

# マサ土を用いた INSEM の強度に影響を与える要因に関する一考察

(財)砂防・地すべり技術センター 松井宗広, 田井中 治, 嶋 丈示, ○飯塚幸司  
国土交通省中国地方整備局 太田川河川事務所 國光謙二, 松下一樹, 光井伸典  
(株)エイト日本技術開発 山中久幸 長野英次

## 1 はじめに

砂防ソイルセメント工法のうち、INSEM 工法はプラント設備を必要とせず、汎用性のある施工機械を用いることから、砂防現場における適用性が高い。同工法の積極的活用のためには、広島県西部地区に広く分布するマサ土を INSEM 工法の材料として用いることを前提として、マサ土の材料特性が INSEM の品質に与える影響をあらかじめ把握しておく必要がある。既往検討では、マサ土を用いて INSEM 工法の配合試験、実施工機械による試験施工を実施した。この試験に用いた土砂の特性は、同地区で過去に土砂採取した粒度分布と比較して、粗粒な土砂、細粒な土砂及びこれらの土砂の中間的な粒度の3試料であった。一般に、粗粒土砂は細粒土砂よりも発現強度が高い場合が多い。しかし、この検討では、細粒土砂が粗粒土砂よりも発現強度が低い結果となった。

そこで、広島県西部地区のマサ土を用いて INSEM の強度に影響を与える要因について、室内試験により検討した。本研究はその概要について報告するものである。

## 2 試験方法

既往検討結果から、砂防ソイルセメント(INSEM)の品質に著しい影響を与える要素として、細粒分(粒径0.075mm以下)の含有率と有機不純物が主たる要素と考えられたので、この2要素に着目して検討を行った。

### 2.1 試験土砂

試験に用いたマサ土は広島県四季が丘地区、高取地区(武田山)、川角地区で採取した土砂である(図1)。

既往検討結果から、マサ土の粒度分布のバラツキが大きいことから、粒度の違いによる影響についても把握するため、地盤材料の工学的分類を参考に0.075mm、0.5mm、2mmの粒径を目安に3等分し、下記の条件を加えて分類した。

- ・ 設定した各範囲の境界付近におおよそ分布する場合、細粒分の強度影響を考慮し、より細粒分側に位置とした。  
→細粒と平均的粒度の境界付近＝細粒  
→平均的粒度と粗粒境界線の場合＝平均的粒度
- ・ 0.075～2mmの通過百分率が55%未満の場合は粗粒とし、55%以上は平均的粒度また細粒はとする。

この分類を基に、粗粒(四季が丘)、平均的粒度(川角)、細粒(武田山)に区分して扱った(図2、表1)。

### 2.2 試験方法

採取した土砂3試料に細粒土砂、有機不純物を多く含む土砂を添加し、INSEM 供試体を作成し圧縮強度試験( $\sigma_{28}$ )及び各試験土砂の単位容積質量試験を行った。

細粒土砂は物性が明らかなベントナイトを用い、既往検討のマサ土の粒度分布における細粒分含有率の実績から、添加率を20%、30%(土砂の乾燥重量比)の2水準とした。有機不純物は、現場において表土が混入する可能性を考慮し、四季が丘地区の表層土を採取し、これを添加した。

一般の盛土では表土は用いないが、ここでは、現地発生土砂をできるだけ活用することを視野に入れ、添加率を5%、10%、25%(土砂の乾燥重量比)の3水準とした。

既往の配合試験結果から、INSEM 工法に用いる単位セメント量は目標強度 $3.0\text{N}/\text{mm}^2$ を発現できる単位セメント量である $150\text{kg}/\text{m}^3$ とした。

なお、上記の配合試験における単位水量は、土砂の最適含水比となるよう加水調整したが、土砂とセメントを混合したINSEMの最適含水比と圧縮強度の関係についても考察するため、単位セメント量100、150、200 $\text{kg}/\text{m}^3$ の3水準についてINSEMの締め固め試験を行った。

以上の試験方法について表2に示す。

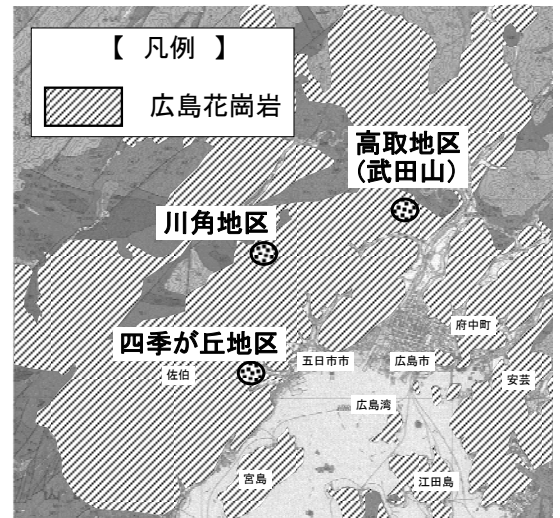


図1 試験土砂採取位置

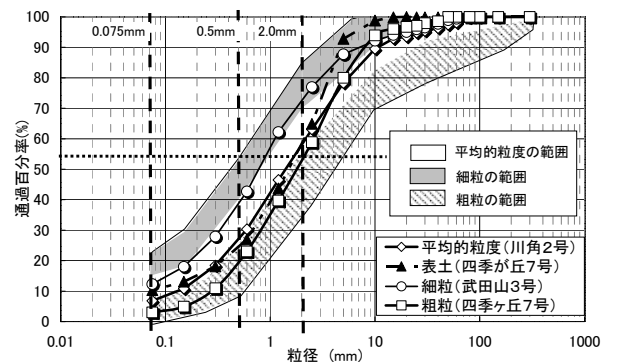


図2 試験土砂の粒度分布

表1 試験土砂の粒度構成

	武田山 (細粒土)	川角 (平均的粒度)	四季が丘 (粗粒土)	四季が丘 (表土)
粗骨材分 (%) (5mm以上)	12.3	21.7	20.0	7.2
細骨材分 (%) (0.075～5mm)	75.4	71.5	77.0	82.5
細粒分 (%) (0.075mm以下)	12.3	6.8	3.0	10.3

表 2 試験方法

項目	細粒分の影響	有機不純物の影響	セメント添加後の締固め試験
試料	3試料		
細粒土砂(ベントナイト)を添加	ベントナイトの添加率を20、30%(土砂の乾燥重量比)の2水準とする	—	—
有機不純物(四季が丘の表層土)を添加	—	5、10、25%の3水準(土砂の乾燥重量比)	—
含水比の水準	1水準(土砂の最適含水比:Wopt)		1水準(セメント込みの最適含水比:Wopt)
セメント量	150kg/m <sup>3</sup>		100、150、200kg/m <sup>3</sup>
単位容積質量試験	各試験土砂		—
圧縮強度試験	4週強度、1ケース当たり3試験		
供試体作成方法	φ15×30cmのモールドを用いて、電動ハンマで締固め20秒/層×1層で作成することを基本とする。		

4 試験結果

4.1 細粒分含有率と圧縮強度

試験結果を図3, 4に示す。

- いずれの土砂も、細粒分含有率が高くなると圧縮強度が低下し、細粒分含有率が20%に達すると、強度低下が著しく、0.5N/mm<sup>2</sup>以下となる。
- いずれの土砂も、細粒分含有率が上昇すると、単位容積質量は低下する。
- 単位容積質量の低下傾向は、いずれの土砂とも同様の傾向を示す。

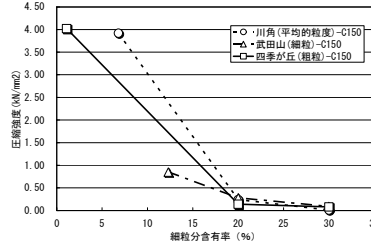


図3 細粒含有率と圧縮強度

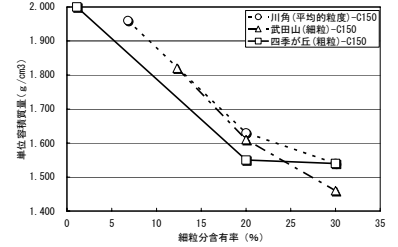


図4 細粒含有率と単位容積

4.2 表土添加率と圧縮強度

試験結果を図5, 6に示す。

- 細粒を除いて、表土の添加率が増えると、圧縮強度が低下する傾向となり、5%添加した場合の低下率が顕著である。
- 平均的粒度の土砂は細粒、粗粒に比較して有機不純物含有量の増加に伴う単位容積質量の低下が著しい。
- 粗粒、細粒の土砂は有機不純物の含有量が増えても単位容積質量の低下が顕著ではない。

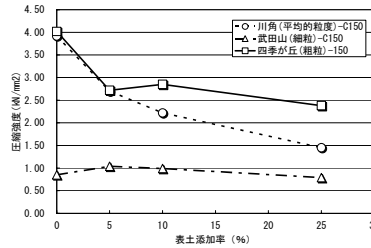


図5 表土添加率と圧縮強度

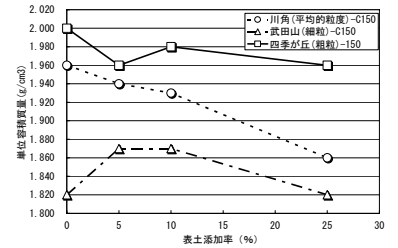


図6 表土添加率と単位容積質量

4.3 セメント添加後の締固め試験

試験結果を図7, 8に示す。

- セメント添加量の増加しても INSEM の最適含水比は大きく変化しない。
- 粗粒のマサ土は、セメント添加により最大乾燥密度が顕著に上昇する。

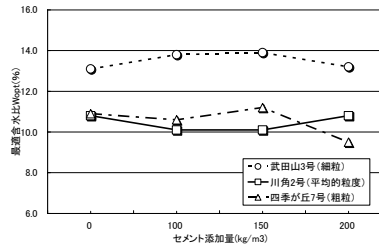


図7 セメント添加量と最適含水比

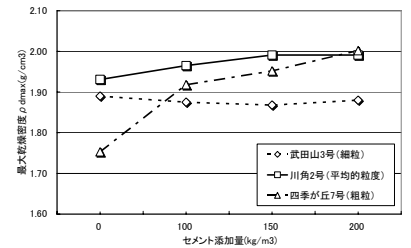


図8 セメント添加量と最大乾燥密度

これはセメント粉体が土粒子の間隙を埋めるため締め固めた場合に、より密実な INSEM になるためであると考えられる。

5 まとめ

細粒分を添加した場合の強度低下、及び試験土砂の細粒(0.075mm 以下の細粒分が12.3%)の圧縮強度試験結果から細粒分含有率が10%以上の場合、発現強度が小さくなるため母材の改良等の工夫が必要である。

有機不純物の多い表層土を添加した圧縮強度試験結果から、表層土を5%添加しただけで砂防堰堤の内部材として INSEM を用いる場合の目標強度(3N/mm<sup>2</sup>)以下となる。したがって、表層土を INSEM の材料として用いることは好ましくなく、実施工においては極力、表層土の混入を避けるべきであると考えられる。

本試験結果からは土砂の最適含水比とセメント添加後の最適含水比が大きく変化しないことから、配合設計検討等においては、土砂の最適含水比を用いて強度との関係等を評価して良いと考えられる。

6 おわりに

本試験結果から、マサ土における砂防ソイルセメント(INSEM)の品質に著しい影響を与える要素として、細粒分(0.075mm 以下)の含有率と有機不純物含有率であることが確認された。今後はマサ土以外の土砂にいても広く検討を行い、土砂の質(粒度分布等)と強度との関係の一般化に向けてさらに検討を進めていきたい。

本報告が全国におけるマサ土を用いた INSEM の配合設計検討において参考となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 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: 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
- 2) 砂防ソイルセメント(INSEM)の実施工における基本課題の検討: 平成21年度砂防学会研究発表会概要集