

共生機構株式会社 ○宮本健史、新宅雅
株式会社井木組 伊藤進二、山崎詔大

1. はじめに

中国地方最高峰を誇る大山一帯は大山隠岐国立公園に指定されており、山頂には高山植物、裾野にはブナの原生林が広がり豊かな自然環境が残っている。

一方、山麓斜面には火山堆積物が厚く堆積し、豪雨時にはしばしば土砂流出が発生し、下流域集落は土石流災害の危険にさらされている。

本稿は、二の沢に源を発する白水川において施工されている INSEM-ダブルウォールについて設計・施工上のポイントを発表する。

2. 二の沢 INSEM-ダブルウォールの概要

二の沢砂防堰堤は、堤長 358.2m、堤高 12.5m で完成すれば三の沢砂防堰堤（INSEM-ダブルウォール）を上回り、中国地方最長の砂防堰堤となる。

また、その沢の広さから水通しが 2 箇所ある珍しい構造となっている。

堰堤計画地が大山隠岐国立公園特別区域内であることから「大山周辺の景観や環境との調和を意識した構造物の設置」をテーマに、下流壁面が自生種による植生回復が可能で、現地発生土砂の有効活用となる INSEM-ダブルウォールが採用された。

本堤は複数年度に分けて施工される計画で平成 28 年 8 月から掘削に着手。冬期の休工を挟み、平成 29 年 5 月から第 1、第 2 工事をほぼ同時期に着手、11 月までのおよそ 6 ヶ月で左岸側（約 L=140m、中詰土量約 11,400m³）が完成している。



図 1 二の沢砂防堰堤の概要

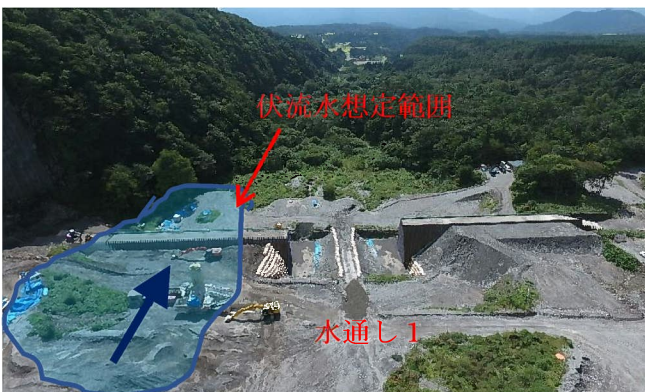


図 2 伏流水対策の概要図

3. 設計のポイント

3. 1 INSEM-ダブルウォールの構造

INSEM-ダブルウォールは、従来のダブルウォール同様、壁面材と多段タイ材による物理的補強を主構造としながら、中詰に INSEM 材（化学的補強）を用いることによって物性値を改善させた複合構造である。

そのため、目標強度は 0.5N/mm²～1.5N/mm² 程度で済み、現場土の状況に合わせた柔軟な強度設定が可能である。

これにより、現場発生土砂の 100%有効活用は勿論、INSEM 材の製造に必要なセメント量ひいては搬入車量の削減に繋がり、近隣住民への負担も軽減することができる。

3. 2 下流壁面緑化

自生種による壁面緑化を目指すにあたり、壁面際まで INSEM 材で中詰すると植物の育成を阻害するおそれがあるため、壁面部は現地の表土をそのまま中詰する構造とした。

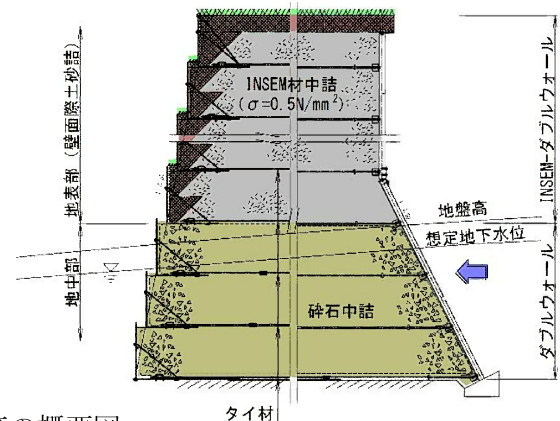
3 年前に完成した近傍の三の沢砂防堰堤も同様の構造で下流面を緑化している。（写真 1 参照）

3. 3 伏流水対策

堰堤計画地左岸に伏流水が確認され、豊水期には堤体まで水位上昇するおそれがあった。中詰材を固化すると伏流水が遮断され、下流農業用水の取水に影響が懸念されたため、地中部の中詰に INSEM 材を使用せず、クラッシャーランを使用することで堤体内部の透水性を確保した。（図 2 参照）



写真 1 壁面緑化事例



3. 4 INSEM 材配合設計

当該現場の INSEM 目標強度は 0.5N/mm^2 、配合強度は 0.75N/mm^2 で設計されている。現場採取した母材の物性値は礫分 61.8%、砂分 28.5%、細粒分 9.7%、自然含水比 11.3% の細粒分まじり砂質礫に分類される良質な土である。この値は、三の沢砂防堰堤の母材と近似していたため、これを参考に表 1 で配合試験を実施した。

下記 2 点に配慮し、セメント添加量 50kg/m^3 、含水比管理値 $11.0\% \pm 1.5\%$ と決定した。

- ①現場で均一な混合が確保でき、十分な強度発現が得られるよう最低添加量を 50kg/m^3 とした
- ②母材の保管が野積みで含水比が変化しやすく、曝気管理は困難なため、自然含水比を基準に設定

表 1 配合試験組合せ

含水比 (%)	C=50kg/m ³		C=70kg/m ³	
	$\sigma 7(\text{N/mm}^2)$	$\sigma 28(\text{N/mm}^2)$	$\sigma 7(\text{N/mm}^2)$	$\sigma 28(\text{N/mm}^2)$
8.00	2.51	2.98	3.78	5.00
9.50	2.47	2.97	3.12	4.28
11.00	1.17	1.64	2.41	3.63

4. 施工のポイント

堰堤計画地は豪雪地帯で、施工は 4 月から 12 月までの期間に限定されるため、施工の合理化を図り、工期を短縮することがポイントとなった。施工者の(株)井木組は 10 項目に上る創意工夫を立案実行しているが、その中で INSEM-ダブルウォールに関連したものは以下のとおりである。

4. 1 自走式破砕機の活用

通常はスケルトンバケットを使用してふるい分けを行うが、自走式破砕機を使用した。その効果は以下のとおり。

- ①400mm 程度の礫も最大 50mm 程度にまで破砕したことで、現地発生土砂を均一な粒度に調整するとともに最大限有効活用することができた
- ②粒径処理の平均施工量は第 1 工事で $400\text{m}^3/\text{day}$ 、第 2 工事で $355\text{m}^3/\text{day}$ とバックホウ処理 ($96\text{m}^3/\text{day}$) に比べ約 4.2 倍、3.7 倍の効率性の向上が図れた

4. 2 自走式土質改良機の活用

バックホウ混合では日当たり施工量が制限されることが予想されたため、自走式土質改良機を使用した。その効果は以下のとおり。

- ①均一で安定した品質の INSEM 材が製造できた
- ②INSEM 材の日当たり最大生産量は第 1 工事で 260m^3 、第 2 工事で 283m^3 を確認。バックホウ混合 ($171\text{m}^3/\text{day}$) の約 1.5 倍～1.7 倍の効率性の向上が図れた

4. 3 INSEM 材の強度発現

INSEM 材の強度管理は 60 回 (1 回/1 施工日) 実施した。 $\sigma 28$ 強度は平均 3.40N/mm^2 、最小値 2.05N/mm^2 と自走式破砕機、自走式土質改良機の使用が品質向上にも大きく寄与した。

4. 4 工期短縮の達成

従来の施工方法と比較し約 55 日の短縮を達成、施工工期よりも 3 ヶ月早く竣工することができた。



図 3 5 月本堤施工開始



図 4 7 月施工状況(H=6.6m,V=5,200m³)

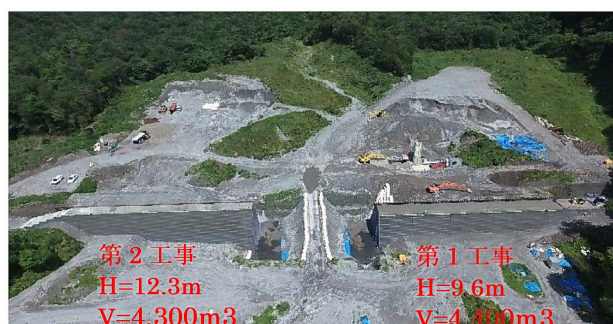


図 5 9 月第 2 工事完成



図 6 積雪前に完成(12 月撮影)

5. おわりに

二の沢砂防堰堤は平成 35 年度の完成を予定されており、INSEM-ダブルウォール工事は今年度で 3 期目となる。

今後も更に、より合理的な設計・施工のニーズに応えられるよう日々研鑽していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 建設技術審査証明(砂防技術)報告書 INSEM-ダブルウォール(DW)工法、財団法人砂防・地すべり技術センター 平成 28 年 9 月
- 2) 青木ら：大山砂防三の沢砂防堰堤 INSEM 材の強度発現について、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集