

砂防ソイルセメント（INSEM）の経年変化に関する調査

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター ○川村崇成，嶋丈示，池田暁彦
国土交通省 北陸地方整備局 立山砂防事務所 三上幸三，吉村明
砂防エンジニアリング株式会社 中濃耕司，細川清隆

1. はじめに

砂防ソイルセメント工法は平成に入って以降に開発された比較的新しい工法であるが，これまでに多くの調査や研究，技術開発が行われ，現在では全国に広く普及し，砂防事業に用いられる事例も増えてきている．これらの調査・研究成果や設計・施工事例を収集し，平成 23 年度には「砂防ソイルセメント設計・施工便覧¹⁾」が発刊された．しかし解決すべき課題もまだ多く，その中のひとつとして，工法としての歴史が浅いために経年による性状の変化について明確にされていない，ということが挙げられる．本報は，この課題に着目し，試験施工後 9 年経過した INSEM の経年変化について実施した調査とその結果について報告するものである．

2. INSEM 工法とは

2.1 INSEM 工法の概要

INSEM (IN-situ Stabilized Excavated Material) 工法は，施工現場の現地発生土砂とセメント粉末を攪拌混合して締固め，固化させて構造物の構築に用いる工法である¹⁾．施工実績として，砂防堰堤や床固工の本体，基礎部，護岸工，人工地山等がある．

2.2 INSEM 工法の特徴と調査目的

コンクリート工法と比較すると INSEM 工法には，搬出土砂の減少，施工条件の緩和，環境負荷軽減への寄与，コスト削減，施工安全性の向上，といった特徴がある．また日々の連続打設が可能であるため，施工期間を短くできる．一方，INSEM 工法は耐凍結融解性や耐摩耗性が低いことが一般的に知られており，長期的な耐久性に課題があるとされている．しかし，繰返しの凍結融解の影響や風雨・流水等に曝された場合，また土石流や洪水などの外力を受けた場合などの INSEM の経年的な特性変化について，具体的に調査した事例は少ない．そこで今回は，試験施工後約 9 年間屋外にて暴露されていた INSEM について，その特性の変化を調査することとした．

3. 調査概要

3.1 試験施工 (H14) の概要

平成 14 年 10 月に立山砂防事務所管内の立山カルデラ内 (図 1) にて，現地発生土砂を用いた試験施工を行った．図 2 に使用した土砂の粒度分布を，表 1 に土砂の種類と配合セメント量 (kg/m³) を示す．4 種類の土砂に対して，配合セメント量 3 ケースを

設定し，合計 12 ケースの試験施工を行った．なお試験施工場所は冬期は雪に覆われる場所であり，繰返しの凍結融解作用を受けているものと考えられる．また平成 15 年 10 月には，施工後約 1 年経過時にコア採取を行い，圧縮強度試験を行っている．

3.2 調査 (H23) の概要

今回の調査は平成 23 年 11 月に実施した．調査項目は，施工後約 9 年経過した合計 12 ケースの INSEM (前述) に対して①サンプルコア採取による INSEM 内部の劣化，②INSEM 施工表面の劣化，③サンプルコアの圧縮強度，とした．

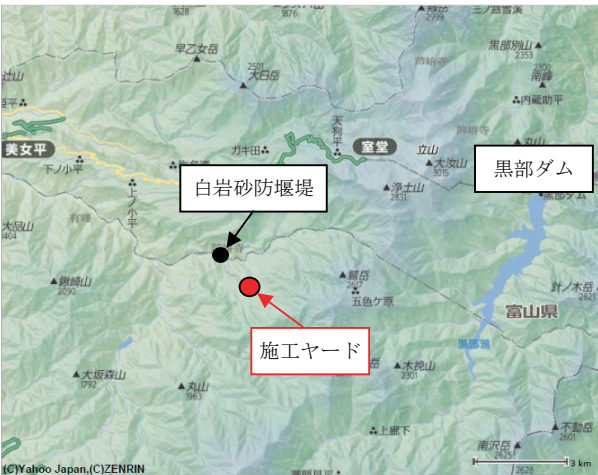


図 1 試験施工ヤード場所

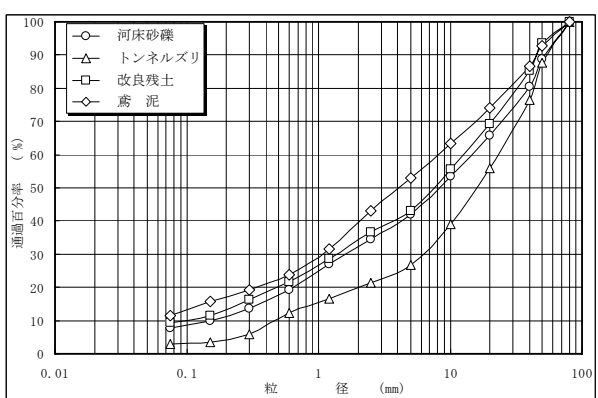


図 2 現地発生土砂 (4 種類) の粒度分布

表 1 試験施工の土砂種類と配合セメント量

土砂略称	採取場所	セメント量(kg/m ³)
河床砂礫	スゴ谷の河床砂礫	100、200、300
トンネルズリ	白岩トンネルの掘削ズリ	100、200、300
改良残土	湯川12号砂防ダムの基礎処理(ジェットパイル)残土	100、200、300
鳶泥	鳶崩れからの流出土砂	100、200、300

4. 調査結果と考察

4.1 外観調査

試験施工 INSEM の表面、および採取したサンプルコアの外観を確認し、INSEM 内部及び表面の劣化状況を調査した。

①INSEM 内部（例：写真1）

いずれの土砂の場合も、大礫集中箇所などを除くサンプルコア全体に固結した INSEM が確認でき、サンプルコアの外観上 INSEM 内部で劣化が進行している痕跡は確認されなかった。また H15 年調査と比較すると、全体的には中折れや一部欠損などのコア損傷の発生率が低下したが、トンネルズリのケースでは、比較的大きな礫の集中箇所で中折れが生じる場合が H15 年と同程度であった。細骨材成分が比較的多いトンネルズリ以外の土砂の場合は INSEM 内の空隙がより小さくなるので、長期的なセメント水和反応によって内部の固結が促進されたが、粗骨材成分が比較的多いトンネルズリの場合は、INSEM 内に空隙が大きい部分が出てしまうと、そのような部分では長期的にも固結はしにくいと推察される。



写真1 サンプルコア（トンネルズリ C=300）

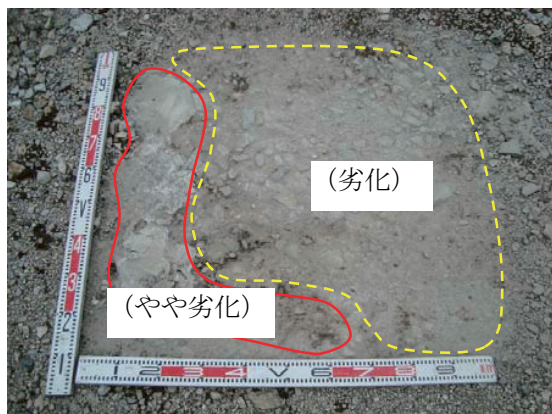


写真2 INSEM 表面（トンネルズリ C=300）

②INSEM 表面（例：写真2）

いずれの土砂の場合も、表面の劣化部を 0.5～2.0cm 程度除去すると固結した INSEM が確認できた。凍結融解を繰返しながら約9年経過しているが、劣化深度は 2.0cm 程度以下と小さいことが判明した。

ただし、INSEM の表面は砂や埃等に覆われて保護されたことで凍結融解作用が緩和された可能性も考えられるので、今後は曝露試験による劣化データの収集や、INSEM の熱伝導性と劣化深度の関係等について検証していく必要があると考える。また、トンネルズリのケースが最も劣化部分が多かった。これは、他の土砂よりも粗骨材成分を多く含み、INSEM 内の空隙が多くなったため水や空気が進入し易くなり、凍結融解の影響範囲が大きかったためと判断される。

4.2 圧縮強度調査

採取したサンプルコアを用いて圧縮強度試験を行い、INSEM の圧縮強度の推移を調査した。

表2 圧縮強度試験結果（H15 年、H23 年）

土砂	河床砂礫			トンネルズリ		
セメント量(kg/m ³)	100	200	300	100	200	300
H15 圧縮強度(N/mm ²)	8.93	16.18	6.09	3.33	3.07	2.63
H23 圧縮強度(N/mm ²)	20.40	21.23	11.90	7.78	6.63	5.04
伸び率(H23/H15)	2.28	1.31	1.95	2.34	2.16	1.92
土砂	改良残土			鳶泥		
セメント量(kg/m ³)	100	200	300	100	200	300
H15 圧縮強度(N/mm ²)	1.50	1.86	4.11	3.30	2.78	2.29
H23 圧縮強度(N/mm ²)	3.03	2.75	4.09	4.12	5.86	6.76
伸び率(H23/H15)	2.02	1.48	0.99	1.25	2.11	2.95

改良残土 (C=300kg/m³) を除く全てのケースにて圧縮強度は大きくなっており、その伸び率は 1.25 倍～2.95 倍となっている。また改良残土 (C=300kg/m³) のケースでも圧縮強度の変化は 0.99 倍であり、ほぼ横這いと判断できる。この結果、当試験施工現場の場合には経年による内部の劣化進行はなく、むしろ施工後も長期的に圧縮強度は大きくなり、品質が向上しているといえる。

5. まとめ

今回実施した INSEM の経年変化に関する調査の結果をまとめると、①INSEM 内部は大礫集中箇所など一部で固結が不十分な箇所があるが、凍結融解により劣化が進行している様子は見られない。②内部の固結状況が向上し、圧縮強度も上がっているため、積雪や低温といった劣悪環境下でも内部の INSEM の品質は向上している。③INSEM 表面の劣化深度は 2.0cm 程度であり小さい。

今後は、砂防ソイルセメント工法の更なる普及に向けて、i) 更に長期的な経年変化、ii) 雨水による浸食や洪水・土石流などによる摩耗などの凍結融解以外の要因による劣化、iii) 外部保護材のない地上構造物など露出面が多い場合の劣化、等の INSEM の特性を把握するため、このフィールドでの経年変化の調査を継続すると同時に、今回採取したコアの曝露試験を実施する予定である。

※参考文献

- 1) 砂防ソイルセメント設計・施工便覧：(財) 砂防・地すべり技術センター，2011
- 2) 砂防ソイルセメントの経年変化に対する追跡調査結果の報告：平成 21 年度砂防学会研究発表会概要集