

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 堤 英康  
 同上 正会員 谷村 幸裕  
 同上 正会員 佐藤 勉  
 東急建設(株) 正会員 玉井 真一

1. はじめに

鉄道構造物等設計標準 耐震設計<sup>1)</sup>において、鉄筋コンクリート部材の復元力モデルが示されている。

しかし、この鉄筋コンクリート部材の復元力特性は、曲げモーメント分布が三角形であるカンチレバー型試験体の試験結果を元にモデル化した<sup>2)</sup>ものであり、これを不静定構造物中の曲げモーメント分布が逆対象となる部材に適用した場合に、構造物全体の挙動が表現できることを検証する必要がある。

そこで、既往の標準的なRC 1層ラーメン高架橋をモデル化した1スパンラーメン試験体(縮尺比 1/2.5)の正負交番載荷試験結果<sup>3)</sup>と鉄筋コンクリート部材の復元力モデル<sup>1)</sup>を用いた解析結果により考察を行う。

2. 実験概要

2.1 試験体形状および諸元

実験に用いた試験体の形状および諸元を図 1 および表 - 1 に示す。なお、試験体は柱のみが曲げ降伏するように、梁には十分な曲げ降伏耐力を保有させている。

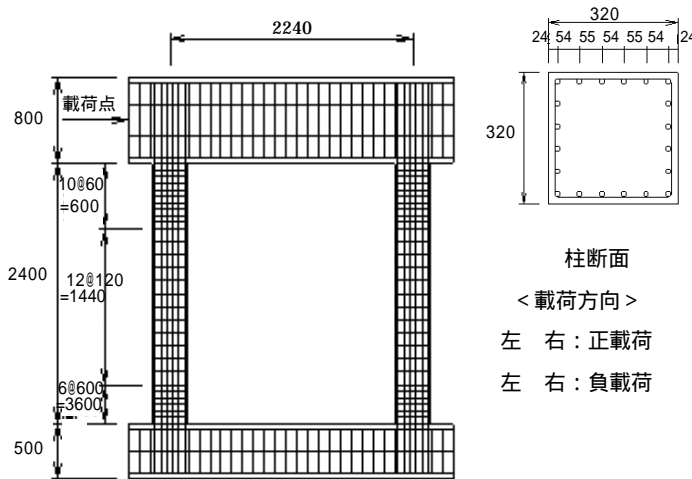


図 1 試験体の形状および配筋状態

表 1 試験体諸元

試験方法		静的正負交番載荷試験	
柱断面		320mm x 320mm	
コンクリート	圧縮強度	29.7 N/mm <sup>2</sup>	
	ヤング係数	23.7 kN/mm <sup>2</sup>	
軸方向鉄筋	配筋	D13 - 20本(pt = 0.8%) SD345	
	材料特性	降伏強度	369 N/mm <sup>2</sup>
帯鉄筋	配筋	上下端部	35 @60mm(pw = 0.11%) SD295を熱処理
	配筋	中間部	35 @120mm(pw = 0.05%) SD295を熱処理
材料特性	降伏強度	248 N/mm <sup>2</sup>	
	ヤング係数	190 kN/mm <sup>2</sup>	

2.2 載荷方法および実験結果

載荷方法は、上部梁位置に取り付けたアクチュエーター 2 台の水平力の押し引きにより静的正負交番載荷を行った。加力サイクルは、降伏変位  $y$  の整数倍として、各  $y$  ごとに 3 サイクルの繰り返し載荷を行った。水平荷重 - 水平変位の関係を図 - 3 に示す。実験の結果、荷重 207.9kN、変位 16.2mm で、左側柱(正載荷時に引抜き側)の下端部が曲げ降伏し、最大荷重に達したのち  $4 y$  の繰り返し載荷で徐々に荷重が低下し、 $-5 y$  の 1 サイクル目で右側柱(負載荷時に引抜き側)の下端部に生じたせん断ひび割れが発達し、荷重が急激に低下した。

3. 変形性能に関する検討

3.1 解析方法

上記試験体を対象に、静的非線形解析を行った。柱部材の非線形性は曲げモーメントと部材角の関係で表わし、復元力特性は、曲げ破壊となる RC 部材の実験より得られた最大耐力以降の低下領域を考慮したテトラリニア型<sup>1)</sup>でモデル化した。解析に用いた復元力モデルを図 - 2 に示す。また、柱軸力の変動が曲げ耐力に与える影響を考慮している。なお、上部梁および下部梁は線形とした。

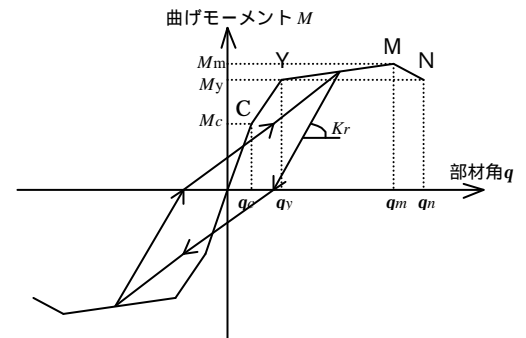


図 - 2 解析に用いた復元力モデル

### 3.3 実験値と解析値の比較

#### (1) 荷重 - 変位関係

ラーメン試験体の載荷点における荷重 - 変位関係の実験値と計算値を図 - 3 に示す。荷重 ~ 変位関係は、+5 y まで概ね一致している。-5 y は、実験値が計算値を大きく下回っているが、これは、柱がせん断破壊したためと考えられる。

#### (2) 累積履歴吸収エネルギー

ラーメン試験体の載荷点における累積履歴吸収エネルギーの実験値と計算値を図 - 4 に示す。実験値と計算値は概ね一致する結果となった。

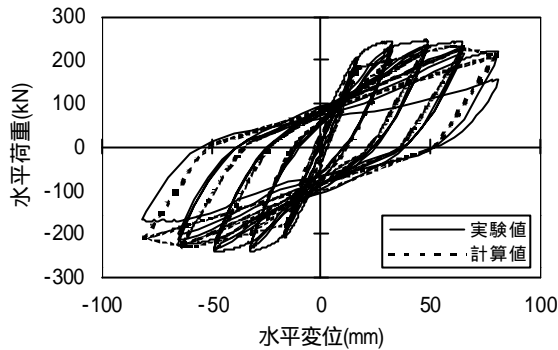


図-3 ラーメン試験体の荷重 - 変位関係

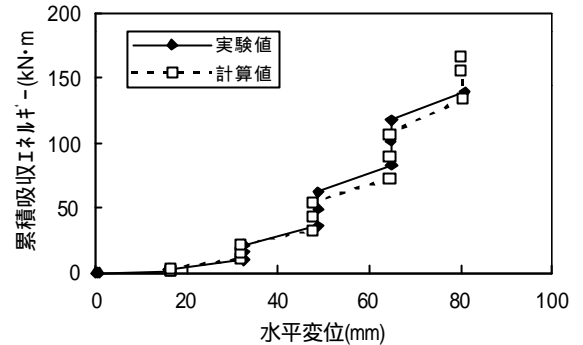


図-4 ラーメン試験体の累積履歴吸収エネルギー

#### (3) Y点, M点

各柱部材の軸方向鉄筋の曲げ降伏時(図 - 2 に示す, Y点)および最大荷重時(M点)における荷重と載荷点の水平変位ならびに負勾配領域における降伏荷重の維持の限界点(N点)における載荷点での水平変位の実験値と計算値を表 - 2 に示す。

降伏荷重  $P_y$  は、実験値は計算値よりも、15%程度大きく、最大荷重  $P_m$  は計算値と同程度であった。また、Y点変位は、実験値は計算値よりも、25%程度大きく、M点変位は計算値と同程度であった。N点変位は、実験値は計算値よりも正載荷では同程度であるが、負載荷では17%程度小さい。これは、実験において負載荷の途中で柱がせん断破壊したためと考えられる。

以上より、本研究で用いた変形性能算定方法によりY点, M点における荷重と変位を概ね評価できると考えられる。また、せん断破壊する前の正載荷までに限れば、本方法によりN点の変位を概ね評価できる結果となった。

表-2 Y点・M点の荷重と載荷点の水平変位

状態	荷重 (kN)				載荷点の水平変位 (mm)					
	$P_y$ (Y点)		$P_m$ (M点)		$y$ (Y点)		$m$ (M点)		$n$ (N点)	
方向	正側	負側	正側	負側	正側	負側	正側	負側	正側	負側
実験値	205.9	207.9	246.1	242.2	16.2	16.2	47.2	47.9	81.0	69.7
計算値	181.4	181.4	241.2	241.2	12.9	12.9	47.6	47.6	83.9	83.9
実/計	1.14	1.15	1.02	1.00	1.23	1.26	0.99	1.01	0.97	0.83

### 4. まとめ

鉄筋コンクリート部材を線材モデルとして非線形解析を行う場合の最大耐力以降の低下領域を考慮したテトラリニア型の復元力特性をラーメン構造物へ適用した場合でも構造物全体の挙動を、概ね評価できることが検証できた。

#### 【参考文献】

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，1999.10
- 2) 瀧口将志，渡邊忠朋，佐藤勉：RC部材の変形性能の評価，鉄道総研報告，vol.13.4，pp9～14，1999.4
- 3) 棚村史郎，西村昭彦，近藤政弘，佐野弘幸：縮小RCラーメン構造物の交番水平載荷試験，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集，第1部B，pp536～537，1996.9