

# 耐震補強された鉄筋コンクリート柱の履歴挙動解析

名古屋工業大学 学生員 服部 庄吾  
 名古屋工業大学 学生員 Nasir Shahid  
 名古屋工業大学 正会員 梅原 秀哲

## 1. はじめに

兵庫県南部地震では、多くの犠牲を出すとともに様々な土木構造物に未曾有の被害を発生させた。このために橋脚では、損傷の比較的大きな鉄筋コンクリート（以下、RCと略記）橋脚については既存橋脚を撤去し新たな橋脚を設置するとともに、損傷の比較的軽微な橋脚については補修および耐震補強がなされている。そして耐震補強された橋脚が十分な耐力や、変形性能を保持しているかを確認する実験的研究が並行して行なわれている<sup>[1]</sup>。そこで、本研究では一次元非線形プログラム<sup>[2]</sup>を用いることにより、これらの耐震補強された鉄筋コンクリート柱の力学的挙動を把握することを目的とした。

## 2. 実験概要

本研究で用いた実験<sup>[1]</sup>の試験体の断面図、形状図および材料特性を図1～2、表1～3に示す。本解析で対象としたのはRC巻立て補強を施した試験体(No.1)と、RC・鋼板併用の試験体(No.2)である。図1の斜線部はRC巻立て部である。またNo.2に関してはNo.1に厚さ1.6mmの鋼板を巻いた試験体である。

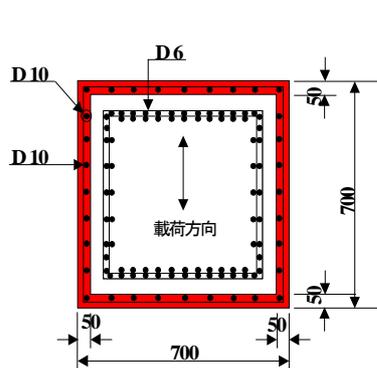


図1.試験体断面図(No.1)

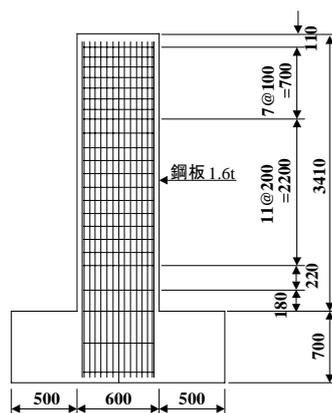


図2.試験体形状図

表1.試験体の種類

試験体No.	補強工法	柱鉄筋比(%)	帯鉄筋比(%)	軸力(N/mm <sup>2</sup> )
1	RC巻き立て	1.63	0.6	1.13
2	RC+鋼板		0.6	

表2.コンクリートの材料特性

	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数(N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	37.7	$2.74 \times 10^4$
無収縮モルタル	41.4	$1.98 \times 10^4$

表3.鉄筋および鋼板の材料特性

	降伏強度(N/mm <sup>2</sup> )
柱鉄筋(D10)	382
帯鉄筋(D6)	323
巻き立て鋼板	245

## 3. 鉄筋コンクリート柱の解析

解析は、高さLの試験体を図3のように、m+1個の節点を持つm個の要素に分割し上縁から距離y<sub>j</sub>にあるj番目の微小断面の中心ひずみε<sub>j</sub>を求める。まず曲率φを設定し、次に断面の上縁ひずみε<sub>t</sub>を仮定する。さらに、平面保持の仮定より各微小断面の中央でのひずみを求める。求めたε<sub>j</sub>をもとに各々の材料特性を用いて応力σ<sub>j</sub>を求め、その和を計算する。

変位y、傾きθ、曲率φは増分形で次式のように表される。

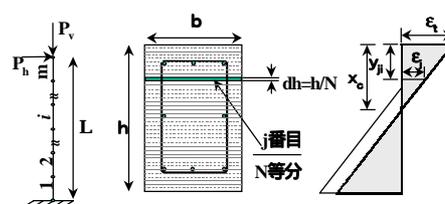


図3.解析モデル

**Key word** 耐震補強、RC橋脚、1次元非線形解析、履歴挙動

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学社会開発工学科 Tel 052-735-5502 Fax 052-735-5503

$$(\delta y_{i+1} - \delta y_i) - (\Delta l / 2)(\delta \theta_{i+1} + \delta \theta_i) = 0 \quad (1)$$

$$(\delta \theta_{i+1} - \delta \theta_i) - (\Delta l / 2)(\delta \phi_{i+1} + \delta \phi_i) = 0 \quad (2)$$

また内部モーメントと外部モーメントの釣合いを増分形で書くと、次式で表される。

$$(\partial M_{i+1} / \partial \phi_i) \delta \phi_i - \delta P_h l_i = 0 \quad (3)$$

式(1),(2),(3)により剛性マトリクスを作成する。 $y_i$ 、 $\theta_i$ 、 $\phi_i$  は各節点での変数である。内部モーメント  $M_i$  は各節点で曲率 $\phi_i$  を基に計算される。内部モーメントは非線形材料特性を基に計算されるので、内部と外部モーメントが釣り合うまで  $M_i - P l_i$  を不平衡力として入力して繰り返し計算を行い、荷重 変位関係を求めることができる。

材料特性としてコンクリートの応力-ひずみ関係を図4に示す。圧縮側において応力降下域で鋼板および帯鉄筋による拘束の有無と、繰り返し载荷時においてエネルギー吸収能と塑性ひずみ $\epsilon_{cp}$ を考慮したモデルとした。次に鉄筋の応力-ひずみ関係を図5に示す。繰り返し载荷時においてパウシンガー効果による降伏点の移動を考慮したモデルとした。

#### 4. 解析結果

No.1 の試験体の解析では、RC 巻立て補強による拘束効果を考慮して、巻立て内部のコンクリートは拘束有りとし、巻立て部は拘束無しとした。解析結果と実験結果の比較を図6に示す。次にNo.2 の解析では、鋼板による拘束効果を考慮して、全断面のコンクリートで拘束有りとした。また鋼板の拘束によるコンクリートの圧縮強度の増加を考慮して解析を行った。解析結果と実験結果の比較を図7に示す。いずれの解析結果においても最大荷重は実験結果とよく一致し、また履歴曲線もピーク時まではよく一致していたが、終局変位は一致しなかった。これは鉄筋の座屈による影響であると思われる。特に No.2 では実験時において鉄筋の損傷が大きかったためである。

#### 5. まとめ

本解析で得られた知見をまとめると、最大荷重およびピーク時までの履歴曲線ともに、二つの試験体の解析値は実験値と良く一致した。しかし終局変位は一致しなかった。これは鉄筋の座屈による影響であると思われる。このように耐震補強された鉄筋コンクリート柱に対して、一次元非線形プログラムを用いることによりその履歴挙動を比較的精度よく解析できることが明らかとなった。

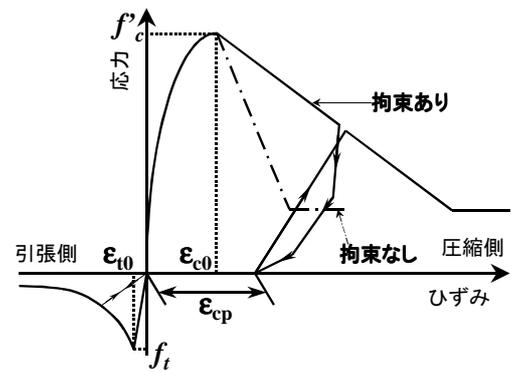


図4.コンクリートモデル

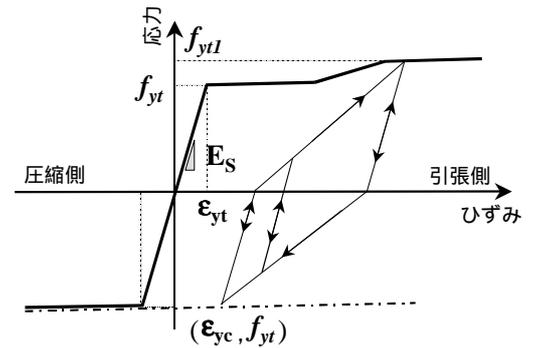


図5.鉄筋モデル

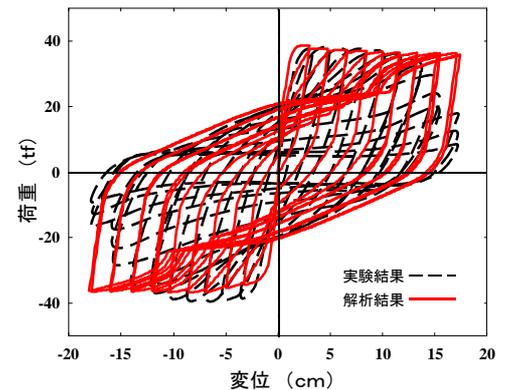


図6.実験結果と解析結果の比較(No.1)

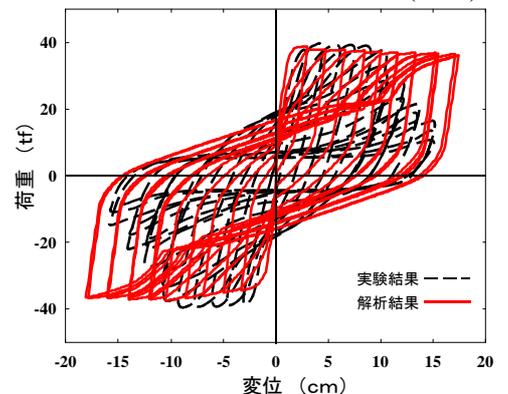


図7.実験結果と解析結果の比(No.2)

参考文献 [1]幸左賢二・大塚久哲・星隈順一・佐々木協一・新保弘：RC 橋脚の変形性能向上に関する実験的研究、土木学会論文集、No.578/V-37、43-56、1997.11

[2]S. Nasir, S. Gupta and H. Umehara: Simplified Approach to the Non-Linear Behavior of RC Members, 12th world Conference on Earthquake Engineering, 12WCEE, 30th Jan-4th Feb. 2000, Paper No. 1913, Auckland, New Zealand