

プレキャスト工法を適用した地上式 PCLNG タンクの設計

鹿島建設(株) 正会員 ○岩本直樹 向市清司 菊地達哉 田口勝則 松浦正典 綱川浩文
東京ガスエンジニアリングソリューションズ(株) 加藤健太 金子賢太郎
東京ガス(株) 外内和輝

1. はじめに

東京ガス(株)日立 LNG 基地(茨城県日立市)では、2号 LNG(液化天然ガス)タンクの建設を進めている。2号 LNG タンクは地上式 PC(プレストレストコンクリート) LNG タンクであり、PC 防液堤に日本で初めてプレキャスト工法を適用して工期短縮、品質向上および生産性向上を図った。プレキャスト部材は「P3wall®」¹⁾を適用した。ここでは、プレキャスト工法のねらい、設計上の課題と工夫について報告する。

2. 構造概要

地上式 PCLNG タンクは、機械工事による金属製の内槽、内外槽間の保冷および外槽と、土木工事による PC 防液堤、基礎版および基礎杭からなる。2号 LNG タンクの概略図を図-1 に示す。PC 防液堤は内径 88.20m、高さ 43.65m であり、容量 23 万 kL は日本最大級である。適用基準は「LNG 地上式貯槽指針」²⁾である。

3. プレキャスト工法のねらい

プレキャスト工法の適用で、PC 防液堤工事そのものの工期短縮が可能となる。また、PC 防液堤より内側での土木工事を皆無にすることができ、機械工事の早期着工と効率化によるタンク全体の工期短縮が見込めた。2号 LNG タンクの工期(タンク工事の本格着工からマンホール閉)は、一般的に 40 ヶ月であるのに対し 28 ヶ月で計画した(表-1)。また、プレキャスト部材は工場で製造するため安定した品質確保が期待できる。さらに、省力化できる工法のため、近年の建設技能工の減少に対しても有効であり、生産性向上に寄与できるものとする。

4. プレキャスト工法の概要

プレキャスト部材 P3wall®の概略を図-2 に示す。P3wall®は、陸上輸送や製造工場内で

の制約から一枚あたりの重量が約 240kN 以下となるようにし、全体で 740 枚を使用する計画とした。

接合部である鉛直方向と水平方向継目の概略を図-3 に示す。鉛直方向継

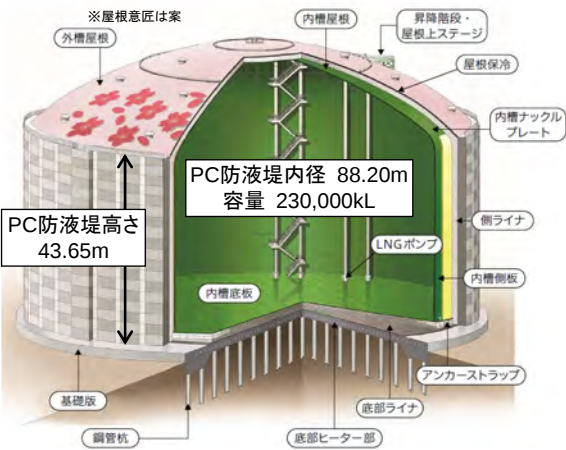


図-1 2号 LNG タンク概略図

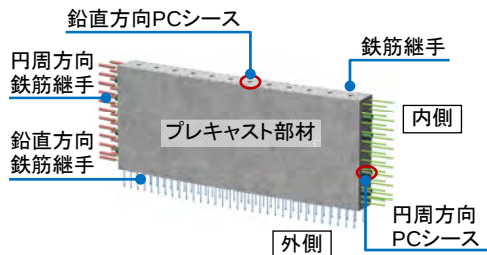


図-2 プレキャスト部材 (P3wall®) 概略図

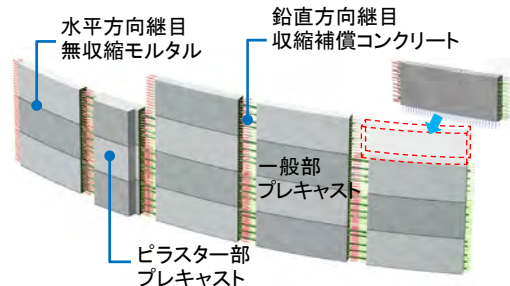


図-3 接合部概略図

表-1 工法による工事工程の比較

		暦日(ヶ月)		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
従来工法	土木	基礎																					
		防液堤																					
		PC緊張																					
	機械	内槽・外槽																					
今回工法	土木	基礎																					
		防液堤																					
		PC緊張																					
	機械	内槽・外槽																					
		保冷																					

キーワード: プレキャスト工法、地上式 PCLNG タンク、工期短縮、品質向上、生産性向上、CIM
連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部構造設計部 TEL 03-6229-6656

目は収縮補償コンクリートを用いた場所打ちコンクリートであり、鉄筋は機械式継手とした。水平方向継目は高さ約 20mm の隙間を無収縮モルタルで充填し、5 章で後述する新たに開発した継手構造により鉄筋を接続する。接合面は、一般的な場所打ちコンクリートの打継目と同様な処理を行った。

5. 設計上の課題と工夫

プレキャスト工法の適用に際し、接合部の一体性や液密性を満足することが設計上の課題となった。そこで、接合部が一般的な場所打ちコンクリートによる PC 防液堤と同等の性能を有していることを検討するために、接合部の鉄筋継手の耐力試験³⁾、材料の充填性や強度特性試験、液密性試験等を実施した。これにより、所定の性能を有していることを確認した。構造解析の工夫として PC 防液堤と基礎版を一体とし、非対称荷重を考慮できる 3 次元モデルを用いた(図-4)。PC 防液堤と基礎版はシェル要素、基礎杭はバネ要素、PC 防液堤と基礎版は剛結とした。これは一般的な場所打ちコンクリートによる PC 防液堤の設計と同じ手法である。ただし、要素分割に際しては、接合部を評価できるよう配慮した。接合部を含む PC 防液堤の設計では、表-2 に示す要求性能を、表-3 に示す評価項目と評価方法で満足していることを確認した。

別の課題として、プレキャスト部材 P3wall®内の鉄筋と PC 鋼材、埋込み金物の干渉の懸念があった。また、P3wall®全体割付と機械工事の金物(屋根骨アンカーなど)の取合い調整も課題となった。そこで、2 次元図面での干渉チェックと併用して、CIM による事前の確認を行ない、干渉を回避した(図-5)。また、機械工事で事前に綿密な打合せを実施し、屋根骨本数の変更を含む干渉回避の調整を行った。関係するすべての干渉を回避しつつ、P3wall®に共通する規則的な鉄筋・PC 鋼材の配置パターンを設定した。こうして、イレギュラーな配置パターンを有する部材が生じないように配慮して設計することで、生産性向上を図った。また、CIM による視覚イメージを建設技能工と共有することにより、円滑な製造と施工にも繋げることができた。

6. まとめ

2 号 LNG タンクの PC 防液堤の詳細設計は 2017 年 4 月から開始し 2018 年 10 月に完了した。この成果を受けて工事を進め、2019 年 8 月にプレキャスト部材 P3wall®の設置を完了した。現在は PC 鋼材の緊張作業を行っており、2020 年 12 月に工事は完了する予定である。

参考文献

- 1) 鹿島建設(株)：プレスリリース 日本初！PCLNG 地上式タンクの防液堤をプレキャスト工法で構築、2018. 5. 10
- 2) (一社)日本ガス協会：LNG 地上式貯槽指針、2012
- 3) 大窪一正ほか：施工性に優れたプレキャスト部材接合継手その 1 (部材実験)、土木学会全国大会年次学術講演会、V-337、2017. 9

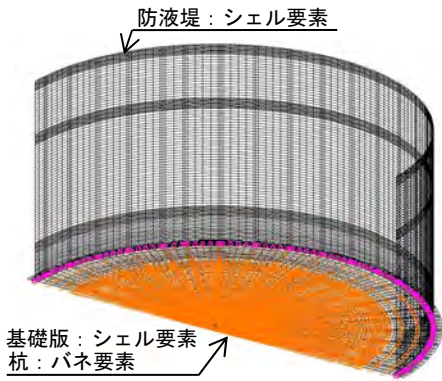


図-4 構造解析モデル

表-2 PC 防液堤の要求性能

性能の分類	耐荷性能、液密性能
常時性能	所定の強度を有する。 漏液後の液密性を損なわない。
レベル 1 耐震性能	有害な変形が残留しない。 漏液後の液密性を損なわない。
レベル 2 耐震性能	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。

表-3 PC 防液堤の評価項目と評価方法

区分	評価項目	評価方法
常時性能評価	通常運転時	ひび割れの評価 (発生するひび割れ幅 w は許容ひび割れ幅 w_s 以下) 応力の評価 (コンクリートの圧縮応力 σ_c は $0.4f_{ck}$ を超えない、鉄筋の引張応力は f_{yk} 以下など)
	ひび割れ発生	ひび割れ発生の評価 (曲げモーメントおよび軸方向力によるコンクリートの縁引張応力が、コンクリートの曲げひび割れ強度の特性値を超えないなど)
	断面破壊	断面破壊の評価 曲げモーメントおよび軸方向力、面外せん断および面内せん断力に対して、以下を評価 $\gamma_1 \cdot S_d / R_d \leq 1.0$ ここに、 S_d : 設計断面力 R_d : 設計断面耐力 γ_1 : 構造物係数 また、鉄筋の引張応力は f_{yk} 以下
	強風時/耐圧試験時水張試験時	断面破壊
	レベル 1 耐震性能評価	断面破壊
漏液後性能評価	レベル 2 耐震性能評価	断面破壊
	液密性	液密性の評価 (曲げモーメントおよび軸方向力によるコンクリートの残留圧縮領域を部材断面に確保。残留圧縮領域は 10cm 以上を確保することを基本)

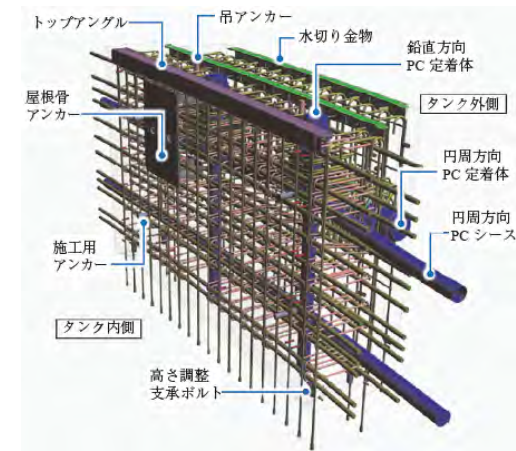


図-5 CIMによる事前干渉確認