

LNG 地下式貯槽屋根コンクリートにおける初期ひび割れ対策について

清水建設(株) 正会員 ○宮田 佳和

東京ガス(株) 正会員 岩崎 淳

清水建設(株) 正会員 松井 淳

清水建設(株) 正会員 根本 浩史

清水建設(株) 正会員 山谷 佑介

1. はじめに

東京ガス(株)扇島工場では、現在、貯蔵能力が世界最大(25 万 kL)となる 4 基目の LNG 地下式貯槽の建設が進められており、タンク本体における鉄筋コンクリート製ドーム屋根は、第 1 リフト(t=50cm, V=2, 100m³)と第 2 リフト(t=30~110cm, V=2, 800m³)の 2 層に分けて打設した。

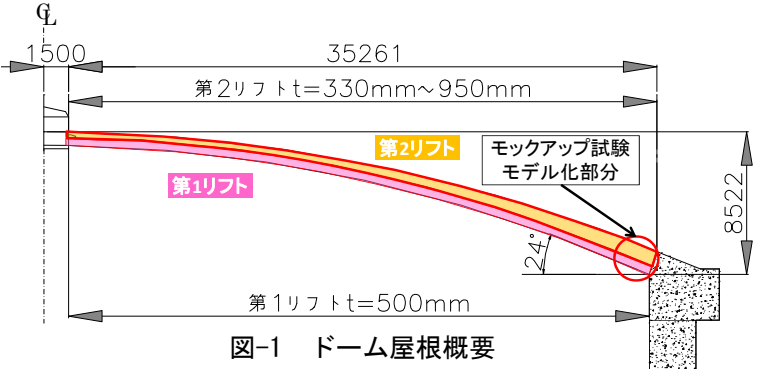


図-1 ドーム屋根概要

屋根の最大傾斜は外周部で約 24° であり、使用するコンクリートには、この傾斜において十分に締固めでき、かつ、ダレを生じない施工性が求められる。そのため、過去の施工実績から、スランプを 10±2.5cm とした実験を行い、施工性に問題がないことを確認した。さらに、第 1 リフトの支保工は、鋼製屋根を空気圧で支える形式(エアサポート)としているが、この場合、コンクリートには打設時における鋼製屋根の変形に追従できる性能が要求される。そこで、打設終了まで(16 時間)凝結しないように超遅延剤(添加率 C×0.65%)を用いることで対応することとした。一方、第 2 リフト施工時はエアサポートを実施せず、厚さ 50cm の第 1 リフトを支保工として機能させる計画としたため、屋根の変形は微量であるが、打重ね時間を満足させるために、超遅延剤(添加率 C×0.3%)を使用した。表-1 に示方配合例を示す。

超遅延剤を用いたことから、長時間ブリーディングが発生し続けることによる、沈下ひび割れの発生が懸念されたため、両リフトとも施工前に実大供試体によるモックアップ試験を行い、得られた知見を施工に反映させた。以下に、モックアップ試験と実施工について説明する。

2. 第 1 リフト

(1)モックアップ試験

モックアップ試験では、傾斜が最大となる屋根外周部付近を模擬するため、傾斜 24° の斜面に 5m×5m の大きさで内部に鉄筋も配置し、実施工の計画に従って打設した。打設後、約 4 時間後に懸念された通り鉄筋位置に沈下が原因とみられるひび割れが発生し、その修正に発生後 2 時間程度以内のタンピングが必要であることがわかった。タンピングはこてによる方法が一般的であるが、本構造物では、対象面積が広く多大な労力を要するため、型枠バイブレータで再振動する方法でひび割れの修正が可能であることを確認した(写真-1 参照)。



写真-1 ひび割れ修正状況

(2)実施工

実施工では、短時間内にひび割れを確実に修正するため、ひび割れタンピング専門班を準備して打設に臨んだ。

表-1 示方配合例

部位	スランプ (cm)	空気量 (%)	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤	
						W	C ※1	S1 (山砂)	S2 (砕砂)	G (砕石)	AE減水剤 C×%※2	超遅延剤 C×%※3
第1リフト	10±2.5	5±1	20	47.0	44.0	147	313	484	327	1069	1.00%	0.65%
第2リフト				49.2	44.6	154	313	486	330	1045	0.80%	0.30%

※1 セメント種類：低熱ポルトランドセメント、※2AE 減水剤：リグニンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩
※3 超遅延剤：オキシカルボン酸塩

キーワード LNG 地下式貯槽、屋根コンクリート、超遅延剤、沈下ひび割れ、乾燥収縮ひび割れ

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株)土木技術本部基盤技術部 TEL 03-3561-3915

ひび割れは、ドーム屋根外周部から幅 5m 程度の範囲で全周に発生したが、ドーム上方にはほとんど発生しなかった。ひび割れの原因は発生位置、発生時期などから 2 つ考えられた。1 つは、打設後 4 時間程度で鉄筋に沿ったひび割れであり、モックアップ試験で確認した沈下ひび割れと考えられた。発生量は外周部付近で 0.1m^2 程度であり、タンピングにより修正した。一方、凝結始発前後、すなわちブリーディングがほぼ終了してからも、ひび割れが発生した。このひび割れは、タンク南西側のみに集中しており、発生量は発生した範囲内で 0.5m^2 程度であった。当日は風速 3m/s 程度の南西の風が吹いていたことから(図-2 参照)、初期の乾燥が原因のひび割れと考えられた。乾燥収縮ひび割れはタンピングで修正できなかったため、後日、注入工法により補修を行った。

3. 第 2 リフト

(1) モックアップ試験

第 1 リフトの施工結果から、ひび割れの原因は沈下と初期乾燥の 2 種類であると考えられたため、第 2 リフト実施工に向け、タンピングによるひび割れの修正可能時間、および、乾燥対策として使用する被膜養生剤(アクリル系)の適切な散布時期、散布回数を確認することとした。なお、養生剤の散布方法は粗仕上げ後、または、木ごと仕上げ後に散布する場合、その両方の時期に散布する場合、および散布しない場合の 4 ケースとした。

試験の結果、ひび割れの原因は、いずれも発生時期が凝結始発前後であったことから、沈下ではなく乾燥であると考えられた(図-3 参照)。また、被膜養生剤の効果については、養生剤の有無で有意な差が見られたものの、養生剤を 2 回散布した箇所でもひび割れが発生したことから、水分の蒸発を抑えるためには養生剤だけでは不十分であることがわかった。以上より、実施工では水分の蒸発を防ぐためにブルーシートを敷設することとし、シート敷設までの乾燥を防ぐ目的で木ごと仕上げ時に被膜養生剤を 1 回散布する計画とした。

(2) 実施工

実施工では、モックアップ試験で発生しなかった沈下ひび割れが若干発生したが、タンピングで対処した。なお、乾燥対策としてブルーシートを敷設する計画であったが、当日は強風であったことやブルーシートの下にひび割れが発生した場合に確認できないことを考慮し、清掃用のハイウォッシャーを用いた散水養生とした(写真-2 参照)。その結果、初期乾燥ひび割れはほとんど発生しなかった。

4. まとめ

事前にモックアップ試験を行い、2 種類のひび割れに対してそれぞれ適切な対策をとり、屋根コンクリートの品質を確保できた。具体的には、沈下ひび割れに対して型枠バイブレータを用いたタンピングにより修正し、鉄筋とコンクリートの付着を確保した。また、第 2 リフトにおける初期乾燥ひび割れは、被膜養生剤および散水養生で乾燥を防ぐことにより抑制できた。屋根コンクリート打込み完了をもって、貯槽本体工事は大きな区切りを迎えることができた。今後は付帯工事等を経て平成 25 年 11 月の竣工を目指す予定である。

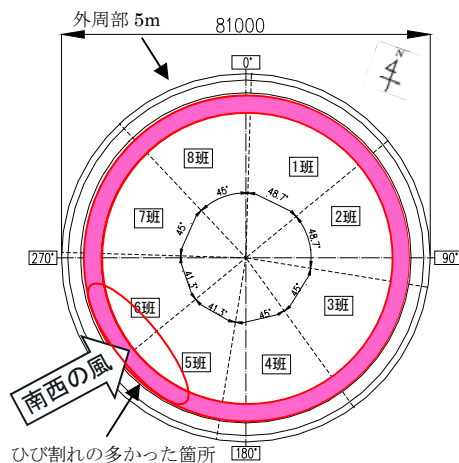


図-2 ひび割れ発生状況

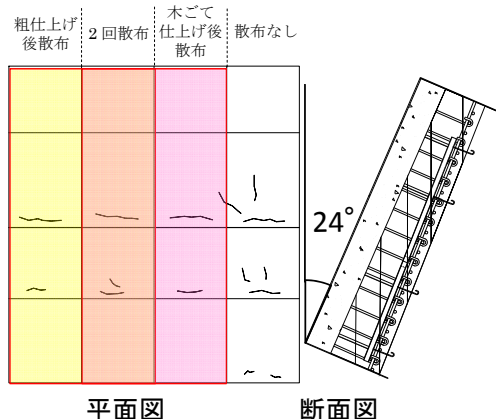


図-3 第 2 リフトモックアップ試験 ひび割れ発生状況



写真-2 散水状況