

学生員 ○平田正成 正会員 森本博昭

学生員 赤川 徹 正会員 小柳 治

1. 研究目的

ダムや橋脚あるいは壁などのマスコンクリートに発生する温度応力を解析する場合、コンクリートのリラクセーションによる温度応力の緩和現象をいかに評価するかが精度の高い解析を行うための要件となっている。現在一般的にはクリープ特性を基に応力緩和量が算出されているが、温度応力の発生ならびにその緩和メカニズムからはクリープよりはむしろリラクセーション特性を用いた方がより合理的であると考えられる。

本研究は、より合理的な温度応力解析手法の確立を目的とし、実験より得られた若材令コンクリートのリラクセーション特性を用いた、コンクリート厚壁に対する温度応力の解析を試みたものである。

2. 解析方法

本研究では熱伝導解析および温度応力解析には三次元有限要素法を用いた。またリラクセーション解析としては、弾性解析によって求められる各時間ステップ毎の応力増分をもとに任意時間ステップ内でのリラクセーション量を算出し、これを初期応力として処理するいわゆる初期応力法を用いた¹⁾。なお解析に用いたリラクセーション特性は実験によって得られたもので、以下の式(1)~(3)で表わされる²⁾。

$$\frac{\sigma_t}{\sigma_i} = \frac{A + C' t}{A + t} \quad (1) \quad t : \text{载荷時間 (h)}$$

$$T < 7 : A = -8.25 \times \log(T) + 23.5 \quad \sigma_i : \text{時間 } t \text{ での応力}$$

$$C' = 0.26 \times \log(T) + 0.06 \quad (2) \quad \sigma_i : \text{初期载荷応力}$$

$$T \geq 7 : A = 7.4 \quad A, C : \text{実験定数}$$

$$C' = 0.07 \times \log(T) + 0.41 \quad (3) \quad T : \text{载荷材令 (日)}$$

3. 解析対象

解析対象構造物は図-1の要素分割図に示すように、厚さ2m幅33m奥行き33mのコンクリート耐圧盤上に打設された厚さ15m高さ2.4m長さ25mの厚壁で、温度および応力が実測されている³⁾。本研究では、構造物の対称性を考慮し、全体の1/2について解析を行った。このうち温度についてはコンクリート打込温度16℃に対し、実測では中央部中心で打設後2.5~3日で最高温度52.4℃に達するのに対し、解析においても中心部で打設後3日で最高温度51.4℃となり、全般的に両者は良く一致した。

コンクリートの示方配合および解析用諸定数を表-1、2に示す。なお、コンクリートの弾性係数評価式は実測データより得られた $E_c = 0.3506 t / (2.1453 + t) \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ (t :有効材令, 日)を用いた²⁾。

4. 解析結果と考察

図-2~5に打継部中心(a)、中央部中心(b)ならびに中央部表面(c)、および上端(d)の各点でのリラクセーション解析結果、弾性解析結果および実測値による応力の経時変化を示す。なお、打設後約6日において厚壁にひびわれが発生しており、そのため各図中の実測値において6日付近で不連続な値が得られている。

図-2~5より各点における応力の実測値は、初期に圧縮応力が発生しその後引張応力に移行する外部拘束が卓越する場合の典型的な傾向を示している。なお図-5

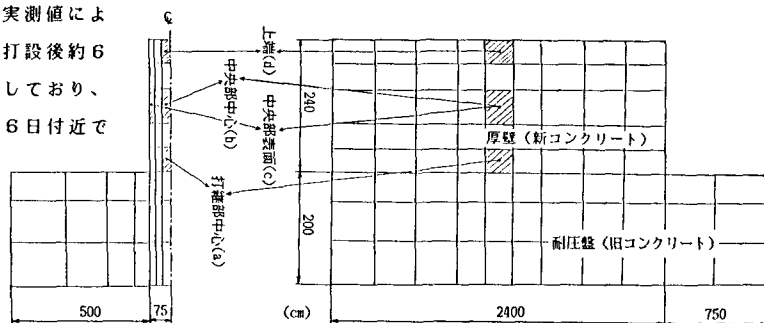


図-1 要素分割図

表-1 示方配合

slump cm	W/C %	unit weight (kg/m ³)			
		W	C	S	G
15	50	173	346	793	996

表-2 解析用諸定数

コンクリート断熱温度上昇 ℃	$T = 37.8(1 - e^{-0.03505t})$
コンクリート熱伝導率 kcal/mh℃	2.16
コンクリート比熱 kcal/kg℃	0.24
熱伝達率 kcal/m ² h℃	15.0 (コンクリート面) 6.0 (型枠面)

の上端(d)における実測値の変動は日温度変化の影響によるものと考えられる。

リラクセーション解析と弾性解析との比較では、中央部中心(b)での圧縮応力が弾性解析では打設後3日で最大 37.9kg/cm^2 に達するのに対し、リラクセーション解析では打設後2.5日で最大 18.7kg/cm^2 と弾性解析の約50%、他の各点でも同様に約1/2程度の値となっておりリラクセーションによる大幅な応力の低減がみられる。また圧縮応力のピークも弾性解より約1日程度早く現れ、また引張応力への移行も1~2日程度早くなっている。これは、材令初期においては緩和量が大きく、かつ緩和時間も長いという若材令リラクセーション特性が影響しているものと考えられる。

次にリラクセーション解析結果と実測値との比較では図-3、4にみられるように壁の中央部分(b)(c)において応力反転以降の実測値における圧縮応力の減少が大きく、これにともない引張応力への移行も1日程度早くなっている。しかし全般的には両者は非常に良好な対応を示しており、圧縮応力の最大値は中央部中心(b)では実測値の 14.7kg/cm^2 に対し、解析値は 18.7kg/cm^2 となっており、さらに打設後6日でのひびわれ発生時では実測値の 6.0kg/cm^2 に対し解析値は 5.7kg/cm^2 とほぼ同一の値を示している。この他の各点においても両者の差は10%以下に収まっており、解析値と実測値とは最大応力の発生時期やその値など温度ひびわれの予測において重要な各点では非常に良く合致していると考えられる。

5. まとめ

本研究で行ったリラクセーション解析による結果と実測値との対応は良好であり、ここで用いた解析手法の有効性が示されたと考えられる。また弾性解析との比較から、コンクリートのリラクセーション挙動は応力の低減効果のみならず、応力のピークや圧縮から引張への移行時期など温度応力の発生履歴にも影響を与えることが明らかとなった。

《参考文献》

- 1) 森本博昭 他 : コンクリート構造物の温度応力のリラクセーション解析, 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集 1985.9
- 2) 平田正成 他 : 若材令コンクリートのリラクセーション特性評価法に関する研究, 土木学会第41回年次学術講演会講演概要集 1986.11
- 3) マスコン委員会 : マスコンクリートの温度応力研究委員会報告書, J C I 1985.11

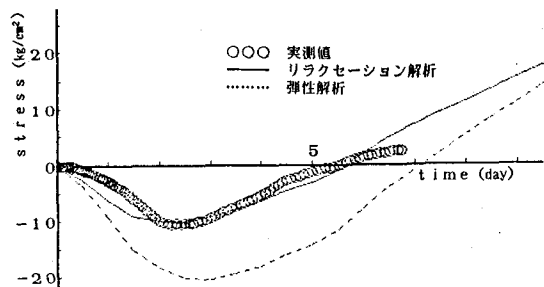


図-2 応力の経時変化 打継部(a)

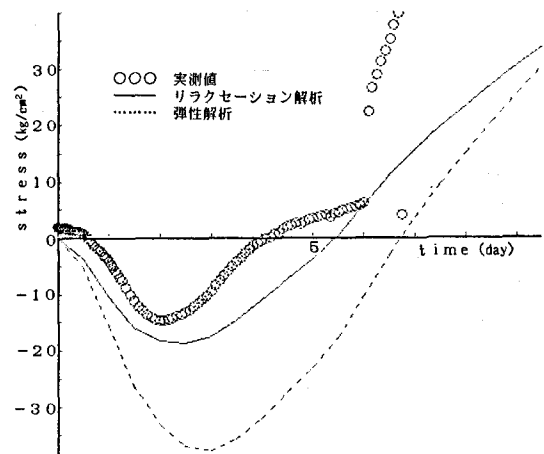


図-3 応力の経時変化 中央部中心(b)

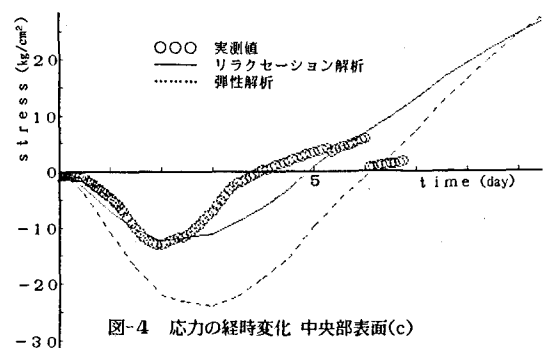


図-4 応力の経時変化 中央部表面(c)

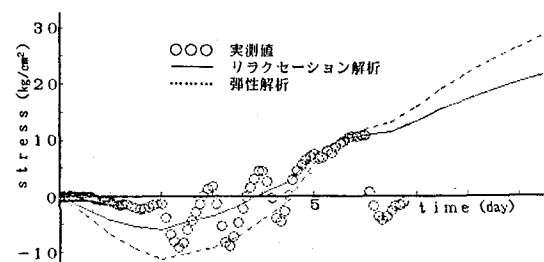


図-5 応力の経時変化 上端(d)