

プラグコンクリートに用いた低発熱・低収縮高流動コンクリートの諸特性
ー 倉敷国家石油ガス備蓄基地（配管堅坑工事その4）ー

日本海上工事株式会社

正会員

○岸田 哲哉, 久保 亮

鹿島建設株式会社

正会員

秋田 伸, 手塚 康成, 渡邊 有寿, 渡邊 賢三, 柳井 修司

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

非会員

金戸 辰彦

1. はじめに

岡山県倉敷市に位置する LPG 国家備蓄倉敷基地は、地下に建設された水封式岩盤貯槽である。当基地の貯槽の「ふた」の役割を担うプラグコンクリートには高い水密性と気密性が要求された。当該部位に適用されるコンクリートには、温度ひび割れ防止の観点から低発熱性・低収縮性が求められ、また、各種配管、鋼材が高密度に配置されることから高いレベルでの自己充填性も要求された¹⁾。本報では、プラグコンクリートに用いた低発熱・低収縮高流動コンクリートの特性について報告する。

表-1 使用材料

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

使用材料を表-1 に、コンクリート配合を表-2 に示す。レディミクストコンクリート工場（以下、プラント）は現場からの距離、設備、体制および過去の実績等を考慮し、2 つのプラントを選定した。セメントには低熱ポルトランドセメントを用い、混和材として石灰石微粉末、収縮補償を目的に膨張材を用いた。膨張材の単位量は、その使用量を水準として拘束膨張及び収縮試験（JIS A 6202 附属書 2：B 法）を実施し、材齢 7 日の膨張ひずみが 150～250 μm となる量を選定した。

使用材料	記号	プラント	種類	摘要
水	W	A,B	工業用水	-
セメント	C		低熱ポルトランドセメント	密度:3.24g/cm ³ , 比表面積:3.430cm ² /g
混和材	EX		膨張材	密度:3.16g/cm ³ , 比表面積:3.450cm ² /g
	LP		石灰石微粉末	密度:2.70g/cm ³ , 比表面積:4.000cm ² /g
細骨材	S	A	海砂:砕砂=7:3	表乾密度:2.56g/cm ³ , 吸水率:1.55%, 粗粒率:2.72
		B	海砂:砕砂=5:5	表乾密度:2.57g/cm ³ , 吸水率:41.98%, 粗粒率:2.75
粗骨材	G	A	砕石1505:砕石2015=5:5	表乾密度:2.64g/cm ³ , 吸水率:0.55%, 粗粒率:6.75
		B	砕石1505:砕石2015=5:5	表乾密度:2.78g/cm ³ , 吸水率:0.54%, 粗粒率:6.68
混和剤	SP	A,B	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系
	VA		分離低減剤	天然バイオポリマー

表-2 コンクリート配合

プラント	自己充填性のランク	スランブフロー (cm)	水結合材比 (%)	水粉体容積比 (%)	空気量 (%)	単位粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)							
							W	C	EX	LP	S	G	VA	SP
A	I	70	55.0	77.0	4.5	290	171	297	14	337	698	746	0.342	8.4
B							171	297	14	337	701	806	0.342	11.0

表-3 試験項目

試験項目	試験方法	目標値	室内	圧送	摘要
スランブフロー試験	JIS A 1150	700±50mm	○	○	練上り直後
空気量試験	JSCE-F513	4.5±1.5%	○	○	〃
コンクリート温度	JIS A 1156	20℃	○	○	〃
間げき通過性試験	JSCE-F511	300mm以上	○	○	ランク1
凝結時間試験	JIS A 1147	-	○	-	
圧縮強度 (σ ₂₈)	JIS A 1108	21N/mm ²	○	○	
静弾性係数	JIS A 1149	-	○	-	
引張強度	JIS A 1113	-	○	-	
熱特性試験	熱拡散係数, 比熱, 熱伝導率など		○	-	
断熱温度上昇試験	-	-	○	-	
自己収縮試験	埋込み式ひずみゲージによる		○	-	

(2) 練混ぜ方法

室内試験では水平二軸強制練ミキサ（容量 50L）を使用して、水（高性能 AE 減水剤を含む）、粗骨材以外の材料を投入し空練り 10 秒、水を投入後 90 秒、粗骨材を投入後 90 秒、5 分静置後、60 秒間練り混ぜて排出した。練混ぜ量は 1 バッチ 30～45L とした。圧送試験においては実機ミキサ（水平二軸強制練ミキサ、容量 2.5m³）を使用し、モルタルで 60 秒、粗骨材を投入後 120 秒練り混ぜた。練混ぜ量は 1 バッチ 2.25m³ とした。

(3) 試験項目および方法

室内試験、圧送試験で実施した試験項目を表-3、圧送試験の配管概要図を図-1 に示す。輸送管に圧力センサーを配置して、管内圧力を連続的に計測し、輸送管 1mあたりの圧力損失を算出した。なお、圧送試験ではプラントの製造能力の把握も合わせて行った。

キーワード 低発熱性, 低収縮性, 高流動コンクリート, マスコンクリート, 圧送

連絡先 〒162-0825 東京都新宿区神楽坂 1-15 日本海上工事（株）水工事業部 TEL 03-6327-2571

3. 試験結果

(1) 室内試験

各プラントの試験結果一覧を表-4, スランプフローの経時変化を図-2, 圧縮強度試験結果を図-3に示す. コンクリートは経過時間 90 分まで良好な流動性を有し, また, 設計基準強度を十分満足することを確認した. 自己収縮の測定結果を図-4に示す. 膨張材により膨張ひずみが導入され, その後の自己収縮も極めて小さい値となった.

(2) 圧送試験

圧送試験の結果を表-5に示す. 圧送速度 20, 40m³/hにおける吐出効率は高く, 水平圧力損失, 垂直管の圧力損失は既往のデータ²⁾と同等以下であった. また, 圧送試験時に実施したスランプフローの試験結果を図-5に示す. 各工場から現場までは, 約1時間程度かかるものの, コンクリート性状の変化は小さく, 安定した性状であった. なお, 前述の練混ぜ

量, 練混ぜ方法でコンクリートを製造したとき, 材料の排出, 積み込みを含めて1バッチ 195 秒であったことから, 30m³/h製造・出荷が可能であることを確認した.

4. まとめ

室内, 実機試験を経て選定した低発熱・低収縮高流動コンクリートの各種物性を測定し, さらに圧送試験に供することで実施工に問題なく使用できることを確認した. また, 全5回のプラグコンクリートの実施においても, 品質の安定したコンクリートを供給でき, トラブルなく施工を終了した.

参考文献 1) 柳井ら: 配管堅坑プラグコ

ンクリートの施工実績, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, 2013. 9

2) 土木学会: コンクリートライブラリー135, コンクリートのポンプ施工指針[2012 年版], 2012. 6

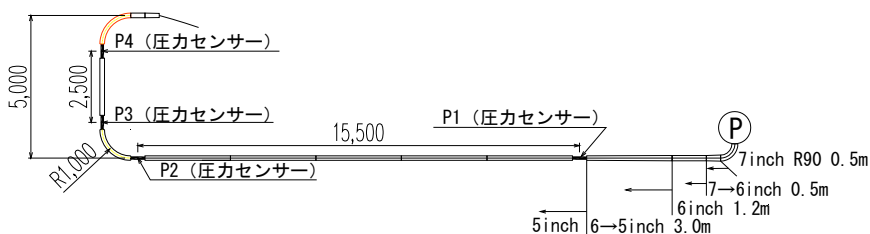


図-1 配管概要図

表-4 室内試験結果一覧

項目 \ プラント	A			B		
スランプフロー（練り上り直後）	705mm			710mm		
空気量（練り上り直後）	5.0%			4.7%		
コンクリート温度（練り上り直後）	20℃			20℃		
間げき通過性（U型）	354mm			354mm		
凝結時間 始発/終結	6:44/9:34			7:56/10:37		
圧縮強度（ σ_{28} ）	33.0N/mm ²			34.9N/mm ²		
静弾性係数（ σ_{28} ）	32.1kN/mm ²			31.9kN/mm ²		
静弾性係数と圧縮強度の関係	$0.301 \times f_c(t)^{0.649}$			$0.296 \times f_c(t)^{0.661}$		
引張強度（ σ_{28} ）	3.90N/mm ²			4.24N/mm ²		
引張強度と圧縮強度の関係	$0.152 \times f_c(t)^{0.825}$			$0.148 \times f_c(t)^{0.835}$		
熱拡散係率	$0.82 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$			$0.73 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$		
比熱	1.11kJ/kg℃			1.14kJ/kg℃		
熱伝導率	2.08W/m℃			2.08W/m℃		
熱膨張係数	7.85 μm/℃			7.64 μm/℃		
断熱温度上昇特性 （打込み温度22.3℃）	Q_∞	α	β	Q_∞	α	β
	44.9℃	0.437	0.702	42.9℃	0.423	0.756

$f_c(t)$: 材齢tにおけるコンクリート圧縮強度

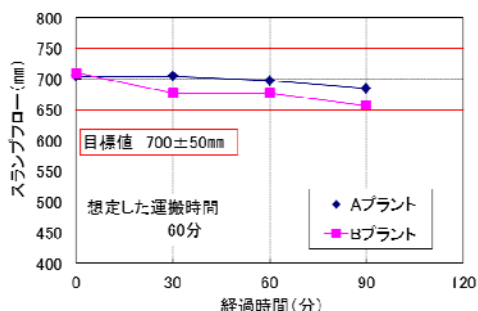


図-2 スランプフローの経時変化

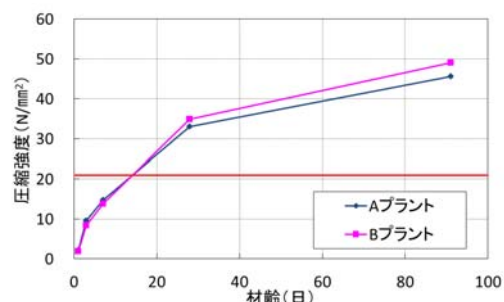


図-3 圧縮強度試験結果

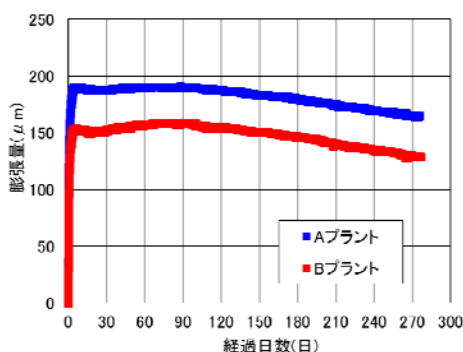


図-4 始発からの自己収縮

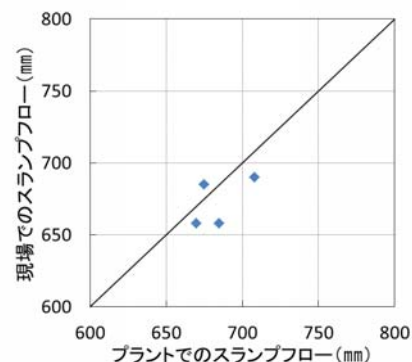


図-5 スランプフロー試験結果

表-5 圧送試験結果

設定吐出货量 (m ³ /h)	実吐出货量 (m ³ /h)	吐出効率 (%)	水平管1m当りの管内 圧力損失(N/m ² /m)	水平換算係数	
				ベント管	上向き垂直管
42.0	38.9	93%	0.072	1.23	1.31
20.7	20.7	100%	0.032	1.16	1.65