

広島西部山系における現地発生土砂の積極的活用について

INSEM 工法及び ISM 工法の適用に関する一考察

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

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
(財)砂防・地すべり技術センター 松井宗広、阿部淳、福井健太郎

1 はじめに

広島西部山系砂防の対象地域は、山裾まで宅地化が進み人口や資産が集中しているとともに、山陽自動車道等の主要な交通網が横断しているなど、社会経済的に重要な地域である一方、脆弱なマサ土と呼ばれる砂質土に覆われていることなどから、過去から土砂災害が多発している地域である。

この地域は広島県により砂防事業が進められてきたが、多くの人命が失われ、土砂災害防止法策定の発端となった平成 11 年 6 月 29 日に発生した土砂災害を契機として平成 13 年度から直轄砂防事業が開始されている。

砂防施設の構築にあたってコスト縮減はもとより、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合理化施工が必要である。このためには現地発生土砂を有効活用することが求められるが、施設規模が大きくないこと、仮設ヤードや土砂の仮置き場所を確保しにくいなどから、従来のような砂防ソイルセメント(INSEM 工法及び ISM 工法)の構築方法によることが困難であると考えられる現場が多い。

このようなことから比較的狭い仮設ヤードであっても、より容易に砂防ソイルセメントが構築できる合理化施工を目指して検討及び試験施工を行った。以下にその結果を報告する。なお、試験施工については ISM 工法について紹介する。

2 砂防施設の規模等

広島西部山系砂防管内は、流域面積が比較的小さい土石流危険渓流が数多く存在し、砂防えん堤の規模も堤長 32~100m、堤高 8~14m と比較的小さい(表-1)。堤体積も 800~3,000m³ のものが多い。また、ダムサイト付近の河床勾配は 1/3~1/10 で谷幅が狭いためえん堤敷の底幅は 9~13m と狭い。従って、えん堤基礎部付近の施工スペースは狭く、複数の建設機械等が作業を行う場合は作業効率が低下することとなる。

3 砂防ソイルセメントの適用検討

砂防ソイルセメント(INSEM 工法、ISM 工法)の適用にあたり上記のような施工条件を踏まえ、課題を抽出し、同工法の適用方針等について検討した。

3.1 INSEM 工法

INSEM 工法は、構造物内部において建設機械による敷き均しや締固めが必要なため、広島西部山系砂防管内にあっては機械の作業スペースの確保が課題と考えられる。

3.1.1 建設機械の作業スペースの検討

INSEM の敷き均しに使用するブルドーザ(4t 級程度)または、ミニバックホウ(0.14 級:4.2t 級程度)と締固めに使用する振動ローラ(4t 級程度)が並んだ場合の配置図を示す(図-1)。

同図から複数の建設機械が並んだ場合のスペースとしては、最低でも 10m 程度必要であると考えられる。これに施工機械の移動等のスペースとして 5m 程度を確保すると、15m 程度のスペースがあれば一定の作業効率が得られると考えられる。

3.1.2 施工幅を考慮した適用性の検討

砂防えん堤の施工幅は基礎部から上方に向かうほど広くなることから、堤敷き付近の施工幅が 15m 程度以下であっても、堤体の多くの部分では 15m を超えるので INSEM 工法の施工が可能となる。そこで、全体の堤体積の 95% 以上の区間で 15m 程度以上の施工幅があれば適用可能であると考えた。これによれば検討対象の砂防えん堤のうち約 3 割程度は INSEM 工法の適用が可能と考えられる。

表-1 砂防えん堤の施工実態

No	砂防えん堤 (施設名称)	施設概要			
		堤高 (m)	堤長 (m)	底幅 (m)	元河床 勾配
1	海田ヶ原砂防えん堤	9.0	51	9.3	1/3.8
2	相田1号砂防えん堤	10.0	61	10.0	1/4.2
3	相田2号砂防えん堤	8.5	35	9.0	1/2.8
4	相田3号砂防えん堤	12.5	44	11.8	1/3.0
5	四季ヶ丘6号砂防えん堤	10.5	37	10.4	1/5.0
6	四季ヶ丘3号砂防えん堤	11.5	56	11.1	1/5.0
7	四季ヶ丘2号砂防えん堤	10.0	44	10.0	1/3.0
8	四季ヶ丘1号砂防えん堤	9.5	40	9.7	1/3.0
9	宮園5号砂防えん堤	10.5	42	10.4	1/7.2
10	宮園4号砂防えん堤	9.0	32	9.3	1/4.5
11	宮園3号砂防えん堤	12.5	42	11.8	1/4.2
12	宮園2号砂防えん堤	8.0	35	8.6	1/10.0
13	宮園1号砂防えん堤	12.0	48	11.4	1/7.0
14	湯島砂防えん堤	8.0	76	8.6	1/6.3
15	三輪谷砂防えん堤	11.5	49	11.1	1/4.3
16	玖波砂防えん堤	9.0	34	9.3	1/3.6
17	上ヶ原1号砂防えん堤	14.0	100	12.8	
18	赤土地1号砂防えん堤	13.0	96	12.1	1/4.1
	平均値	10.5	51.2	10.4	1/4.8

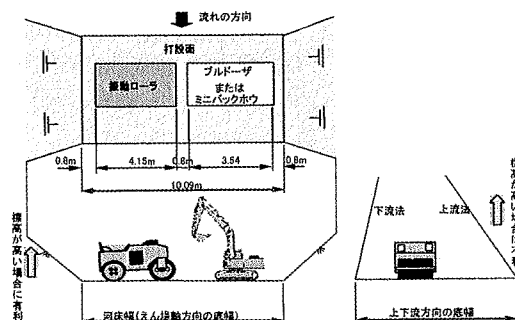


図-1 INSEM 材の敷き均し、転圧作業

3.2 ISM 工法

ISM 工法は、INSEM 工法と異なり構造物内部で建設機械が作業する必要はないが、セメントミルク製造用プラント設置のための仮設ヤードが必要となる。そこで、広島西部山系砂防の施工条件により適合すると考えられるセメントミルク製造用プラントを用いない方法、具体的には混合コンテナを使って粉体セメントと土砂及び水を攪拌して ISM を製造する方法によって現地試験施工を実施した（写真-1）。

3.2.1 試験施工条件

攪拌混合用のアタッチメント及び攪拌混合時間の相違が圧縮強度に与える影響を検討するため、下記条件で試験施工を実施した。

【試験条件】

①セメント量：室内試験結果より単位セメント量 225 kg/m^3 とした。

②試験ケース

- ・攪拌混合用のアタッチメントの違いが圧縮強度に与える影響を検討するため、アタッチメントは通常バケット（平づめ装着）、スケルトンバケット（平づめ装着）、ツインヘッダの3ケースにより攪拌混合した。
- ・攪拌混合時間の違いが圧縮強度に与えるに検討するため、攪拌混合時間

は、1、2、3（分/ m^3 ）の3ケースとした。

3.2.2 試験施工結果

（1）目視による検討結果

- ①スケルトンバケットやツインヘッダーは、通常バケットに比べきめ細やかな練り混ぜができたと思われた。
- ②練り混ぜ1時間経過後の状態をみると、ツインヘッダーは、ブリージングが生じていないが、スケルトンバケットはブリージングが生じていた。

（2）圧縮強度試験

- ①通常バケットでは攪拌混合時間に関係なくほぼ一定の圧縮強度が得られた。但し、他と比較すると低い圧縮強度である。
- ②スケルトンバケットでは攪拌混合が3分/ m^3 になると、混合ピットの中央部と端部の圧縮強度に差がなくなる。
- ③ツインヘッダーによった場合、攪拌混合時間による顕著な変化が認められなかった。また、他の方法と比較して最も高い圧縮強度が得られた。

3.2.3 まとめ

- ・すべてのケースで配合強度 $5.91 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ を上回った。
- ・通常バケットでは、練り混ぜ時間を2分以上にすると、中央部、端部の差がなく練り混ぜられているが、他のアタッチメントに比べて圧縮強度が劣っていた。
- ・スケルトンバケットでは、練り混ぜ時間を3分/ m^3 とすると中央部、端部の差がなく練り混ぜられ、ツインヘッダーと同程度の圧縮強度が得られた。
- ・ツインヘッダーでは、2分/ m^3 以上のケースがより確実な練り混ぜ状況であると目視により判断された。

なお、留意事項としては、ツインヘッダーによる攪拌混合では 0.7 m^3 クラスの供用配管（3本）装着のバックホウが必要なこと、端部（混合コンテナの壁面付近）については、補助的に通常バケットの使用が必要であることである。

4 おわりに

本検討において、①INSEM 工法では施工性を考慮すると、施工幅が 15 m 程度以上あることが望ましい、②また、堤体の大部分で 15 m 程度以上の施工幅があれば適用可能と考えられること、③プラントを設置しない ISM 工法であっても、所定の圧縮強度が得られること、④管内の砂防施設は比較的規模が大きくないことから、構造物内部で2台の建設機械が作業をする必要のない ISM 工法の積極的活用が望まれること、⑤但し、ISM はスラリー状であるので攪拌後の運搬方法（ポンプ打設等）等について今後、検討が必要であることなどが明らかとなった。今後、マサ土と異なる現地発生土砂についても本検討と同様な検討が行われ、各現場において効率よく砂防ソイルセメント工法が実施されていくことが望まれる。

【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

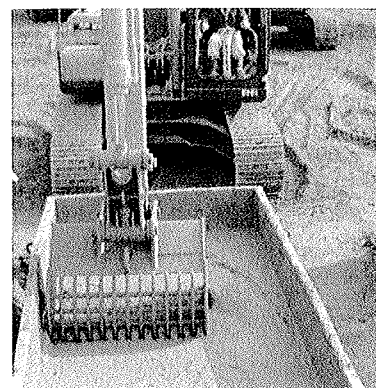


写真-1 混合コンテナでの練り混ぜ

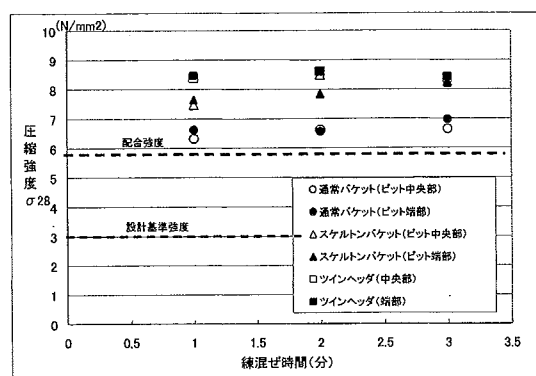


図-2 各ケースにおける圧縮試験結果