

東京瓦斯㈱ 正員 岡田 真澄
 ㈱大林組 正員 ○入 矢 桂史郎
 ㈱大林組 正員 十河 茂幸

1. まえがき

温度ひびわれ発生メカニズムについては、計測方法や解析精度が不十分であり、明確に示された報告は少ない。本研究は、前報の結果にもとづき温度ひびわれ低減対策を行い、実施工のマッシュなRC構造物において温度応力を計測し、その結果をもとにシミュレーション解析を行って温度応力におよぼす各要因の分析を行ったものである。

2. 施工概要および使用コンクリート

2.1 工事概要 計測を行ったRC構造物は、厚さ7m、内径64m、コンクリート量約24000m³のベースマットである。リフト割りは、4.5m、2.5mの2リフト打設とし、養生方法は、第1リフトは養生マット、第2リフトは10cm程度の湛水とした。

2.2 使用材料および配合 セメントは、低熱型高炉セメントB種(28日発熱量70.4cal/g)を用いた。

細骨材は、比重2.62、FM2.86の千葉産山砂、粗骨材

は、大井川産川砂利と宇部産石灰石砕石の6:4混合で比重2.67、FM6.73のものを使用した。混和剤は遅延型AE減水剤を使用した。コンクリートの配合は、表-1に示すとおりである。なお、コンクリートの設計基準強度は、240kg/cm²(材令91日)とした。

2.3 コンクリートの性質 解析に用いた弾性係数は、図-1に示すように標準養生と仮想養生の平均とした。仮想養生の値は、コンクリート温度を20℃~60℃上昇・下降させた場合の実験値である。熱膨張係数は、昇温時 $7.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、降温時 $8.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であった。断熱温度上昇試験の結果は、打込温度20℃において、 $K=30^{\circ}\text{C}$ 、 $\alpha=0.600$ であった。

表-1 コンクリートの配合

項目	標準配合の最大寸法 リフト厚 (mm)	スラング (mm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	骨材 量 (%)	単位 量 (kg/m ³)	水 W	セメント C	砂 S	粗骨材 G ₁	細骨材 G ₂	減水剤 Ad
第1リフト	25	12±2.5	5±1	60	480	250	150	915	606	404	0.625	
第2リフト	25	15±2.5	5±1	58.3	48.3	259	151	917	599	400	0.971	

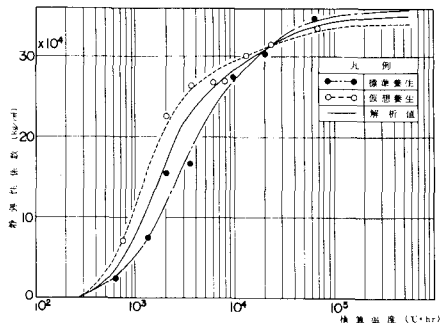


図-1 弾性係数と積算温度の関係

3. 計測方法および内容

計測計器の設置位置を図-2に示す。温度はCu-Cr熱電対、ひずみは埋込型ひずみ計(KM-100FS)、応力は有効応力計(GK-60-505)を用いて測定した。ひずみ計の実測値から応力に換算する際には、有効弾性係数 $E' = 2/3E$ を用いた。計器はすべて円周方向に設置した。

4. 計測結果および解析

4.1 解析手法 温度解析・応力解析ともFEM解析によった。

応力解析は、有効弾性係数を用いた弾性解析(以下弾性解とする)

とクリープの重ね合せを適用した応力低減法によるクリープ解析(以下クリープ解とする)とした。

4.2 解析条件 温度解析に用いた定数を表-2に示す。温度解析モデルは、図-3に示すようにコンクリート部分に地盤を約8m考慮したモデルとした。応力解析モデルは、地盤の影響を鉛直方向と水平方向のパネで考慮した。温度解析における境界条件は、コンクリート表面部の熱伝達率を養生マット使用時7.5 Kcal/m²・hr・℃、湛水時5.0 Kcal/m²・hr・℃、地盤周辺は17.0℃の固定温度とした。外気温は打設後10日まで

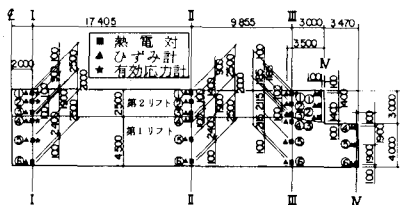


図-2 計測位置図

実測値を入力し、それ以降は月平均気温とした。応力解析において弾性解に用いるク

表-2 解析に用いた熱定数

材 料 名	断熱伝導率 ($\text{Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$)	単位体積重量 (kg/m^3)	比 熱 ($\text{Kcal/kg}^\circ\text{C}$)	初期温度 ($^\circ\text{C}$)	備 考
地 盤	1.29	1950	0.40	17.0	$K_H=0.75 \text{ kg/cal}$
砕 石 層	1.50	1800	0.22	17.0	$K_V=1.50 \text{ kg/cal}$
第1リフトコンクリート	1.90	2400	0.26	17.7~27.3	$K=3.80^\circ\text{C}\alpha=0.600$
第2リフトコンクリート	1.90	2400	0.26	24.0~29.5	$K=3.63^\circ\text{C}\alpha=0.713$
軟質目地材	0.04	38	0.53	17.0	$E=1.00 \text{ kg/cal}$

リープの影響を考慮した有効弾性係数は、

$$E' = E / (1 + \phi),$$

$\phi = 0.5$ とした。ク

リープ解析に用いたク

リープ係数はCEB指針に準じ有効材令の関数とした。熱膨張係数は打設後100時間まで $7.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ それ以降 $8.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ とした。

4.3 解析値と実測値の比較

第1リフトと第2リフトの温度の実測値と解析値の比較を図-4、

図-5に示す。応力の実測値と解

析値の比較を図-6~図-8に示す。ひずみより算出した応力と弾性解を比較すると断面中心附近はかなり近似しているが、表面部では解析値の方が大きな引張応力となり、底部は圧縮応力が小さい結果となった。有効応力計とクリープ解の比較についても同様の結果となった。この原因については、(1)温度の解析値に打設後10日以降は外気温実測値が考慮されていないこと(2)各ステップ内(図中の直線区間)は、弾性係数一定とし、その区間の最大値を用いたこと(3)側部RC壁は、解析モデルより上方30m、下方50m続いており、側部RC壁の温度収縮による影響が十分考慮されていないこと(4)付着応力が材令とともに変化するため地盤の拘束度も変化するが解析上ではそれを一定としたこと、などが考えられる。第2リフトの表面部は、外部拘束が卓越しており、実測値とかなり近似できた。また、実測値には、養生をやめた影響はみられなかった。

5. まとめ

本研究により次のことがいえる。

- (1)試験から求めた断熱温度上昇量を約20%割増することによってコンクリート温度上昇を精度よく予測することができる。
- (2)クリープは温度履歴の影響を受け、有効弾性係数に換算する場合、クリープ係数は場所によって異なると考えられる。
- (3)10cmの湛水は、養生マットに比べ外気温の変動を受けにくい。この程度の湛水は、断熱効果は少ないが、養生をやめた影響も小さく養生マットより有効と思われる。

第1リフト表面の温度応力発生メカニズムの解明については今後の検討課題としたい。

最後に、本研究にあたり東大名誉教授奥村敏恵先生に御指導・御助言をたまわり、ここに謝意を表します。なお、本研究は昭和56年度吉田研究奨励金を授与されたものである。

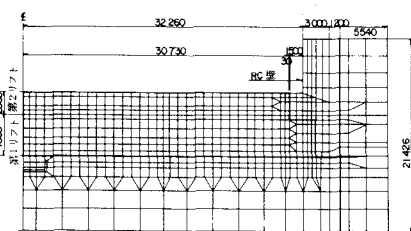


図-3 解析モデル

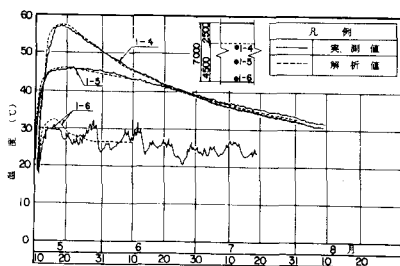


図-4 温度の経時変化

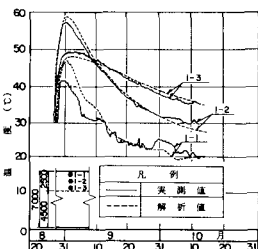


図-5 温度の経時変化

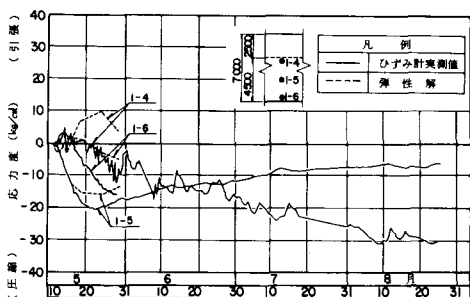


図-6 応力の経時変化

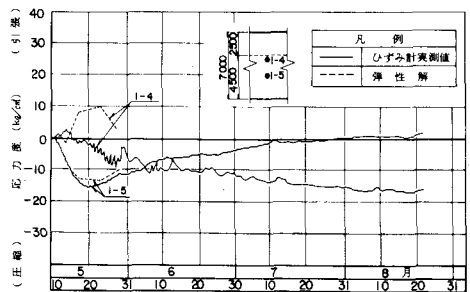


図-7 応力の経時変化

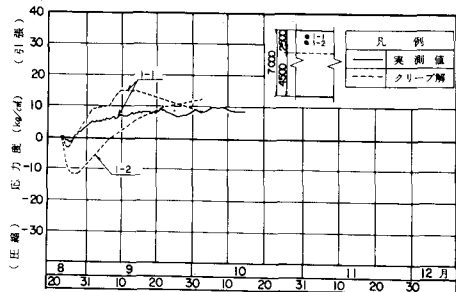


図-8 応力の経時変化