

V-466

コンクリート製ドーム屋根のひびわれ対策

○大成建設土木設計第二部 正会員 坂井 徹*1
 東京ガス生産技術部 正会員 関 晃一*2
 大成建設技術研究所 正会員 坂本 淳*3
 大成建設横浜支店 柴山 功一*4

1. はじめに

東京ガス（株）扇島工場において、TP1LPG地下式貯槽（図-1）工事を行っている。本工事は、鉄筋コンクリート製ドーム屋根を底版上で構築し、その後ジャッキを用いて所定位置までリフトアップし、側壁頂部に接合する事とした。

接合部のコンクリートは後打ちとなるため、既に打設された屋根及び側壁コンクリートが拘束体となり、大きな温度応力が発生し、ひび割れが生じる事が予測された。そこで熱伝導解析及び熱応力解析（以下、事前解析と呼ぶ）を行い、問題となるようなひびわれが生じないようなコンクリートを選定する事とした。その結果、膨張材を添加した低発熱型高炉セメントを使用する事とした。

本報は、このうち事前解析と今回使用した膨張材の評価及び計測結果を示したものである。

2. 事前解析

事前解析は、接合部の打設時期、養生等の条件を考慮し、軸対称モデルによるFEM解析を行った。また、コンクリートの発熱は、水和発熱モデル¹⁾により評価した。

接合部は温度応力が大きいことが予想されたため、コンクリートの発熱を低減する事と合わせて、発熱終了後の温度低下時の収縮量を低減することにより温度応力を小さくする対策を考え、1) 低発熱型高炉セメントの使用、2) 膨張材の使用の2つの事項に着目し、検討を行った。

以下に解析条件及び解析結果を示す。

2.1 解析条件

(1) 構造及び境界条件

図-2に熱伝導解析時に使用した解析モデル及び境界条件を示す。

コンクリートは、図-2中に示す①（屋根）、②（側壁第6ロット）の順で打設された。表-1に打設日時及び打設温度の計測結果を示す。また、接合部の打設温度は外気温+5℃にて設定した。

(2) コンクリートの配合

検討の配合は、普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、低発熱型高炉セメント、フライアッシュ混入低発熱型高炉セメントを単独で用いたケースと、それぞれのコンクリートに対し膨張材を内割で用いたケースを考えた。検討ケースを表-2に示す。

(3) 断熱温度上昇特性

各コンクリートの断熱温度上昇特性を表-3に示す。

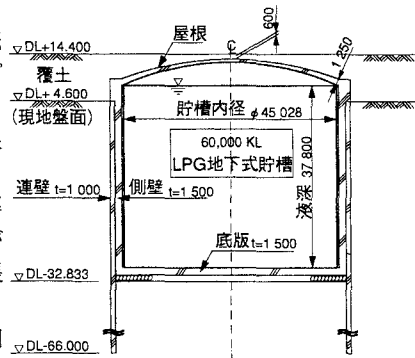


図-1 LPG地下式貯槽構造図

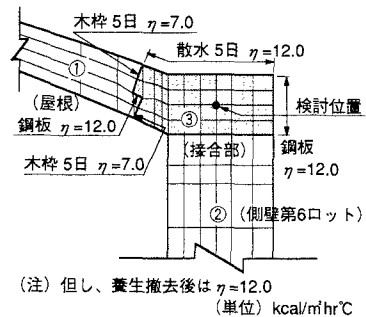


図-2 熱伝導解析モデル図

表-1 打設日時及び打設温度

部 位	打設日	外気温 (°C)	打設温度 (°C)
①屋根	96/7/20	24.5	32.0*1
②側壁第6ロット	96/8/31	26.4	25.0*1
③屋根-側壁接統部	97/1/30*2	5.4*3	10.4*4

注) *1: 測定値の平均値 *3: 過去の1月の平均外気温
 *2: 解析上の設定日 *4: 外気温+5℃
 (実際は97/2/7となった)

キーワード: 水和発熱モデル, 低発熱型セメント, 膨張材

*1 〒163-06 東京都新宿区西新宿1-25-1 (新宿センタービル)

*2 〒105 神奈川県横浜市鶴見区扇島4-1

*3 〒245 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町44-1

*4 〒105 神奈川県横浜市鶴見区扇島4-1大成建設(株)LPG地下タンク作業所

TEL.03-5381-5417 FAX.03-3342-2084

TEL.044-287-5873 FAX.044-287-5594

TEL.045-814-7228 FAX.045-814-7253

TEL.044-287-6533 FAX.044-287-4985

表-2 検討ケース

使用セメント	W/C (%)	セメント量 (kg/m³)	膨張材量 (kg/m³)
普通ポルトランドセメント	50.0	314	—
々+膨張材	50.0	284	30
高炉セメントB種	47.0	328	—
々+膨張材	47.0	298	30
低発熱型高炉セメント	45.0	334	—
々+膨張材	45.0	304	30
フライアッシュ混入低発熱型高炉セメント	38.0	368	—

表-3 断熱温度上昇特性

	打設温度	K	α
普通ポルトランドセメント	10°	47.8	0.60
	20°	44.1	0.99
高炉セメントB種	10°	48.3	0.40
	20°	45.0	0.60
低発熱型高炉セメント	10°	43.3	0.39
	20°	41.4	0.58
フライアッシュ混入低発熱型高炉セメント	10°	36.9	0.38
	20°	34.4	0.50

注) 表中のK、 α は試験値を下式で回帰して算定した。

$$Q = K \times (1 - e^{-\alpha t}) \quad \text{但し、} Q: \text{上昇温度 (}^\circ\text{C)} \\ t: \text{経過時間 (日)}$$

(4) 膨張特性

膨張材は、「膨張コンクリート設計施工指針」²⁾に基づき内割りで30kg/m³を添加する事とし、膨張率は膨張試験の結果から図-3の様に設定した。

2.2 検討結果

低発熱型高炉セメントにて、膨張材を添加した場合としない場合の検討位置での温度応力の算定結果を図-4に示す。

これより、膨張材を添加する事で最大の温度応力が40%程度低減される事が想定された。そこで、各コンクリートのひび割れ指数の検討を行った。検討結果を表-4に示す。

今回、底版、側壁、屋根の実績よりひび割れ指数 ≥ 1.0 を確保していれば、温度応力により、問題となるようなひび割れは発生していない。これより接合部も他の部位と同じひび割れに対する安全率を持つように、ひび割れ指数は1.0を確保するものとし、低発熱型高炉セメントに膨張材を添加して用いることにした。

表-4 検討結果

	普通ポルトランドセメント	々+膨張材	高炉セメントB種	々+膨張材	低発熱型高炉セメント	々+膨張材	フライアッシュ混入低発熱型高炉セメント
最高温度上昇量(°C)	22.5	22.5	18.2	18.2	16.3	16.3	13.3
ひびわれ指数	0.42	0.63	0.52	0.88	0.60	1.02	0.65

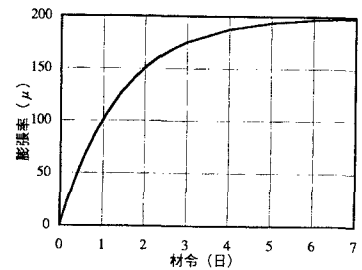


図-3 膨張特性

3. 計測結果

検討位置での、温度の計測結果を図-5に示す。また、接合部は2ヶ月経過した時点においても、他の部位と同様に問題となるようなひびわれは認められない。

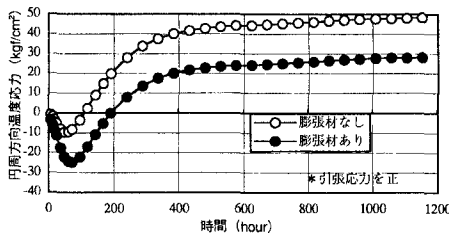


図-4 温度応力の経時変化

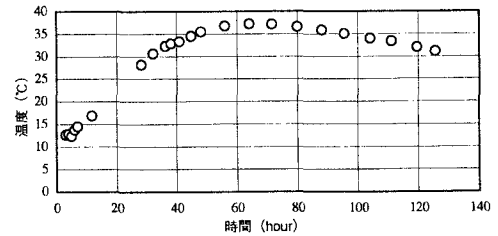


図-5 計測結果

4. まとめ

1. 温度応力の大きい屋根及び側壁頂部の接合部について事前解析を行った。
2. 温度応力の低減方法として膨張材を使用し、事前解析によりその評価を行った。
3. その結果、低発熱型高炉セメントを用いた場合、膨張材を添加する(30kg/m³)事で、温度応力を低減できることを確認した。
4. 実施工の結果、問題となるようなひびわれは発生しなかった。

参考文献 1) 鈴木他；コンクリート中に存在するセメントの水和熱過程の定量化，土木学会論文集 第390号IV-9,1988年8月
2) 土木学会；コンクリートライブラリー第75号 膨張コンクリート設計施工指針，平成5年