

V-425

破壊力学に基づく若材令コンクリートの温度ひびわれ解析

○名古屋大学工学部 学生会員 高木俊行
 群馬大学工学部 正 会員 L. Denzil
 名古屋大学工学部 正 会員 二羽淳一郎

1. はじめに

ダムやエネルギー関連施設などのマスコンクリートでは、打設後セメントが発熱して水和熱を生じ、これに伴って温度応力が発生してひびわれの主要な原因となる。このひびわれ抵抗性能の評価は、従来は強度基準に基づいて行われていたが、最近の破壊力学を用いた研究では、ひびわれ伝播に伴って消費されるエネルギーに着目しており、エネルギー基準を満足することが破壊に至る条件となる。従って破壊力学を応用して、若材令コンクリートのひびわれ発生からその伝播に至る挙動をモデル化し、材料特性を見だし、FEM解析を行うことにより、温度ひびわれの伝播挙動を解明することが本研究のねらいである。

2. 供試体寸法

供試体を図1に示す。対称性を考慮して全体の長さの半分だけを解析した。

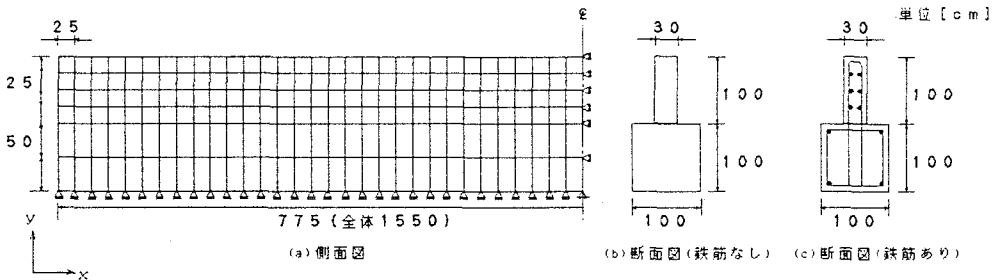


図1 解析供試体寸法(要素寸法 $w_c = 25 \text{ cm}$)

3. 各種パラメータの選定

若材令コンクリートのヤング率には、JCIマスコン温度応力委員会の提案式を用いた。

$$E_c(t) = \frac{t e}{0.0761738 + 0.024121 t e} \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{単位セメント量 } 300 \text{ kg/m}^3) \quad (1)$$

ただし、 $t e$ は有効材令である。

引張強度と圧縮強度の関係および圧縮強度とヤング率の関係には、Francisらの式¹⁾を用いた。

$$f_t \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 0.334 (f_c' \text{ (kgf/cm}^2\text{)})^{0.79} \quad (2)$$

$$E_c(t) = 16730 (f_c')^{0.5} \quad (3)$$

破壊エネルギーには、引張強度、粗骨材最大寸法、およびヤング率によって与えられる、Bazantらが提案した式を用いた。

$$G_f = 0.304 (f_t + 8.928) f_t^2 d_a / E_c(t) \text{ kgf-cm/cm}^2 \quad (4)$$

4. 解析の手順

- (1) 供試体の各節点の温度を各時間ステップ毎に計算する。但し解析は20ステップ行うものとし、それぞれ3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24(時間), 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 14, 21, 28(日)である。
- (2) 各材令の温度データをもとに、4節点アイソパラメトリック要素を用いた温度応力解析を行い、ひびわれの発生からその伝播に至る挙動を観察し、ひびわれ伝播と破壊エネルギーの関連を考察する。
- (3) 式(4)で得られた破壊エネルギー G_f の100%、75%、50%の破壊エネルギーで解析し結果を比較する。

- (4) 要素寸法 $w_c = 25\text{ cm}$ 、 12.5 cm で解析し結果を比較する。
- (5) 無筋コンクリートの場合と鉄筋コンクリートの場合について結果を比較する。
- (6) 強度基準を用いた場合とエネルギー基準を用いた場合について結果を比較する。

5. 解析結果

エネルギー基準を用いれば、ひびわれ伝播の挙動は、要素寸法に関係なく同じであることが確かめられた(図2,3)。またひびわれ幅も、要素寸法に関係なくほぼ同じになることが分かった(図6,7)。さらに鉄筋コンクリートの場合のひびわれ伝播の挙動は、 G_f の大きさによって伝播したり伝播しなかったりすることが認められた。

次に強度基準に基づくひびわれ伝播の挙動は、要素寸法の大小によって異なる結果が得られることが分かった(図4,5)。またその挙動は、エネルギー基準によるものとは異なっていることが確かめられた。

従ってひびわれ伝播の判定に強度基準を用いた場合、要素寸法に大きく依存する客観性のない結果が得られることが分かった。一方エネルギー基準を用いた場合、要素寸法に依存しない客観性のある結果が得られることから、エネルギー基準はひびわれ伝播の挙動を判断するために有効な解析手法であることが確認された。

<エネルギー基準>

ひびわれ発生の順序 1→2→3

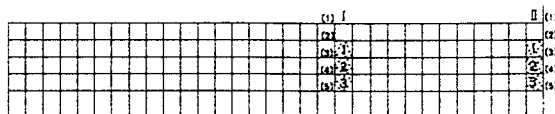


図2 ひびわれ伝播の挙動 ($w_c = 25\text{ cm}$)



図3 ひびわれ伝播の挙動 ($w_c = 12.5\text{ cm}$)

<強度基準>

ひびわれ発生の順序 1→2→3→4

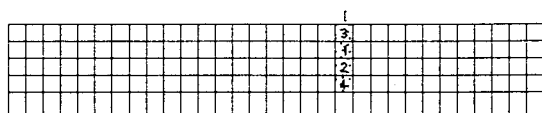


図4 ひびわれ伝播の挙動1 ($w_c = 25\text{ cm}$)

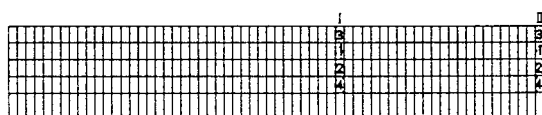


図5 ひびわれ伝播の挙動2 ($w_c = 12.5\text{ cm}$)

<エネルギー基準>

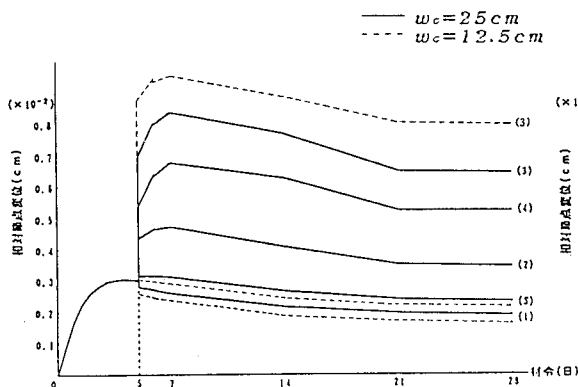


図6 I断面のひびわれ幅

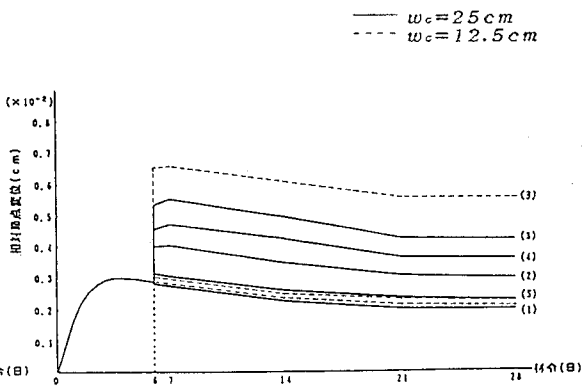


図7 II断面のひびわれ幅

6. 参考文献

1) Francis A. Oluokun, Edwin G. Burdette, and J. Harold Deatherage: Splitting Tensile Strength and Compressive Strength Relationships at Early Ages, ACI Materials Journal, no. 88-M14, March-April 1991