

新型 PCLNG 地上式貯槽の開発・設計～”DUALPC 防液堤”の採用～

坂出 LNG(株)	正会員	米澤 和宏
○大成建設(株)	正会員	仁井田将人
大成建設(株)		中村 泰介
大成建設(株)	正会員	市波 克洋

1. はじめに

坂出 LNG (株) が 2006 年から坂出 LNG 基地 (香川県坂出地区) に建設中の液化天然ガス (LNG) 用の容量 180,000kl の貯槽は, PCLNG 地上式貯槽と呼ばれる形式である. この PCLNG 地上式貯槽は, 金属製の内槽・保冷材・PC 構造の外槽 (PC 防液堤) から成る構造である. 本貯槽は, 品質向上・建設コスト削減を目指して開発した “DUALPC 防液堤” による新型の PCLNG 地上式貯槽となっている. 本稿では, 設計概要について報告する.

2. 新型 PCLNG 地上式貯槽の開発

従来の PCLNG 地上式貯槽と新型 PCLNG 地上式貯槽の相違を示す.

(1) 従来の PCLNG 地上式貯槽

PC 防液堤は, 漏液時に LNG を外部へ漏洩させないことが第一の要性能であり, LNG が漏洩した際の液圧に抵抗できるよう円周 PC が必要となる. しかし, 通常運転時には LNG を内槽にて貯液するため, LNG の液圧は PC 防液堤には作用しない. そのため, 円周 PC の緊張力により, 基礎版に拘束された PC 防液堤下端部に大きな曲げモーメントが作用する. この時, PC 防液堤下端にひび割れが生じる可能性があり, 鉛直方向に PC 鋼材を配置し, 圧縮力を作用させることで, ひび割れを抑制する構造としている.

ところが, 従来の PCLNG 地上式貯槽においては, 図 2 に示すようにひび割れが発生しやすい下端部において必要な壁厚・必要な鉛直方向 PC 鋼材量を定め, それを頂部まで配置することから, 過大な PC 鋼材量となっていた.

(2) 新型 PCLNG 地上式貯槽

新型 PCLNG 地上式貯槽の構造を図 3 に示す. この新構造は “DUALPC 防液堤” という名称であり, 防液堤下端部の部材厚を他の部分よりも大きくし, 曲げモーメントの大きさに応じての必要な壁厚とした. また, 部材厚を大きくした部分に PC (短尺 PC) を新たに配置することにより, 曲げモーメントの大きな下端部により多くの PC を効率的に配置し, 曲げモーメントの小さい一般部の PC (長尺 PC) を低減した.

このように “DUALPC 防液堤” は, 下端部の壁厚を厚くすることで, PC (短尺 PC) を下端部で定着することが可能となり, 非常に効果的な PC の配置方法が可能となった. 以上のように, “DUALPC 防液堤” は, PC 防液堤の壁厚及び PC 鋼材を合理的に設定・配置できる構造である.

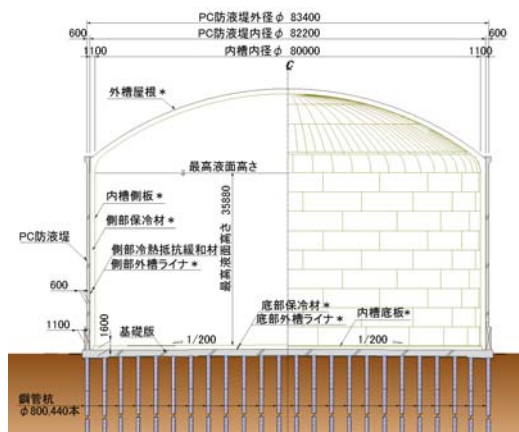


図 1 180,000kl 貯槽構造図

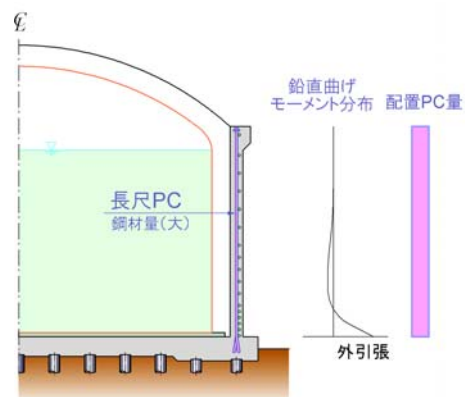


図 2 従来 PCLNG 地上式貯槽の構造

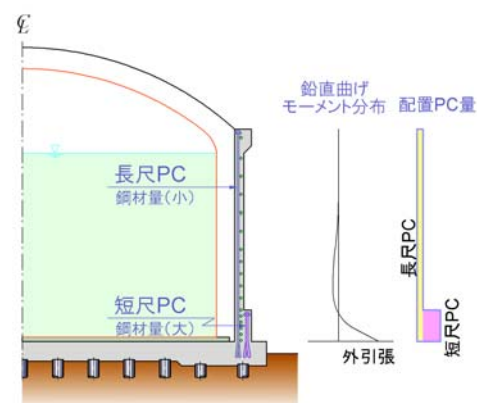


図 3 新型 PCLNG 地上式貯槽の構造

キーワード PCLNG 地上式貯槽, DUALPC 防液堤, 短尺 PC, 3 次元シェル FEM, ひび割れ

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 FAX 03-3342-2084

3. PCLNG 地上式貯槽の設計概要

坂出 LNG 基地内の PCLNG 地上式貯槽は、前述の“DUALPC 防液堤”を採用し、「LNG 地上式貯槽指針（社）日本ガス協会」に準拠して設計を行った。その概要を以下に示す。

(1) 仕様及び構造概要

貯槽の主な仕様を以下に、また、“DUALPC 防液堤”下端の詳細図を図 4 に示す。

- ・貯槽容量：180,000kl
- ・基礎版：部材厚 $t=1,300\text{mm}$ （一般部）， $1,600\text{mm}$ （端部）
コンクリート $f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$
- ・PC 防液堤：部材厚 $t=600\text{mm}$ （一般部）， $1,100\text{mm}$ （下部，頂部）
コンクリート $f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$ （一般部，頂部）， 60N/mm^2 （下部）
- ・基礎杭：鋼管杭（SKK490）
 $\phi 800$ ，上杭 15mm/下杭 9mm，49.6m（平均） $\times 440$ 本

(2) 検討方法

PC 防液堤の設計は、目標性能に応じた評価項目及びその限界値を設定し、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した。応答値は、PC 防液堤と基礎版を一体化し、杭と地盤をバネ要素で評価した 3 次元シェル FEM 解析を用いて算定した。図 5 に解析メッシュ図を示す。

(3) 照査結果

PC 防液堤の評価項目を表 1 に示す。このうち、“DUALPC 防液堤”の特徴である下端部鉛直方向に対してクリティカルとなる項目は、ひび割れ発生・断面破壊の照査である。ひび割れ発生・断面破壊の照査結果を図 6 に示す。発生する引張応力度がコンクリート曲げひび割れ強度以内であることがわかる。

(4) 従来構造との比較

ここで、比較のために PC 防液堤を従来構造とした場合の仕様を試算した。従来構造の部材厚を $t=700\text{mm}$ とし、ひび割れ発生・断面破壊の照査を満足するのに必要な PC 量を算定した。

表 2 にコンクリートと鉛直 PC 鋼材量についての両者の比較を示す。表 2 より、数量がコンクリートで 5%，鉛直 PC 鋼材量で 50% 低減されており、“DUALPC 防液堤”の合理性が確認できた。

4. まとめ

昨今の二酸化炭素等の増加による地球温暖化問題・地球規模での環境保全への取り組み強化・エネルギー産業の規制緩和等により、人や環境に優しいクリーンなエネルギーである LNG の家庭用・産業用燃料としての需要が拡大しつつあり、LNG 関連設備に対する社会的要請はますます高まっている。本稿が同構造物の設計・コスト削減の一助となれば幸いである。

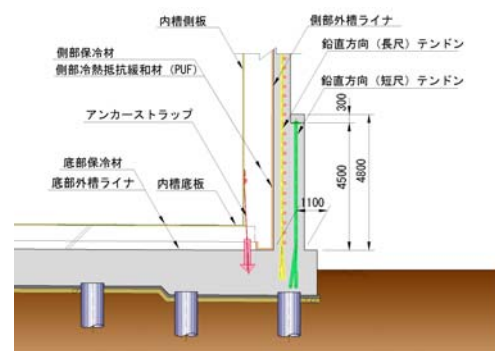


図 4 DUALPC 防液堤詳細図

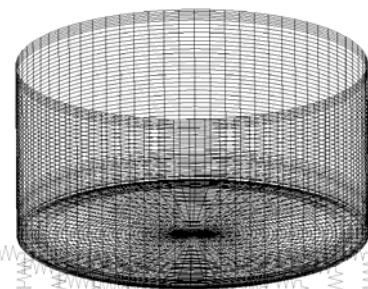


図 5 解析メッシュ図

表 1 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
	強風時	ひび割れ発生 断面破壊
	耐圧試験時 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	断面破壊
南海地震耐震性能評価	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

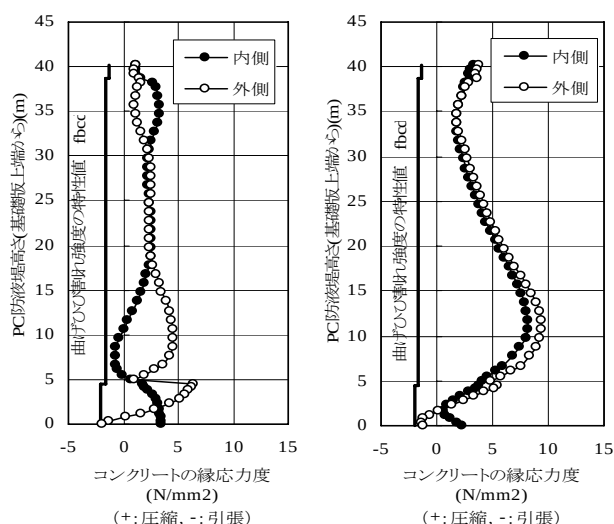


図 6 ひび割れ発生の評価結果

表 2 数量の比較結果

	PC防液堤 コンクリート (m^3)	鉛直PC鋼材量 (ton)
従来貯槽	8,154	350
新型貯槽	7,732	164