

## 函館 LNG 基地 PC LNG 地上式貯槽の設計

北海道ガス（株）

猪熊 一秀

東京ガス・エンジニアリング（株） 正会員

小松原 徹

大成建設（株）

正会員

市波 克洋

### 1. はじめに

北海道ガス（株）が、2006年からの函館地区天然ガス転換計画に伴い、函館市港町地区に建設中の LNG 基地における液化天然ガス（LNG）用の貯槽は、PCLNG 貯槽と呼ばれる形式である。PCLNG 貯槽は、金属製の内槽と、保冷材、PC 構造の外槽（PC 防液堤）からなる構造となっている。本貯槽は、H14 年 8 月に改訂された、「LNG 地上式貯槽指針：（社）日本ガス協会」に準拠し設計・建設された日本初の PCLNG 貯槽である。LNG 地上式貯槽指針では、限界状態設計法が適用され、各部位毎に規定された目標性能に対し照査を行うよう明記されている。本報は、PCLNG 貯槽における、PC 防液堤および基礎版の設計について述べるものである。

### 2. 構造概要

構造概要を図 1 に示す。

貯槽容量：5,000KL

基礎版：部材厚  $t=1100\text{mm}$ ，鉄筋 SD345  
コンクリート  $f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$

PC 防液堤：部材厚  $t=350\sim 700\text{mm}$ ，鉄筋 SD345  
コンクリート  $f'_{ck}=35\text{N/mm}^2$

PC 鋼材（鉛直：7S12.7，円周：7S12.7）

基礎杭：700（SKK490,SKK400）， $n=54$  本

### 3. 設計方針

本貯槽の設計方針を、以下に示す。

LNG 地上式貯槽指針に準拠し、それぞれの目標性能に応じた評価項目および限界値を設定して、荷重に対して計算される応答値が限界値を超えないことを確認する。

構造解析は、基礎くい、基礎版および PC 防液堤を一体化した解析により行う。

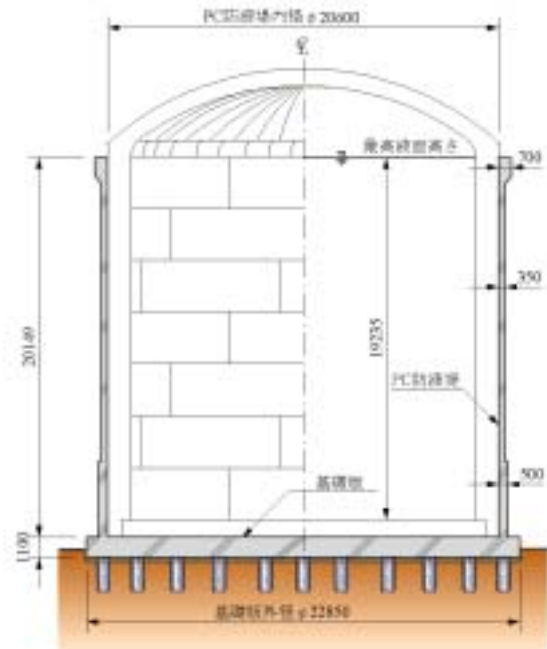


図1 PCLNG 貯槽構造図

基礎くい及び基礎版のレベル 2 耐震性能評価においては、代替評価法を適用する。

PC 防液堤のレベル 2 耐震性能評価については、液密性と損傷モードの関係が定量的に評価できないことから、レベル 1 耐震性能評価と同じ評価を行う。つまり、PC 防液堤のレベル 2 耐震性能評価では、部材の塑性化を許容しないことから、代替評価法は適用しない。

地震時（レベル 2）の応答解析は、有限要素モデルを用いた、修正震度法によるものとした。各部位の修正震度は以下のとおり。

基礎版： $K_{MH}=0.42(0.21)$ ， $K_{MV}=0.21(0.11)$

PC 防液堤： $K_{MH}=0.64(0.32)$ ， $K_{MV}=0.42(0.21)$

\*（ ）内の値は代替評価法の際に使用する震度

キーワード LNG，PCLNG 地上式貯槽，限界状態設計法，代替評価法，修正震度法

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル） TEL：03-5381-5292

### 4. 基礎版およびPC防液堤の評価項目

基礎版の評価項目一覧を表1に、PC防液堤の評価項目一覧を表2に示す。

表1 基礎版の評価項目

区分		目標性能	評価項目
常時性能評価	通常運転時	所定の強度を有する	ひびわれ 断面破壊
	強風時， 耐圧・水張試験時		断面破壊
レベル1 耐震性能評価		有害な変形が残留しない	断面破壊
レベル2 耐震性能評価		変形が残留しても内槽，外槽，保冷，PC防液堤の目標性能を損なわない	変形

表2 PC防液堤の評価項目

区分		目標性能	評価項目
常時性能評価	通常運転時	所定の強度を有する	ひびわれ発生 断面破壊
	強風時 耐圧・水張試験時	漏液後の液密性を損なわない	断面破壊
レベル1 耐震性能評価		有害な変形が残留しない 漏液後の液密性を損なわない	断面破壊
レベル2 耐震性能評価		変形が残留しても，漏液後の液密性および外槽の目標性能を損なわない	断面破壊
漏液後性能評価		所定の強度を有する 液密性が保持される	液密性 断面破壊
照査荷重作用時		PC防液堤の安全性を照査	断面破壊

照査荷重：PC防液堤に2倍の液圧（漏液時）を作用させる

### 5. 解析モデル

構造解析は、くいを梁要素，地盤をばね要素，基礎版及びPC防液堤をシェル要素とした180°モデルの3次元FEM解析により行った。解析モデルを図2に示す。なお、くいの配置は実際の配置に合わせてモデル化した。また、地盤ばねは弾塑性型とした。

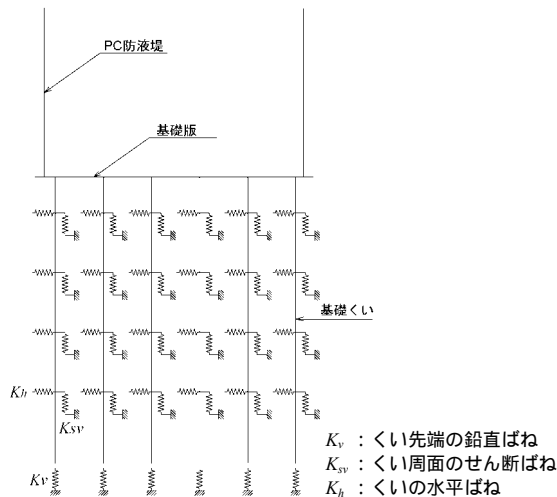


図2 解析モデル

### 6. 基礎版の照査結果

基礎版の決定ケースは、円周方向、半径方向ともに、ひび割れ幅の照査がクリティカルとなっている。

ひびわれの評価における、許容ひび割れ幅は、 $w_a=0.004c$  ( $c$ :かぶり)と設定した。

円周方向のひび割れ幅算定結果を図3に、半径方向のひび割れ幅算定結果を図4に示す。

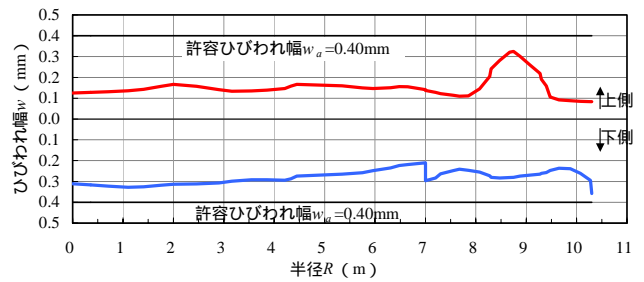


図3 円周方向のひび割れ幅算定結果

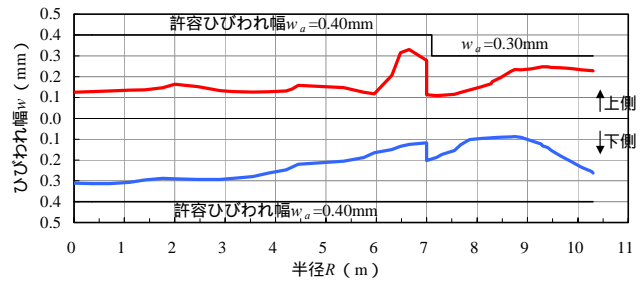
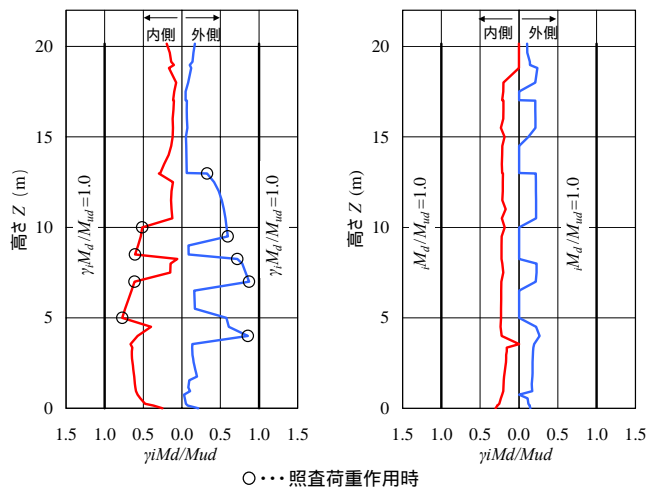


図4 半径方向のひび割れ幅算定結果

### 7. PC防液堤の照査結果

PC防液堤の決定ケースは、円周方向は断面破壊の照査（照査荷重作用時）がクリティカルとなっており、鉛直方向は曲げひび割れ発生（通常運転時夏）がクリティカルとなっている。図5に断面破壊の照査結果を示す。



(a) 円周方向 (b) 鉛直方向

図5 断面破壊に対する照査結果

### 8. まとめ

日本において基幹エネルギーとして位置付けられる天然ガスの導入は、世界的にも拡大しており、中でも、LNG貯槽は、高い安全性・信頼性を要求される。

本報が同構造物を設計する際の一助となれば幸いである。