

砂防えん堤で推進するSDGs ～ソイルセメント工法の普及拡大～

入江 大輝¹・木下 長茂²

¹兵庫県 豊岡土木事務所河川砂防課 (〒668-0025兵庫県豊岡市幸町7-11)

²兵庫県 土木部技術企画課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

近年の生コン単価の上昇は顕著である。生コンを主材料とする土木構造物はこの影響を受け、整備推進の足かせとなっている。砂防えん堤についても、一般的に重力式コンクリートが採用され、生コン高騰の影響は大きい。

本論文では、砂防えん堤で生コンを使用せず、現地発生土砂等を堤体材料に利用するソイルセメント工法を採用し、経済性だけでなく残土排出量やCO2の低減など環境負荷の軽減効果について、検証した。また、当工法の更なる普及に向けた創意工夫について、新たな切り口を含めた提言を行う。

キーワード ソイルセメント, 砂防えん堤, SDGs

1. はじめに

県の砂防事業については、2009年台風第9号などによる災害を教訓に策定した「山地防災・土砂災害対策計画」に基づき、砂防えん堤等の整備による自然災害に備える強靱な県土の構築を推進している。2023年度現在では、国の「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」も活用し、第4次山地防災・土砂災害対策計画を推進している。

しかしながら、砂防関連施設の全県整備状況は、2022年度末時点で約3割に留まっている。豊岡土木では毎年7箇所の新規着手しているが、砂防えん堤等の土石流対策が必要な危険溪流366箇所に対し、2022年度末時点の着手数は170箇所（整備率46%）という状況である。

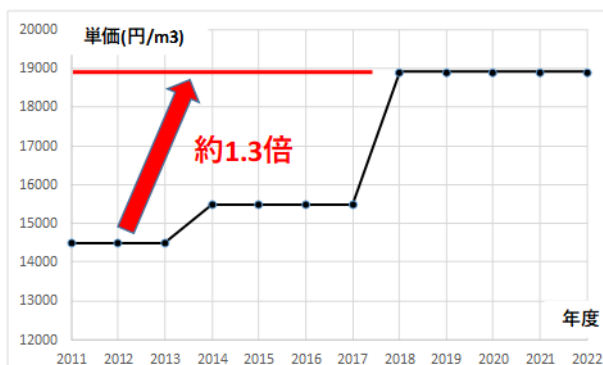


図-1 生コン単価 (21-5-40BB)

整備率の低い理由の一つに多額の整備費用の確保が挙げられるが、特に近年のコンクリート単価の上昇は顕著であり、整備費用増大の一因となっている（図-1参照）。

そこで、経済性で在来工法（コンクリート）より有利となるケースが多くSDGsにも即したソイルセメント工法の普及拡大に向け考察を行う。

2. ソイルセメント工法とは

砂防ソイルセメント工法とは、現地発生土砂等に工事

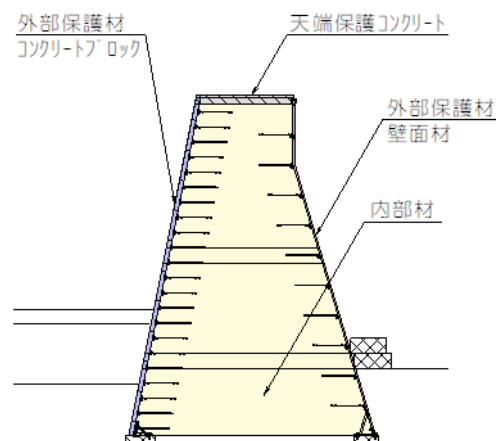


図-2 イラスト (ソイルセメント工法)

ヤードでセメント・水を混合し、砂防えん堤の内部材として活用する工法である（図-2参照）。兵庫県での施工実績は少ないが、在来工法と比べ「経済性」、「環境面」、「工期短縮の面」で優れている。

3. 施工実績から得た特質

豊岡土木では2021年度に、主材料に現地発生土を用いた「INSEM工法」による砂防えん堤工事（以下「施工実績」という。）を竣工しており、この実績を基に「INSEM工法」の特徴と課題を整理する。

なお、工事の概要は下記のとおりである。

施工箇所：豊岡市但東町中山

受注者：拡運建設(株)

請負額：110,770千円（最終130,938千円）

工期：2021年5月10日～2022年3月25日

工事内容：本堤工（INSEM工法）1,806m³ほか



写真-1 大田川左支溪第3 砂防えん堤（INSEM工法）

(1) 特徴（メリット）

a) 経済性に優れる

コンクリートに替えて「INSEM工法」を用いたこと、発生土を有効活用したことから、約3割（32百万円）の予算低減に繋がった（表-2参照）。

表-2 費用比較

工法	工種	費用(千円)	備考
INSEM	ソイルセメント	11,100	V=1806m ³ 発生土1914m ³ 活用
	外部保護材	16,460	型枠として活用
	その他	5,910	基礎・天端コン等
	直接工事費	33,470	
	①総計	59,830	
Con	コンクリート	37,640	V=1622m ³
	残存型枠	6,880	
	残土処分	8,730	発生土1914m ³
	直接工事費	53,250	
	②総計	91,440	
(②-①) / ② ≒ 35%			

b) CO₂排出量を低減できる

セメントは製造過程で多くのCO₂を排出することで知られるが、「INSEM工法」はコンクリートに比べてセメント使用量が少ないため、CO₂排出量を約5割低減することができた（表-3参照）。

表-3 セメント使用量の比較

工法	①施工量 (m ³)	セメント量	
		②単位当り (kg/m ³)	総量 ①×②/1000
INSEM	1,914	106	③ 203
Con	1,622	255	④ 414
(④-③) / ④ ≒ 50%			

c) 交通負荷の低減

1,622m³相当の生コン打設を「INSEM工法」に替えたこと、1,914m³の発生土を有効活用したことから、10tミキサー車(4.2m³/台)と10tダンプ(5.5m³/台)に換算すると735台の交通負荷低減に繋がった。

d) SDGsとの整合

県ではSDGsの視点を県政に取り入れ県のブランド力を高めることを目的に、2022年5月9日に兵庫県SDGs推進本部を設置している。SDGsとはすべての人々にとってよりよい、より持続可能な未来を築くための青写真であり、資材の有効活用を進める「INSEM工法」はこの方針に合致している。

e) 工期の短縮に繋がる

「INSEM工法」は天候や資材、人材等の条件が揃えば、養生期間を設けることなく連続施工ができる。施工実績では、1度の攪拌作業で18.87m³製造できる混合機を用い、平均43m³/日、最大75m³/日を製造できた。同年度にえん堤をコンクリート打設した他工事と比較し、6%以上の工期短縮を図ることができた（表-4参照）。

表-4 溪流別の打設状況

溪流名	堤体施工期間	日数①	打設量	平均打設量		
			②	②/① ※1	※2	
大田川左支溪第3	8/10～11/15	97日	1,806m ³	19	1.06	2.38
平田川	1/21～6/23	154日	2,700m ³	18	1.00	2.25
土肥土川	6/5～9/10	98日	760m ³	8	0.44	1.00

※1) 平田川を「1」として、他の2溪流の平均打設量を評価
 ※2) 土肥土川を「1」として、他の2溪流の平均打設量を評価

(2) 課題（デメリット）

県では施工経験の浅い工法であり、課題を整理、解決しながら進めていく必要がある。

a) 品質管理

「INSEM工法」に活用する現地発生土は、粒径0.075mm以下のシルト・粘土分が20%を超えると改良が必要になる。施工実績では目視で確認できる程の良質な真砂土が得られたことから、施工前と施工中の計4回、配合試験を行ったうえで「INSEM工法」を採用した。このことか

ら、現場によって現地発生土をそのまま活用できないリスクがある。

また、「INSEM工法」は確実な含水比の管理が必要となる。施工実績では攪拌作業を行う前に毎朝含水比試験を行い、その日の練混ぜ水量を確認した。



写真-2 攪拌作業

b) 施工管理

施工管理として練混ぜに必要な水を確保する必要がある。施工実績では近隣の普通河川から汲取った水を、現場内の貯水槽(3.7m³)に散水車で運搬した。

また、施工可能な天気の見極めが必要になる。外部保護材(SBウォール工法研究会)の規定では2mm/h以上の降雨時に打設を控えることとしている。施工実績では、常に気象情報をネットで確認しながら、打設作業の可否を判断した。2021年度は幸い天候に恵まれたため、同時期に施工した他工事に比べ大きな遅れはなかった(表-4参照)。

c) 施工ヤードの確保

ソイルセメント工法を効率的に施工するためには、えん堤の近くで攪拌作業を行うための施工ヤードの確保が必要になる。施工実績では、えん堤に近く民家から100m以上離れた場所に1,000m²以上のヤードを確保できたが、現場によって苦慮することも考えられる。

4. 更なる普及拡大に向けた創意工夫

ソイルセメント工法は、これまで見てきたように経済性、環境面等でアドバンテージがあり、現場条件が許せば積極的に採用すべきと考える。ここでは、この条件を満たさない現場におけるソイルセメント工法の活用について提言する。

(1) 良質な現地発生土が確保できない場合の対応

良質な現地発生土を確保できないが、攪拌作業用の工事ヤードがある現場では、クラッシュランを購入して工事ヤードで攪拌する「LUC工法」の採用が考えられる。従来工法と経済比較した結果、直接工事費で約8%の予算低減が期待できる(表-6参照)。

(2) 良質な現地発生土に加え工事ヤードが確保できない場合の工夫

良質な現地発生土を確保できず、攪拌作業用の工事ヤードもなければ、一般的に従来の生コンを用いた工法を採用することになるが、当該工法のメリットの大ききから何とか一工夫できないか知恵を絞ってみた。

仮に現場外でクラッシュランにセメントを攪拌したLUC材を現場まで搬入できれば、現場条件の制約に関係なくソイルセメント工法を活用できる。

そこで、表-5の条件により建設業協会を通して採石業者に見積りを依頼したところ、有効な回答が得られた。従来工法と経済比較した結果、直接工事費で約9%の予算低減が期待できる(表-6参照)。

表-5 見積り条件

(1) LUC材 1m ³ 当りの攪拌配合
① クラッシュラン 1.11m ³
② セメント量 100kg
③ 含水比 最適含水比の2~4%増
(2) 運搬距離
10tダンプにより10km先の現場への運搬を想定

表-6 砂防ソイルセメントの経済比較

項目	①	②	③	④
本堤の体積	1622m ³	1806m ³	1806m ³	1806m ³
コンクリート	37,640	-	-	-
残存型枠	6,980	-	-	-
ソイルセメント練混ぜ費用	-	11,100	11,100	-
砕石購入費用	-	-	6,510	-
ソイルセメント購入費用	-	-	-	17,491
外部保護材	-	16,460	16,460	16,460
基礎・天端コン等	-	5,910	5,910	5,910
残土処分(1914m ³)	8,730	-	8,730	8,730
合計	53,250	33,470 (▲37%)	48,710 (▲9%)	48,591 (▲9%)

① コンクリートによる施工(在来工法)
 ② 現場発生土を用い現地練混ぜによるソイルセメント工法(INSEM工法)
 ③ 砕石を購入し現地練混ぜによるソイルセメント工法(LUC工法)
 ④ LUC材を現地着単価で購入(運搬距離10kmを想定)するソイルセメント工法(LUC工法)
 なお、1806m³のソイルセメント工法(INSEM工法)には、1914m³の現地発生土を用いている。

この結果には非常に大きな意義があり、全ての砂防えん堤工事におけるソイルセメント工法の活用につながる可能性がある。

メリットとしては、①良質な現地発生土を必要としない、②攪拌作業用の工事ヤードを必要としない、③現場作業量が減る、④現場における品質管理の負担が減る、⑤攪拌作業による現場周辺からの苦情リスクが減るなどが考えられる。

一方、LUC材の購入による施工は初めての試みであり、①LUC材の品質が保たれるか、②現場の工程に合わせ安定した供給が確保されるか、③品質の観点から同一業者からの購入が保たれるかなどの不安要素も挙げられる。

豊岡土木では、2023年度発注する砂防えん堤工事(但東町三原)においてLUC材の購入による試験施工を行い、メリット、デメリットについて整理していきたい。

5. おわりに

ソイルセメント工法については整理すべき課題もあるが、従来工法に比べて経済性や環境面、工期短縮の面で優れるなどの利点が多い。工事ヤードが現場で確保できなくてもLUC材を購入することにより、普及拡大が期待できるケースもある。

今年度に入って更に生コン単価が上昇している現状に鑑み、兵庫県では、積極的にソイルセメント工法の導入に取組み、知見を積み重ね、コスト縮減と環境負荷軽減を追求し、SDGsを推進し、カーボンニュートラルなどのグローバルな課題について少しでも寄与していきたい。

参考文献

- 1) SB ウォール工法研究会：SB ウォール工法パンフレット (2021.7)
https://www.sbwall.org/upload/docs/20210730sb_pamphlet.pdf
- 2) SB ウォール工法研究会：SB ウォール設計・施工マニュアル (2020年2月版)
<https://sbwall.org/upload/docs/2020sb.pdf>