

電力中央研究所 正員 加藤 治
 電力中央研究所 正員 原口 晃
 電力中央研究所 正員 田辺 忠顕

1. まえがき

近年、原子力発電所の圧力容器および格納容器、あるいは水力発電所のサージタンク等の構造物にプレストレストコンクリート（PC）を適用するにあたり、熱応力、クリープ等に関する実験、研究がなされている。

〇発電所の導水路サージタンクは図-1に示すような、露出部50m、岩盤内の埋設部22m、計77mの高さのPC造りとしては我国最大級の構造物である。その施工方法として、連続コンクリート打設急速施工の可能なスリッパフォーム工法が採用され、施工に際してコンクリートの熱応力およびプレストレス導入後の挙動を把握するため、約1年間にわたり温度、ひずみおよび応力の計測が実施された。

本報告は、これらの実測結果と軸対称構造物の温度分布熱応力解析のために開発した有限要素法による非定常熱伝導プログラムを用いた解析結果をとりまとめ、サージタンクにおける熱応力およびプレストレス効果を検討したものである。

2. 解析方法

回転軸対称構造物の非定常熱伝導を支配する基本方程式および境界条件に対して汎用数値を与えられ、これから熱伝導マトリックスを導びき温度を計算した。ここで熱荷重項に発熱率が入ってくるが、これを各時間きざみごとに变化させてコンクリートの発熱過程を考慮した。次に、温度増分に対する初期ひずみを計算し、初期ひずみ問題として応力を計算したが、剛性マトリックスを各時間ごとに变化させコンクリートの硬化過程を考慮した。なお、本プログラムはクリープによる応力緩和も計算することができ、各ステップごとのプレストレスングの効果、ならびに図-2に示すようなリフトを段階的に打ち継いで行く施工過程をもシミュレーションできるように順次初期値をかえて計算できるようにしてある。

3. 温度および応力の実測結果と解析結果

3-1 温度分布

図-3および図-4にそれぞれ壁厚中央部の温度上昇、壁厚方向温度分布の一例を示す。これらの結果から、打設初期の立上がりカーブが異なること、空気と接するコンクリート境界面近傍および岩盤近傍で若干解析値が実測値を下回っていること等が認められる他は、解析値と実測値はほぼ一致しており、本解析手法はサージタンクの温度分布解析に十分適用できるものと判断される。また、解析上温度上昇に

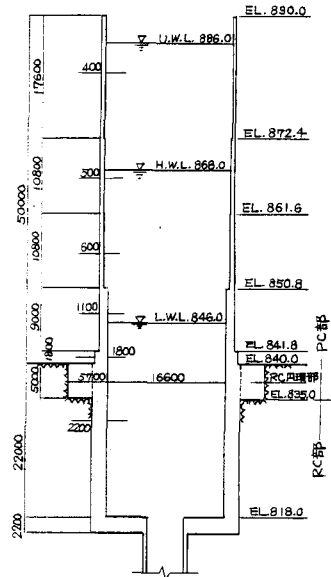


図-1 サージタンク概略図

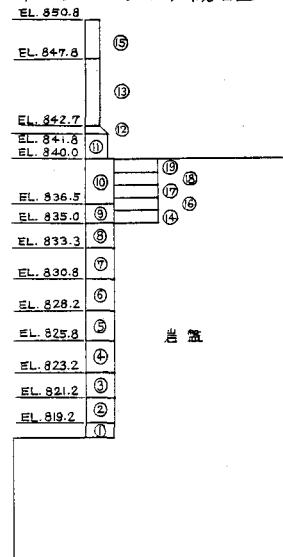


図-2 打設工程

最も大きな影響を与えるものは発熱率であり、発熱速度は練り上り温度によって影響されるとされており、コンクリート境界面の熱伝達係数として岩盤の熱伝導率等の熱的定数をより詳細に検討を行なえば、さらに解析精度が上がるものと考えられる。

3-2 ひずみおよび応力分布

図-5は打設後のコンクリートひずみの履歴を示すものである。この図から分るように打設直後を除き、解析結果と実測値はほぼ一致しており、 $V_1 \sim V_5$ 、 V_4 および V_5 というプレストレス導入による圧縮ひずみの増加は良く一致している。また、図-6は応力の履歴を示すものであり、実測値は鉄筋応力、解析値はコンクリート応力であるので絶対値の比較は容易ではないが、鉄筋とコンクリートの弾性係数を考慮した場合、ひずみと同様に打設直後を除き、解析値と実測値はほぼ一致するものと考えられる。コンクリート打設直後から2~3週間における応力値ならびにひずみ値については、コンクリートの初期材令時の物性値、スリップフォーム等の外荷重、境界条件が明瞭でない等の問題もあり、初期応力推定は十分達成されておらず今後検討すべき課題である。

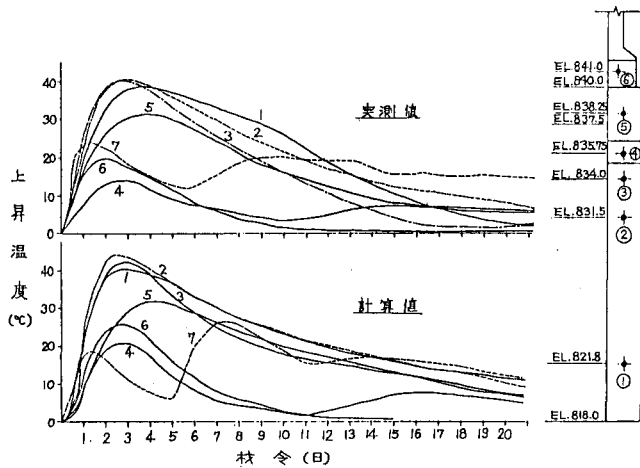


図-3 壁厚中央部の温度上昇

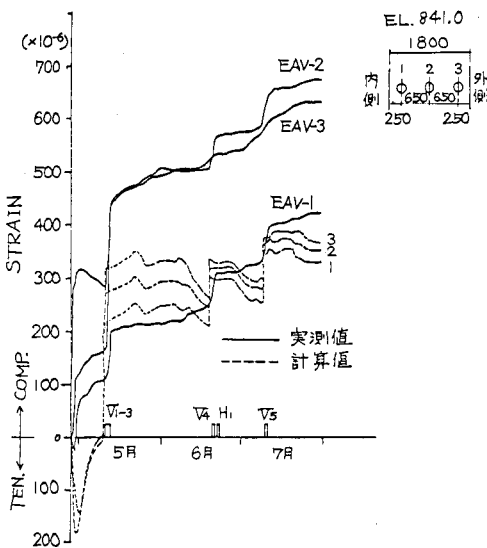


図-5 ひずみの履歴

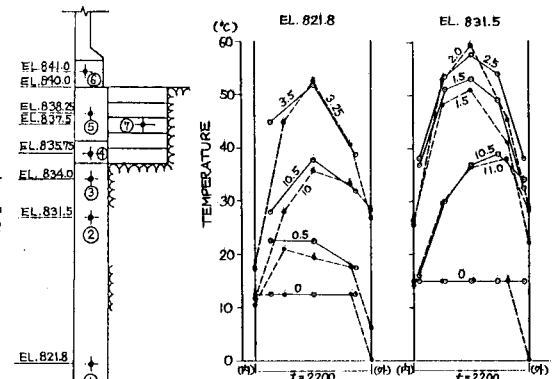


図-4 壁厚方向温度分布

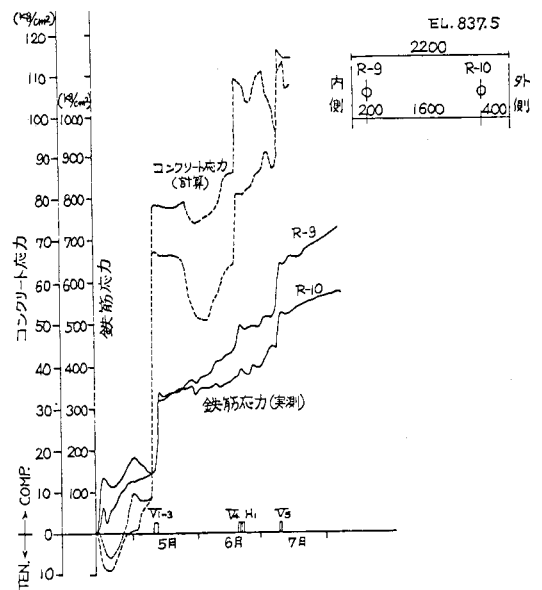


図-6 応力の履歴