

大阪ガス 正会員 隅野 哲郎
 大阪ガス 正会員 ○北村 八朗
 大林組 正会員 園 淳生
 大林組 正会員 豎川 孝生

1. はじめに

大阪ガス姫路製造所内に建設中のPC製LNG防液堤^{1), 2)}は、直径約90m、壁高さ14mで、PC円筒構造物として最大級のものである。工事は、仮開口部を残して防液堤の構築が終了し、堤内でタンク本体の組立てが進められている(写真-1)。PC製防液堤は、設計基準強度が400kgf/cm²の高強度コンクリートで、壁厚も0.70mと比較的マッシブであるため、水和熱や温度変化、乾燥収縮に起因する収縮ひびわれの発生が懸念された。これらの収縮ひびわれは一般に断面を貫通することが多い。そこで、収縮ひびわれを制御し、構造物の耐力・耐久性、貯液機能、美観等の品質向上を図るために、コンクリートの材料・配合、設計、施工上で各種の対策を検討・実施して良好な結果を得た。ここでは制御対策の概要とその効果について報告する。

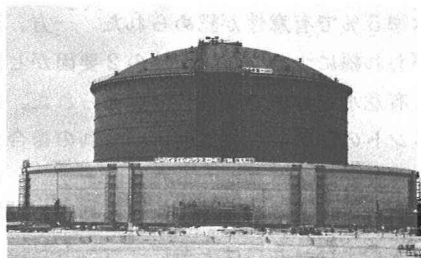


写真-1 80,000kl LNGタンク用PC製防液堤の全景

2. 施工概要

防液堤躯体は図-1のように1.5～3.0mのブロック高で6分割し、基礎スラブと第1ロットは全周(周長290m)、第2ロット以降は1/4周を仮開口部として残して3/4周(周長220m)を構築した。型枠は鋼製の大型パネルとし、コンクリートの打設はポンプ工法で行なった。コンクリート打設は2月から7月にわたった。

3. 収縮ひびわれ対策

3.1 材料・配合上の対策 : 対策として①低熱性セメントの使用、②粗骨材の最大寸法を大きくする、③流動化コンクリート施工、④膨張材の混和を検討し、5種類のセメントに関する断熱温度上昇試験と配合試験、および試し練りを行なって材料・配合を決定した(表-1)。これらの対策によりコンクリートの温度上昇量はかなり低減されたが、温度応力解析の結果では水和熱による温度ひびわれを防止するまでには至らないと予測された。

表-1 コンクリートの配合

	セメント の種類	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメ ント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
							水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混 和 材 料		
											混和材	混和剤	流動化剤
① 基礎スラブ	中沸熱	40	12±2.5	4.5±1	42.0	35.9	167	398	640	1132	—	Poz. No.6 0.995	—
② 第1ロット	中沸熱	40	6.5±1.5 12±2.5	4.5±1 4.5±1	42.0	36.2	157	374	640	1155	—	Poz. No.6 0.935	標準型
③ 第2～6ロット	中沸熱	40	6.5±1.5 12±2.5	4.5±1 4.5±1	W/C+R =42.0	36.0	157	344	605	1155	CSA100R 5.30	Poz. No.6 0.935	標準型

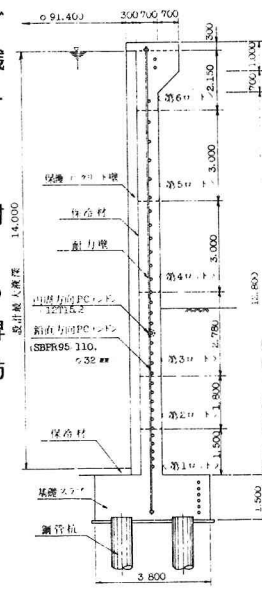


図-1 構造図

3.2 設計・施工上の対策 : 水和熱による温度上昇をひびわれが防止できる範囲まで低下させるために、施工上の対策として円周方向PC tendon用のスパイラルシースを利用したパイプクーリング³⁾を採用することとし、数回の実験を繰返して施工・管理技術を確認した。また、型枠の表面に散水し、その気化潜熱を利用するとクーリング効果が大きいことがわかり、実証実験を行なって管理技術を確認し、併用することにした。この他、第1ロットについては、外部拘束度を低減するとともに基礎スラブとの接合部の一体性の向上を図るため基礎スラブとの同時打設を採用した。更に、アンボンドPC鋼より線を配置して若材令時

に数 kgf/cm^2 の圧縮力を導入できるようにした。

3.3 収縮ひびわれ対策 : 防液堤の各部に対して採用した収縮ひびわれ対策は図-2のとおり。

4. 温度ひびわれ制御効果(若材令時の温度・応力度計測結果)

一例として、図-3に第4ロット打設後の温度とコンクリート応力計による計測値(以下応力度とする)の経時変化を示すが、コンクリート温度は打設時から最高8℃の上昇に抑制でき、クーリングしない場合のモデル壁と比較してクーリング効果は15~20℃であった。シースを利用したクーリングと型枠散水の併用は、断面の内部と外面から冷却でき、断面内の温度勾配も緩やかとなって非常に効果的であった。応力度は、温度降下が概ね終了した材令5日において $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下の引張で、同材令のコンクリートの引張強度(推定20~25 kgf/cm^2)を十分下回る値であった。他の打設ロットにおいても同様に、温度降下の終了する材令5~7日において、発生引張応力度を $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以内に制御することができ、水和熱による温度ひびわれの発生を防止できた。

5. コンクリート応力度の中~長期変動

防液堤各部の応力度を長期計測した結果を図-4に示す。新たなロットを打設した際に、一時期その下位の既設コンクリートに引張応力の急増が生じたが、それまでにかなりの材令を経て強度も増進しており、ひびわれ発生に対しては十分安全であった。応力度のマクロな変動としては、外部拘束により、夏に向かう温度上昇段階では圧縮側への移行、逆に冬に向かう温度降下段階では引張側への移行が見られ、その量は壁の下位ほど大きい。クリープの影響などにより時間の経過に伴って全体的にある中の範囲にまとまる傾向が見受けられる。

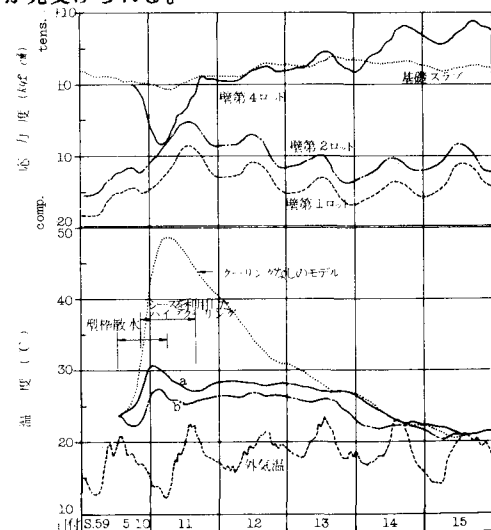


図-3 コンクリートの温度と応力度の経時変化(壁第4ロット)

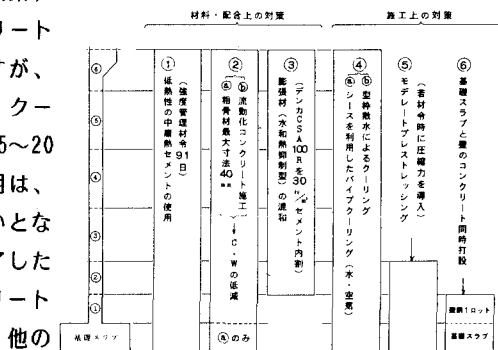


図-2 コンクリートの収縮ひびわれ制御対策

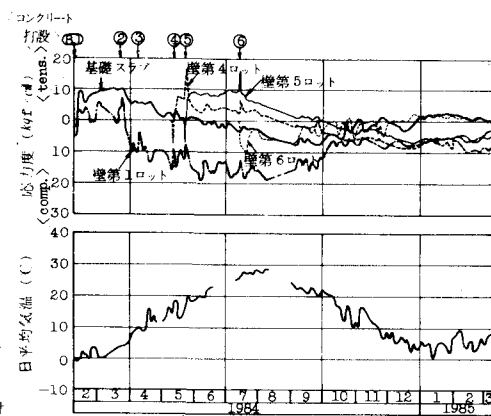


図-4 コンクリート応力度の中~長期変動

6. まとめ : 以上のように、PC製防液堤の建設に際しては、現状で考え得る技術を結集し、入念な施工と管理を行なうことにより、収縮ひびわれを制御し品質の向上を図ることができた。本報告が類似構造物のひびわれ制御に参考になれば幸いである。最後に、本工事の全般にわたりご指導をいただき、また現場にも足を運ばれ適切な御助言をいただいた樋口芳朗東京理科大学教授に深く感謝の意を表します。

《参考文献》 1) 浅井邦茂;大阪ガス、「LNG地上タンクのPC製防液堤」を建設、土木学会誌Vol. 69-8, 口説及びPP. 86~89. (1984.8)

2) 浅井邦茂、明野哲郎、宇賀賢一; PC製LNG防液堤の設計と施工、土木学会第39回年次学術講演会概要集V、(1984,10)

3) 仁杉肇; 支間30mのプレストレストコンクリート鉄道橋の設計、施工及びこれに関連して行なつた実験研究の報告、土木学会論文集第27号、(1955,7)