

高強度材料を用いた RC 柱部材の履歴特性に関する A E M 解析*

中央大学大学院

学生会員

西之谷香奈**

東京大学生産技術研究所

正会員

目黒 公郎

1. はじめに

兵庫県南部地震以降，RC 構造物の耐震性能についてさまざまな議論がなされているが，耐震性向上対策の 1 つとして高強度コンクリートや高強度鉄筋などの高強度材料の採用が検討されている¹⁾．本研究では，応用要素法 (AEM) を用いた高強度 RC 構造体の破壊挙動解析を試みる．すなわち，高強度材料を用いた RC 柱部材の正負交番荷重試験を対象として，その履歴特性がエネルギー消費の特徴を材料モデルに取り込んだ AEM モデルによって再現できることを示す．

2. 解析モデルと実験概要

本研究に用いた解析モデルの形状を図 1 に，材料特性を表 1 と表 2 に示す．モデルには普通コンクリートを使用したものと高強度コンクリートを使用したものと 2 種類があるが，形状は同一である．荷重は変位制御で行う．予備荷重，ひび割れ発生時，軸方向鉄筋の許容応力度相当時，その後は軸方向鉄筋降伏時の荷重点高さでの水平方向変位 δ_y を基準に，この整数倍の正負変位を与えている．

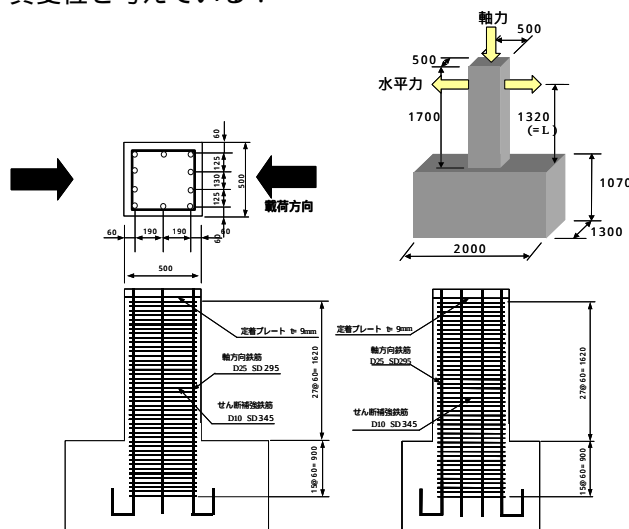


図 1 解析モデル

表 1 使用材料一覧

供試体 No.	コンクリート強度 (N/mm^2)	軸方向鉄筋			帯鉄筋			作用軸力 (N/mm^2)
		呼び径 (mm)	ps (%)	種類	呼び径 (mm)	pw (%)	種類	
No. 0	30	D25	1.0	SD 295	D10	0.476	SD 345	3
No. 1	60	D25	1.0	USD 685	D10	0.476	USD 785	6

表 2 材料特性一覧

供試体 No.	(a) コンクリート			(b) 鉄筋		
	圧縮強度 (N/mm^2)	引張り強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)	種類	降伏点強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)
No. 0	23.3	2.23	2.1	SD 295	343	1.887
No. 1	70.3	4.34	3.39	SD 345	390	1.778
				USD 685	687	1.996
				USD 785	897	1.907

3. 解析手法

3.1 応用要素法

目黒・Hattem によって開発された応用要素法 (Applied Element Method, AEM) では，解析対象を仮想的に要素に分割し，それぞれの要素は接線・法線 2 方向のばねによって接続されている (図 2)．AEM は連続体から非連続体に至るまでの挙動が解析可能である．クラックのような非連続性の発生は該当箇所のばねの破壊として表現され，事前にその発生場所を仮定する必要はない．また，クラックの発生による応力の再分配が自動的に計算されるため，その進展方向を仮定することなく進行性破壊現象も追いかけることができる．さらに本研究で解析対象として用いる RC のような複合材料を対象とする場合でも，要素モデルを変えることなく，鉄筋の配置された位置に鉄筋の材料特性を持つばねを追加することで鉄筋の位置と量をダイレクトに解析に反映することができる．

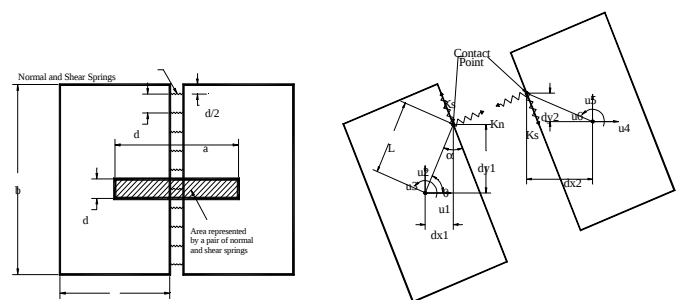


図 2 AEM のばね分布と幾何学的関係

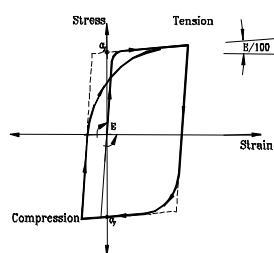
3.2 材料モデル

解析において用いた鉄筋とコンクリートの材料モデルを図 3 に示す．鉄筋の剛性は引張り強度付近で徐々に低下し，その後は初期剛性の 100 分の 1 なるようにモデル化されている．コンクリート圧縮域は前川モデルに従っており，このモデルでは，初期剛性係数を破

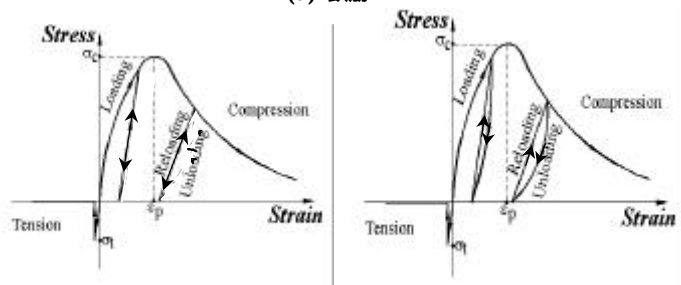
* キーワード：応用要素法，破壊解析，鉄筋コンクリート，高強度材料，履歴特性，エネルギー消費

** 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 B 棟 目黒研究室 Tel:03-5452-6437

壊パラメータとしてコンクリートの損傷の進行が表現される．また圧縮状態の応力－ひずみ曲線に包絡線を取り入れることにより，繰返し荷重を取り扱うことができる．引張り域においては初期剛性はひび割れが発生するポイントまで保たれ，その後ひび割れが発生するとゼロとなるモデルを用いている．普通コンクリートを対象とする前川モデルではコンクリート圧縮域の繰返し荷重については，除荷・再載荷ともに同一線上の線形挙動を採用している．しかし高強度コンクリートのように，コンクリートに高圧縮応力が作用する場合には，コンクリートの圧縮変形によるエネルギー消費が全体のエネルギー消費に対して無視できなくなる．そこで修正前川モデルでは，除荷時の応力－ひずみ曲線を，除荷開始点で接線剛性が無限大となり残留ひずみ点を通る円弧を採用している．本研究では，これら 2 つのコンクリートモデルを用いた解析を行う．



(a) 鉄筋



(b-1) コンクリート (普通)

(b-2) コンクリート (高強)

図3 解析に用いた材料モデル

4. 解析結果

(1) No.0 供試体

普通強度のコンクリート供試体について 2 通りの材料モデル (図 3 (b-1), (b-2)) を用いて解析した結果が図 4 である．両者の結果を比較すると，変位の各ピーク時での荷重の値はほぼ一致しており，一連の試験における解析対象の挙動に大差はない．最大耐力では，実験結果が 36.3tf，普通強度モデルを用いた解析結果が 37.4tf，高強度モデルの場合は 38.9tf となった．

No.1 供試体

高強度コンクリートを用いた供試体についての 2 通

りの材料モデルでの解析結果を図 5 に示す．この場合，普通材料モデルを用いると載荷の過程で包絡線が不安定になる箇所が確認されるが，高強度モデルを用いるとこの状態は緩和される．

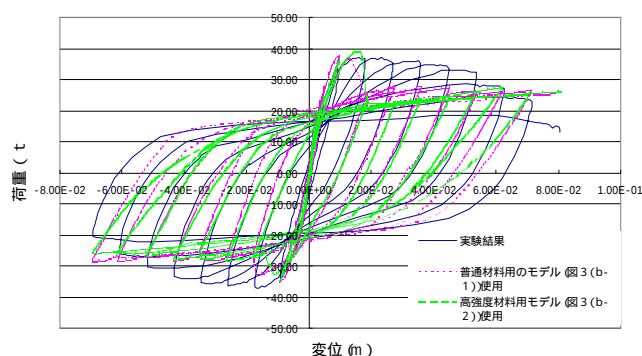


図4 実験結果と解析結果の比較(No.0 供試体)

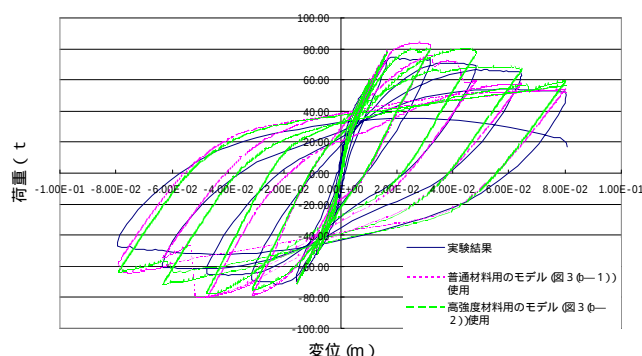


図5 実験結果と解析結果との比較(No.1 供試体)

6. おわりに

本研究では高強度材料を用いた RC 柱部材の交番載荷破壊試験の AEM 解析を試みた．解析においては除荷時と再載荷時との経路が変わらない材料モデルと高圧縮応力による除荷時のエネルギー消費を考慮した材料モデルを用いた．そして両者の結果を比較した．

【参考文献】

- 1) 鈴木顕彰・三島徹也・佐藤勉・渡辺忠朋：高強度材料を用いた柱部材の変形性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.3，pp.265-270,1998.
- 2) 岡村甫・前川宏一：鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則，技報堂出版，pp.32-34, pp.90-93, 1991.
- 3) Meguro K. and Tagel-Din H.: A new efficient technique for fracture analysis of structures, Bulletin of Earthquake Resistant Structure, No.30, pp.103-116, 1997.