

V-361

CPひび割れ幅法と3次元FEM温度ひび割れ解析法の比較

名古屋工業大学大学院 ○学生員 服部 鋭啓
 名古屋工業大学工学部 正会員 上原 匠
 名古屋工業大学工学部 正会員 梅原 秀哲

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の大型化に伴いセメントの水和熱による温度ひび割れが問題となっている。しかし、このひび割れを完全に防止することは、経済的に不可能な場合が多い。そのため、ひび割れの発生を容認し、そのひび割れ幅を耐久性に支障のない範囲内に収めることが要求される。その際重要となるのが、ひび割れ幅を精度良く推定することである。本研究では、JCIマスコンクリート温度応力研究委員会が開発されたCPひび割れ幅法¹⁾と、離散ひび割れモデルを用いた3次元FEM温度ひび割れ解析法（以下3次元解析）を用いて実測値との比較検討を行い、これらの解析手法の適用性を検証する。

2. 計測概要

対象構造物は、図-1に示す鉄筋コンクリートボックスカルバートであり、1ブロックの施工延長は約20mである。コンクリートの打設は、基礎床版、下壁、上壁+頂版の3回に分けて行われた。ひび割れ幅に影響する壁部の配筋筋は、外筋としてD13が150mmピッチで、内筋としてD13が300mmピッチで配置されている。図に示すように3～5本のひび割れが下壁部に発生し、ひび割れ幅は中央の方が側方より若干大きな値を示した。

3. 解析概要および結果

温度解析には2次元有限要素法を、温度応力・ひび割れ解析にはCPひび割れ幅法と3次元解析を用いた。要素図を図-2に、解析条件²⁾を表-1に示す。CPひび割れ幅法においては、奥行き長さLの中央に1本生じる条件で解析するため、複数のひび割れが生じる場合は、そのひび割れ間隔に応じて奥行き長さLを変える必要がある。そこで、壁の中央のひび割れは奥行き長さをL=10mとして、側方のひび割れはL=5mとして解析を行った。一方、3次元解析においてはあらかじめひび割れの発生する位置を設ける必要があり、それも複数のひび割れ箇所を設けることができるので、計測結果と同じ位置に発生するように3つのひび割れ箇所を設けた。図-3と図-4にそれぞれ壁の中央と側方におけるコンクリート応力の経時変化を示す。なお、CPひび割れ幅法も3次元解析も、温度

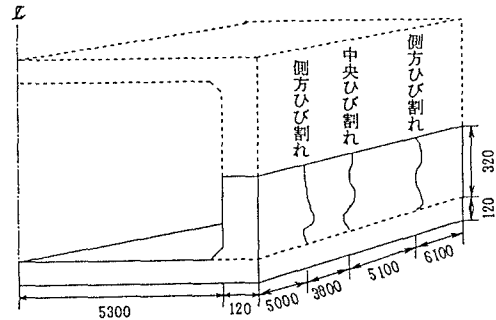


図-1 対象構造物

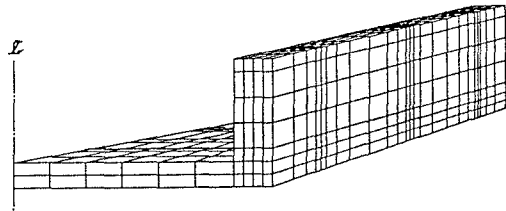


図-2 要素図

表-1 解析条件

熱伝導率 (kcal/cm ² hr ²)	0.025
比熱 (kcal/kg ²)	0.31
断熱温度上昇量 (℃)	46.71(1-e ^{-0.652t})
熱伝達率 (kcal/cm ² hr)	0.01
外気温 (℃)	6
打設温度 (℃)	12
熱膨張係数 (/℃)	0.0001
圧縮強度 (kgf/cm ²)	300t/(4.5+0.95t)
引張強度 (kgf/cm ²)	1.4√f _{ct}
弾性係数 (kgf/cm ²)	φ(t)15000/√ε _c (t)
付着等価領域 (cm)	20
ポアソン比	0.167
奥行き長さ (cm)	L=1000 L=500
応力解放領域 (cm)	149 119
外部拘束係数	RN 0.076 0.068
	RM1 0.515 0.427
	RM2 0.889 0.766

が最も卓越する断面中央の同一高さの位置において比較した。ひび割れが発生する以前のコンクリートの応力は、圧縮時、引張時ともほぼ一致した。ただし、ひびわれ発生時の応力が異なるのは、3次元解析ではひび割れ直前の応力値を表示していないためである。ひび割れ発生直後

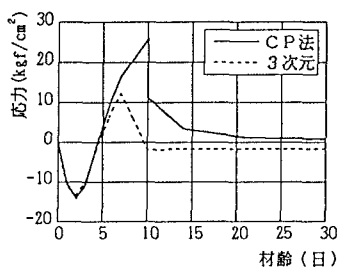


図-3 応力の経時変化（壁中央）

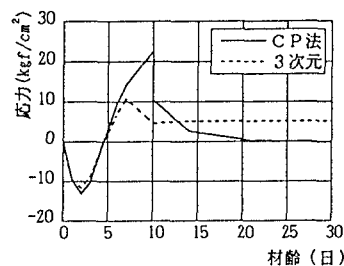


図-4 応力の経時変化（壁側方）

の応力については、ひび割れ発生による応力の解放量は3次元解析の方が若干大きくなったが、最終的な応力値はほぼ同じになった。図-5に3次元解析におけるひびわれ発生時と材齢30日の壁厚方向のひび割れ幅を示す。断面中央を中心として凸状となり、表面付近では材齢の経過によるひび割れ幅の進展が小さい。これにより、CPひび割れ幅法で把握できなかった断面方向のひび割れ幅の形状が的確に把握できる。図-6と図-7にそれぞれ壁の中央と側方におけるひび割れ幅の経時変化を示す。さらに、材齢30日における実測ひび割れ幅を点で示す。3次元解析では断面中央と表面の値を、またCPひび割れ幅法では、3次元解析と同じ高さにおける鉄筋の配置位置における値を用いた。3次元解析では断面中央と表面とは壁中央のひび割れで0.2mm、側方のひび割れでは0.1mmの差が生じた。壁中央のひび割れ幅について、CPひび割れ幅法の解析値は、3次元解析の断面中央と表面の解析値の間となった。一方、側方のひび割れ幅について、CPひび割れ幅法の解析値は、3次元解析の表面の解析値より若干小さい値を示した。しかし、CPひび割れ幅法と3次元解析の解析値の差は小さく、ほとんど一致していると言えよう。また材齢30日におけるひび割れ幅の実測値とCPひび割れ幅法の解析値および3次元解析における表面の解析値を比較すると、いずれの解析値も実測値とほぼ一致することがわかった。

4. まとめ

1) 複数のひび割れが発生する場合において、CPひび割れ幅法と3次元解析で得られた温度応力とひび割れ幅の経時変化はほとんど一致した。

2) 3次元解析を用いることで断面方向のひび割れ幅の形状が的確に把握できることが明らかになった。

3) CPひび割れ幅法の解析値および3次元解析における表面の解析値は、壁中央および側方とも実測値とほぼ一致し、ひび割れ幅を精度良く推定できることが明らかになった。

謝辞：本研究で用いた3次元FEM温度ひび割れ解析プログラムは、岐阜大学工学部森本博昭助教授より提供されたものです。ここに感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリート温度応力研究委員会報告書 1992年
2) 土木学会：コンクリート標準示方書 施工編 平成3年度版

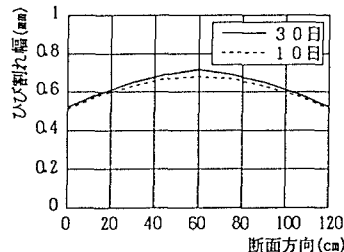


図-5 断面方向のひび割れ分布

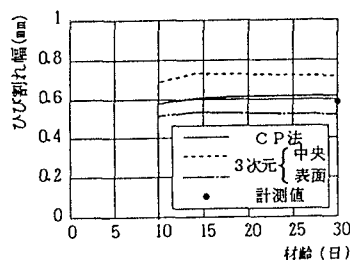


図-6 ひび割れ幅の経時変化（壁中央）

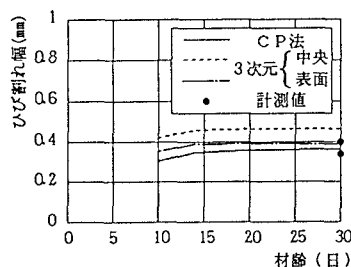


図-7 ひび割れ幅の経時変化（壁側方）