

V-165

Compensation Plane 法によるリラクセーションを考慮した温度応力の解析

岐阜大学 正会員 ○森本博昭

岐阜大学 正会員 小柳 治

1. まえがき

JCIマスコン委員会から提案された Compensation Plane 法は、S61年度版土木学会コンクリート標準示方書にも採用され、今後、各方面で用いられる機会も多くなるものと予想される。本研究は、著者らが実験により求めた若材令コンクリートの圧縮リラクセーション関数を Compensation Plane 法に導入し、本手法においてリラクセーションを考慮した解析を可能としたので、その手法の詳細ならびにコンクリート厚壁の温度応力の解析に適用した結果について報告するものである。

2. リラクセーション解析

本研究におけるリラクセーション解析は、図-1に示すように、各タイムステップにおける応力増分に対して、各々、応力緩和関数をもとに緩和量を考慮する。そして、任意時間における温度応力を、それまでの各タイムステップでの応力増分の、現時点における残留応力の総和として評価するものである。各タイムステップでの応力増分は Compensation Plane 法⁽¹⁾で、そして、応力緩和量は実験により求めたものを用いた⁽²⁾。著者らが提案している若材令コンクリートの圧縮リラクセーション関数を次式に示す。

$$\sigma / \sigma_i = (A + Ct) / (A + t) \quad (1)$$

ただし、 σ ：載荷 t 時間後の応力； σ_i ：初期応力； A, C ：実験定数

$$A = -8.26 \log t + 49.75 \quad (t < 168 \text{ hr}) \quad (2a)$$

$$= 7.44 \quad (t \geq 168 \text{ hr}) \quad (2b)$$

$$C = 0.26 \log t - 0.76 \quad (t < 168 \text{ hr}) \quad (3a)$$

$$= 0.07 \log t + 0.18 \quad (t \geq 168 \text{ hr}) \quad (3b)$$

なお、実際の計算にあたっては、JCIマスコン委員会作成のパソコンプログラム⁽³⁾を基本とし、これに応力緩和に関する処理を追加した計算プログラムを用いた。

3. 対象構造物⁽¹⁾

解析の対象とした構造物は、図-2に示すような厚さ1.5m、高さ2.4m、長さ25mの、耐圧盤上に打設された厚壁である。厚壁施工時にはコンクリートの温度、ひずみならびに応力の測定が行われた。応力解析に先立ちFEMによる温度解析を実施した。その際のコンクリート断熱温度上昇特性は $Q(t) = 55.1 * (1 - e^{-0.574t})$ (°C) とした。応力解析では、コンクリートの弾性係数を $E_c = 0.3506 * t / (2.1453 + t) (* 10^6 \text{ kgf/cm}^2)$ で評価し、外部拘束係数は、JCIマスコン委員会同定の図表より $R_N = 0.9$, $R_{M1} = 1.08$, $R_{M2} = 1.09$ とした。

4. 解析結果

図-3に壁中央中心と中央表面におけるコンクリート温度の実測値と計算値とを示す。図から、中心の温度は実測で材令2.5日で最高温度52.4°Cを示している。実測値と計算値との対応は全般的に良好であり、両者の差は5°C以内に収まっている。図-4~6に壁中央中心、打継部中心ならびに頂部表面における応力実測値ならびにCompensation

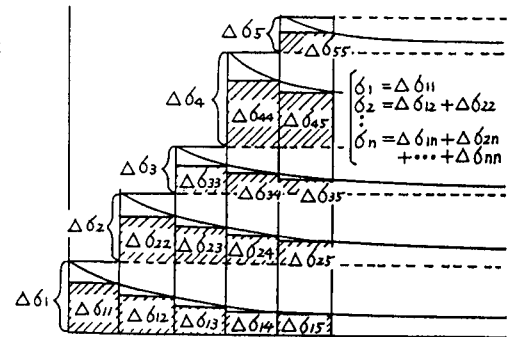


図-1 解析手法

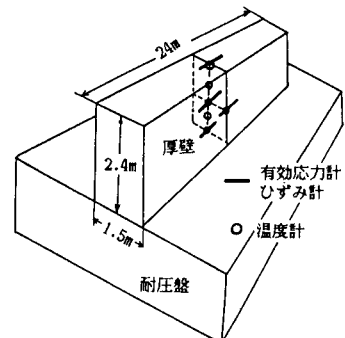


図-2 厚壁

Plane 法においてリラクセーションを考慮した場合と、考慮しなかった場合の2ケースについての計算値を示す。なお、実測値において、材令6日以降、急激な変化が認められるが、これは、ひびわれの発生によるものと考えられる。図-4から、実測によると中央中心では材令2日で圧縮応力14.7 kgf/cm²のピーク値を示し、それ以降徐々に引張側に移行してゆき、材令6日で6.0 kgf/cm²の引張応力が発生している。これに対して、リラクセーションを考慮した計算値は全般的に実測値とよく合致しており、最大圧縮応力では、実測の14.7 kgf/cm²に対して計算値の16.2 kgf/cm²、また、材令6日での引張応力は、実測6 kgf/cm²に対して計算値は6.5 kgf/cm²を与えている。一方、リラクセーションを考慮しない計算値は、最大圧縮応力が37 kgf/cm²となり、実測値あるいはリラクセーションを考慮した計算値の2倍以上を示す。また、これに伴い圧縮応力から引張応力への移行時期も約2日遅くなっている。このように、コンクリートのリラクセーションは、温度応力の大きさのみならず応力履歴に対しても大きく影響することがわかる。図-5, 6から、打継部中心ならびに頂部表面においても実測値とリラクセーションを考慮した計算値は全般的に実測値と良好に合致しており、両者の差は2~3 kgf/cm²程度に収まっている。リラクセーションを考慮しない計算値は、実測値あるいはリラクセーションを考慮した計算値の最大2倍以上の差異を生じている。

5. まとめ

若材令コンクリートの圧縮リラクセーション関数をCompensation Plane 法に導入し、本手法においてリラクセーションを考慮した解析を可能とした。厚壁を対象とした温度応力解析の結果、実測値との対応も良好であることが認められた。今後、さらに多くの例について解析、検討を加えてゆくことにより、本手法は十分に信頼性のあるものになり得るものと考えられる。

(参考文献)

- (1) JCIマスコン委員会：マスコンコンクリートの温度応力研究委員会報告書，JCI，1985.11
- (2) 平田、河合、森本、小柳：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，第41回年次学術講演会講演概要集，S61.11
- (3) JCIマスコン委員会：マスコンコンクリート温度応力の計算方法とそのパソコンプログラム，JCI，1985.11

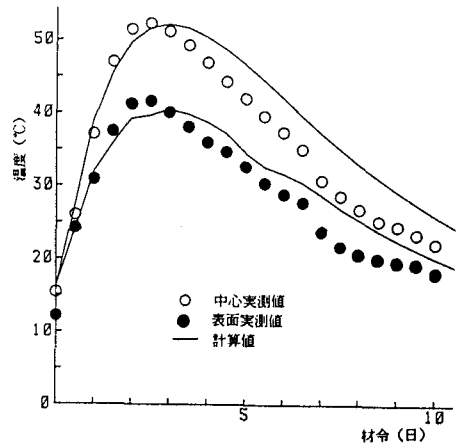


図-3 温度上昇

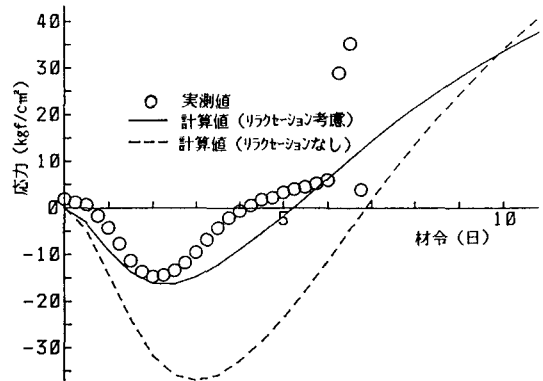


図-4 中央中心応力

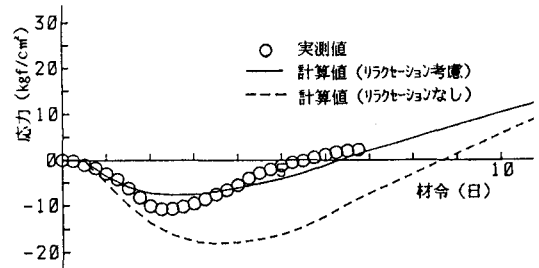


図-5 打継部中心応力

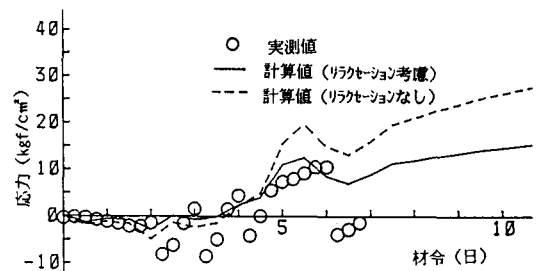


図-6 頂部表面応力