

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

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、光井伸典
(財)砂防・地すべり技術センター 松井宗広、福井健太郎、○飯塚幸司

1.はじめに

砂防ソイルセメントのうち、INSEM 工法は施工現場において混合コンテナに現地発生土砂とセメントを投入し、バックホウで攪拌混合して製造されることが多い。この場合、当然のこととして配合設計上必要な量の現地発生土砂が混合コンテナに投入される必要がある。ここで、配合設計段階においては土砂の量は重量で計測されるが、施工現場においては重量計測がではなく、混合コンテナへの投入体積により計測・管理されている。このため、現場によってはあらかじめ計量桝により、用いる土砂の単位体積重量を計測し、所定の土砂量が投入された時の高さを混合コンテナに白線を引いておくことなど体積により投入量を管理する。しかしながら、実施工においてはバックホウにより、任意の高さから土砂が投入されることから計量桝による単位体積重量と同様な状態に土砂が投入されない可能性がある。特に、投入高さが異なる場合は、落下に伴う土砂自体の自重により圧密されるなど、重量的には所定量が投入されない可能性もある。場合によっては、使用するセメント量に対して相対的に土砂の量が多くなるため、施工後の発現強度は低下する可能性がある。そこで、現場における INSEM の施工の適正化を目的として、マサ土を用いた場合における適切な土砂の投入方法について検討した。

2.試験に用いた土砂

試験に用いた土砂は国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所管内の広島県四季が丘地区、宮内地区で採取したマサ土である。両地区の土砂とも、現場における自然含水比は9～10%程度である。粒度分布を図1、粒度構成を表1に示す。

3.試験方法

混合コンテナへの土砂の投入高さを変化させて、あらかじめコンテナに引いた白線の高さまで、バックホウにより土砂を投入した。その後、再度バックホウを用いて投入した土砂を取り出してダンプトラックに積み込み、車輻ごと重量を計測した。あらかじめ車輻の重量を計測しておき、これを差し引くことにより混合コンテナへ投入された土砂の重量を計測した。バックホウの規格は、広島西部山系砂防管内における施工実態を整理した結果から、0.45m³級バックホウを用いた。

混合コンテナへの土砂の投入高さは0.45m³級バックホウのアーム可動範囲を考慮し、最大=3.0m、中間値=1.5m、最小=0.0m、の3ケースとした。また、投入高さは指定せず、オペレーターが通常の工事においてバックホウを操作して、混合コンテナに土砂を投入する方法（以下、「実施工における投入方法」）で投入した場合の土砂投入量（重量）も計測し上記の3ケースと比較した。ここで、オペレーターの通常の工事における操作とは、『**概ね投入高さ0～1.0m程度で、投入後バケット背面で投入土砂の山を均す**』という操作方法である。なお、重量の計測方法はトラックスケール(表3)により左右前輪、後輪の輪荷重を計測(写真2)し、その平均値とした。以上の試験ケース(8ケース=土砂2種類×土砂投入高さ4種類)を表2に示す。

表2 試験ケース

使用土砂	混合コンテナへの投入高さ
宮内	3.0m
	1.5m
	0.0m
	実施工における投入方法
四季が丘	3.0m
	1.5m
	0.0m
	実施工における投入方法

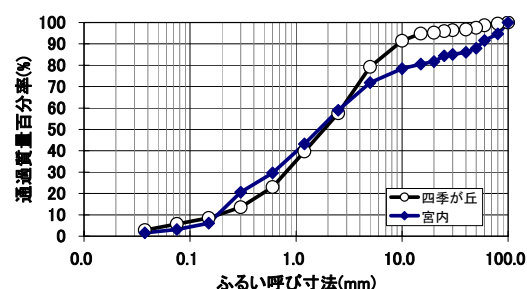


図1 試験土砂の粒度分布

表1 試験土砂の粒度構成

	宮内	四季が丘
5mm以上の割合(%)	28.1	20.7
0.075mm以下の割合(%)	3.1	5.7
平均粒径(mm)	12.7	5.0

表3 トラックスケールの仕様

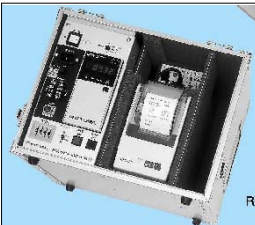
	
■総合仕様 RWP-61A	
重量測定範囲	輪重量 0.5～7.5t(軸重量 1～15t) 最大測定軸数 9軸(車両総重量は99.99t以下)
組み合わせ精度	±(1%+1digit)以内(注1)
測定方式	走行、停止両用(走行速度は4km/h以下)
印字内容	測定年月日・時刻、識別No.、測定モード、各輪重量、車両総重量
最小目盛	0.01t



写真1 施工状況-1



写真 2 施工状況-2

4.試験結果

試験の結果、混合コンテナへの土砂投入高さの違いにより、単位体積重量（絶乾状態）は

- ① 宮内地区の土砂で 1,453～1,581kg/m³、四季が丘地区の土砂で 1,412～1,469 kg/m³ の範囲で変化する。
- ② 宮内地区の最大と最小の差は、約 130kg であるのに対して、四季が丘地区は約 60 kg と約半分の値となった。
- ③ 投入土砂の単位体積重量が最も小さくなるのは、投入高さが 1.5m の場合となった。
- ④ 投入土砂の単位体積重量が最も大きくなるのは、投入高さが 3.0m の場合となった。
- ⑤ “実施工における投入方法による土砂量” に近い値となったのは投入高さが 0m の場合であった。
- ⑥ 投入土砂の単位体積重量は、1.5m→0m→3.0m の順に大きくなる。

表 4 試験結果-1

使用土砂	条件		フライパン法による土砂の自然含水比計測	トラックスケールによるコンテナ投入土砂量計測					単位体積重量 (絶乾状態) (kg/m ³)
	混合コンテナへの土砂投入高さ	混合コンテナへの土砂投入深さ		平均含水比(%)	車体重量(t)	積載重量(t)	コンテナに入れた土砂の重さ(自然状態)(kg)	コンテナに入れた土砂の重さ(絶乾状態)(kg)	投入土砂の体積(m ³)
宮内	3.0m	0.9m	10.87	24.6	40.4	15,780	14,233	9.0	1,581
宮内	1.5m	0.9m	11.97	24.6	39.2	14,640	13,075	9.0	1,453
宮内	0.0m	0.9m	11.65	24.6	39.5	14,875	13,323	9.0	1,480
宮内	実施工における投入方法	0.9m	11.90	24.6	39.7	15,135	13,525	9.0	1,503
四季が丘	3.0m	1.2m	8.45	24.2	43.3	19,120	17,630	12.0	1,469
四季が丘	1.5m	1.2m	8.45	24.2	42.5	18,380	16,948	12.0	1,412
四季が丘	0.0m	1.2m	8.45	24.2	43.0	18,790	17,326	12.0	1,444
四季が丘	実施工における投入方法	1.2m	8.45	24.2	42.9	18,760	17,298	12.0	1,442

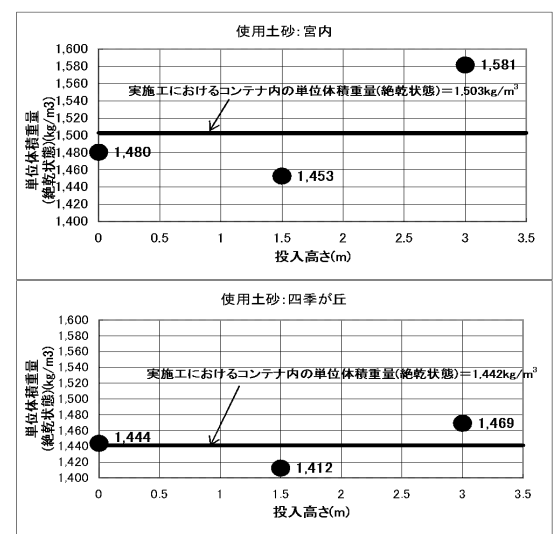


図 2 試験結果-2

5.まとめ

試験結果から

- ① 両地区の土砂の種類はマサ土と同じであるが、投入土砂重量の最大と最小に大きな違いが見られるのは、粒度構成が影響している可能性が考えられる。
- ② 投入高さが 3.0m のケースが最も単位体積重量が大きくなるのは、落下に伴う土砂の『圧密』が影響している可能性が考えられる。
- ③ 投入高さが 1.5m のケースが最も単位体積重量が小さくなるのは、落下したマサ土が適度に広がり、土砂による『圧密』の影響が最も小さかったことが影響している可能性が考えられる。
- ④ 1.5m 以上高いところから土砂を投入した場合には、体積としては所定量であっても、重量としては所定量以上の土砂が投入されている可能性があり、この様な場合、発現強度の低下につながる可能性がある。
- ⑤ 現場においては、“実施工における投入方法”により、土砂は投入されるので、この値をもとにセメント量などを調整して攪拌混合する必要がある。
- ⑥ トラックスケールによる投入土砂の計測は比較的簡便にできるので、INSEM の施工前に作業するオペレーターにより本検討による方法で 1 回程度、投入土砂量(重量)を確認しておくことが望ましい。

本検討は、広島西部山系砂防管内の 2 地区で採取したマサ土によって得られた結果である。他地区におけるマサ土も同様な特性を示すのか、また、マサ土以外の土砂についての傾向・異なるオペレーターによる場合などについてさらに検討を進める必要がある。これらのことを通じて、INSEM の一層の施工改善を図っていきたい。

—参考文献—

- (1) 砂防/砂防外活用ガイドライン、京都大学大学院 水山高久 監修・砂防/砂防外活用研究会 編集、H14.1
- (2) 砂防/砂防外活用の材料特性に関する調査報告書、独立行政法人土木研究所 土砂管理グループ 火山・土石流チーム、財団法人 砂防・地すべり技術センター、H18.8