢28日)	N/mm²	5.01	7.93

4. おわりに

広島西部山系砂防の管内は、マサ土が卓越するので現地発生土砂としてこれを用いたが、①さらに検討ケースを増して検証すること、②性質の異なる現場発生土砂についても本検討によって得られた結果と同様な傾向が得られるか等について、今後さらなる検討が必要であると考えられる。これらの基礎的データが蓄積され、一般化されることにより一層、砂防リセメント工法の設計合理化が図られることが望まれる。

【参考文献】

- 1) 現位置攪拌混合固化工法 (ISM 工法) 設計・施工マニュアル 第 1 回改訂版、平成 19 年 3 月
- 2) 細骨材の“粒形”による強度の違いに関する参考資料