

コンクリート圧縮領域における構成則に関する一考察

名古屋大学工学部 ○学生員 加藤 浩

名古屋大学大学院 学生員 伊藤 睦

名古屋大学大学院 フェロー会員 田邊 忠顕

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造（以下 RC）の解析において、最も大きな影響を及ぼすのはコンクリート構成則である。従来構造解析では、ひび割れ、あるいはせん断伝達に焦点がおかれ、コンクリートの圧縮挙動そのものに関しては、大きな注意が向けられていなかった。1998 年、デルフト大学の Van Mier が実験を行ったコンクリートが圧縮破壊を生じる RC はりについて、世界的な予測コンペティションが行なわれ、この点に関し注意が喚起された。本研究は、コンペに参加したわけではないが、名古屋大学で開発中の等価格子モデルに圧縮破壊エネルギーの概念を導入するとともに、本モデルがどの程度の精度を持っているか検討を行ったものである。

2. 解析手法

本研究では、解析理論に、本研究室で開発を進める等価格子モデル¹⁾を用いた。なお、ひび割れに関しては、固定ひび割れモデルを採用した。

2.1 一軸応力-ひずみ関係

コンクリート一軸圧縮応力-ひずみ関係を図-1 に示す。ここで、本モデルでは、終局ひずみ、 ϵ_{cu} を決定するために、圧縮破壊エネルギー G_{fc} を導入した。なお、 G_{fc} には一般的な値として、10.0N/mm を採用している。コンクリート一軸引張応力-ひずみ関係には、六郷らの提案する引張軟化曲線「1/4モデル」を応力-ひずみ関係に変換したモデルを採用し、引張破壊エネルギーは 0.1N/mm と仮定した。また、補強筋は、バイリニア型と仮定した。

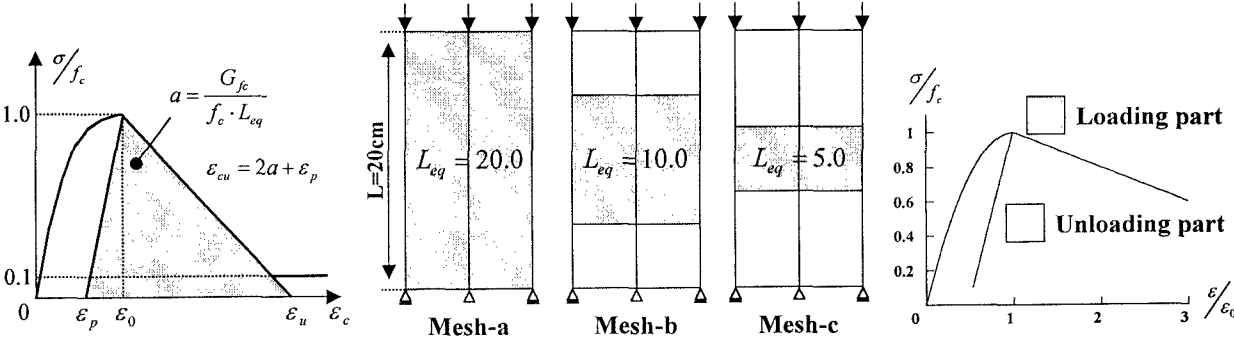


図-1 圧縮軟化モデル

図-2 解析モデル及び応力経路

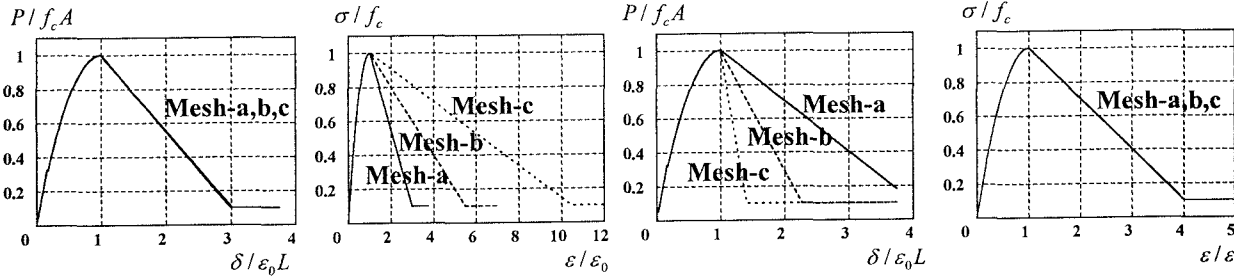


図-3 解析結果（with Fracture Energy）

図-4 解析結果（without Fracture Energy）

3. コンクリート供試体の一軸圧縮解析

圧縮破壊エネルギーの概念を導入したコンクリート一軸圧縮応力-ひずみ関係を用いて、コンクリート供試体の一軸圧縮解析を行った。供試体寸法を $10 \times 10 \times 20$ cm とし、解析モデルには、図-2 に示す Mesh-a,b,c を用いた。これらの解析モデルでは、破壊進行領域を、それぞれ 20, 10, 5 cm と仮定している。これにより、図-2 右に示すように、解析モデル中、網掛け部ではコンクリートはひずみ軟化挙動を示し、それ以外では、unloading 挙動を示すこととなる。解析結果を図-3 に示す。圧縮破壊エネルギーを導入した場合、コンクリートのひずみ軟化挙動は、破壊進行領域の大きさにおおじ、それぞれ変化することから（図-3 右）、得られる荷重-変位関係（図-3 左）は、全ての解析モデルにおいて等しいものとなった。このことから、要素に作用する応力が一軸圧縮応力場であるならば、解のメッシュ寸法依存性は、完全に回避されることが示された。なお、図-4 に示すように、終局ひずみを $4\varepsilon_0$ と仮定した場合では、得られる解にメッシュ依存性が現れた。

4. 過鉄筋 RC はり挙動の評価

1.で述べたように、デフルト大学 Van Mier が実験した、Over Reinforced Concrete Beam²⁾の解析を行った。実験供試体寸法、及び解析モデルを図-5 に示す。図中、網掛け部はプレーンコンクリート部であり、解析では、この部分を

Mesh-a,b それぞれで、2, 12 分割している。図-6 に実験値と解析値の比較を示す。解析の結果、Mesh-a は、実験値と比較的良好一致を示したものの、Mesh-b では、拘束圧による圧縮強度上昇の影響が極端に表れることから、実験値との差異が大きい結果となった。Mesh-a では、メッシュが粗いため、高い拘束圧が要素に作用していない。これらは、破壊エネルギーを考慮しても、なおメッシュ依存性があることを一見示しているようにも考えられるが、二軸場の構成則をきちんと導入することにより、この矛盾は解消される可能性があると考えられる。

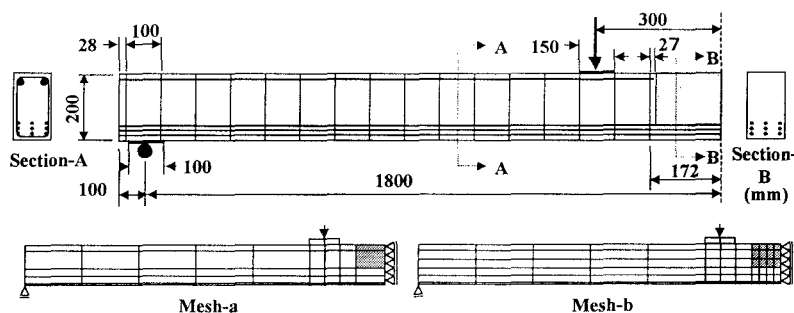


図-5 実験供試体寸法及び解析モデル

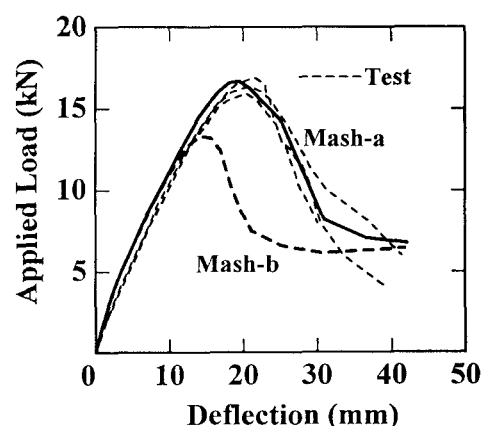


図-6 実験値との比較

5. まとめ

本文では、圧縮破壊エネルギーの概念を導入したコンクリート一軸圧縮応力-ひずみ関係を用いた数値解析例の結果、一軸応力場状態であれば、圧縮破壊エネルギーの導入により、解のメッシュ寸法依存性を回避することが可能であることが確認された。しかし、過鉄筋 RC はりの場合で見られるように、多軸応力場（圧縮-圧縮応力場）では、単に圧縮破壊エネルギーの導入のみでは、解のメッシュ寸法依存性の回避、及び部材の耐荷力の精度良い評価は難しいという結論を得た。

参考文献

- 1) Tada-aki TANABE, Ahamed Syed Ishtiaq: Development of Lattice Equivalent Continuum Model for Analysis of Cyclic Behavior of Reinforced Concrete, Seminar on post-peak behavior of RC structures subjected to seismic load, Volume 2, pp.105-123, 1999.10.
- 2) J.G.M van Mier and J.P.Ulfkjær: Round-Robin analysis of over-reinforced concrete beams- Comparison of results, Material and Structures, Vol.33, pp.381-390, July 2000.