

広島西部山系における INSEM 材への適性判断手法について

いであ株式会社 ○木村 啓祐・森 克味・渡辺 和彦・狩野 学
S B ウォール工法研究会 秋山 祥克・橋木 貞則・樋口 経太

1. はじめに

広島西部山系は土石流危険渓流が多く、この下流では都市化に伴い、宅地開発が山麓斜面まで進展している(写真-1)ため、多くの保全対象者を有しており、早急な対策(砂防堰堤等)が望まれる。しかし、住宅密集地であり、既設道路の幅員が狭い箇所も多く、掘削土砂搬出時やコンクリート搬入時の周辺環境への影響が大きく、掘削土砂の処分費等の建設コストが増大する傾向にある。



写真-1 山麓斜面に近接する宅地



写真-2 土砂化した「マサ土」

そのため、周辺環境への影響低減やコスト削減のために掘削残土を有効活用できる、セメントと掘削土砂を混合して砂防堰堤の内部材等に利用する INSEM (IN-situ Stabilized Excavated Material) 材の適用が望まれる。一方、広島西部山系の地質は大半が広島花崗岩類で、風化すると「マサ土」と呼ばれる砂質土となる性質がある。(写真-2)

本稿は中国地方整備局太田川河川事務所の協力のもと、INSEM 材として広島西部山系の「マサ土」使用を設計段階で判断する新たな手法について妥当性を試行した結果を記す。

2. 設計段階における INSEM 材適応に関する課題

- ① 掘削土砂の INSEM 材としての適応可否(砕石等の改良材の必要性・単位セメント量の推定)
- ② INSEM 材の単位体積重量の推定

設計時には特に①の掘削土砂の INSEM 材への適応性判断が問題となる。

3. 管内の土砂「マサ土」の特徴および砂防ソイルセメント工法設計上の問題点

設計段階における掘削土砂の INSEM 材としての適応性を簡便に判断する手法として、『砂防ソイルセメント設計・施工便覧 平成 23 年(財)砂防・地すべり技術センター』に一般的な土砂を対象とした「粒度特性による適応性判断フロー」がある。(図-1)

適応性判断フローを広島西部山系の大半を占める砂分が 80%を超えるような「マサ土」に適用した場合、掘削土砂単独では必要な強度を確保できず、砕石等の改良材が必要と判断されることが多い。

一方、管内ではすでに掘削土砂単独で INSEM 材に活用されている実績がある。

そのため、「マサ土」の適応性判断として「室内配合試験」を実施することが望ましいが、以下の理由から設計段階での実施は困難であるケースが多い。

- ① 標準配合 3 セメント量×3 含水比の配合ケースを実施する必要があるが、試料採取量が 600kg 程度でバックホウ等の掘削重機が必要である。(写真-3)
- ② 配合試験は 28 日強度で評価するため、試験結果が得られるまでの時間を要す。
- ③ 試験費用は 200 万円程度で、堰堤規模にもよるが、一般的な砂防堰堤の場合、設計段階での掘削土砂の適応性を評価する試験費用としてはその負担が大きい。

以上から、設計段階で掘削土砂である「マサ土」の INSEM 材の適応性を判断する簡易で安価な手法が求められる。

4. 民間技術に見る INSEM 材への適応性判断手法

4. 1. INSEM 材の適応性判断手法

INSEM 材の適応可否についての判断手法として、S B ウォール工法研究会では、これまでの配合試験結果を蓄積し、掘削土砂の「適応性判断指標分類」と独自のセメントの固化効率試験による「適応性判断試験」の 2 つの手法を提案している。本稿では、これらの判断手法に着目し、その妥当性を評価した。

4. 1. 1. 材料試験結果による適応性判断指標分類

これまで実施した配合試験データと、掘削土砂の材料特性である「最適含水比」「細骨材吸水率」「最大乾燥密度」「細粒分通過率」の 4 つの要素に着目し、強度セメント比(強度/セメント量)との関係から、INSEM 材の適応に関する指標分類(表-1)を行う。これらは、各土質試験項目と強度セメント比の関係(図-2)において、それぞれの相関係数は低いものの、4 つの要素を and 条件として、1000 を超える配合試験データを用いた単位セメント量を変数とした場合の適応可能となる掘削土砂の確率論から作成したものである。

特にここで注目する点は、適応性判断指標が粒度特性にこだわっていない点である。

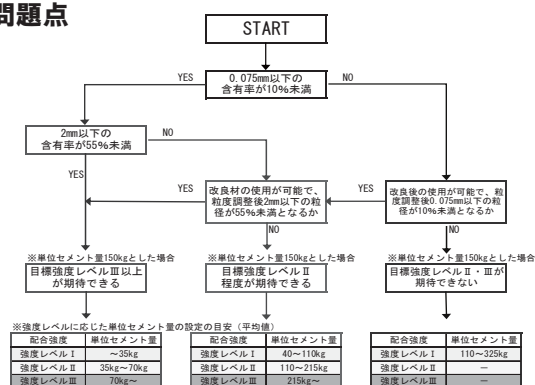


図-1 粒度特性による適応性判断フロー



写真-3 配合試験試料採取状況

表-1 材料特性による指標分類例

指標分類	分類A	分類B	分類C	分類D	対象土砂
土質試験項目					
最適含水比(%)	8	13	25	50	16.000
細骨材吸水率(%)	8	10	25	50	2.610
最大乾燥密度(g/cm³)	1.3	1.7	1.4	1.1	1.731
細粒分通過率(%)	20	25	40	50	18.100
配合の目安	C量100kg以下	C量200kg以下	C量200kg以下 改良材必要性(小)	C量200kg～250kg 改良材必要性(大)	

COPYRIGHT(C) 2010 SBウォール工法研究会ALL RIGHTS RESERVED.

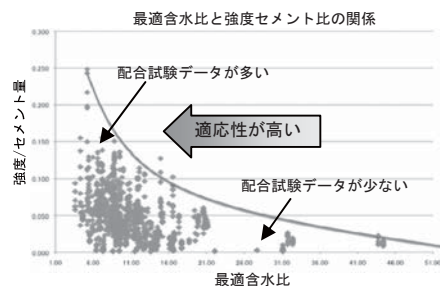


図-2 材料特性と強度セメント比

4. 1. 2, セメント固化効率試験による適応性判断

材料特性による適応性は表-1 から把握することができたが、既存の配合試験データとの照合を行う統計的な指標であることや材料特性がほぼ同様な場合でも有機物の含有等により強度発現しないケースがあるなど、材料特性以外の要因による強度発現阻害に対しては判断することができない。

また、これまでの配合試験結果から INSEM 材の単位セメント量と強度の関係(図-4)は、ほぼ S 字曲線になり、「収束強度」や強度が発現する単位セメント量を示す「固化開始セメント量」は、図-3 の一次関数「セメント固化効率推定式」によって表わすことができる。「セメント固化効率推定式」はセメントと強度の関係が安定している範囲を想定しており、INSEM 材の目標強度がこの範囲内にあれば、安定したセメント水和反応が期待できる。

セメント固化効率推定式は、セメント固化効率試験(表-2)を行い、その結果と材料試験結果及び既存の配合試験データを統計解析処理し、算出する。

- ・ 既存配合試験結果
- ・ 材料試験結果
- ・ 簡易配合試験結果

セメント固化効率推定式
 $y = ax + b$
 $y = \sigma_{28}$ 、 $x = \text{単位セメント量}$

図-3 セメント固化効率推定式

表-2 セメント配合試験とセメント固化効率試験

	セメント配合試験	セメント固化効率試験
モールド径	φ125～150×H250	φ50×H100
試験結果	材齢7日・28日の圧縮強度	材齢7日の圧縮強度結果
試料	600kg 程度 最大礫径φ40mm以下に試料調整	100kg 程度 最大礫径φ9.5mm以下に試料調整
含水比	3 含水比	1 含水比
単位セメント量	3 単位セメント量	150kg/m³, 250kg/m³
締固めの有無	施工時と同様に締固めを実施	セメントの固化効率を測定するため、締固めは行わない
費用	200 万円程度	30 万円程度
メリット	その他の試験が不要	時間の短縮、コスト削減が可能 人力での試料採取が可能である
デメリット	バックホウ等による土砂採取が必要	示方配合の単位セメント量を推定する手法であり、設計含水比は施工前に配合試験で確認が必要

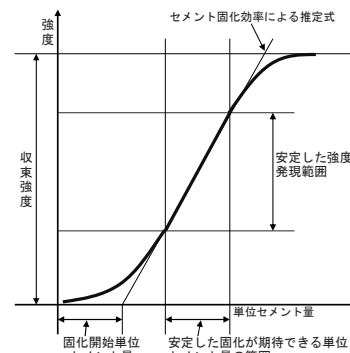


図-4 単位セメント量と強度

図-5 にセメント固化効率推定式の算出事例を示す。

固化開始セメント量は 100kg/m³ 程度と一般的な土砂と比較すると高い値となっている。砂防堰堤の INSEM 材(強度レベルⅢ, 3.0N/mm², 配合強度 4.5N/mm²)に必要な単位セメント量はセメント固化効率推定式によると 150kg/m³ という結果となる。但し、強度発現は含水比の影響を大きく受けることから、既存の配合試験結果から算出された固化効率推定式に対して、上限・下限の偏差を算出し、推定単位セメント量は安全側の下限値 166kg/m³ で強度が発現すると推定した。

これは一般的な単位セメント量 150kg/m³ より少し多い程度で、十分 INSEM 材として適用できる掘削土砂と判断できる。

4. 2, INSEM 材の適応性判断手法の妥当性

広島西部山系管内において INSEM 材適応性判断試験による推定強度と配合試験による材齢 28 日の圧縮強度を比べると、セメント固化効率式の上限～下限内であり妥当性が確認できた。(図-6)

5, 今後の展望

今回、SBウォール工法研究会の適応性判断手法を評価し、設計時における適応性判断手法として、妥当であると判断した。「マサ土」は物性値が特徴的で、他の掘削土砂に比べバラツキが少ないことから、今後は配合試験等のデータを収集し、地質特性に着目した試験手法を検討して、より簡便に INSEM 材の適応性判断が可能とすることが望まれる。

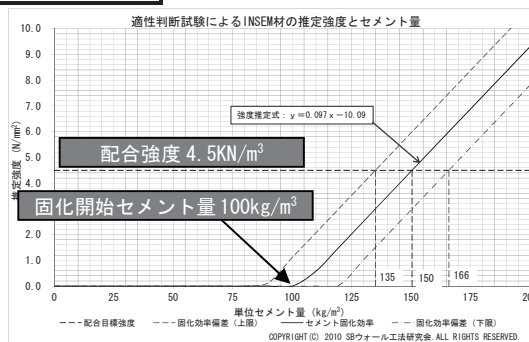


図-5 適応性判断試験による推定強度と単位セメント量関係図

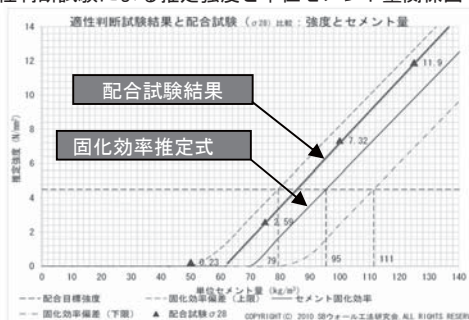


図-6 推定強度と配合試験結果の比較