

純ねじりを受けるRC部材の履歴特性に影響を及ぼすパラメータに関する実験的研究

九州大学大学院 正会員 山崎智彦  
九州大学大学院 非会員 高田豊輔  
リエンル建設株式会社 正会員 吉村 徹

九州大学大学院 フェロー 大塚久哲  
九州大学大学院 学生会員 王 堯  
九州大学大学院 正会員 矢葺 亘

1. 目的

純ねじりを受けるRC部材の耐震性能に関しては、非線形履歴特性についての検討例や判断材料がいまだ少ないのが現状であり<sup>1)2)</sup>適切な復元力評価が必要である。

本研究では、履歴復元力特性提案に必要な基礎データを得ることを目的とし、一般的なRC橋脚をモデルとした模型供試体を用いて純ねじり交番载荷実験を行った。パラメータとして、軸圧縮力に加えて既往の研究であまり触れられていない主鉄筋配置・帯鉄筋間隔・コンクリートの設計基準強度について比較検討した。

2. 内容

2-1 実験概要

各供試体タイプを表1に、外形寸法及び計測機器の設置位置を図1に示す。均等・隅角の両主筋配置は、鉄筋断面積がほぼ等しくなるように設定した。

図2に示すように2本のジャッキを用いた純ねじり载荷装置により、ねじりを受ける部材のそり発生は防止した状態で、漸増正負交番载荷実験を行った。

2-2 ひび割れと破壊状況

ねじり角の増加によるひび割れ幅とひび割れ本数の進展は大きな違いがあった。図3に示すように最大耐力以前は、ひび割れ本数が増加し、以降は各ひび割れ幅が増加した。ひび割れは各面にらせん状に連続しており、最大耐力時には、全ての供試体において、ひび割れが全体に行き渡った。

最大耐力以降は基部から600～1000mm程度を中心として表面コンクリートの剥離・剥落が進行し、鉄筋とコンクリートの付着力減少に伴い、ねじり耐力が減少した。

破壊が顕著な部分では、軸力による供試体断面の膨張(図4破線→実線)が発生した。

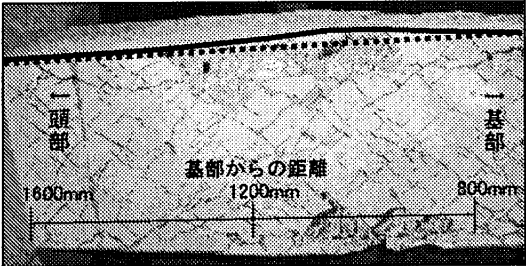


図4 供試体破壊状況(No.2・θ=-0.105rad.)

2-3 ねじり角θ-ねじり荷重T関係

ここでのねじり角θは頭部と基部の角度差、初期勾配は弾性領域でのねじり剛性GJ、降伏点は弾性領域から塑性領域へと勾配が急変する点とする。主なイベント時の実験値と計算値<sup>4)5)</sup>を表2に示す。

履歴復元力特性、RC部材、純ねじり、軸力、帯鉄筋間隔  
福岡市東区箱崎6-10-1・092-642-3268・092-642-3268

表1 供試体タイプ

| No. | 軸力    | 設計強度                 | 主筋配置 | 帯筋間隔 |
|-----|-------|----------------------|------|------|
| 1   | 0 Mpa | 40 N/mm <sup>2</sup> | 均等   | 30mm |
| 2   | 2 Mpa | 40 N/mm <sup>2</sup> | 均等   | 30mm |
| 3   | 4 Mpa | 40 N/mm <sup>2</sup> | 均等   | 30mm |
| 4   | 2 Mpa | 40 N/mm <sup>2</sup> | 均等   | 60mm |
| 5   | 3 Mpa | 60 N/mm <sup>2</sup> | 均等   | 30mm |
| 6   | 0 Mpa | 40 N/mm <sup>2</sup> | 隅角   | 30mm |

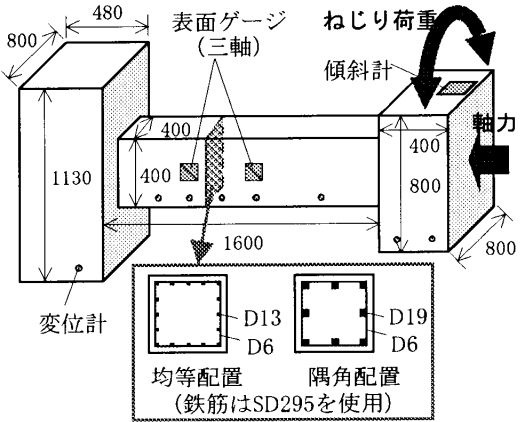


図1 供試体概要

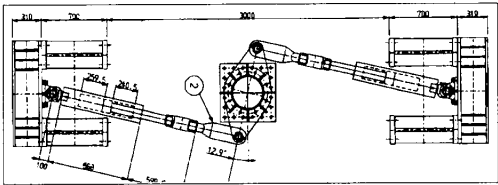


図2 拘束・载荷方法

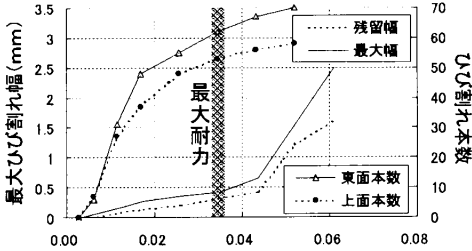


図3 ねじり角θ-ひび割れ本数・幅関係(No.5)

表2 理論値と実験値の比較

| 供試体  | 初期勾配<br>T/φ (10 <sup>6</sup> N・m <sup>2</sup> )<br>※φは平均ねじり率 |      | 最大耐力<br>Tmax<br>(kN・m) |       |
|------|--------------------------------------------------------------|------|------------------------|-------|
|      | 実験値                                                          | 理論値  | 実験値                    | 理論値   |
| No.1 | 32.8                                                         | 36.0 | 93.6                   | 91.8  |
| No.2 | 42.3                                                         | 35.6 | 99.1                   | 91.8  |
| No.3 | 41.9                                                         | 37.4 | 106.1                  | 100.6 |
| No.4 | 45.4                                                         | 36.0 | 85.5                   | 94.7  |
| No.5 | 51.8                                                         | 49.6 | 124.1                  | 122.6 |
| No.6 | 48.2                                                         | 39.6 | 100.3                  | 95.0  |

図5より軸力が大きいほど、降伏耐力と最大耐力は増加する、ただし、降伏耐力から最大耐力までの二次勾配は軸力が大きいほど小さい。降伏点での $\theta$ はほぼ同じであるが、最大耐力時の $\theta$ は軸力が大きいほど小さくなる。最大耐力以降の負勾配はほとんど同じであった。図6より降伏耐力での $\theta$ 、 $T$ ともに帯筋による影響は見られないが、最大耐力までに到達するねじり角の違いが顕著に現れ、帯筋が少ないNo.4( $\rho_s=0.52\%$ )では、わずかな変位で最大耐力に達し、以後負勾配となることがわかった。図7より設計強度が高くなれば耐力は増加するが、イベント発生時の $\theta$ とループの形状はほとんど同じであった。図8より降伏耐力・最大耐力ともに $\theta$ の違いはあまりなく、 $T$ の違いが現れてはいるが、材料強度による影響を考慮すると主筋による影響とは言えない。(理論値も主筋配置はパラメータに影響しない)

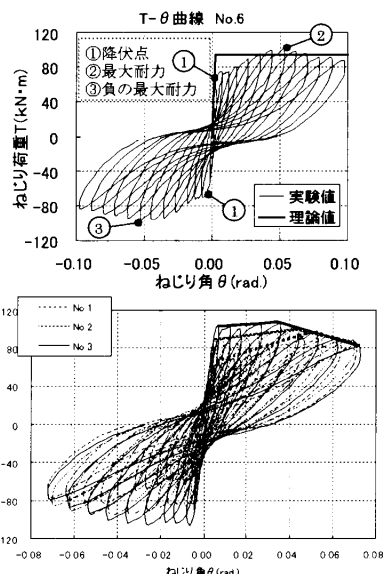


図5 軸力の影響(T-θの比較)

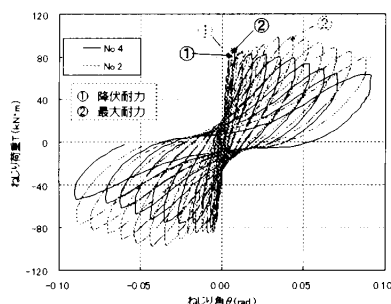


図6 帯筋間隔の影響(T-θの比較)

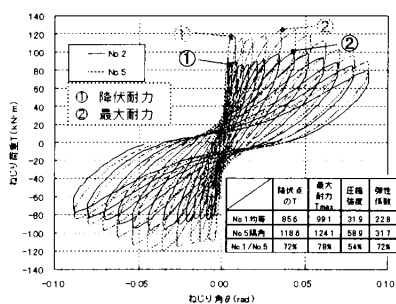


図7 コンクリート設計基準強度影響(T-θの比較)

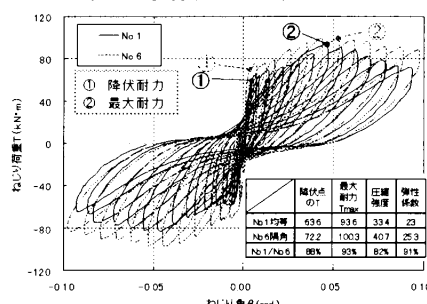


図8 主筋配置の影響(T-θの比較)

## 2-4 その他の実験結果

供試体No. 1～6のエネルギー吸収量 $\Delta W$ を図9に示す。軸力・主筋配置の影響はほとんどないと考えられる。コンクリート強度が高いと $\Delta W$ は高くなり、帯筋間隔が広いと $\Delta W$ は特に最大耐力以降で低くなる。

最大耐力以降、軸力によって主筋の圧縮ひずみが増加し、断面膨張によって帯筋の引張ひずみが増加する。供試体表面の主応力方向は概ね $\pm \pi/4$ rad.を示した。

軸力・コンクリート強度が高いと、減衰定数は高くなり、軸力が高いとその減少勾配は小さくなる。図10に示すように等価減衰定数 $h_{eq}$ は、曲げ交番载荷の等価減衰定数が最大30%程度であるのに比べ、履歴ループが原点指向型であることから各供試体とも12～17%と低い値に収束した。

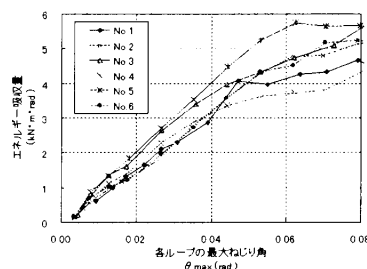


図9 エネルギー吸収量の関係

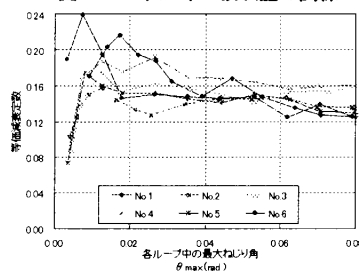


図10 等価減衰定数の推移

## 3. 結論

各パラメータは、2-3で述べたように、主筋配置以外はねじり耐力に影響することがわかった。

純ねじりを受けるRC部材の履歴ループはほぼ原点志向型であり、除荷時・載荷時の勾配が異なることから既存の履歴復元力特性では実験の挙動を表現できない。したがって各パラメータがねじり耐力・履歴特性に与える影響を追加供試体により更に検討し、履歴復元力特性を数式モデルで表現する予定である。

【参考文献】 1) 土屋・津野・前川「常時偏心軸力と交番ねじり・曲げ／せん断力を複合载荷したRC柱の非線型三次元有限要素立体解析」土木学会論文集No.683/V-52,2001.8 2) 久家・川口「高負荷の繰返しねじりを受けるRC部材の実験的研究」土木学会第55回年次学術講演会2000.9 3) 長瀧・岡本・梅木・李「交番ねじりモーメントを受けるRC部材の力学性状に関する研究」土木学会論文集No.402/V-10,1989.2 4) 大塚・庄谷・外門・原著「第三版 鉄筋コンクリート工学」1997.2 技報堂 5) 泉満明著「ねじりを受けるコンクリート部材の設計法」1972.9 技報堂