

V-341 格子型ランダム粒子モデルによるセメント系複合材料の破壊シミュレーション

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

1. 緒言

コンクリート構造物の大規模化、コンクリートの高強度化、あるいは有限要素法等によるコンクリート構造物の数値解析手法の発展を背景に、コンクリートのひびわれ挙動をより合理的に把握することが求められている¹⁾。本研究は、破壊部に格子型ランダム粒子モデル²⁾を用い、その破壊挙動を有限要素法により解析したものである。

2. 粒子モデルについて

骨材の分布はひびわれの進行に強い影響を及ぼすため、骨材の配置をより現実に近づけることが重要である。そこで、乱数を使用して3次的に骨材を配置し、任意断面における骨材分布を解析に使用した。さらに、コンクリートを3つの成分（骨材・セメントマトリックス・骨材とセメントマトリックスの付着要素）からなる複合材料とし、破壊部の3成分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した。

3. 解析モデル

解析には、図-1に示すコンクリート供試体³⁾を対象に行った。但し、正三角形格子モデルのはり要素のサイズが約2.4 mmであるので直径が2.5 mm以下の骨材はモデル化していない。非破壊部にはアイソパラメトリック4節点要素を使用した。

変位増分法により解析を行い、各ステップでははり要素の有効応力 σ を算出して、その中の最大値が破壊条件を満たすとその要素を取り除く。この時、要素 i が消費したエネルギー

$$E_i = 2\Delta (P_1 - P_2)$$

を計算する。ここに、 Δ ：载荷点の変位、 P_1 ：破壊直前に载荷点に作用する反力、 P_2 ：破壊直後に载荷点に作用する反力。その後再び剛性マトリックスを組直して同様の計算を繰り返す。

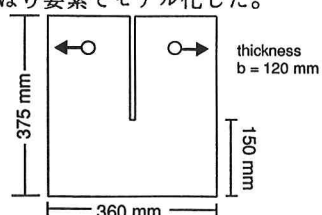
4. 解析結果

解析は骨材分布の異なる3つの供試体について行った。解析により得られた最終破壊状態を図-2に示す。図-2は、ひびわれパターンを良く表現しており、巨視的に完全に開口しているひびわれが、骨材の分布に影響されながら進行している様子を見ることができる。

図-3の荷重-変位曲線の各ポイントにおける破壊状況を図-4に示した。図-4によればひびわれの進行による破壊挙動をシミュレートされており、また、完全に開口しているひびわれの先端に微細なひびわれが累積した破壊進行領域の存在を見ることができる。

最終破壊段階におけるエネルギー分布を図-5に示す。このグラフより、破壊進行領域の幅はノッチの近くでは小さく、リガメントの中央部まで徐々になくなり供試体の下面に近づくとき再び小さくなっている。

3つの供試体について平均した局所破壊エネルギーとリガメント長の関係を図-6に示す。局所エネルギーはノッチから約100mmに達すると低下している。これは、ひびわれが供試体の下面に近づくとき、曲げ応力分布の勾配が急になり、それに伴って高い応力の範囲が狭まり破壊進行領域も小さくなるためである。このような挙動は実験結果と良く一致している⁴⁾。以上のことを考慮することで、寸法効果の1つのメカニズムの



Concrete CT Fracture Specimen

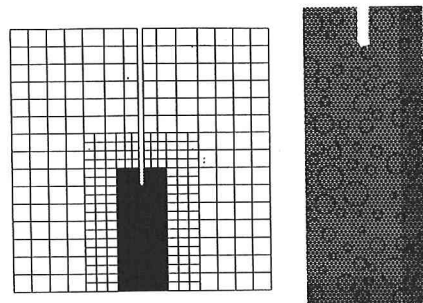
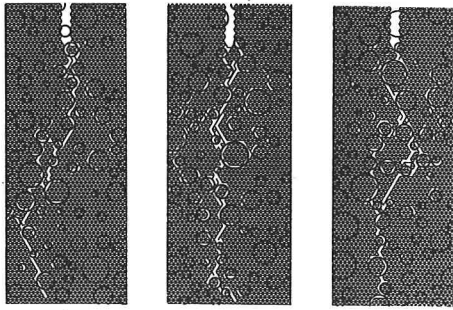


図-1 解析モデル

解明に役立つ情報が得られる。



（供試体 A） （供試体 B） （供試体 C）

図-2 最終破壊状態図

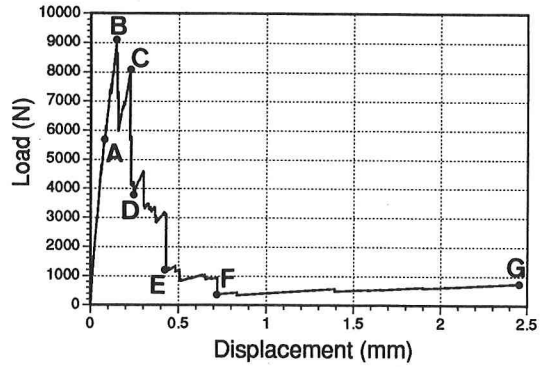


図-3 荷重-変位曲線

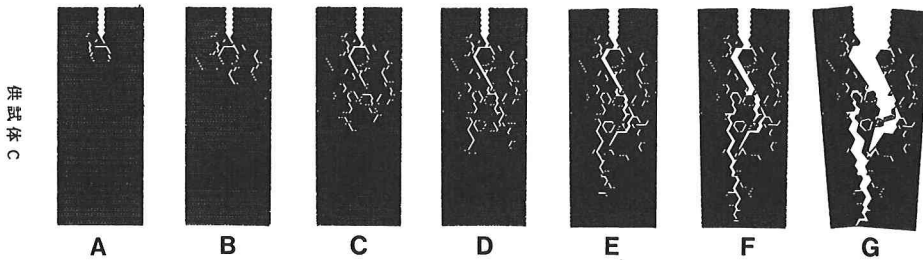


図-4 破壊状況図

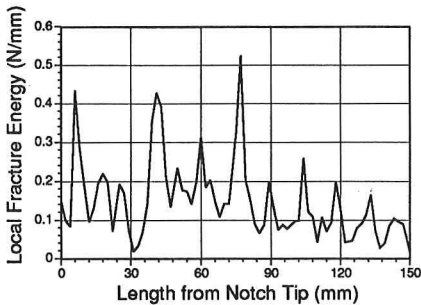
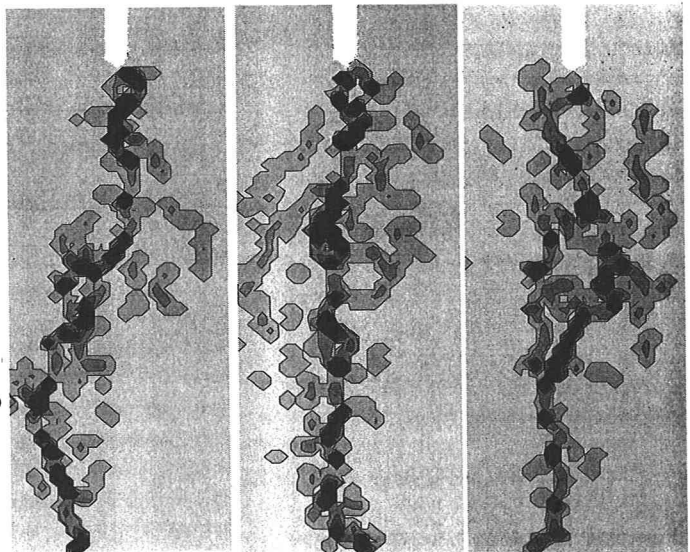


図-6 局所破壊エネルギーと

ノッチからの距離



供試体 A

供試体 B

供試体 C

図-5 エネルギー分布

<参考文献>

- 1) 三橋博三, 白井伸明, 六郷恵哲: コンクリート構造への破壊力学の応用, コンクリート工学, 30(6), 1992
- 2) E. SCHLANGEN, J. G. M. VAN MIER: Fracture Mechanics of Concrete Structures, ed. Z. P. Bazant, 1992
- 3) F. H. WITTMANN, H. MIHASHI and N. NOMURA: Engineering Fracture Mechanics, 35(1/2/3), 1992
- 4) X.-Z. HU, F. H. WITTMANN: Materials and Structures, pp. 319-326, 1992, 25