

新仙台火力発電所PC-LNG地上タンクのコンクリートの温度ひび割れ対策の有効性評価

東北電力（株）
東北電力（株）
○清水建設（株）
清水建設（株）
（株）計測リサーチコンサルタント

和田 宙司
相澤 伸幸
正会員 佐山 貴宏
正会員 鈴木 克男
味岡 収

1. はじめに

東北電力（株）では、建設中の新仙台火力発電所でPC-LNG 地上式タンク（容量 16 万 kL）2 基のうち、No.1 タンクを 2015 年 7 月に運用を開始し、No.2 タンクを建設中である。本タンクは、基礎版の版厚 1.2～1.6m、防液堤の壁厚 0.65m のマスコンクリートであるため、セメントの水和熱に起因するひび割れの発生を制御するために温度ひび割れ対策¹⁾を実施している。

本稿では、No.1 タンク及び No.2 タンクのコンクリート打設後に実施した目視によるひび割れ点検と、竣工前に行ったデジタルカメラによるひび割れ点検の結果より、温度ひび割れ対策の有効性を評価する。図-1 に本タンクの構造概要図を示す。

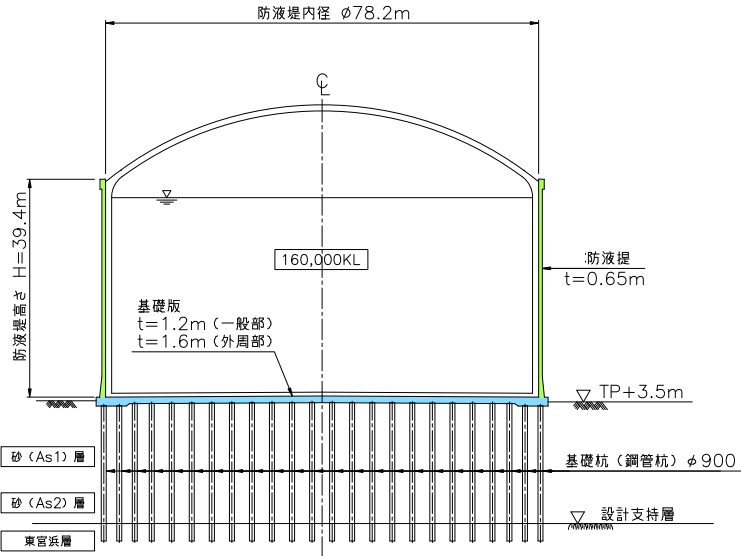


図- 1 LNGタンク一般構造図

2. 基礎版及び防液堤の要求性能

基礎版及び防液堤は長期にわたる耐久性と液密性の確保が要求されるため、施工時及び常時におけるコンクリートのひび割れ発生を抑制することが重要である。「LNG 地上式貯槽指針」²⁾では、防液堤の施工段階におけるひび割れ発生確率を原則として 5%以下としているが、本タンクは基礎版についても 5%以下とし、目標ひび割れ指数を 1.75(「コンクリート標準示方書」[以下、コ示と称す]³⁾) 以上と設定している。

3. 温度応力解析及び温度ひび割れ対策

温度応力解析手法は、2 次元軸対象回転体有限要素法を用いた非定常熱伝導解析及び応力解析を行い、ひび割れ指数を算出して評価する。温度条件は気象庁(平年値)、熱的条件は「コ示」³⁾、強度特性は試験練りの結果、自己収縮ひずみは「マスコンクリートのひび割れ制御指針」⁴⁾、断熱温度特性はセメントメーカーの技術資料を参考に解析条件を設定した。温度ひび割れ対策を表- 1 に、対策によるひび割れ指数の解析結果を表- 2 に示す。いずれの部位においてもひび割れ

表- 1 温度ひび割れ対策

部位	温度ひび割れ対策
基礎版	・中庸熱ポルトランドセメント ・保温養生
防液堤 (第 1,2,9 ロット)	・低熱ポルトランドセメント ・膨張材
防液堤 (第 3～8 ロット)	・中庸熱ポルトランドセメント ・膨張材

表- 2 解析結果 (ひび割れ指数)

		設計基準強度 N/mm ²		ひび割れ指数 (温度ひび割れ対策後)	
		No.1 タンク	No.2 タンク	No.1 タンク	No.2 タンク
防液堤	第9ロット	40 (h=1.8m)		2.08	2.34
	第8ロット	30 (h=5.6m)		1.77	1.92
	第7ロット	30 (h=5.6m)		1.89	1.81
	第6ロット	30 (h=5.6m)		2.02	1.86
	第5ロット	30 (h=5.6m)		2.17	1.96
	第4ロット	30 (h=5.6m)		2.30	1.95
	第3ロット	30 (h=5.6m)		2.00	1.88
	第2ロット	45 (h=2.0m)		2.24	1.78
	第1ロット	60 (h=2.0m)		2.56	2.93
基礎版	中心部	30 (t=1.2m)		2.09	1.88
	外周部	30 (t=1.6m)		2.07	1.98

経過月数	1	2	3	4	5	6	～	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	～	30	31	32	～	40	41					
1号機	●														●	●	●			～		●	●		～					
	基礎版・防液堤（第1～第9ロット）構築										目視による点検										デジタルカメラによる点検									
2号機		●															●	●		～		●	●		～					
	基礎版・防液堤（第1～第9ロット）構築										目視による点検										デジタルカメラによる点検									

図-2 ひび割れ点検時期

指数 1.75 以上を満足している。

4. ひび割れ点検の概要

ひび割れ点検はコンクリート打設後、目視による点検とデジタルカメラによる点検を行い、ひび割れ幅が許容値内であることを確認している。ひび割れ幅の許容値は、基礎版上面は 0.2mm 以内、基礎版外周部側面は 0.4mm 以内、防液堤の液深以下は 0.2mm 以内、液深以上は 0.4mm 以内とした。許容値の根拠はコ示³⁾等に基づき、0.2mm は液密性、0.4mm は長期の耐久性保持を目的とした。基礎版及び防液堤構築に伴うひび割れ点検時期を図-2 に示す。目視によるひび割れ点検は、各ロットでコンクリート打設後、4 週間以内に有害なひび割れの有無を確認、確認されたひび割れについては、目視による追跡調査を実施した。

足場や高所作業車を必要としないデジタルカメラによるひび割れ点検は、竣工前に再度ひび割れの有無を確認する目的で、No.1 タンクは防液堤の最終ロット(第9ロット)の構築完了から約 14 ヶ月後、No.2 タンクは約 21 ヶ月後に実施した。本手法はデジタルカメラで撮影された数百枚の画像を合成した超高解像度画像を、レーザースキャニングの座標値を用いて補正し、画像上にて同条件で撮影したクラックスケールを基準としてひび割れ幅の算定を行うものである。撮影には自動回転台と一眼レフカメラ(2400 万画素センサーサイズ 23mm×16.7mm)、望遠レンズ(150～500mm)を用い、ひび割れ幅 0.2mm が捕捉可能な撮影解像度になるよう撮影距離と焦点距離を調整し撮影を行った。本撮影はタンク上部の歪みの影響を考慮し撮影距離を 40m～100m とした。(図-3 参照)

5. ひび割れ点検の結果

目視によるひび割れ点検については、No.1 タンク、No.2 タンクとも全ての部位においてひび割れ幅は許容

【参考文献】

- 1) 新仙台火力発電所 LNG タンク基礎コンクリートの温度ひび割れ対策について、土木学会東北支部、2013 年
- 2) LNG 地上式貯槽指針、日本ガス協会、2002 年
- 3) コンクリート標準示方書 設計編、土木学会、2007 年
- 4) マスコンクリートのひび割れ制御指針、日本コンクリート工学会、2008 年

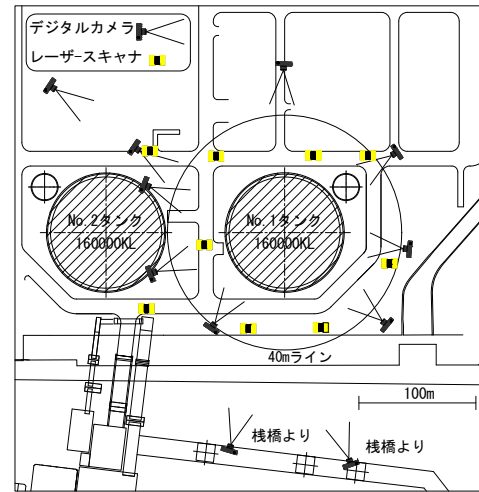


図-3 デジタルカメラの設置箇所

値以内であった。デジタルカメラによるひび割れ点検は、基礎版及び防液堤において、外周部のみ計測可能である。No.1 タンク、No.2 タンクともに、外周部のひび割れ幅は許容値以内であった。これより、ひび割れ指数を 1.75 以上確保することでコンクリートの品質を確保できることを確認した。デジタルカメラによる計測精度は、基礎版外周部を対象に目視によるひび割れ幅と計測結果を比較したところ、誤差はなかった。

6. 結論

基礎版及び防液堤のコンクリートはひび割れ発生確率 5%以内(ひび割れ指数 1.75 以上)を満足させる温度ひび割れ対策を実施した。その結果、No.1 タンクは防液堤の最終ロット打設から約 14 ヶ月後、No.2 タンクは約 21 ヶ月後において許容値を超えるひび割れはなく、現在目視可能な部位においても同様に許容値を超えるひび割れは確認されていない。よって、本タンクで実施した温度ひび割れ対策は有効であると確認できた。デジタルカメラによるひび割れ計測については、十分な成果・精度を得ることができ、ひび割れ点検の簡易的な手法として有効であると考えられる。