

鉄筋による温度ひび割れの制御

岐阜大学大学院 正会員 遠藤友紀雄
 岐阜大学工学部 正会員 森本 博昭
 岐阜大学工学部 正会員 小柳 治

1. まえがき

温度ひび割れの幅を制御する手段の一つとして、ひび割れと直交する鉄筋の配置が有効である。鉄筋の適正な量と配置を決定するためには、鉄筋のひび割れ幅制御効果を検討する必要がある。ひび割れ幅の分布性状を的確に把握するためには3次元解析が有効である。本研究では、離散ひび割れモデルを用いたFEMにより壁状構造物のひび割れ幅と鉄筋量の関係、およびひび割れ幅の3次元分布性状を明らかにする。さらに、現行のコンクリート標準示方書（以下、現行示方書と言う）に示されているひび割れ幅と温度ひび割れ指数の関係図の適用性も検討した。

2. 温度ひび割れ幅の解析方法

FEMによる3次元温度ひび割れ幅の計算は次の手順により実施した。

- ①ひび割れ発生予想位置を図-1のようにモデル化⁽¹⁾する。ひび割れを挟む二つの節点（二重節点と言う）は、極めて大きな剛性を持つ結合要素で連結しておく。
- ②温度応力の計算を増分的に進めていく。二重節点回り応力が引張強度を上回った時、結合要素の剛性を0近くにまで落としてひび割れを表現する。
- ③ひび割れ発生後の応力と変形状態を計算する。ひび割れ幅は二つの節点の変位差として計算する。

3. 解析概要

解析を行った壁構造物⁽²⁾を図-2に示す。実測による壁中心の最大温度上昇は約31℃であった。実際の構造物における壁長手方向の鉄筋比は、0.27%である。本研究では、鉄筋比0.27%の場合に加えて鉄筋比を0.6%および0.9%とした場合についても解析を行った。図-1のひび割れ解析モデルにおける ls の値は15cmとした。熱膨張係数は $8.45 \mu / ^\circ\text{C}$ とした。温度解析ならびにひび割れ解析で用いた断熱温度上昇特性、弾性係数および引張強度評価式を次に示す。

$$\text{引張強度 } \sigma_t(t) = \frac{t}{0.1408 + 0.0343t} \quad (t: \text{day}) \quad (1)$$

$$\text{弾性係数 } E(t) = \frac{t}{1.137 \times 10^{-5} + 2.914 \times 10^{-6}t} \quad (t: \text{day}) \quad (2)$$

$$Q = 57.87 \{1 - \exp(-0.716t)\} \quad (t: \text{day}) \quad (3)$$

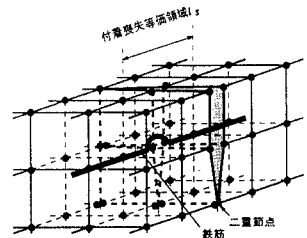


図-1 3次元鉄筋コンクリートひびわれモデル

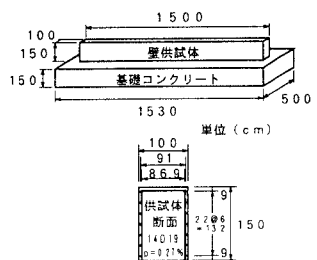


図-2 解析対象構造物

なお、ひび割れ解析では温度応力の増加速度などを考慮してを引張強度を20%低減させた。クリープの影響は、弾性係数を低減させて考慮した。その低減率は、打設直後で0.8、材令7日以降は0.56、打設直後から材令7日の間は直線補間とした。

5. 解析結果

図-3、4は、鉄筋比0.27%の場合の壁中段のひび割れ幅と鉄筋応力である。図-3から、実測ではひび割れは材令7日で発生した。ひび割れ幅は発生後、緩やかな増加傾向を示し、材令14日で中段で0.38mm、上段で0.48mmとなった。一方、計算値に注目すると、中心の幅は表面にくらべて0.15mm程度大きくなっている。表面における実測値と計算値の対応は良好である。図-4から、鉄筋応力についても実測値、計算値いずれも2000kgf/cm²程度で両者の対応は良好である。図-5は、各鉄筋比における、ひび割れ幅の3次元表示である。図から、ひび割れ幅の分布は壁上段付近を中心とする凸面をなすことがわかる。鉄筋比が大きくなる

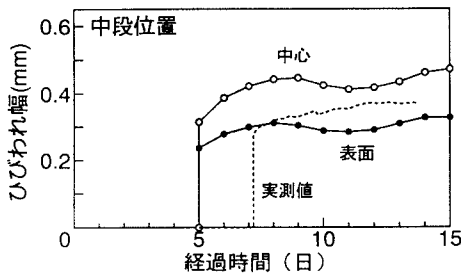


図-3 ひびわれ幅経時変化

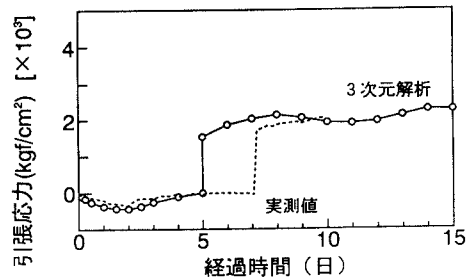


図-4 鉄筋応力経時変化(1s=15cm)

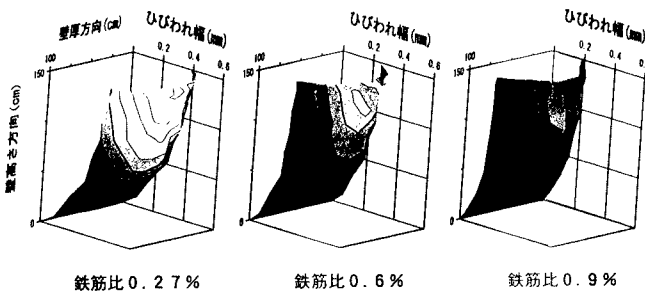


図-5 ひびわれ幅3次元表示(材令9日)

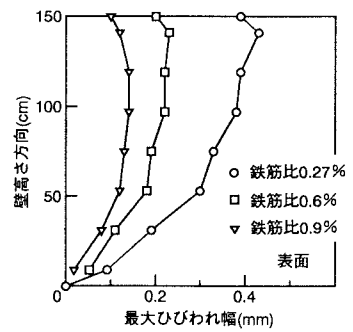


図-6 最大ひびわれ幅算定値

とひび割れ幅は小さくなるが、全体的な分布性状は大きく変化しない。図-6は、表面ひび割れの高さ方向の分布を示したものである。図から、例えば中段に注目すると、ひび割れ幅は鉄筋比0.27%にくらべて鉄筋比0.6%は58%、また鉄筋比0.9%では40%にまで低減されている。図-7は、現行示方書に示されている温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係図に本研究の計算結果をプロットしたものである。図から、表面のひび割れ幅計算値は関係図と良く対応している。中心の計算値は関係図の値よりかなり大きくなる。ただし、関係図の適用性についてはさらに多くのデータを蓄積しながら検討する必要がある。

6. まとめ

本研究の範囲で得られた結論をまとめると次のようになる。

- 1) 3次元解析で得られたひび割れ幅などの計算値は実測値と良く合致した。
- 2) 3次元解析により、壁全断面にわたり鉄筋のひび割れ幅制御効果を確認、検討することができた。
- 3) 適正量の鉄筋により壁全断面にわたりひび割れ幅を制御することができるとができる。
- 4) 鉄筋量によりひび割れ幅の3次元分布性状は大きく変化しない。
- 5) 表面のひび割れ幅計算値は、現行示方書の温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係図と良く対応した。

[参考文献]

- (1) 日本コンクリート工学協会：温度応力ひび割れ幅算定方法についての提案、1992
- (2) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針、1986

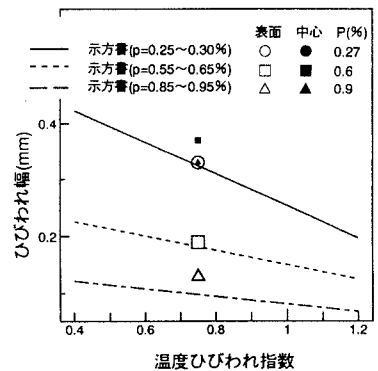


図-7 温度ひびわれ指数とひびわれ幅との関係(中段 材令14日)