

汎用プログラム DIANA を用いたコンファインドコンクリートの三次元圧縮解析

中部大学
中部大学

渡邊 啓
正員 水野 英二

中部大学
三重大学

○西山 裕子
正員 畑中 重光

1. まえがき

著者らは、これまでコンファインドコンクリートの軸圧縮特性に関する解析的研究に対して、先進的な構成モデルであるひずみ軟化型構成モデルを有限要素法プログラム FEAP に採用して、コンクリート内部の拘束状況および損傷状況等を考察してきた。本研究では、汎用有限要素法プログラム DIANA に既存する弾塑性構成モデル（例えば、von Mises モデルおよび Drucker-Prager モデル）の有用性を検討するため、文献 1) と同様な中心軸圧縮力を受けるコンファインドコンクリートの三次元有限要素解析を行い、著者らの FEAP による解析結果などと比較する。

2. 供試体概要および解析モデル

(1) 解析概要: 本研究で解析対象とした供試体の形状・寸法を図-1、コンファインドコンクリートの材料データを表-1 に示す。文献 2) に示される他のコンクリート構成モデルによる解析法一覧を表-2 に示す。本解析の構成モデルとして、コンクリート部分には DIANA 既存のひずみ軟化特性を考慮することが可能な Drucker-Prager 型構成モデル、鉄筋部分には von Mises 型完全弾塑性構成モデルを採用する。また、鉄筋部分には、要素タイプとして DIANA 所有の「トラス要素」ならびに「ビーム要素」（1 次および 2 次要素）を用いて解析（ケース①～③）を行う。「一次ビーム要素」は軸力のみ、「二次ビーム要素」は曲げと軸力を考慮し、せん断力を無視する要素である。なお、コンクリート供試体は断面内二軸対称ならびに上下対称であるため、供試体 1/8 部分を解析の対象領域とし、縦×横×高さを（4 × 4 × 12）に要素分割した。（図-1 参照）。

(2) 破壊曲線: コンクリートの破壊曲面（Drucker-Prager 型曲面）を粘着力 $C = 8.0 \text{ MPa}$ 、内部摩擦角 $\phi = 33^\circ$ の位置に設定し、塑性ひずみ増分の計算には関連流れ則を用いた。

(3) コンクリートのひずみ硬化・軟化則:

Drucker-Prager モデルに対して以下に説明するようなひずみ硬化・軟化則を設定する。まず、水野らのひずみ軟化型構成モデル³⁾と同様なプレーンコンクリートの一軸圧縮応力-ひずみ関係（軟化域を含む）が予測できるように、Drucker-Prager モデルの軟化特性として図-2 に示す粘着力 C -等価塑性ひずみ κ 関係を決定した。

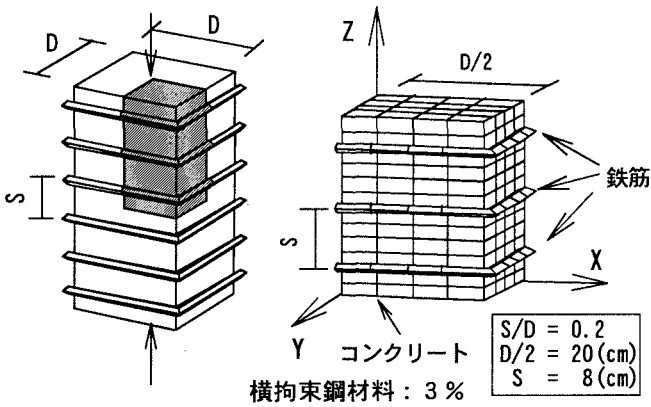


図-1 供試体の形状・寸法

表-1 コンファインドコンクリートの材料データ

f_c' (MPa)	E_c (GPa)	ν_c	σ_{sy} (MPa)	E_s (GPa)	ν_s
30	25	0.2	350	200	0.3

f_c' : コンクリートの一軸圧縮強度, E_c : コンクリートのヤング率,
 ν_c : コンクリートのポアソン比, σ_{sy} : 鉄筋の降伏応力
 E_s : 鉄筋のヤング率, ν_s : 鉄筋のポアソン比

表-2 他のコンクリート構成モデルの解析法一覧²⁾

材料モデル	前川モデル	エンドクロニックモデル
解析プログラム	COM3	Total-RC
コンクリート要素(注1)	20 節点 IP	8 節点 IP
鉄筋要素	トラス/ビーム	トラス
解析対象領域	1/4 領域	1/4 領域
解析領域の鉄筋段数	1	3
要素分割(縦×横×高さ)	2 × 2 × 4	4 × 4 × 12

注1) IP はアイソパラメトリック要素を表す。

表-3 DIANA による解析で用いた要素

	ケース①	ケース②	ケース③
コンクリート要素 (3次元ソリッド)	8 節点 IP	8 節点 IP	20 節点 IP
鉄筋要素 (3次元)	1 次トラス	1 次ビーム	2 次ビーム

3. 解析結果および考察

本解析結果（ケース①～ケース③）と他のコンクリート構成モデルによる解析結果（平均軸応力-平均軸ひずみ）を図-3に示す。鉄筋に「トラス1次要素」を用いたケース①の解析では、エンドクロニックモデルの解析結果と同じ挙動を示すが、42 MPa 程度で軟化し始め、前川モデル（はり要素）で予測される耐力にまで低下する。ケース①の解析結果が軟化したのに対し、鉄筋に「はり1次要素」を用いたケース②の解析では硬化を続け、他のモデルによる結果よりも高い挙動を示した。一方、鉄筋に「はり2次要素」を用いたケース③の解析では、「トラス1次要素」を用いたケース①の解析とほぼ同様な挙動を示した。使用する要素によって大きな差があることが分かる。

断面内での拘束圧進展状況をケース①の結果を例に取り、図-4および図-5に示す。図-4は、ピークひずみ（0.25%）時点での鉄筋近傍および鉄筋間でのコンクリート横断面内部の拘束圧状況を示す。図-5には、0.6%ひずみに達したときの拘束圧状況を示す。フープ筋隅角部付近のコンクリートが初めに拘束され、やがて徐々にその周りに拘束が進展することが分かる。

ひずみの進行に伴い、拘束効果は発現してきているが、特に鉄筋近傍では、隅角部に拘束圧が集中していることが分かる。鉄筋間断面内では、少し奥に入ったところに応力が集中するが、鉄筋近傍に比べ低いことも確認できる。

謝辞:本研究は、文部省ハイテクリサーチ構想による研究費（中部大学）によったことを付記する。

参考文献

- 1) 水野英二, 畑中重光, 森本康介: 要素レベルにおけるひずみ軟化型コンクリート構成モデルの検証解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20-3, 85-90, 1998.
- 2) 構成モデル小委員会 (301) 成果報告書, 土木学会コンクリート委員会, コンクリート技術シリーズ, pp.101-111, 1997
- 3) 水野英二, 森本康介, 畑中重光: 中心軸圧縮力を受けるコンファインドコンクリートの拘束効果に関する三次元 FEM 解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20-3, 85-90, 1999.

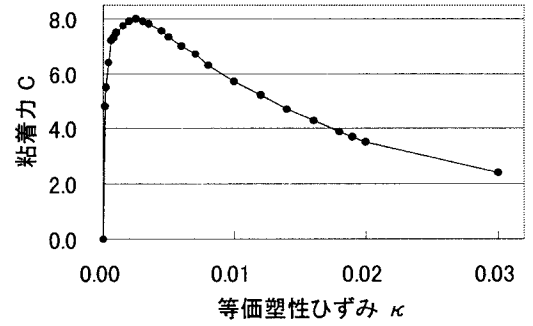


図-2 ひずみ硬化・軟化特性

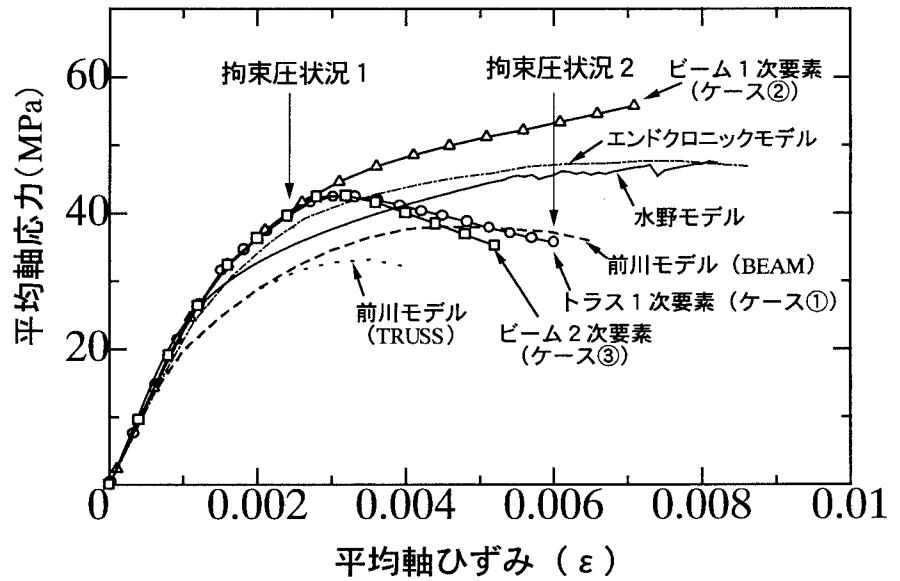


図-3 各種構成モデルによる解析結果の比較

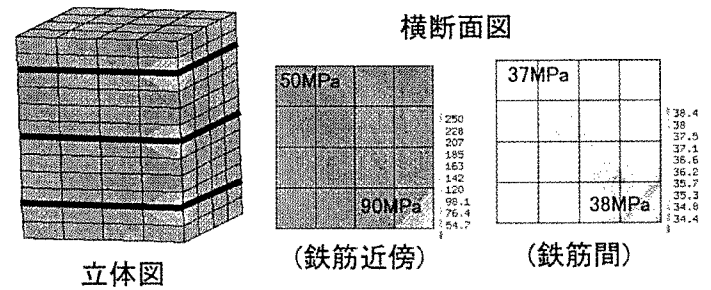


図-4 拘束状況1(0.25%ひずみ時点)

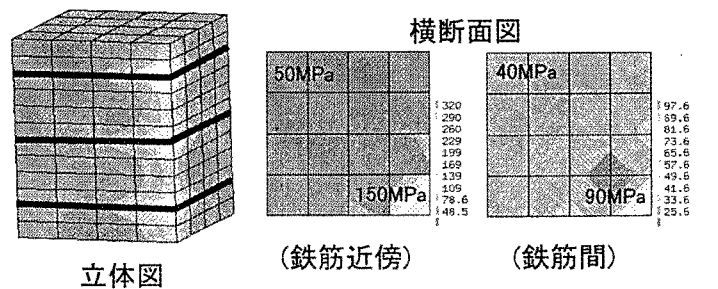


図-5 拘束状況2(0.6%ひずみ時点)