

マスコンクリートへのプレクーリング温度制御システムの適用

大成建設 正会員 ○角崎 義生 文村 賢一
正会員 坂本 淳 正会員 臼井 達哉 正会員 梁 俊
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄 小川 智広

1. はじめに

LP ガス国家備蓄波方基地プロパン貯槽工事では、地下水の圧力によって、常温高圧（0.75MPa）で液化プロパンガスを岩盤内に封じる水封式地下岩盤貯蔵方式を用いている。LP ガス貯槽と配管堅坑間を仕切るためのプラグコンクリート（520 m³）は気密・水密性を確保するために最も重要なコンクリート構造物であり(図-1)、温度ひび割れを防止することが要求された。そこで、本施工では低熱ポルトランドセメントの使用などの材料的対策、およびクーリングパイプによる躯体の冷却対策に加えて、材料保管から打設に至る各過程で温度をコントロールし、打込み温度を抑制することでひび割れ発生を防ぐ「プレクーリング温度制御システム」を用いた。本報告では、このプレクーリング温度制御システムを適用したコンクリートの打込み温度制御計画、および実施結果について述べる。

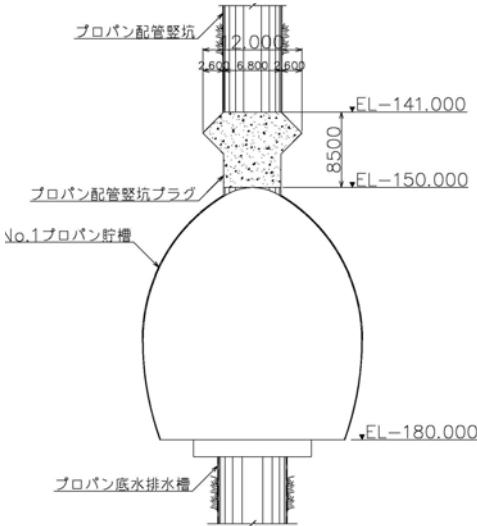


図-1 配管堅坑プラグ断面図

2. プレクーリング温度制御計画

温度応力解析結果等から、温度ひび割れを防止するための打込み時のコンクリート温度目標値を 20.0℃と設定した。表-1 にひび割れ防止対策の有無によるコンクリート温度を段階毎に示す。対策なしの場合については、過去 6 年間の生コンクリート出荷温度の統計および同工種による当基地でのコンクリート打設時のデータを元に算出した。対策ありの場合の効果については下記(1)～(3)に示す。プレクーリングとして製造・運搬・打設に至る各過程で冷水・冷風・保温材を適宜、選択・適用することにより、打設温度を 9℃抑制することができ、36 時間に及ぶ打設作業中のコンクリート打設温度を安定して温度上限値以下に制御できる。

表-1 プレクーリング効果

	対策なし	対策あり	差分
プレクーリング	25.5℃	16.9℃	8.6℃
運搬時の温度上昇抑制	26.4℃	18.4℃	8.0℃
打設時の温度上昇抑制	28.4℃	19.4℃	9.0℃
打設温度	28.4℃	19.4℃	9.0℃

(1) プレクーリング（練混ぜ水・骨材）

配管堅坑プラグコンクリートの標準配合を表-2 に示す。式(1)より各々の材料を冷却した場合の生コンの練上り温度の温度低下量を算出した。練混ぜ水は、プラント屋外の水槽に貯蔵しているため、外気温(20℃)と同等の温度となる。そこで、練混ぜ水は冷水製造装置を用い、通常の練上り温度に比べて温度上昇を 5.5℃抑制、骨材は貯蔵建屋を密封し冷風により骨材の外気温の影響による温度上昇を 3.1℃抑制する。

$$T_{mix} = \frac{Cs(TaWa + TcWc) + TmWm}{Cs(wa + Wc) + Wm} \cdots \text{式(1)}$$

Wa, Ta : 骨材の質量(kg)・温度(℃)
 Wc, Tc : セメントの質量(kg)・温度(℃)
 Wm, Tm : 練混ぜに用いる水の質量(kg)・温度(℃)
 Cs : セメント・骨材の水に対する比熱で 0.2 と仮定した。
 T_{mix} : コンクリートの練り上がり温度(℃)

表-2 高流動コンクリートの配合 (kg/m³)

Gmax (mm)	自己充てん性 ランク	スランプ フロー (mm)	水結合材 重量比 (%)	水粉体 容積比 (%)	空気量 (%)	単位粗骨 材容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)									
							水	低発熱 セメント	混和材				細骨材			
									膨張剤	石灰石 微粉末	高炉 スラグ	石灰 砕砂	山砂	粗骨材	増粘剤	高性能 AE減水剤
20	1	700±50	55.0%	86.2%	4.5%	0.28	175	303	15	282	158	434	197	砕石 1305	0.3	0.95%
														砕石 2013	153	

キーワード LPG 岩盤貯槽、プラグコンクリート、ひび割れ抑制、プレクーリング

連絡先 〒799-2104 愛媛県今治市波方町宮崎甲 142 波方基地プロパン貯槽工事作業所 TEL0898-36-4101

(2) 生コン運搬時の温度上昇抑制実施方法

運搬に用いたトラックアジテータ車は、プラントから現場へ運搬する間に、外気温の影響を受ける。今回、配管堅坑プラグ打設が5月7日～9日（過去3年間の日最高気温 29.6℃）であることから外気温の影響を受け温度上昇すると考えられ、運搬時の温度上昇量は 0.9℃～2.9℃と想定される。そこで、運搬時の温度上昇の抑制を目的として、コンクリート積込み前にドラム内を冷却水により洗浄することで、ドラムの温度を冷却した。また、運搬車に保温カバーを取付け、運搬時の温度上昇を 1.5℃以下（ミキサー車養生カバー実績）に抑制する。

(3) 打設時の温度上昇抑制

コンクリート打設時の温度上昇を抑制するために、打設配管外周に冷却水(10℃)の散水を補助的に行う。

3. 結果

表-3・図-2にプラントの外気温、各種材料温度、練上り温度と現着時のコンクリート温度の測定結果を示す。練混ぜ水・骨材を外気温の影響を受けること無く、冷却することができた結果、練上がり時のコンクリート温度は、安定して19℃前後に制御することができた。また、コンクリートの温度上昇量は、練上りから現着までの温度上昇は最大でも1.5℃となり、目標値である20.0℃以内で打設を行うことができた。

表-3 温度計測結果

区分	種類	単位量 (kg/m3)	温度(℃)						備考
			1台目	30台目	38台目	59台目	89台目	116台目	
			2010/5/7 18:45	2010/5/8 1:40	2010/5/8 7:25	2010/5/8 15:24	2010/5/8 21:20	2010/5/9 2:41	
細骨材	高炉スラグ	158.0	18.0	16.0	16.0	17.0	16.0	15.0	実測値
細骨材	石灰砕砂	434.0	19.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	実測値
細骨材	山砂	197.0	18.0	15.0	17.0	13.0	16.0	15.0	実測値
粗骨材	1305	612.0	13.0	12.0	11.0	13.0	12.0	11.0	実測値
粗骨材	2013	153.0	13.0	12.0	11.0	13.0	12.0	11.0	実測値
セメント	低熱セメント	303.0	19.0	17.0	17.0	20.0	22.0	23.0	実測値
石灰石微粉末		282.0	20.0	24.0	29.0	30.0	31.0	27.0	実測値
膨張材		15.0	15.0	12.0	17.5	22.5	16.5	14.5	外気温
水		175.0	10.0	7.0	9.0	9.0	9.0	8.0	実測値
外気温			15.0	12.0	17.5	22.5	16.5	14.5	実測値
コンクリート 温度	計算値		14.8	13.2	15.7	16.8	16.7	15.6	
	実測値(練り上がり)		19.0	18.0	19.0	19.5	19.0	18.5	
	実測値(現地着)		18.0	17.5	20.0	19.0	20.0	20.0	

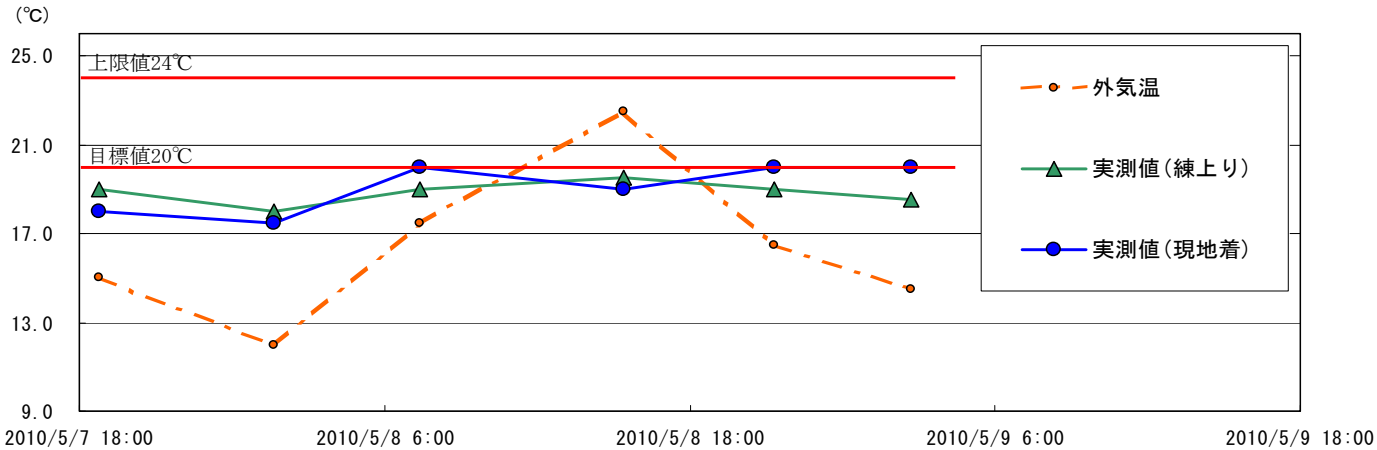


図-2 温度計測結果

4. まとめ

マスコンクリートの水和熱による温度ひび割れ抑制対策としてプレクーリング温度制御システムを適用した。その結果、材料保管から打込みまでの各段階において温度管理をすることで温度上昇を抑制することができ、目標温度での打設を行うことができた。また、本システムを適用すれば日中の気温が上昇する環境においても安定した設定温度で打設することが可能であるため、同種構造物をはじめ、高度なマスコンクリートのひび割れ対策が要求される施工についても十分に適用が可能であると考えられる。