

# LNG 地上式貯槽における PC 防液堤コンクリート施工時の側圧に関する現場計測報告

北海道電力(株) 正会員 服部 直

(株)大林組 正会員 ○柳瀬 大輔, 正会員 伊藤 寛弥, 正会員 山口 裕和, 正会員 桜井 邦昭

## 1. はじめに

北海道電力(株)では、石狩湾新港に総出力約 171 万 kW(約 57 万 kW×3 機)の LNG 火力発電所を建設中である。このうち、発電用燃料の貯蔵設備として国内最大級である容量 23 万 kl の LNG 地上式貯槽(以下、No.4 貯槽という)を構築する。

PC 防液堤下部のコンクリートは、設計基準強度が 50~60N/mm<sup>2</sup> と高く、鉄筋および PC シースが高密度に配置された構造であるため、スランプフロー60cm の流動性の高いコンクリートを用いることとした。

コンクリート標準示方書<sup>1)</sup>では、流動性の高いコンクリートを用いる場合、型枠には液圧が作用するものとして型枠・支保工の設計を行うことを標準としている。

一方で、施工高さが高く、かつ打上がりに時間を要する場合、側圧が液圧として作用するのは一定の打上がり高さ(打ち込んでからの経過時間)の範囲であり、施工高さの全高に相当するほどの側圧は作用しないとの報告もある<sup>2)</sup>。

そこで、型枠・支保工の合理化に向けたデータ収集を目的として、PC 防液堤のコンクリート施工時に型枠に作用する側圧を計測した結果を報告する。

## 2. PC防液堤の概要とコンクリート配合

No.4 貯槽の構造図を図-1 に示す。PC 防液堤は、高さ 44.05m、厚さ 0.75m、内径 88.2m からなる円形の壁状構造物である。高さ方向の施工ロットは 12 分割とし、1~10 ロットにおける 1 ロット当たりの施工高さを 4.15m とした。このうち、1~3 ロットは、上述のようにスランプフロー60±10cm のコンクリートを用い、現場近郊の 4 工場より出荷した。使用したコンクリートの示方配合を表-1 に示す。

## 3. 事前試験結果に基づく側圧の推定

施工に先立ち、実機ミキサでコンクリート(配合は 60-60-20L)を製造し、施工現場まで運搬するとともに、時間経過に伴う品質変化を測定した。試験時

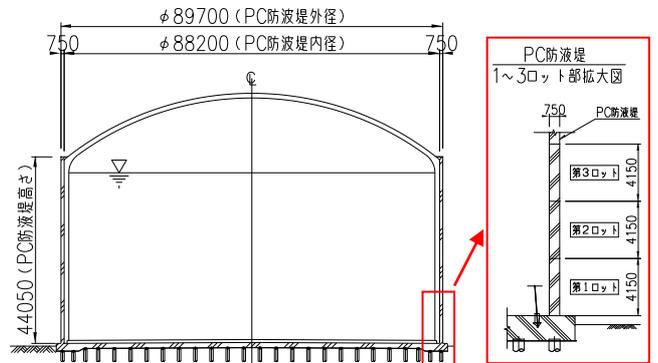


図-1 No. 4 貯槽 PC 防液堤の構造図(単位 mm)

表-1 使用したコンクリートの示方配合

工場名	適用ロット	種類	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						SP (B×%)
					W	B	C	EX	S	G	
A工場	1	60-60-20L	35.0	50.7	160	457	442	15	875	851	0.9
	2,3	50-60-20L	40.0	52.0	160	400	400	-	923	851	1.0
B工場	1	60-60-20L	35.0	49.3	170	486	471	15	826	854	1.0
	2,3	50-60-20L	40.0	50.7	170	425	425	-	876	854	1.0
C工場	1	60-60-20L	35.0	50.7	160	457	442	15	875	838	0.9
	2,3	50-60-20L	40.0	52.0	160	400	400	-	923	838	1.0
D工場	1	60-60-20L	35.0	49.3	170	486	471	15	825	855	0.8
	2,3	50-60-20L	40.0	50.7	170	425	425	-	875	855	1.0

C: 低熱ポルトランドセメント, EX: 膨張材, S: 陸砂, G: 砕石2005, SP: 高性能AE減水剤

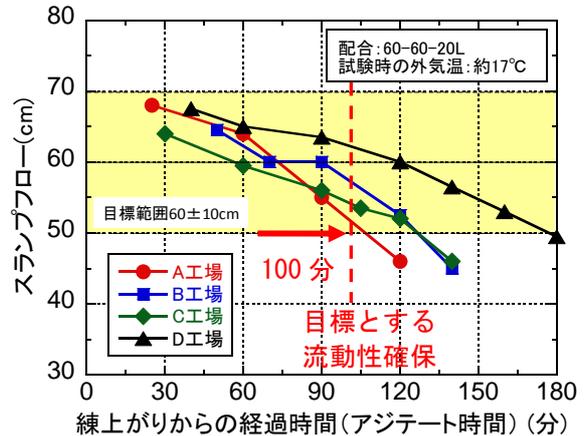


図-2 実機試験でのスランプフローの経時変化

の外気温は約 17℃、運搬時間は 30~40 分であった。スランプフローの経時変化を図-2 に示す。練上りから 100 分程度までは、目標とする流動性を確保できたことから、実施工時における練上りから打終わりまでの時間限度は、安全側に 90 分に設定した。

キーワード LNG 地上式貯槽, コンクリート, 側圧, 計測, 型枠

連絡先 〒061-3242 北海道石狩市新港中央 4 丁目 3743 番地 3 (株)大林組 石狩 LNG4 号タンク工事事務所 TEL0133-76-635

また、既往文献<sup>3)</sup>に準じてコンクリートの許容打重ね時間間隔を測定したところ、生コン工場によらず練上がり完了時から約5時間であった。許容打重ね時間に達するとコンクリートの硬化が始まり自立するため、この時点で型枠に作用する側圧が最大を示すと考えられる。コンクリートの打込み開始から許容打重ね時間までは、練上がり完了から打込み開始までに要する1.5時間を控除して $t=3.5$ 時間とし、打込み速度を $V=0.5\text{m/h}$ (施工高さ4.15mを約8時間で打ち込む計画)、コンクリートの単位容積重量を $W_c=23.5\text{kN/m}^3$ とすると、側圧の最大値 $P$ は次式より41.1kPaと推定された。

$$P = W_c \times V \times t$$

$$= 23.5\text{kN/m}^3 \times 0.5\text{m/h} \times 3.5\text{h} = 41.1\text{kN/m}^2 = 41.1\text{kPa}$$

なお、この値は、施工高さの全高4.15mに液圧が作用した場合の側圧 $P=97.5\text{kPa}$ の40%程度となる。

#### 4. 側圧の測定概要

1~3ロットの施工時に、型枠にひずみゲージ式の圧力計を設置し、打上りに伴う側圧を測定した(写真-1)。圧力計の設置位置は、型枠の設置位置の関係から、1ロットが型枠下端から250mm、2および3ロットは200mmとした。

#### 5. 計測結果

計測結果をコンクリートの打上り高さと側圧の関係で整理したものを図-3に示す。図中には、液圧が全て側圧として作用した場合の傾きも併記した。

型枠に作用する側圧は、打上り高さが1.6~2m程度(打込み完了から3時間程度)までは概ね液圧相当の圧力増加を示したが、その後、側圧は徐々に低下する結果が得られた。

コンクリートの打込み完了からの経過時間と側圧の関係を図-4に示す。側圧の最大値は1ロットが43.6kPaで推定値と近く、2ロットが33.7kPa、3ロットが35.3kPaとやや小さい値であった。この要因として、図-4に示すように、各ロットの打設日は異なり、施工時の外気温は、1ロットでは試験時と等しい約17℃に対し、2および3ロットでは約23℃と高いため、凝結速度が速くなり、コンクリートの流動性の低下が生じやすい条件であったことが考えられる。

#### 6. まとめ

流動性の高いコンクリートを用いる場合の型枠・支保工の合理化を図る目的で、コンクリート施工時



写真-1 圧力計の設置状況

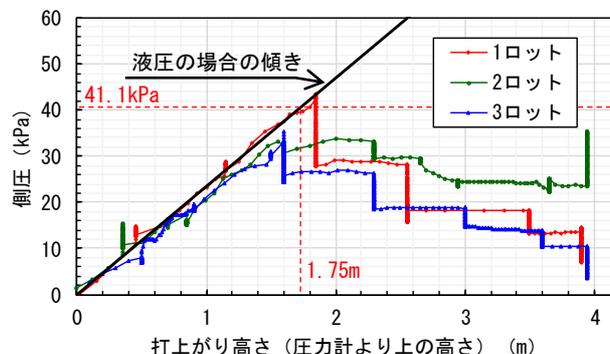


図-3 打上り高さと側圧との関係

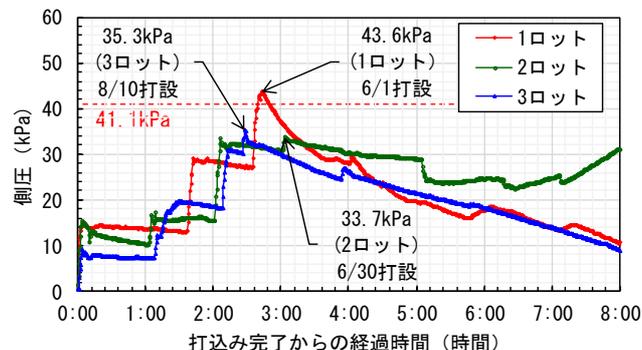


図-4 打込み完了からの経過時間と側圧との関係

の側圧を計測した。得られた知見を以下に示す。

- (1) No.4 貯槽の施工においては、側圧が液圧として型枠に作用するのは、全打上り高さ4.15mのうち約1.75m程度(約40%)までであり、その後、側圧は減少する。
- (2) 流動性の変化や許容打重ね時間を把握することで、推定できる型枠に作用する側圧は、実施工で計測した側圧と近い結果が得られた。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書 施工編，2013
- 2) 加藤隆雄，黒川尚義，出口大輔，桜井邦昭：高流動コンクリートによる大断面トンネルの覆工コンクリートの施工，コンクリート工学，Vol.55，No.7，pp.584~590，2017.7
- 3) 土木学会：コンクリート構造物のコールドジョイント問題と対策，pp.7-20，2000