

180,000^{kl} PCLNG 貯槽の施工（その3）～PC 防液堤の温度ひび割れ防止対策～

大成建設（株） 正会員 ○小林 祐樹
 大成建設（株） 正会員 市波 克洋
 坂出 LNG（株） 正会員 米澤 和宏
 川崎重工業（株） 小野 淳

1. はじめに

坂出 LNG 基地は、四国電力(株)坂出発電所他への天然ガス供給等を目的として、香川県坂出市番の州地区に、坂出 LNG(株)が建設するものである。

本基地の主要構造物となる PCLNG 地上式貯槽は、180,000^{kl} の LNG を貯蔵するもので、金属製タンクの基礎となる RC 構造の基礎版と PC 構造の防液堤（内径：D=82.2m，壁厚：t=0.6m～1.1m）からなる大型構造物である。

本報は、PCLNG 貯槽における PC 防液堤工事のうち、PC 防液堤の温度ひび割れ対策について述べるものである。

2. PC 防液堤の機能と要求性能

PC 防液堤は、万一の LNG の漏洩に備える重要な構造物である。「LNG 地上式貯槽指針」では通常運転時にひび割れを発生させないことを規定しており、本タンクでは、温度ひび割れについて、ひび割れ指数 (I_{cr}) 1.75（ひび割れ発生確率 5%）以上を目標とするよう設定した。

3. PC 防液堤の仕様とロット割

PC 防液堤のコンクリート仕様と打設ロット割を図 1 に示す。

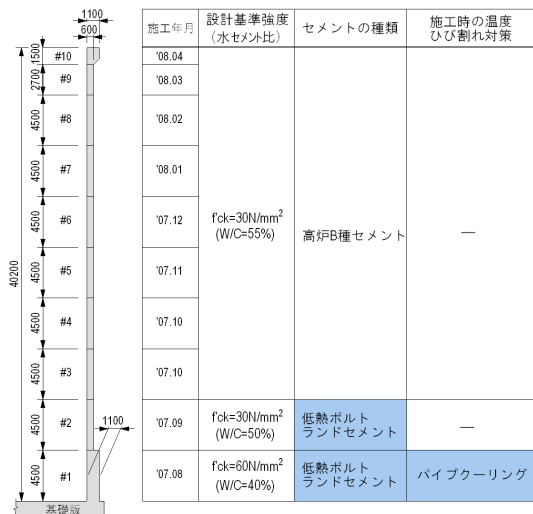


図 1 PC 防液堤のひび割れ対策

4. 温度ひび割れに対する検討

温度ひび割れの検討は、地盤・基礎版・PC 防液堤を 3 次元リット要素によりモデル化した、非定常熱伝導解析および温度応力解析により行った。

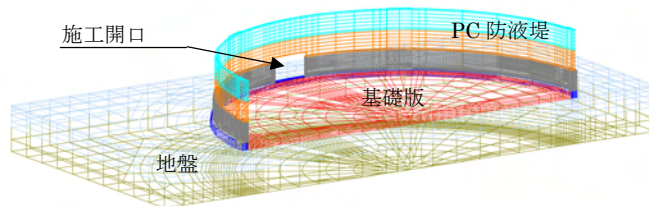


図 2 解析モデル

解析の結果、PC 防液堤の#1,2 ロットにおいて $I_{cr} \geq 1.75$ を満足するためには、低熱ポルトランドセメントの採用は不可欠であることが明らかとなった。これは、①基礎版による外部拘束度が高いこと、②気温が高い夏季（8 月）の打設であり打ち込み温度が高いこと、以上の 2 点がその大きな要因であった。

さらに、最も厳しい PC 防液堤下端部である#1 ロットについては、以下の要因により温度応力が大きくなり、施工上の対策を行うことで、目標とする $I_{cr} \geq 1.75$ を満足することとした。

5. 温度ひび割れ対策

温度ひび割れが最も厳しくなる#1 ロットにおいては、 $I_{cr} \geq 1.75$ を満足するために、低熱ポルトランドセメントの採用に加え、さらなる対策工が必要となった。そこで、コンクリートの初期材齢における内部温度の最大値を下げることで、また部材全体の平均温度を早期に予想される最終温度にまで降下させる目的で、パイプクーリングを行うこととした。クーリングの実施にあたっては、PC 防液堤に配置されている円周方向 PC 用スースを用いる計画とした。

パイプクーリングを実施した場合の解析結果を図 3 に示す。これにより $I_{cr} \geq 1.75$ を満足する条件として、通水温度 15℃、通水量 $1.57 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$ が必要となった。

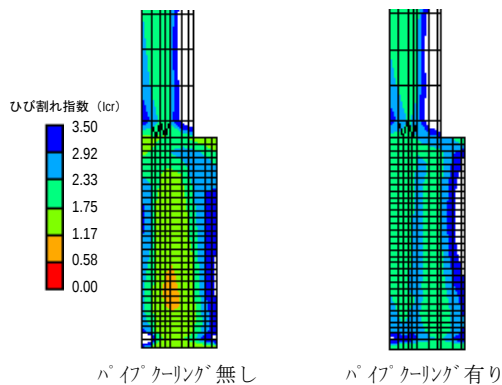


図 3 ひび割れ指数分布

6. パイプクーリングの実施

PC 用シースへの通水方法は、冷却水を PC 定着部から流入し、360° 通水させ、シース内を循環させることとした。

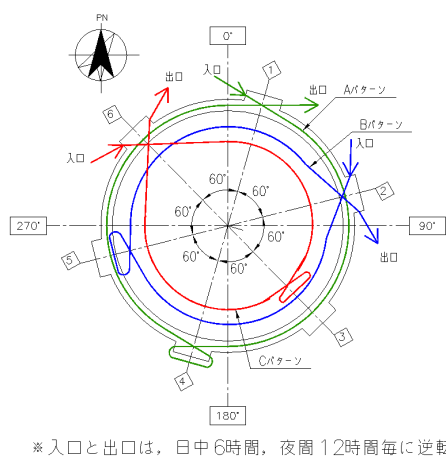


図 4 通水方法と経路

パイプクーリングを実施する上での課題として、以下の2点が挙げられた。

- ① #1 ロットの打設高さは $h=4.5\text{m}$ で $50\text{cm} \times 9$ 層にて打設するため、1 層目と 9 層目では、打込み開始時間に約 9 時間の差がある。水和反応による温度上昇および硬化時間の差が生じる中、クーリング開始時期を適切に設定する必要がある。
- ② クーリング 1 系統当りの延長が約 300m と長く、入口と出口における冷却効果を可能な限り均一にする必要がある。

6.1. クーリング開始時期

パイプクーリングの開始時期の設定は、水和反応による温度上昇に対し適切なタイミングとする必要がある。前述のとおり、#1 ロットの打設では、1 層目と 9 層目の打ち込み開始時間に 9 時間の差があることから、図 5 に示すよう、3 ブロックに分け、それぞれのブロックの打込み完了後 12 時間経過時点とした。

6.2. 冷却効果の均一化

解析によれば、シース内を通過した水は入口と出口において水温が 2°C 上昇することとなるため、一定方向に水を流してしまうと躯体の温度が場所によって異なる。

そこで、躯体温度をリアルタイムに観測しながら、12 時間毎にシース内の通水方向を逆転させ、さらに気温の高い日中については 6 時間毎とすることで均一化を図った。

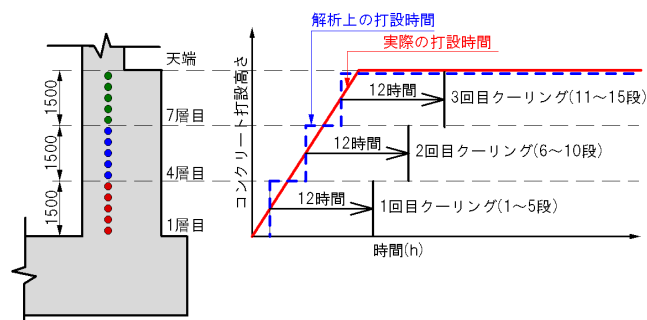


図 5 クーリング開始時刻

7. 実施結果

防液堤中央部 ($h=2,250\text{mm}$) における実際の温度履歴と解析結果を図 6 に示す。

これによれば、実際の温度履歴が $I_{cr} \geq 1.75$ を満足する解析結果と、ほぼ合致していることがわかる。

また、温度が収束した後、現地にてひび割れ調査を実施した結果、ひび割れは発生していなかった。

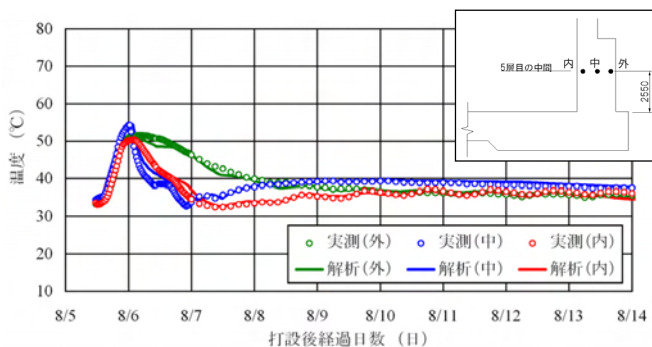


図 6 解析結果と実際の温度履歴

8. おわりに

本工事では、PC 防液堤の施工時温度ひび割れ防止に対する検討を実施し、その対策として低熱ポルトランドセメントの使用、および円周 PC 用シースを用いたパイプクーリングを実施した。その結果、#1 ロットの躯体温度の実測値は、解析とほぼ同じ温度履歴であり、現地調査においてもひび割れは発生していないことから、事前解析の妥当性および、PC 用シースを用いたパイプクーリングの有効性を確認することができた。