

顧問 組 正会員 斎藤 健
 東京工業大学 正会員 長滝 重義

1. まえがき

近年、コンクリートの水和熱に起因する温度ひびわれの発生事例が多くなってきている。このような、温度ひびわれの制御方法として、(1)コンクリートの体積変化を制御して、ひびわれ発生を防止する方法 (2)ひびわれの発生を認めた上で、ひびわれ幅を制御する方法 の2通りの考えかたがある。(1)の考えかたに基づいた研究は数多くなされておられ、その成果も認められている。しかし、(2)の考えかたに基づいた研究は少なく、鉄筋によって温度ひびわれを制御しようとする時、温度ひびわれ発生時の鉄筋の挙動を明らかにすることは、重要と思われる。

本研究では、連続外部拘束を受ける壁体構造物を対象として、温度ひびわれ発生時の、鉄筋による温度ひびわれ制御効果を明らかにすべく、鉄筋とコンクリートの付着性状を実験的に明らかにした上で、温度ひびわれ発生メカニズムと、その解析法、特に、ひびわれ近傍における鉄筋応力度の算定法について検討を加えた。

2. 解析手法の概要

2-1. 若材令における、鉄筋とコンクリートの付着性状

実験では、 $15 \times 15 \times 50$ cmの供試体を用いて両引き試験を行い、静的付着強度を求めた。さらに、 $10 \times 10 \times 150$ cmの供試体に、持続引張荷重を与え、鉄筋歪の変化を測定した。図-1に、コンクリートの圧縮強度と付着強度の関係を、図-2に、鉄筋歪の経時変化の測定結果を示す。これらの図から、付着強度は、ほぼ圧縮強度に比例すること、クリープによる鉄筋歪の変化は、若材令であっても比較的少ないことがわかる。

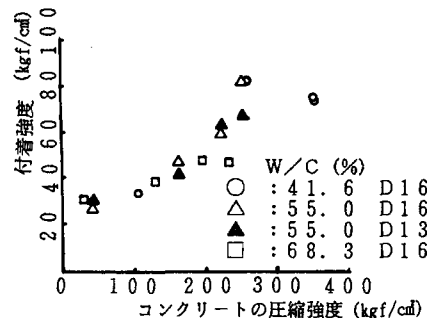


図-1 コンクリートの圧縮強度と付着強度の関係

2-2. 温度ひびわれのモデル化と解析法

モデル化に際し、以下の仮定を設けた。

(1). コンクリートの温度は、断面内で一様であり、かついずれの断面においても等しい。(2). コンクリートの変形は、断面内で一様であり、平均変形としてとらえる。(3)ひびわれ近傍の鉄筋の歪分布は、2次曲線で近似できる。

温度ひびわれ発生以前の計算は、ACIの方法¹⁾にもとずいて行う。温度ひびわれ発生以後の計算のフローチャートを図-3に示す。ひびわれ発生の瞬間における計算は、ひびわれ発生前と発生後の拘束度の変化量を、ACIの拘束度分布図¹⁾から求め、その変化量に対応する歪の変化量を求めることによって行った。ここに、ひびわれ断面位置の、鉄筋の歪増分を $\Delta \epsilon_{scr}$ 、拘束度の変化によるコンクリートの歪増分を $\Delta \epsilon_{free}$ 、ひびわれ間隔の $1/2$ を L 、鉄筋とコンクリートの伝達長を ℓ とすると、

$$\Delta \epsilon_{scr} = A_c E_c (3L - 5\ell) / [A_s E_s (3L - 4\ell) + A_c E_c \cdot \ell] \cdot \Delta \epsilon_{free}$$

次のひびわれが発生するまでの計算は、鉄筋によるコンクリートの拘束効果を考慮し、部材の温度変化 Δ

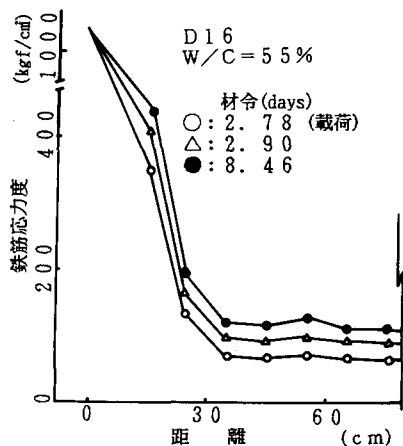


図-2 鉄筋応力度分布

Tに対する、鉄筋の歪増分を $\Delta \varepsilon_{scr2}$ 、鉄筋とコンクリートの線膨張係数を α 、部材の拘束度をRとして、

$$\Delta \varepsilon_{scr2} = \alpha \Delta T + A c E c (3L - 5\ell)$$

$$/ [A s E s (3L - 4\ell) + A c E c \cdot \ell]$$

$$\cdot (1 - R) \alpha \Delta T$$

と表す。以上の方法によって求められた、部材の温度増分に対する歪増分に対し、重ね合わせ法によるクリープ解析を行う事により、鉄筋及びコンクリートの応力度を算定する。

3. 計算結果

計算を行うにあたり、温度履歴によるコンクリートの物性変化の影響を考慮するため、有効材令の概念を用いた。コンクリートの、有効材令 t_{te} における物性値は、有効材令28日における圧縮強度を基準として以下のように定義した。

$$\text{圧縮強度: } \sigma_{cute} = (0.221 \ln t_{te} + 0.26) \cdot \sigma_{cu28}$$

$$\text{引張強度: } \sigma_{tute} = 1.06 \sqrt{\sigma_{cute}} \cdot 0.75 \cdot 0.85$$

$$\text{ヤング係数: } E_{cte} = 0.02 \sqrt{\sigma_{cute}}$$

計算に用いた部材の温度変化は、幅30cm、高さ1m、長さ15m、の壁体構造物の実測値であり、その値を図-4に示す。2-1における実験結果より、鉄筋とコンクリートの付着力の伝達長を30cmとし、クリープによる鉄筋歪の増加を考慮するため、歪増分に1.05を乗じた。ここに、 $\sigma_{cu28} = 290 \text{ kgf/cm}^2$ 、鉄筋とコンクリートの線膨張係数を $10 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ として計算した結果を、実測値と比較して図-5～6に示す。計算位置は、部材高さ中央(50cm)である。これらの結果では、高鉄筋比の場合は、応力度を過大評価し、低鉄筋比では、過小評価する、また、ひびわれの発生時期がおくれる、という問題点はあるものの、鉄筋応力度の経時変化を、定性的にはあるが、良く再現しているものと思われる。供試体の物性値を精度良く推定することができれば、さらに良い近似ができるものと思われる。

4. まとめ

本研究では、連続外部拘束を受ける壁体構造物の、コンクリートの水和熱に起因する温度ひびわれに対し、その発生時期、及び、ひびわれ発生後の鉄筋応力度の算定法を提案するとともに、検討を加えたが、本解析法は、簡易法としては良い精度を有していると思われる。

尚、本研究は、発表者が、東京工業大学大学院在学中に行った研究の一部である。

参考文献

1) ACI Committee 207 Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete, Jour of ACI, 1973

2) 首都高速道路公団 マスコンクリートのひびわれ制御実験報告書 1985

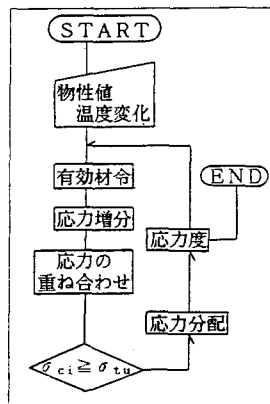


図-3 解析フローチャート

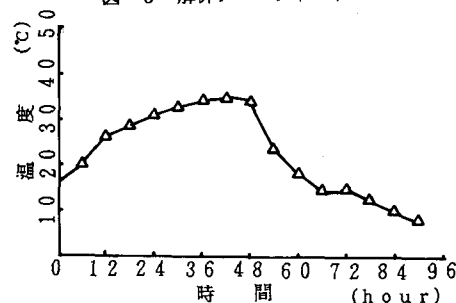


図-4 RC壁の温度変化

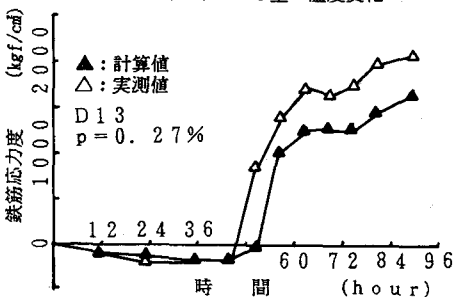


図-5 鉄筋応力度の経時変化

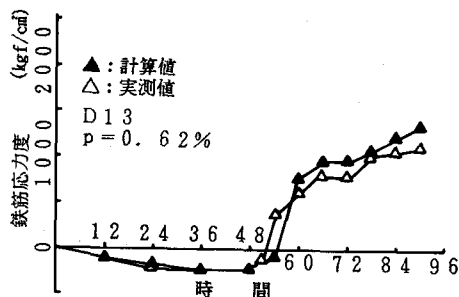


図-6 鉄筋応力度の経時変化