

# 低強度ISMの基礎性状

小野田ケミコ(株) (ISM 工法研究会会員) ○堀口哲夫  
久我比呂氏  
大日本土木(株) (ISM 工法研究会会員) 佐藤文雄  
豊田工業高等専門学校 中嶋清実

## 1. はじめに

ISM (In Situ Mixing) 工法は、砂防堰堤構築時に発生する掘削土砂の有効利用を目的とし、施工箇所にある最大粒径 300mm 以下の玉石を含む砂礫土砂とプラントで製造したセメントミルクをバックホウに装着したツインヘッドで攪拌混合し、構造物本体や基礎地盤を構築するものである。本工法の強度区分はタイプ I ( $18 \leq f_{ck} : W/C=60\%$ 以下)、タイプ II ( $10 \leq f_{ck} \leq 18$ )、タイプ III ( $1 \leq f_{ck} < 10$ ) に分類されており、堰堤本体や基礎地盤で使用されている。( $f_{ck}$ : 設計基準強度  $N/mm^2$ )

ISM工法は、固化材として高炉セメント B 種を基本としている。本報告は、高炉セメント B 種、普通ポルトランドセメント、特殊土用固化材 (六価クロム対応) の 3 種類の固化材を用い、セメントの種類による強度発現への影響についての検討と基礎地盤として使用される低強度ISMのクリープ変化、耐凍害性を報告するものである。

## 2. 試験概要

### 2.1 使用材料

配合試験に用いた材料を表-1 に示す。使用するセメント種類の違いによる強度特性を把握するため普通ポルトランドセメント (以下 NPC)、高炉セメント B 種 (以下 BB) および六価クロム対応固化材 (以下 GS) の 3 種類の固化材を用いて試験を行った。試験に用いた攪拌土砂材料の試験結果を表-2 に示す。

### 2.2 試験配合・練混ぜ方法

試験配合を表-3 に示す。ISM工法の配合では、攪拌土砂材料の空隙率に見合うセメントミルク量を混合するが、土砂の特性によりコンシステンシーが異なるため、その上限を空隙率+5%としている。各種セメントの単位セメント量と W/C の関係は、 $200kg/m^3$  で  $W/C=138\%$ 、 $250kg/m^3$  で  $W/C=104\%$  とし、計 6 水準の練り混ぜを行った。材料の投入順序は、現場施工と同様に攪拌土砂材料にセメントミルクを投入し、100%の傾胴式ミキサにて 3 分間練り混ぜた。攪拌混合した ISM は 40mm のフルイを用いてウェットスクリーニングを行い、圧縮強度試験とクリープ試験用 ( $\phi 15 \times h 30cm$ )、凍結融解試験用 ( $10 \times 10 \times 40cm$ ) の供試体を作製した。養生は、材齢 7 日まで型枠内養生、以降は湿潤養生を行った。

## 3. 試験結果

### 3.1 セメントの種類による強度発現性への影響

ISMのフレッシュ性状、強度特性の試験結果を表-4 に示す。全ての水準でスランプは 15cm 以上となり良好なワーカビリティを有していた。

圧縮強度試験は、材齢 1,3,7,28,91 日の 5 水準で行った。GS は短期材齢で強度を発現するが長期的な強度の増進は低い。BB は材齢 28 日以降の強度発現性が高く、NPC は短期材齢では BB と同程度で材齢 28 日以降は GS よりも強度増進が高い結果となった。

図-1 に材齢 7 日の圧縮強度を基準とした圧縮強度比を示す。材齢 7 日から材齢 28 日への強度比は、NPC、GS で約 1.5、材齢 91 日では約 2 となり、

表-1 使用材料

品名	産地・製造元
普通ポルトランドセメント (NPC)	T 社製
高炉セメント B 種 (BB)	T 社製
特殊土用固化材 (GS)	T 社製
減水剤 (フタリン系)	K 社製
攪拌土砂材料	現場発生土
練混ぜ水	水道水

表-2 攪拌土砂の材料試験結果

試験項目	単位・範囲	結果
表乾密度	( $g/cm^3$ )	2.38
吸水率	(%)	8.82
単位容積質量	( $g/cm^3$ )	1,631
空隙率	(%)	31.5
有機不純物	—	濃い
粒度分布 ふるい通過 百分率 (%)	300mm	100
	80mm	85.4
	5mm	41.0
	$75 \mu m$	4.95

表-3 試験配合

セメント種類	W/C	セメント ミルク量 ( $kg/m^3$ )	単位量 ( $kg/m^3$ )			減水剤 ( $cx\%$ )
	(%)		セメント	水	土砂量	
NPC	138	338	200	275	1,671	1.5
	104	339	250	260		
BB	138	341	200	275		
	104	342	250	260		
GS	138	341	200	275		
	104	342	250	260		

BB では材齢 28 日で約 2.2、材齢 91 日で約 3 という結果が得られた。

I S Mの材齢 28 日のポアソン比は 0.19~0.23 と普通コンクリート (0.16~0.20) に比べやや大きな値を示した。

静弾性係数は試験数が少ないため今後、データの集積を行いたい。

### 3. 2 クリープ

BB250 の水準でクリープ試験を行った。試験条件は、材齢 28 日から圧縮強度の 1/3 の載荷応力を持続して加えた。試験結果を表-5、図-2 に示す。比較として普通コンクリートと ISM タイプ III (粘性土：細粒分 45%) のクリープ試験結果を加えた。BB250 は普通コンクリートと同等にクリープひずみが材齢 7 日から収束して材齢 28 日でのクリープひずみ約 700 $\mu$  で、粘性土を対象とした ISM は約 2,500 $\mu$  である。粘性土を対象とした場合、単位水量の増大と強度が低いことからクリープひずみが大きいと考えられる。

表-5 クリープ試験結果

	クリープ係数						載荷応力 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性ひずみ ( $\mu$ )
	3h	1d	3d	7d	14d	28d		
ISM タイプ III (粘性土)	0.64	1.05	1.27	2.15	3.82	8.34	0.86	312
BB 250	0.25	0.46	0.64	0.82	0.95	1.14	5.10	540
N24-12-20	-	0.49	0.71	0.93	1.11	1.45	14.8	501

※クリープ係数=クリープひずみ÷弾性ひずみ

※普通コンクリート (N24-12-20)

### 3. 3 凍結融解試験

I S M改良体は、普通 AE コンクリートと比較して耐凍害性が低いいため凍結深度以下での適用を基本としている。

凍結融解試験の試験条件は、5 $^{\circ}$ C~18 $^{\circ}$ C 6サイクル/日で行った。凍結融解試験方法は、A 法：水中凍結融解試験方法、B 法：気中凍結水中融解試験方法の 2 種類があり、本試験では I S M適用部位を考慮し B 法で行った。比較として普通コンクリートの AE、NonAE についても試験 (A 法) を行った。

普通コンクリートにエントレインドエアを導入した水準では 300 サイクルまでほとんど相対動弾性係数は低下しなかった。BB250 は 87 サイクルで相対動弾性係数が 60%以下となり、I S Mは耐凍害性が低い結果となった。施工途中で越冬する場合や空気に触れ凍結の可能性がある場合は、I S M改良体が凍結しないように養生するか外部保護材で覆う必要がある。

### 4. おわりに

最大粒径が 300mm 以下の砂礫土砂を有効利用する I S M工法は、基礎地盤から構造物の本体工まで活用できる工法であり、環境負荷低減、コスト縮減にも寄与できると考える。今後は、配合試験データや現場施工のデータを集積し、より一層の普及と施工方法の改善に向け技術の研鑽を図りたい。

#### 【参考文献】

- 1) 現位置攪拌混合固化工法 (I S M工法) 設計・施工マニュアル第 1 回改訂版 (財) 先端建設技術センター・ISM 工法研究会 平成 19 年 3 月

表-4 試験結果

セメント		スランプ (cm)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )					静弾性係数 28d (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 28d
種類	(kg/m <sup>3</sup> )		1d	3d	7d	28d	91d		
NPC	200	15.2	0.92	2.32	4.35	7.24	8.31	11.0	0.192
	250	17.4	1.10	5.90	7.38	12.3	15.4	12.3	0.205
BB	200	16.2	0.82	2.93	6.39	14.3	19.8	12.5	0.212
	250	18.1	0.89	5.06	7.01	15.3	20.6	15.7	0.216
GS	200	17.8	2.37	8.10	10.1	14.9	17.7	14.7	0.230
	250	15.6	2.68	10.8	13.6	19.0	22.1	15.8	0.223

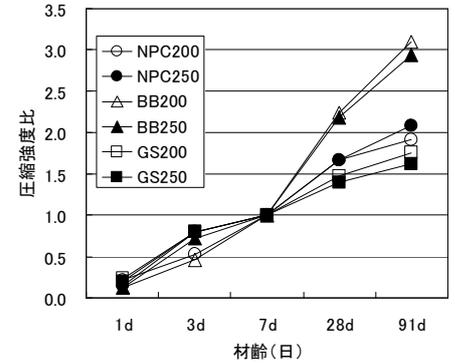


図-1 セメントの種類による強度増進率

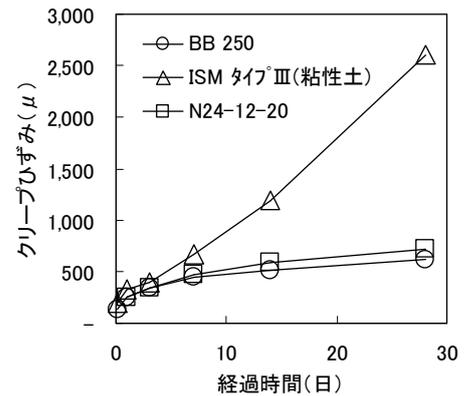


図-2 クリープ試験結果

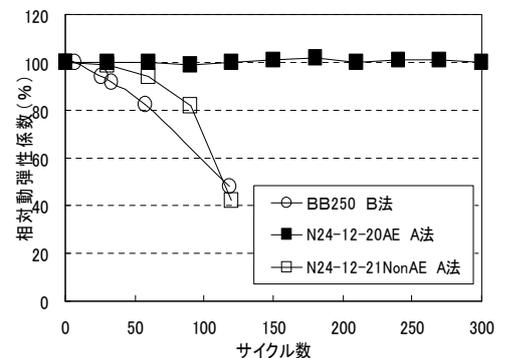


図-3 凍結融解試験結果