

プラグコンクリートの施工における打込み温度低減対策

(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄
(株)大林組 正会員 ○市川 雅之 正会員 片野 啓三郎

小川 智広
正会員 片野 啓三郎

1. はじめに

石油ガス国家備蓄 波方基地 プタン/プロパン兼用貯槽工事は、岩盤中に常温高压で液化天然ガス (LP ガス) を貯蔵する岩盤貯槽を建設するものである。本工事における配管堅坑は、内径 6.8m で地上から地下 150m の岩盤貯槽に貫通しており (図 1)、将来はこの配管堅坑内に設置した金属管を通して LP ガスの受入れ・払出しが行われる。岩盤貯槽に LP ガスを貯蔵するには、配管堅坑を閉塞するプラグが必要である。この配管堅坑プラグは、高さ 8.5m、最大直径 12.0m のそろばん玉状のマスコングリートであり、貯槽の気密性を確保するためには、漏気ルートとなるひび割れを防止し、プラグの健全性を確保することが重要であった。

本論文は、温度ひび割れ対策として実施したプレクーリングについて述べる。

2. 温度ひび割れ対策

温度ひび割れを防止するために、ひび割れ指数 1.75 以上¹⁾を確保することとした。まず、温度ひび割れ対策として、低熱セメントに膨張材を加え、パイプクーリングを実施することとした。パイプクーリングはパイプ間隔を施工限界である 700mm 間隔、水温 15℃、通水量 30L/min として温度応力解析を行ったが、打設時期 (5 月下旬) のコンクリート出荷温度が高かったため (最大 23.5℃)、ひび割れ指数 1.75 以上を確保できなかった。以上の対策でひび割れ指数 1.75 以上を確保するためには、打込み温度を 24.0℃以下とする必要があり、さらなる対策としてプレクーリングを実施して、打込み温度を低減させることとした。

3. プレクーリング計画

使用材料およびコンクリートの配合を表-1 に、プレクーリング計画におけるヒートバランス計算結果を表-2 に示す。プラントの過去 6 年間の実績から、打設時期における最大出荷温度は 23.5℃であった。また、日変動や運搬および打込みによる温度上昇はこれまでの実績から+5℃であり、最大打込み温度は 28.5℃であった。打込み温度を 28.5℃から 24.0℃以下とするために、プラント出荷温度を 23.5℃から 19.0℃以下に低減する必要があった。プレクーリングとして、

まず、練混ぜ水の冷却を検討した。練混ぜ水を 7℃に冷却することで、出荷温度は 3.1℃低減され、20.4℃になると推定された。

出荷温度をさらに低減するために、骨材の冷却を検討した。骨材を 18.0℃に冷却することで、出荷温度は 4.8℃低減され、18.7℃になると推定された。

以上の対策により、打込み温度を 24℃

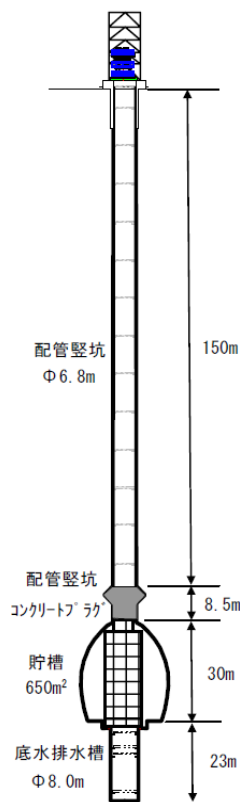


図-1 配管堅坑の概要

表-1 コンクリートの示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	LS	EX	S	G
55	51.5	175	303	282	15	789	765

W: 水, C: 低熱ポルトランドセメント, LS: 石灰石微粉末, EX: 膨張材, S: 細骨材, G: 粗骨材

表-2 ヒートバランス計算結果

材料	比熱 kJ/kg℃	単位質量 kg/m ³	熱容量 kJ/m ³ ℃	対策なし		対策実施 (水のみ冷却)		対策実施 (水、骨材冷却)	
				温度 ℃	含有熱量 kJ/m ³	温度 ℃	含有熱量 kJ/m ³	温度 ℃	含有熱量 kJ/m ³
粗骨材	0.8	765.0	612.0	21.0※1	12902.4	21.0	12852.0	18.0	11016.0
表面水 (0.5%)	4.19	3.8	15.9	21.0※1	334.4	21.0	334.4	18.0	286.6
細骨材	0.8	789.0	631.2	21.0※1	13288.8	21.0	13255.2	18.0	11361.6
表面水 (4.0%)	4.19	31.6	132.4	21.0※1	2780.5	21.0	2780.5	18.0	2383.3
石灰石微粉末	0.8	282.0	225.6	21.0※1	4737.6	21.0	4737.6	21.0	4737.6
膨張材	0.83	15.0	12.5	21.0※1	261.5	21.0	261.5	21.0	261.5
セメント	0.83	303.0	251.5	21.0※1	5281.3	21.0	5281.3	21.0	5281.3
練混ぜ水	4.19	139.6	584.9	20.0※2	11698.5	7.0	4094.5	7.0	4094.5
メカニカルヒート※3					6665.6		6665.6		6665.6
合計		2329	2465.99		57950.5		50262.5		46087.9
出荷温度=含有熱量/熱容量				23.5		20.4		18.7	
温度上昇のリスク				+1.5		+1.5		+1.5	
日変動				+3.5		+3.5		+3.5	
運搬、打込み				28.5		25.4		23.7	
冷却効果						-3.1		-4.8	

※1 打設日の日平均気温、※2 地下水使用
※3 練混ぜ時のミキサの発熱分を理論値で算出した値 (+2.7℃)

キーワード マスコングリート、温度ひび割れ、コンクリートプラグ、プレクーリング

連絡先 〒108-6128 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株) 大林組 生産技術本部 基盤技術部 TEL:03-5769-1322

以下とし、ひび割れ指数 1.75 以上を確保できることが可能となった。

4. プレクーリング方法

以下に、実際に行ったプレクーリング方法について述べる。

4.1 練混ぜ水の対策

練混ぜ水は、プラントに設置したチラーユニットを用いて地下水を冷却した。冷却水の計画温度は 7.0℃であるが、冷却水をバッチャプラントへ移動する際の温度上昇を 2.0℃と想定し、冷却時の温度を 5.0℃とした。

4.2 骨材の対策

骨材を 18.0℃以下に冷却することを目標とした。当該プラントでは 3 種類の細骨材と 2 種類の粗骨材を使用しており、納入時の種類ごとの温度のばらつきが大きいというリスクがあった。しかも、プラントの制約条件より、長期間の冷却対策を実施することが困難であった。そこで、この温度のばらつきを低減する目的で、産地から運搬された骨材をプラントに納入する前に、地下 180m、平均気温 18℃の岩盤貯槽に保管することで、骨材種類ごとの温度のばらつきを低減するとともに、保管中の温度上昇を抑制した。

プラント搬入後の対策としては、直接散水または外部にクーラーを設置し冷風を吹き込むことが一般的に行われるが、直接散水は骨材の表面水の管理が困難になり、また冷風を吹き込むだけでは、内部の骨材まで十分に冷却できないばかりか外気温の影響により冷却効果が低下することが懸念された。そこで、骨材貯蔵庫の開口部をすべて断熱材で密閉し、骨材貯蔵庫内部に冷却設備を設置するとともに、冷風配管を骨材内部に挿入して冷気を循環させることで、内部の骨材まで均等に冷却することとした。さらに、屋根に遮光ネットを設置し、冷水を散水することで日射による温度上昇を抑制した。骨材貯蔵庫の冷却設備を写真-1 に示す。



写真-1 骨材貯蔵庫冷却設備

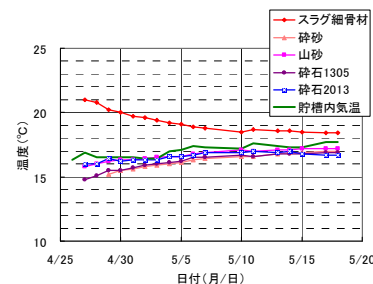


図-2 貯槽内保管時の骨材温度

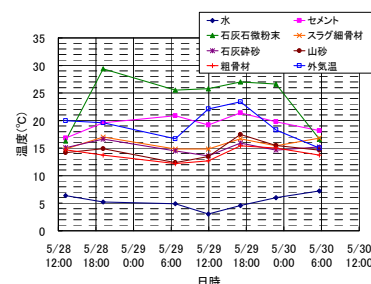


図-3 プレクーリング後の材料の温度

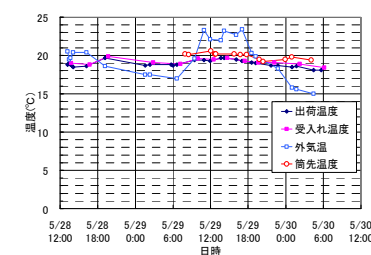


図-4 出荷から打込みまでの温度変化

5. 結果

保管中の骨材の温度を図-2 に示す。また、プレクーリングを実施した各材料の生コン製造中の温度を図-3 に、生コンの出荷から打込みまでの温度変化を図-4 に示す。図-2 より、気温の変動のない岩盤貯槽に骨材を保管することで、保管中の温度上昇を抑制し、温度の安定した骨材を供給することができた。図 3 より、練混ぜ水の温度は平均 5.3℃、骨材の温度は平均 14.9℃であり、目標温度を達成することができた。また、図-4 より、生コン出荷時の温度は平均 18.9℃で、表 2 の計画値と同等であり、外気温による変動も少なく、打込み温度を平均 20.0℃に抑えることができた。

6. まとめ

本工事では、プレクーリング手法の組合せにより、打込み温度を低減するための工夫を実施した。その結果、比較的気温が高い 5 月下旬の施工においても、出荷温度 19℃、打込み温度 20℃のコンクリートを安定的に供給し、目標打込み温度 24℃以下を達成した。さらに、本工事においては、低熱セメントおよび膨張材の使用、パイプクーリングの実施により、ひび割れのないマスコンクリートの施工を実現した。

参考文献 1) コンクリート標準示方書【設計編】、土木学会編