

若材令コンクリートの破壊に関する研究

○名古屋大学工学部 学生会員 高木 俊行
 名古屋大学工学部 学生会員 D.R. LOKULIYANA
 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、凝結硬化の過程で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コンクリート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っていたが、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力学的挙動をモデル化し、材料特性を見だし、FEM解析を行うことにより、破壊現象を解明することが本研究のねらいである。

本研究では、分布ひびわれモデルを用いて、応力-ひずみ関係や引張軟化曲線の形状などを考慮した上で、破壊エネルギーを変数として与え、ひびわれの幅、長さ、間隔の変化を解析することを主な目的としている。

2. 供試体寸法

供試体を図1に示す。左右対称であるので全体の半分のみを解析する。

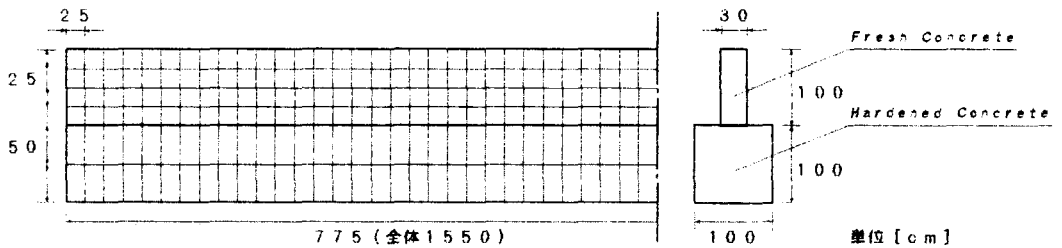


図1 解析供試体寸法

3. 解析方法

3.1. 各種パラメータの選定

若材令コンクリートのヤング率は、マスコンクリートの温度応力研究委員会で報告された式を用いる。

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

ここで、 t_e は有効材令である。

引張強度は圧縮強度と関係したいくつかの式が提案されているが、その中から特に抽出したものをを用いる。

$$f_t = 0.334 (f_c')^{0.79} \quad (2)$$

また同様に、圧縮強度とヤング率の関係は次の式を用いる。

$$E_c(t) = 16730.56 (f_c')^{0.5} \quad (3)$$

破壊エネルギーは、引張強度と最大骨材寸法とヤング率によって与えられる、Bazantが提案した実験式を用いる。

$$G_f = 0.304 (f_t + 8.928) f_t^2 d_a / E_c(t) \quad (4)$$

ここで、 f_t は引張強度で単位は kgf/cm^2 、 d_a は最大骨材寸法で単位は cm 、 $E_c(t)$ はヤング率で単位は kgf/cm^2 、 G_f は破壊エネルギーで単位は kgf-cm/cm^2 である。

これらの式を用いて破壊エネルギーを計算すると、図2に示すようになる。

3.2. 解析の手順

- ・供試体の各節点の温度を各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。
- ・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による有限要素法解析を行い、ひびわれの発生からその伝播に至る挙動を観測し、ひびわれ伝播と破壊エネルギーの関連を考察する。
- ・±50%の破壊エネルギーで解析し、結果を比較する。
- ・要素寸法を変えて解析し、結果を比較する。
- ・単位セメント量によって異なるヤング率の式を用いて解析し、結果を比較する。

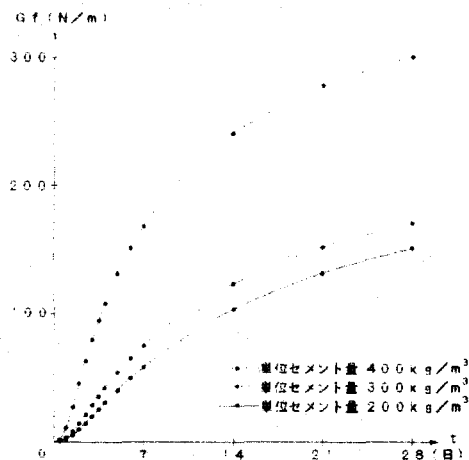


図2 若材令コンクリートの破壊エネルギー

4. 解析結果

最初に温度解析の結果は、類似の実験データともほぼ一致しており、確かなデータとして使用してもよいと考えられる。

次に温度応力解析の結果、ひびわれの発生時刻と発生位置、さらにはひびわれ伝播の挙動にはいくつかの特徴がみられることが分かった。特にひびわれ伝播の挙動では、解析にエネルギー基準を用いる有効性が認められた。しかし、破壊エネルギーはかなり大きな値であると思われ、解析を進めていく上で困難を生じた場合には解析を中止した。

若材令コンクリートの温度応力解析の特徴として、材令により主応力が最大になる位置が刻々と変化していくことが挙げられる。従って、ひびわれの発生時刻と発生位置を決定づける各材令における引張強度は、実験データとの一致を得る意味においてもたいへん重要であると言える。従って今後は、類似の実験データと比較しながら解析を進めていき、適切な引張強度や破壊エネルギーを算定していきたいと考えている。

5. 参考文献

- 1)コンクリートの破壊力学研究委員会:コンクリート構造の破壊力学に関するコロキウム,日本コンクリート工学協会,JCI-C19,平成2年3月30日
- 2)マスコンクリートの温度応力研究委員会:外部拘束係数の同定とそれに基づく温度応力計算方法の提案,日本コンクリート工学協会 Vol.23, No.9, Sept.1985
- 3)Francis A.Oluokun,Edwin G.Burdette,and J.Harold Deatherage:Elastic Modulus,Poisson's Ratio,and Compressive Strength Relationships at Early Ages,ACI Materials Journal,Title no.88-M1, March-April 1991
- 4)Francis A.Oluokun,Edwin G.Burdette,and J.Harold Deatherage:Splitting Tensile Strength and Compressive Strength Relationships at Early Ages,ACI Materials Journal,Title no.88-M14, March-April 1991
- 5)Denzil Lokuliyana,Tada-aki Tanabe:Thermal Crack Propagation in Massive Concrete Structures Using Fracture Mechanics
- 6)Denzil Lokuliyana,Tada-aki Tanabe:Effect of Bond on the Crack Propagation of Massive Concrete Structures under Thermal Stress Fields