

温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係について

岐阜大学大学院 鈴木 唯士
 岐阜大学工学部 留田 裕司
 岐阜大学工学部 森本 博昭 小柳 治

1. はじめに

マスコンクリート構造物のひび割れ制御法のうち、鉄筋によるひび割れ幅の制御策は多くの場合経済的であり、現在では広く採用されている対策の一つである。土木学会標準示方書においても、壁状構造物について鉄筋比をパラメータとして、温度ひび割れ指数とひび割れ幅との関係図が提示されている。この関係図は所要のひび割れ制御鉄筋量の目安を得る際に極めて有効である。しかし、示方書に示された関係図は限られた実測データを基に得られたもので、その信頼性については十分に検討されていないのが現状である。

そこで本研究では、離散型ひび割れモデルを導入した3次元温度ひび割れ解析により、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の適用性について検討した。

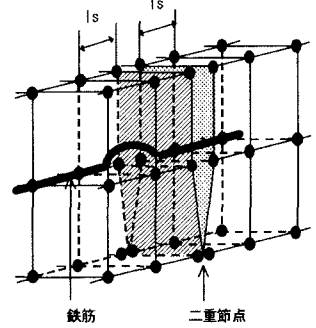


図-1 3次元ひび割れモデル

2. 温度ひび割れ幅の解析手法

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のようにモデル化する。ひび割れを挟む二つの節点は、極めて大きな合成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。二重点回りの応力が引張強度を上回ったとき、結合要素の剛性を0近く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相対変位差として計算する。

3. 解析概要

図-2に示すように基礎コンクリート上の壁を解析対象として取り上げ、図に示すように壁高さHを200cm一定とし、壁厚Bを5段階に、奥行きLを2段階に変化させた。そして、鉄筋比を0.2, 0.4, 0.6, 0.9%の各ケースについて温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係を検討した。コンクリートの配合は、普通ポルトランドセメントを使用し、単位セメント量は、320kgf/cm²とした。断熱温度上昇式は示方書に示されている式を用いた。また、ひび割れ解析で用いた圧縮強度発現式については、(1)式を用い、弾性係数および引張強度評価式は示方書に示されている式から算出した。なお、付着喪失等価領域 l_s は15cmとした。

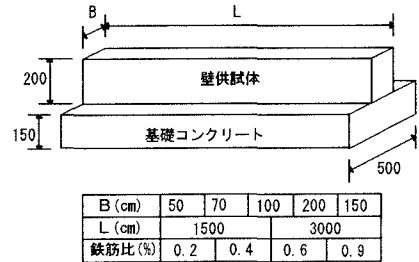


図-2 解析対象構造物

$$\text{圧縮強度 } \sigma_c(t) = \frac{t}{0.01585 + 0.00295t} \quad t : \text{day} \quad (1)$$

4. 解析結果

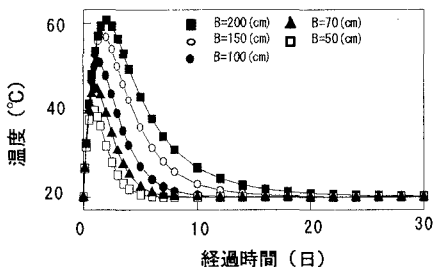


図-3 壁中心の温度履歴

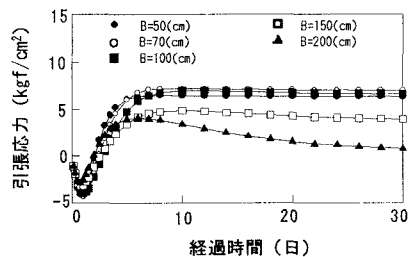


図-4 鉄筋応力経時変化

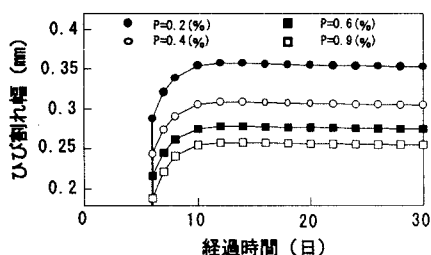


図-5 ひび割れ幅経時変化

図-3 に壁厚を変化させた場合の壁中心の温度履歴を示す。この図から、壁厚が 50cm から 200cm に大きくなると最大温度も 40℃から 60℃に大きくなり、表面と中心の温度差も 8℃から 25℃に大きくなった。図-4 は壁厚を変化させた場合の壁中段の表面の応力変化である。この図から、壁厚 100cm までは、壁厚が大きくなると表面に生じる引張応力が大きくなるが、それ以上になると引張応力は小さくなるのがわかる。これは、壁厚が大きいと内部拘束応力が大きくなるためと考えられる。図-5~6 は、 $B=100$, $L=1500$ cm とした時の各鉄筋比に対する中段表面でのひび割れ幅と鉄筋応力の経時変化である。ひび割れは材齢 6 日から発生し、その幅は穏やかに増加し、10 日以降は一定の値となった。鉄筋応力もひび割れ幅とほぼ同様の傾向を示している。ひび割れ幅は鉄筋比 0.2% に比べて鉄筋比 0.4% は 65%、鉄筋比 0.6% は 52%、鉄筋比 0.9% では 40% にまで低減されている。図-7~8 は壁中心と表面での温度ひび割れ指数と最大ひび割れ幅をプロットした図である。壁中心の温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係は、直線関係ではなく曲線関係となり、温度ひび割れ指数が 1.0 以下となるとひび割れ幅は急激に増加し、温度ひび割れ指数が 0.5 付近となると鉄筋比が大きくてもひび割れ幅は 0.4mm 以上になる。一方、壁表面での温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係は、示方書に示されているものとほぼ同様の直線的な関係が得られた。しかし、温度ひび割れ指数 0.5 付近に着目するとひび割れ幅がやや減少する傾向が認められる。これは、図-4 で示したように、壁厚の変化にともなう内部拘束応力の増大による影響と考えられる。従って、壁厚の変化が少ない場合は壁中心の温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係と同じように曲線的な関係になる可能性がある。今後、単位セメント量を大きくするなどパラメータをさらに増やして温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係について検討していく必要がある。

4. あとがき

本研究では、3 次元ひび割れ解析により壁中心ならびに表面における温度ひび割れ指数と最大ひび割れ幅の関係を提示することができた。壁中心での温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係は、直線関係でなく曲線関係となった。一方、壁表面では示方書で示されたものとほぼ同様の直線的な関係が得られた。しかし、これには比較的大きな壁厚の影響が含まれていると考えられ、今後さらに解析例を増やして検討していく必要がある。

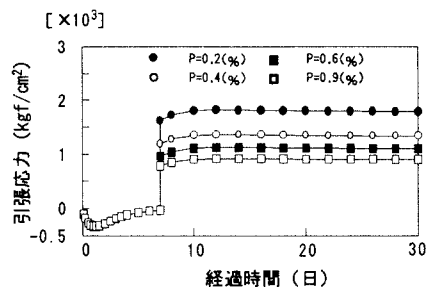


図-4 壁表面のコンクリート応力経時変化

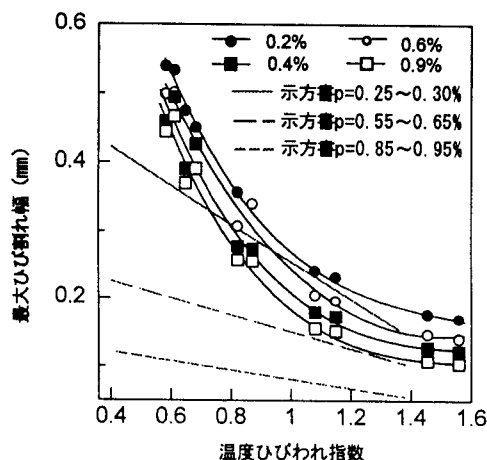


図-7 壁中心での温度ひび割れ指数と最大ひび割れ幅の関係

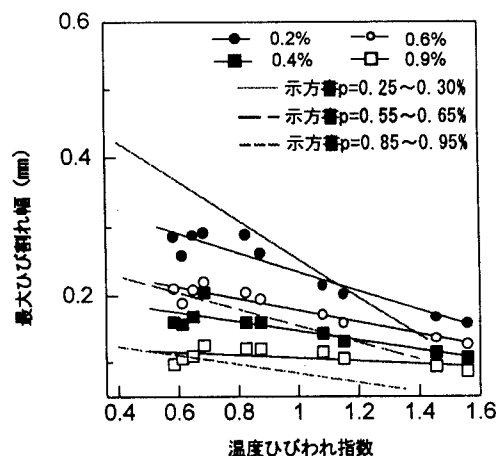


図-8 壁表面での温度ひび割れ指数と最大ひび割れ幅の関係