

アダプティブ法を用いた格子モデルによるコンクリートの破壊シミュレーション

九州大学 学生員 ○廣末 龍文 九州大学 正 員 John Bolander Jr.
九州大学 正 員 彦坂 熙 九州大学 学生員 白石 貴司

1. 緒言

格子モデルは概念的には簡単であり、コンクリートの破壊の性質を表すのに有効である¹⁾²⁾。しかし、計算モデルの自由度が膨大になるために、計算時間は長くなりまたコンピュータの容量にも限界があることから、その適用は比較的小規模の問題に限られている。本研究は、これらの問題を解決する方法としてアダプティブ法を提案し、その有効性について検討するものである。

2. 格子モデル

図-1に示すコンクリートCT供試体を対象に解析を行った。格子モデルは、ひびわれの生じる中央部に使用する。コンクリートは、3つの成分(骨材、セメントマトリックス、骨材-マトリックス界面)からなる複合材料とし、これらをそれぞれ剛性と引張強度の異なるはり要素でモデル化する²⁾。コンクリートとその破壊過程の3次元的な性質をよりよくモデル化するため、はり要素の材料特性を段階的に変化させる²⁾。周りの非破壊部の弾性域には、境界要素法によるスーパーエレメントを使用する。

3. アダプティブ法による要素分割

破壊領域が局所的な場合(例えば局所的に曲げが生じている場合)には、格子メッシュは破壊の生じる中央部全体に使用する必要はなく、破壊領域とその近傍のみに使用すればよい。すなわち図-2に示す初期段階における要素分割のように、境界要素で囲まれた領域内のはり要素だけで格子メッシュを構成する。その後破壊がリガメントに沿って進むにつれて図-3に示すように、ファジィ制御によって境界要素分割を修正する。格子要素の節点を常に境界要素上に保たせるために、境界要素法で2次要素の補間のために用いる内挿関数によって拘束条件式を導入した。

4. 解析結果

アダプティブ法による解析の有効性を検証するため、ひびわれの生じる中央部分すべてに格子メッシュを適用したものとの比較を行った。図-4には破壊状態図を示す。両解析とも、主ひびわれの経路は全く同じ結果が得られ、まわりの微細ひびわれもほぼ一致していることが分かる。中央部分すべてに格子メッシュを適用したものは、計算時間が長いので途中で計算を止めそれまでの結果を示している。比較のために、アダプティブ法による解析結果も同じ所まで示している。荷重点における荷重-変位曲線を図-5に示す。また両者の計算効率の比較を表-1に示す。アダプティブ法による解析は、供試体が大いほど中央部分すべてに格子メッシュを適用する場合に対して計算効率は良くなるものと考えられる。

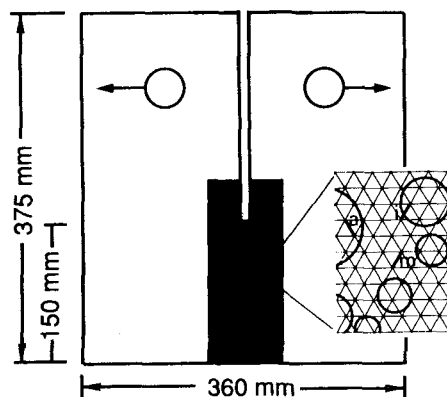


図-1 Concrete CT Specimen

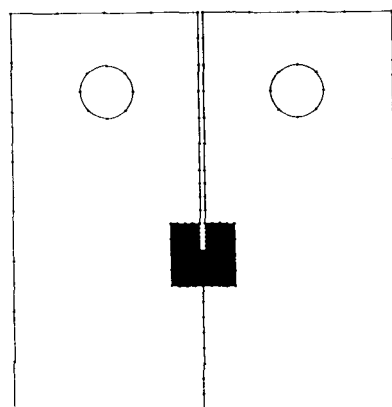


図-2 Initial Mesh

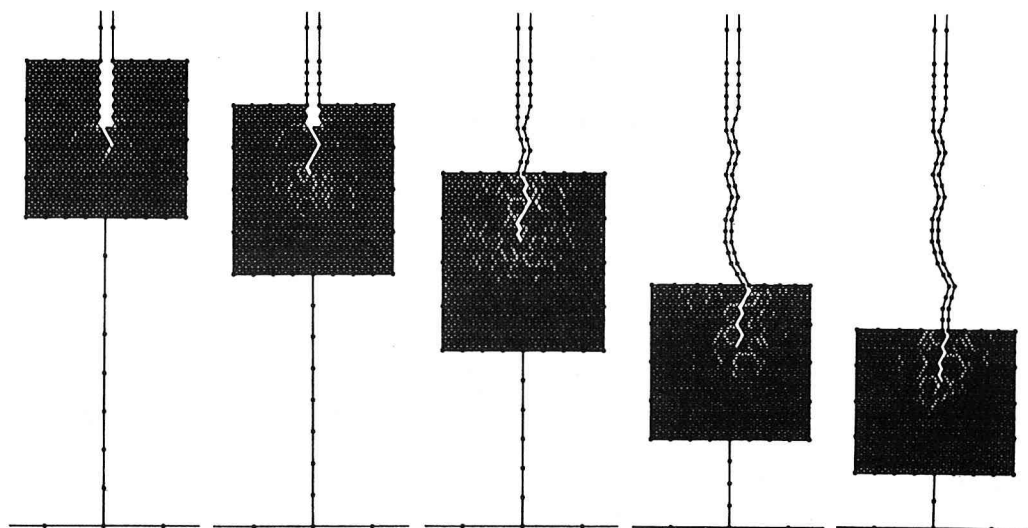
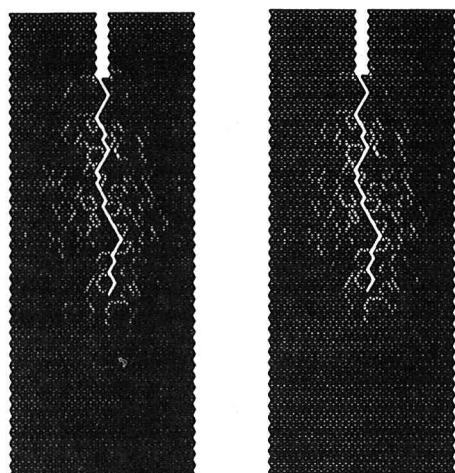


図 - 3 Adaptive Remeshing



Adaptive Method

Full Mesh

図 - 4 Simulated Damage Distribution

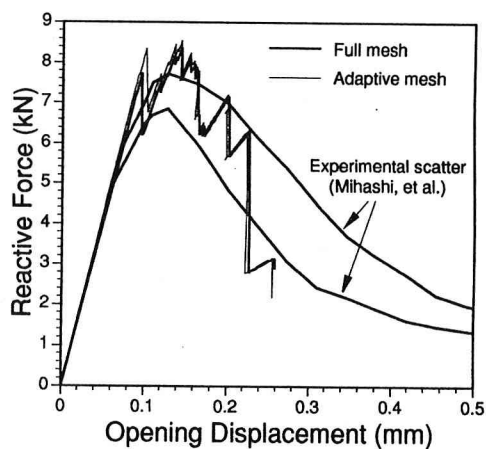


図 - 5 Load-Displacement Curve

表 - 1 計算効率の比較

	Computing Time** (hr)	Degrees of Freedom	Mean Half Bandwidth	Required Memory (MB)
Adaptive Method	25.7	2695*	230	5.8*
Full Mesh	107***	5727	406	18.6

*最大値を示す **Macintosh Quadra 800を使用 ***途中まで

<参考文献>

- 1) Schlangen, E. & van Mier, J. G. M., Experimental and numerical analysis of micromechanisms of fracture of cement-based composites. *Cem. & Conc. Composites*, 14, 1992, pp. 105-118.
- 2) Bolander, J., Hikosaka, H. & Shiraishi, T., Effects of strain gradient on concrete tensile fracture. *Memoirs Faculty Engng.*, 53(3), Kyushu Univ., Fukuoka, Japan, 1993, pp. 103-119.