

大容量LNG貯槽のPC防液堤を対象としたスリップフォーム工法用コンクリートの仕様と品質管理

(株)大林組 技術研究所	正会員	○近松 竜一
(株)大林組 技術研究所	正会員	桜井 邦昭
大阪ガス(株) エンジニアリング部	正会員	大西 俊輔
大阪ガス(株) エンジニアリング部	正会員	西崎 丈能

1. はじめに

エネルギー需要の増大に伴い、LNG貯槽の大容量化や工期短縮が求められている¹⁾。そこで、より一層の合理化を推進するために、国内のLNG貯槽では初めてPC防液堤の構築にスリップフォーム工法を適用し、施工の急速化を図ることとした。

LNG貯槽(容量23万m³)の概要を図-1に示す。防液堤は、内径89.2m、高さ43.6m、壁厚80cmで、設計基準強度は3水準に分かれている。防液堤の40mの区間にスリップフォーム工法を適用した(図-2参照)。

型枠の上昇速度は1日2mとし、20日間で40mの防液堤を構築する計画とした。防液堤を高さ方向に3~4m毎のリフトに分割して構築するジャンピングフォーム工法では約10ヶ月の工期が必要であり、本工法の採用により大幅な工期短縮が図れる。

スリップフォーム工法による防液堤の構築に際して、コンクリートには薄層で広範囲に打ち込める流動性、若材齢で脱枠した際にも自立可能な強度発現性、さらには長期にわたる耐久性が求められる。本報では、これらの要求性能を確保するためのコンクリートの仕様ならびに1日500m³、20日間連続で総量1万m³のコンクリートを製造した際の品質管理結果について示す。

2. コンクリートの仕様

コンクリートの配合の概要を表-1に示す。

(1) フレッシュコンクリートの流動性

打上がりの1層の高さは約15cmであり、周長約280mを薄層で均等に打ち込むために、加振併用型の高流動コンクリートを採用した。特に30N/mm²の配合については高性能AE減水剤(増粘タイプ)を使用し、高い流動性に見合う材料分離抵抗性を確保した。

(2) 型枠の取外し時におけるコンクリートの強度

打ち込んだコンクリートが型枠に接している段階では型枠の滑動に支障が生じないように硬化を抑制し、コンクリートが型枠から外れる時点で自立する強度が必要となる。そこで、型枠の取外し時期(材齢12時間)における圧縮強度を0.1~0.3N/mm²に設定し、コンクリート温度に応じて遅延剤量を調整して強度発現を制御した。

(3) 耐久性

LNG貯槽の設計耐用年数は50年で、中性化や塩害による鋼材腐食を防止する必要がある。そこで、実施工を模擬したモデル試験体からコアを採取し、促進試験から得られた中性化速度係数、塩化物イオン拡散係数を用いて耐久性を照査し、早期に脱枠した場合でも供用期間中の鋼材腐食を抑制できることを確認した(表-2参照)。

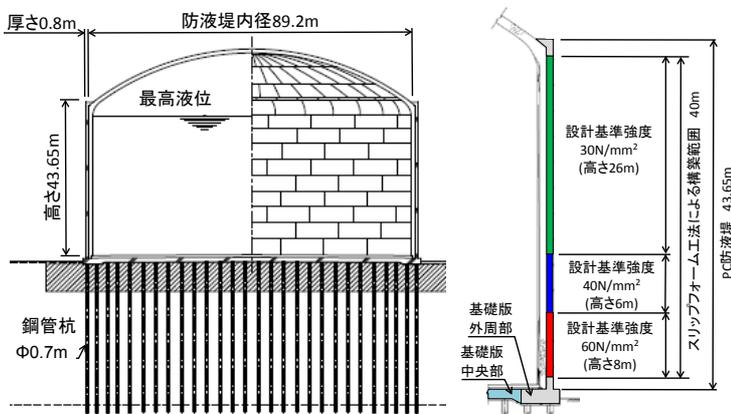


図-1 LNG貯槽のコンクリートの概要



図-2 スリップフォーム工法のイメージ

キーワード LNG貯槽, PC防液堤, スリップフォーム, 流動性, 強度発現特性, 耐久性

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組技術研究所 Tel 0424-95-1012

表-1 防液堤に使用した各種コンクリートの配合の概要

コンクリートの種類	設計基準強度 (N/mm ²)	セメント種類	目標スランプフロー (cm)	目標空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						混和剤 (C×%)
							W	C	S1	S2	G1	G2	
30-50-20BB	30	BB	50	4.5	45.0	49.4	175	389	662	166	431	429	0.90 (VA)
40-50-20M	40	M	50	4.5	40.0	49.5	170	425	664	167	431	429	1.10 (SP)
60-50-20M	60	M	50	4.5	33.0	47.2	170	515	607	152	431	429	1.05 (SP)

表-2 中性化速度係数および塩化物イオン拡散係数の検討結果

コンクリートの種類	促進試験による中性化速度係数 (mm/√週)	実環境での中性化速度係数*1 (mm/√年)	所要とされる中性化速度係数 (mm/√年)	塩化物イオン濃度*2 (塩分浸漬 3ヶ月) (kg/m ³)					促進試験による塩化物イオン拡散係数 (cm ² /年)	所要とされる塩化物イオン拡散係数 (cm ² /年)
				0-20	20-40	40-60	60-80	80-100		
30-50-20BB	1.3	0.73	8.0 以下	9.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.35	0.42以下
40-50-20M	0.7	0.40		10.2	0.5	0.5	0.5	0.4	0.39	0.57以下

*1 促進中性化試験(期間3か月)における中性化速度係数を文献3)に準じて換算 *2 コンクリート表面からの距離ごとの測定値

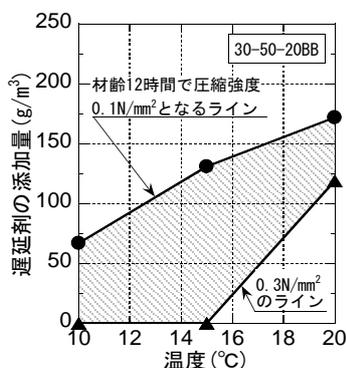


図-3 温度と遅延剤の添加量

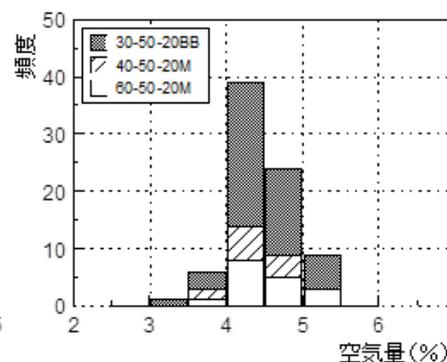
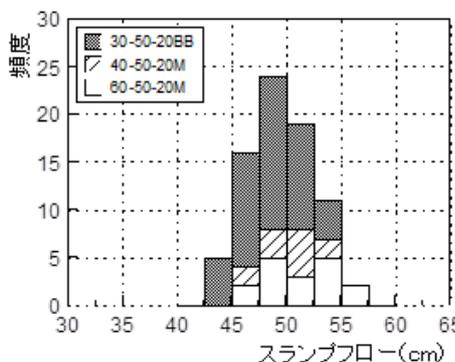


図-4 スランプフロー、空気量の管理結果

3. コンクリートの製造・品質管理結果

練混ぜ量は2m³/バッチ、24m³/hのペースで製造した。

図-3に示すように、練上がり温度に応じて遅延剤の添加量を適宜調整するとともに、1日2回、材齢12時間の圧縮強度を管理した。また、骨材の表面水率を2時間毎に測定し、表面水の補正に反映させ、50m³毎にフレッシュコンクリートの品質管理試験を行った。

品質管理結果を図-4および表-3に示す。いずれも目標の範囲内で変動も小さく管理することができた。

4. まとめ

本報告の範囲内で得られた知見を以下に示す。

(1) スランプフローを指標とする加振併用型の高流動コンクリートを用いることで、薄層で広範囲に均等にコンクリートを打ち込むことができる。

(2) 高性能 AE 減水剤と遅延剤を併用し、温度条件に応じて遅延剤の添加量を調整することで、若材齢時の強度発現を制御できる。

表-3 コンクリートの圧縮強度の管理結果

試験項目	項目	単位	コンクリートの種類		
			60-50-20M	40-50-20M	30-50-20BB
若材齢の圧縮強度 (12時間)	試験回数	回	9	7	27
	平均値	N/mm ²	0.23	0.24	0.26
	標準偏差	N/mm ²	0.04	0.07	0.07
材齢91日圧縮強度	試験回数	回	17	12	50
	平均値	N/mm ²	87.3	71.1	65.6
	標準偏差	N/mm ²	2.7	1.6	2.3

参考文献

- 1) 西崎丈能, 岡井大八, 近松竜一, 奥立稔, 鎌田文男; PCLNG 貯槽建設工事の合理化研究と実構造物への適用, 土木学会論文集 No.728/VI-58, pp.141-156, 2003.3
- 2) 坂井利光, 矢島雄一, 神代泰道, 江村勝; 東京スカイツリーにおけるスリップフォーム工法による芯柱の構築, コンクリート工学, Vol.50, No.8, pp.677-682, 2012.8
- 3) 日本建築学会: 高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説, p.87, 1991.7