

曲げとねじりを同時に受ける鉄筋コンクリート柱の性能について

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○田所 敏弥 谷村 幸裕 岡本 大 曾我部 正道

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 進藤 良則

1. はじめに

斜角等の不整形な形状を有するラーメン高架橋においては、地震時における3次元的な挙動が無視できない場合が多い。このため、地震時の挙動を精度よくシミュレーションするためには、ねじりを受ける鉄筋コンクリート（以下、RC）柱の性能を把握する必要がある。本研究では、標準的な高架橋柱を模擬した供試体による曲げとねじりの同時載荷実験を行い、ねじりがRC柱の部材性能におよぼす影響について検討した。

2. 実験概要

標準的なラーメン高架橋柱を模擬した実大供試体により、曲げ載荷、および曲げとねじりの同時載荷を行った。供試体諸元を表1、載荷パターンを表2、載荷方法を図1に示す。実験に用いた供試体は、すべて同じ断面諸元であり、載荷パターンを実験パラメータとした。基準供試体は、ねじりを受けない正負交番3回繰返し載荷を行った。No.1は、曲げと同時に高架橋柱で想定される最大のねじり量を作用させた。No.2は、曲げと同時にNo.1の2倍のねじり量を作用させた。

3. 曲げを受けるRC柱のねじり性能

実験より得られたねじり荷重-ねじり角関係を図2および図3に、コンクリート標準示方書¹⁾にしたがって算定した計算値とともに示す。図2は、No.2に載荷③を作用させた結果であり、ねじりのみの正負交番繰返し載荷の結果である。一方、図3は、No.2に載荷④を作用させた結果であり、曲げとねじりの正負交番繰返し載荷の結果である。載荷④では、曲げ変位に応じてねじり角を増加させたため、ねじりの繰返し変位は、曲げの繰返し変位 δ_y （降伏時の変位）に対応している。図2より、純ねじり耐力 M_{tc} の計算値は、実耐力の70%程度であること、ねじり剛性は経験した最大点を指向することがわかった。また、図3より、曲げとねじりを同時に受ける場合、つまり、軸方向鉄筋が降伏するRC柱においては、ねじり剛性が低下し、ねじり

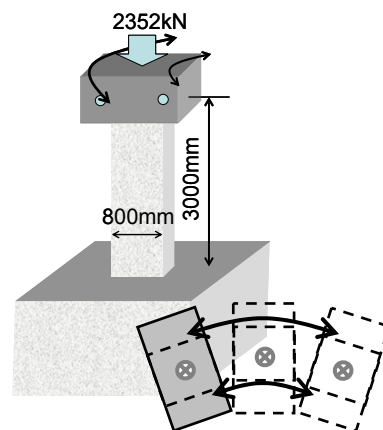


図1 載荷方法（載荷②④）

表1 供試体諸元

供試体	断面形状 (mm)	柱コンクリートの圧縮強度 f'_c (N/mm ²)	せん断スパン (mm)	軸方向鉄筋		帯鉄筋		軸力 kN (応力 N/mm ²)
				鉄筋径 (鉄筋比%)	降伏強度 f_y (N/mm ²)	鉄筋径 (鉄筋比%)	降伏強度 f_y (N/mm ²)	
基準	800×800	30.2	3000	D25-32 (2.53)	371	D13-2 組 ctc80 (0.79)	373	2352 (3.68)
No.1		34.4	3000		372		346	
No.2		30.7	3000		372		346	

表2 載荷パターン

載荷	供試体	曲 げ	ね じ り	記 事
①	基準	正負交番3回繰返し載荷	—	曲げのみ
②	No.1	正負交番3回繰返し載荷	0.07(deg./m/ δ_y)	曲げ+ねじり（高架橋柱で想定される最大ねじり角）
③	No.2	—	正負交番3回繰返し載荷	純ねじり耐力 M_{tc} の整数倍でねじりの正負交番繰返し載荷 帯鉄筋が降伏ひずみの50%程度に達したとき載荷終了
④	No.2	正負交番3回繰返し載荷	0.14(deg./m/ δ_y)	曲げ+ねじり（No.1、②の2倍のねじり角）

キーワード ねじり，曲げ，変形性能，鉄筋コンクリート柱

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-728

荷重が増加しないことがわかる。これは、ねじり量が少ない、No.1 の載荷②についても同様であった。このことから、現行の設計では、曲げとねじりの連成を考慮し、ねじり力を照査するが、曲げ降伏する RC 柱においては、ねじり破壊が発生する可能性は小さいと考えられる。

4. ねじりを受ける RC 柱の変形性能

RC 柱に曲げとねじりの同時載荷を行い、基準供試体の実験結果と比較することにより、ねじりが RC 柱の変形性能におよぼす影響について検討した。実験の結果得られた荷重－変位関係の包絡線を鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）²⁾ にしたがって算定した骨格曲線とともに図 4 に示す。基準供試体では、 $3\delta_y$ のとき、基部がはく離したが、曲げとねじりを同時に受ける供試体では、 $2\delta_y$ のとき、基部がはく離した。 $2\delta_y$ におけるねじり角は、純ねじり耐力、つまりねじりひび割れ発生荷重時のねじり角を大きく超過していた。このため、基部においては、曲げに加え、ねじりによるひずみによって、基準供試体よりも小さな変位で、はく離が生じたものと考えられる。

また、ねじりを受ける供試体では、軸方向鉄筋の座屈は、基準供試体に比べ小さな変位で発生し、変形性能が低下することがわかった。ここで、座屈にともなう荷重低下が確認された $5\delta_y$ のときの損傷状況を図 5 および図 6 に示す。図 5 および図 6 より、塑性ヒンジ領域は基準供試体と同様に、ともに $0.8D$ (D : 柱幅) 程度であることがわかる。また、図 4 より、曲げとねじりを同時に受ける RC 柱では、変形性能が低下するが、ねじり量が異なる No.1, No.2 の荷重－変位関係に差異がないことから、ねじり量の大きさによる影響は小さいことがわかった。これは、ねじりのみの載荷実験の結果を考慮すると、RC 柱の変形性能の低下のおもな要因は、かぶりコンクリートの損傷にあるためと考えられる。

5. まとめ

本実験の結果、以下の知見を得ることができた。

- (1) 軸方向鉄筋が降伏しない場合、純ねじり耐力の計算値は、実耐力の 70%程度あり、ねじり剛性は経験した最大点を指向することがわかった。
- (2) 軸方向鉄筋が降伏する場合、ねじり剛性が大きく低下するため、ねじり破壊する可能性は小さいと考えられる。
- (3) 曲げとねじりを同時に受ける RC 柱においては、変形性能が低下することがわかった。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（構造性能照査編），丸善，2002
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），丸善，2004

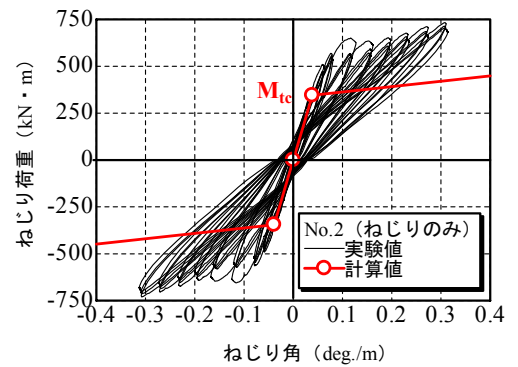


図 2 ねじり荷重－ねじり角（載荷③）

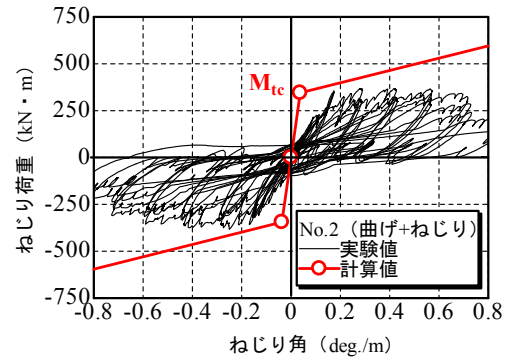


図 3 ねじり荷重－ねじり角（載荷④）

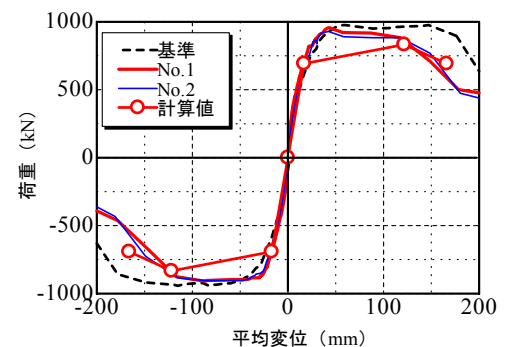


図 4 荷重－変位（載荷①②④）



図 5 損傷状態（載荷面，載荷②）



図 6 損傷状態（載荷面，載荷④）