

# 制御型低強度材料 (CLSM) を用いた新しい埋戻し工法の開発 — その1 : 室内試験 —

Development of New CLSM Flowable Fill Construction Method  
— Part1:Laboraty Investigation —

北電興業(株) ○正員 今井 和宏(Kazuhiro Imai)  
北海道電力(株) 正員 小野寺 収(Osamu Onodera)  
北海道電力(株) 正員 水口 洋(Hiroshi Mizuguchi)  
北海道大学大学院 正員 堀口 敬(Takashi Horiguchi)

## 1. まえがき

CLSM (Controlled Low-Strength Materials : 制御型低強度材料) は米国コンクリート工学協会 (ACI) 229 委員会にて提案されたセメント系流動化埋戻し材料である。その特徴は、優れた充填性により締固めが不要で大幅な労働コストの削減が期待できることや、沈下の抑制および最大強度の制御により施工後の再掘削を可能とする点である。普及状況は、英国・米国を中心に海外で広く適用されているが、国内においては統一された品質規格や施工指針等が定まっていないため、実際の施工例が極めて乏しい現状にある。

北海道土木技術会コンクリート研究委員会では、このような背景を鑑み平成14年10月に「CLSM 普及検討小委員会」を設立し、普及に向けた調査研究活動を行っている。本報告は、下水道新設工事において CLSM を試験施工するにあたり、委員会活動の一環として実施された室内配合試験の結果について、その成果を取り纏めたものである。

## 2. 設計条件

- (1)目標強度 300~500kN/m<sup>2</sup>(材齢28日)
- (2)材料分離抵抗性 ブリーディング率 3%未満
- (3)流動性 フロー値 220±20mm
- (4)空気量 5±1.5%

## 3. 試験方法

### 3. 1 使用材料、試験項目および方法

使用材料を表-1、試験項目および方法を表-2に示す。フライアッシュおよび細骨材は、試験施工時に使用するものを使用した。細骨材は JIS A 5308 規格品、フライアッシュは JIS A 6201 の II 種品である。

CLSM は掘削残土を用いた流動化処理土の利用用途と同様なことから、試験項目およびその方法は建設省土木研究所ほかの共同研究報告書「流動化処理土利用技術マニュアル」<sup>2)</sup>を参考とした。

### 3. 2 配合試験のケース

配合試験は表-3に示すように、3ステップで実施した。

## 4. 試験結果と考察

### 4. 1 フライアッシュ容積率の検討

セメント量を固定し、フライアッシュ容積率(以下 f/a と記す)を変化させる試験を実施した。

f/a と同一フロー値を得るための単位水量およびブリーディング率の関係を図-1に示す。

表-1 使用材料

名称	仕様
セメント	普通ポルトランドセメント
フライアッシュ	密度 2.19g/cm <sup>3</sup> , 強熱減量 1.6%
	ブレン比表面積 3770cm <sup>2</sup> /g
細骨材	栗岡産陸砂
	密度 2.62g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率 2.56
混和剤	①フライアッシュコンクリート用 AE剤 ②普通コンクリート用 AE剤
練り混ぜ水	上水道水

表-2 試験方法

試験項目	試験方法
練り混ぜ	モルタルミキサー 空練り1分, 本練り3分
練り上がり温度	棒状温度計
供試体作製	JGS 0821-2000
フロー値	JHS A 313 (シリンダー法)
ブリーディング率	JSCE-F 522
空気量	JIS A 1128
供試体の養生	温度20℃ 湿度90% 気中養生
一軸圧縮強度	JGS 0511
浴出試験	環境庁告示第46号

表-3 配合試験のケース

case	C	W	f/a	フロー値	空気量	混和剤	検討事項
	(kg/m <sup>3</sup> )		(%)	(mm)	(%)		
1	20	調整	4水準	220±20	5±1.5	①	f/aの検討
2	4水準	調整	固定	220±20	5±1.5	①	セメント量
3	固定	固定	固定	220±20	5±1.5	②	混和剤

表中の f/a はフライアッシュ(F)と細骨材(S)の絶対容積の割合を示すもので、aはFとSの合計絶対容積である。

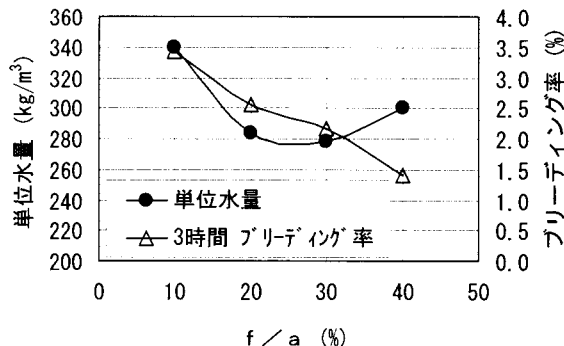


図-1 f/a と単位水量およびブリーディング率

フロー値一定の条件で f/a を変化させるとそのフロー値を得るための単位水量も変化し、単位水量が最小となる f/a が存在する。これは f/a=30%まではフライアッシュの混合に

より流動性が向上するが、それ以上になると粘性が増加し流動性が低下するためと考えられる。ブリーディング率は、 $f/a$  が大きくなり粘性の増加に従い低下する傾向であった。

これらから最適  $f/a$  はブリーディング率が3%未満で、同一フロー値を得るための単位水量が最小となる  $f/a=30\%$  とした。

#### 4. 2 セメント量の検討

セメント量の検討にあたり、生コンプラントにおける変動係数を考慮し配合強度を以下のように設定した。

材齢 28 日強度=400~670kN/m<sup>2</sup>(割増係数 1.33)

単位セメント量と一軸圧縮強度の関係を図-2に示す。

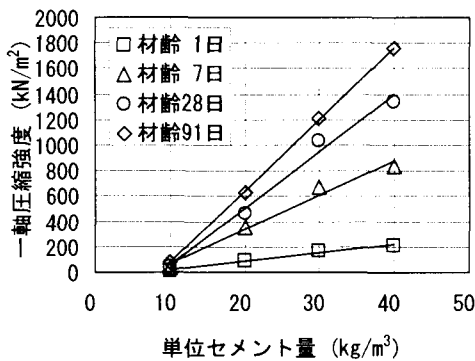


図-2 単位セメント量と一軸圧縮強度

各材齢ともに単位セメント量と一軸圧縮強度は正比例関係が示された。

配合強度である材齢 28 日で 400~670kN/m<sup>2</sup>を満足する単位セメント量は 20kg/m<sup>3</sup>であった。

#### 4. 3 混和剤の検討

前項までの試験についてはフライアッシュコンクリート用 A E 剤を使用していたが、CLSM の普及および汎用性を考慮し、一般に生コンプラントで使用している普通コンクリート用 A E 剤とフライアッシュコンクリート用 A E 剤との比較を行った。結果を図-3に示す。

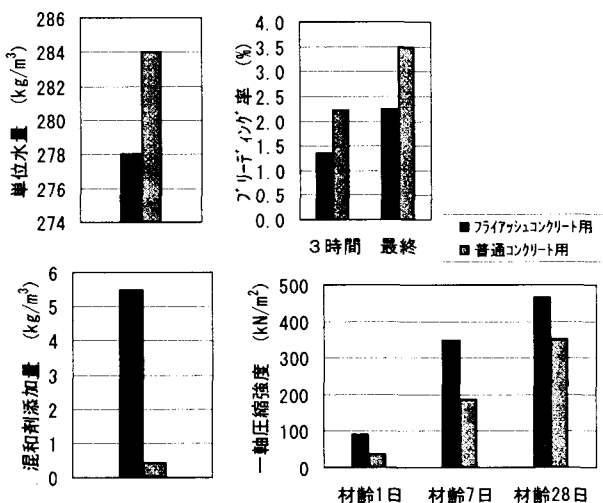


図-3 混和剤の比較

普通コンクリート用 A E 剤を使用した場合、フロー値 220±20mm が得られる単位水量は 6kg/m<sup>3</sup> 多くなり、ブリーディング率は 3 時間ブリーディング率で 0.9%、最終ブリーディング率で 1.28% 大きくなり、最終ブリーディング率においては設計条件 3% 未満を満足しなかった。一軸圧縮強度は小さく、配合強度を満足しなかった。しかし、

空気量の設計条件 5±1.5% を満足する混和剤添加量は 5kg/m<sup>3</sup> 少なく約 1/13 となり、単価も安いことから経済性の面で有利である。

#### 4. 4 示方配合の決定

示方配合の決定にあたり、次の事項を考慮した。

- ・経済性および汎用性を考え普通コンクリート用 A E 剤を使用する。
- ・現場における強度低下が不明であるため、その影響を考慮した配合とする。

前項の結果のように普通コンクリート用 A E 剤を使用した場合、ブリーディング率が大きく、一軸圧縮強度は小さくなる結果であった。フロー値を小さくするとブリーディング率は小さくなる<sup>3)</sup>ことから、フロー値の設計条件を 200±20mm とし、セメント量の検討試験の結果を参考に単位セメント量を 25kg/m<sup>3</sup> として各試験を実施した。その結果、ブリーディング率は設計条件を満足した。強度が配合強度を若干超過したが、現場における強度低下の影響を考慮し、本配合を示方配合とした。

示方配合を表-4に、試験結果を表-5に示す。

表-4 示方配合

f/a (%)	混和剤種類	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		水 W	セメント C	フライアッシュ F	細骨材 S	混和剤 (%)
30	②	276	25	438	1,222	0.361 (0.078)

表-5 各試験結果

フロー (mm)	フレッシュ性状		ブリーディング率 (%)		一軸圧縮強度 $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )		
	空気量 (%)	単位容積質量 (g/cm <sup>3</sup> )	3時間	最終	材齢(日)		
200	5.2	2.063	1.44	2.37	138	555	760

#### 4. 5 有害物質の溶出

示方配合での溶出試験結果を表-6に示す。

表-6 溶出試験結果

項目	単位	試験結果	土壤環境基準値
カドミウム	mg/l	不検出	0.01以下
鉛	mg/l	不検出	0.01以下
六価クロム	mg/l	不検出	0.05以下
砒素	mg/l	0.009	0.01以下
セレン	mg/l	0.007	0.01以下
総水銀	mg/l	不検出	0.0005以下
ふっ素	mg/l	0.54	0.8以下
ほう素	mg/l	0.8	1以下

全ての項目で土壤環境基準値を満足した。

#### 5. おわりに

室内配合試験の結果、通常のフライアッシュコンクリート用 A E 剤ではなく普通コンクリート用 A E 剤を用いても、若干配合修正することで、充分満足のいく結果が得られた。さらに有害物質の溶出が基準値以下であることを確認した。最後に、本検討にあたり、ご指導、ご協力を頂いた関係各位に深く感謝の意を申し上げる次第である。

#### 【参考文献】

- 1) ACI Committee 229. Controlled low-strength materials (CLSM). ACI 229 R-94. 1994.
- 2) 建設省土木研究所ほか：流動化処理土利用技術マニュアル, 1997.12
- 3) 白戸伸明ほか：フライアッシュを利用した CLSM のフレッシュ性状および強度特性について、土木学会第 56 回年次学術講演集, pp.352-353, 2001.