

## スラブ厚さの異なるマスコンクリートの温度ひび割れ対策について

東北電力(株) 正会員 ○ 和田 宙司  
 東北電力(株) 正会員 堀見 慎吾

### 1. はじめに

新仙台火力発電所に現在建設中のPC型式LNGタンク(16万kL×2基)の基礎版は、厚さが1.6~1.2m(コンクリート量約7,400m<sup>3</sup>)であり、その上部に打継ぐ防液堤は壁厚1.05~0.65mのマスコンクリートとなる。基礎版及び防液堤は、液密性と長期耐久性が要求され、コンクリート打設時の水和熱による温度ひび割れを制御することが、コンクリートの品質を確保する上で重要な課題となる。本稿では、基礎版及び防液堤のコンクリート打設後の温度変化によるコンクリートのひび割れについて実施した温度応力解析結果のうち、主にスラブ厚さの違いに起因する外部拘束とその対策について報告する。

### 2. PC-LNGタンクの概要

PC-LNGタンクは図-1に示すように防液堤と金属製タンクを一体化したコンパクトな構造となっており、従来、防液堤が占めていた面積が大幅に減少することで、敷地の有効利用が可能となる。一方、漏液時の液深が高くなるため、防液堤コンクリートにPCによる水平緊張力を導入して液圧に対抗する構造としている。

### 3. 基礎版及び防液堤への要求性能

基礎版及び防液堤には、鉄筋やPC鋼材の長期耐久性とLNG漏液時の液密性が要求されるため、施工時及び常時のコンクリートのひび割れを抑制することが重要である。このうち施工時は、LNG地上式貯槽指針<sup>1)</sup>により、目標ひび割れ指数は1.75以上と厳しく設定されている。

### 4. コンクリートの設計仕様

基礎版及び防液堤のコンクリート設計基準強度を図-2に示す。このうち第1ロットは、水平PC緊張力による変形が基礎版に拘束されて鉛直方向に大きな曲げモーメントが発生することから、コンクリートの引張強度の確保を目的に設計基準強度を60N/mm<sup>2</sup>としている。強度管理材齢は、セメント量の減少を図り、発熱量を抑えるため91日としている。打設間隔は基礎版打設後、概ね1ヶ月間隔で第1~9ロットを打設していく。

### 5. 温度応力解析条件

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、ひび割れ指数により評価する。コンクリートの物性値や熱定数はコンクリート標準示方書、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<sup>2)</sup>を参考に条件を設定した。なお、対策後の条件は、実態に即した解析を行うため、断熱温度特性はセメントメーカーの技術資料、強度特性は試験練りの結果より設定している。

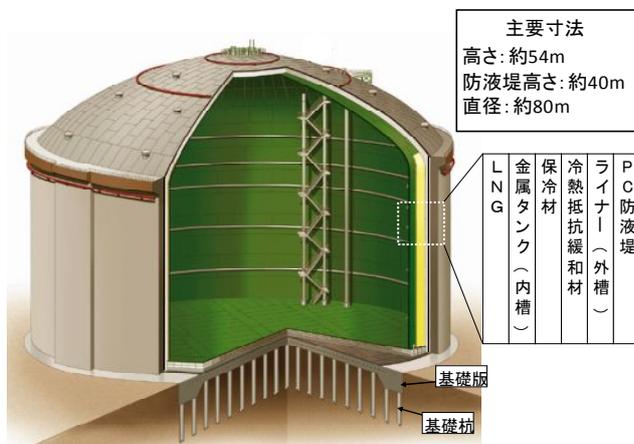


図-1 PCLNGタンク概要図

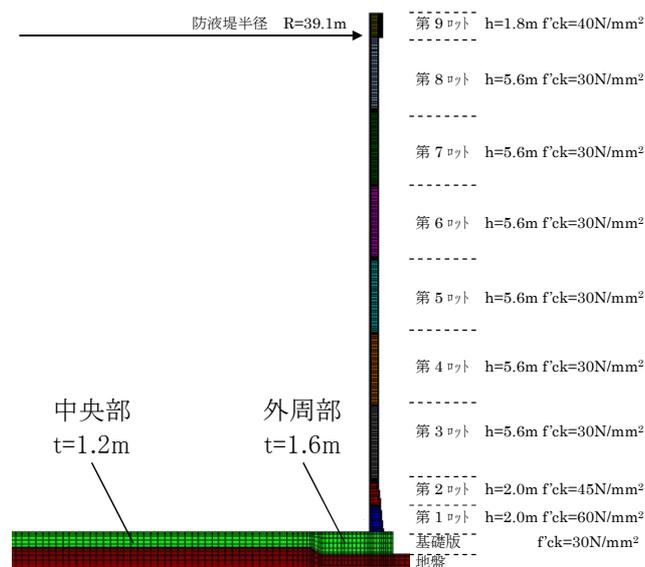


図-2 解析モデル図

キーワード LNGタンク, マスコンクリート, 温度ひび割れ, 外部拘束

連絡先 〒985-0901 仙台市宮城野区港5-2-1 新仙台火力発電所建設所土木建築課 TEL022-362-5062

6. 温度ひび割れ対策

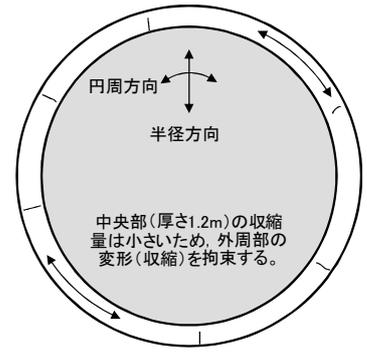
基礎版の部位別のひび割れ発生要因と対応策を表-1 に示す。基礎版中央部では、表層と中心の温度差に伴う内部拘束により、表層には半径方向の引張応力が発生する（対策前のひび割れ指数は 1.17）。基礎版外周部は中央部に比べてスラブが厚いため、基礎版中央部以上に表層と中心の温度差が発生するが、端部に近いことで半径方向の変形がある程度許容されることから、表層に発生する引張応力は小さく、内部拘束に伴うひび割れ指数は 1.9 と大きな値を示す(図-4 参照)。

一方、基礎版外周部の温度が中央部に比べて高くなることは、温度低下時の収縮量の差が生じるため、収縮量の小さい中央部が収縮量の大きい外周部を外周拘束（図-3 参照）するため、リング状の外周部には円周方向の引張応力が発生する。

基礎版のひび割れ対策としては、セメント種別の変更による発熱量の低減や保温養生による表層と中心の温度差の低減等の内部拘束対策を行うとともに、外周部表面が内部拘束に対して余裕のあることに着目し、外周部の養生マット数を中央部より少なくして、外周部と中央部のコンクリート温度差の低減を図ることで、中央部の外部拘束による影響を低減し、所定のひび割れ指数を満足している（図-4）。

表-1 温度ひび割れ対策一覧

部位	ひび割れ発生要因	対応策	目的	効果
基礎版 (中央部)	表面と中心の温度差による内部拘束	セメントの変更 (普通→中庸熱)	発熱量の低減	中心のピーク温度 58→51℃
		養生方法の変更 (養生マット→保温マット)	表層と中心の温度差の低減	表層と中心の温度差 Δ12→Δ7℃
		保温養生期間の変更 (7日→21日)	養生撤去時の表層温度低下量の低減・引張強度の増加	表層温度低下量 Δ8→Δ4℃
基礎版 (外周部)	温度低下時の収縮量の違いによる外部拘束	セメントの変更 (普通→中庸熱)	発熱量の低減	中心のピーク温度 63→54℃
		養生方法と枚数の変更 (養生マット→保温マット) (中央4枚に対して外周2枚)	表層と中心の温度差の低減 中央部と外周部の温度差の低減	中央部と外周部の温度差 5→3℃



外周部には円周方向の引張応力(半径方向のひび割れ)が発生する

図-3 中央部による拘束

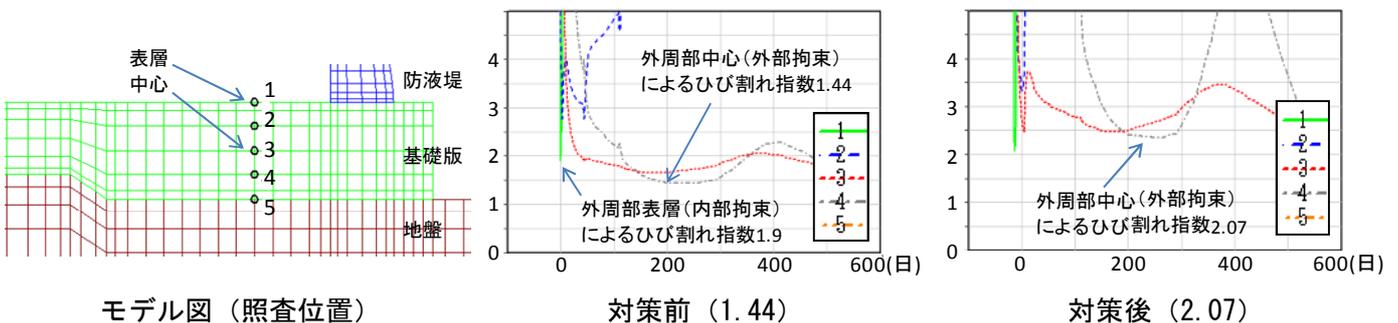


図-4 温度ひび割れ対策前後のひび割れ指数

7. おわりに

LNG タンク基礎版コンクリートの温度応力解析の結果、一般的な内部拘束の他、スラブ厚さの違いにより外周部の温度が中央部に比べて高くなることで、温度低下時の収縮量の差により中央部が外周部を外周拘束することが確認された。その対策として、外周部の養生マット数を中央部より少なくすることで温度差の低減を図り、ひび割れ指数 1.75 を満足した。

参考文献： 1) (社)日本ガス協会：LNG 地上式貯槽指針，pp.302～303(2002)

2) (社)日本コンクリート工学会：マスコンクリートのひび割れ制御指針，pp.47～54(2008)