

純ねじりを受けるRC部材の交番載荷実験

九州大学・学生会員 〇高田豊輔
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲 オリエンタル建設株式会社 正会員 吉村 徹
九州大学大学院 正会員 矢葺 亘

九州大学大学院 学生会員 王 堯
九州大学大学院 非会員 山崎智彦

1. はじめに

純ねじりを受けるRC部材の耐震性能は、非線形履歴特性についての検討例や判断材料がまだまだ少ないのが現状であり¹⁾²⁾³⁾適切な復元力評価が必要である。

以上の背景から、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、軸圧縮力・主鉄筋配置・帯鉄筋間隔・設計基準強度をパラメータとして、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載荷実験を行った。

2. 実験概要

(1) 供試体諸元

各供試体タイプを表1に、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、双方の鉄筋断面積がほぼ等しくなるように設定した。

(2) 実験装置・交番載荷方法

図2に示すように2本のジャッキを用いた純ねじり装置により、交番載荷実験を行った。このときねじりを受ける部材のそり発生は防止されている。交番載荷としては、1往復目はひび割れ発生までを行い、2往復目以降は載荷幅を徐々に増加させた。最大耐力まではねじり角の載荷幅を0.0050～0.0087rad. 刻み、最大耐力以降は0.0087～0.0175rad. 刻みで、供試体のねじり耐力が最大耐力の60%を下回るまで交番載荷した。

3. 交番載荷実験結果

(1) ねじり角とねじり荷重の関係(履歴ループ)

純ねじりを受けるRC部材の履歴ループは、除荷時にくびれが生じる原点志向型であることが示された。軸力があるタイプは最大耐力までは紡錘型である(図3)。

立体トラス理論による理論値⁴⁾⁵⁾との比較を表2に示す。

表2 供試体 No. 1 の理論値との比較

	最大耐力	終局
理論値	78.4kN・m	0.1437rad.
実験値	86.5kN・m	0.1915rad.

(2) ひび割れ幅と破壊状況の関係

ねじり角は、RCのひずみとひび割れ幅の合計として発生した。交番載荷中のねじり角とひび割れ幅の比は一定ではなく、供試体の破壊状態によって変化した。図4に示すように最大耐力に達する以前は各ひび割れ幅は小さく本数が増加する傾向であるが、最大耐力時以降ではひび割れ本数増加量は減少し、各ひび割れ幅が増加する傾向へと変化した。

表1 供試体タイプ

No.	軸力	設計基準強度	主筋配置	帯鉄筋間隔
1	0 Mpa	40 N/mm ²	均等配置	30mm
2	2 Mpa	40 N/mm ²	均等配置	30mm
3	4 Mpa	40 N/mm ²	均等配置	30mm
4	0 Mpa	40 N/mm ²	均等配置	60mm
5	0 Mpa	60 N/mm ²	均等配置	30mm
6	0 Mpa	40 N/mm ²	隅角配置	30mm

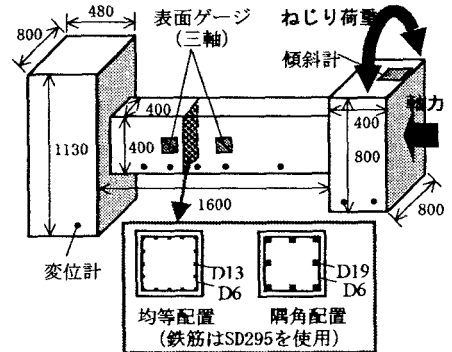


図1 供試体概要

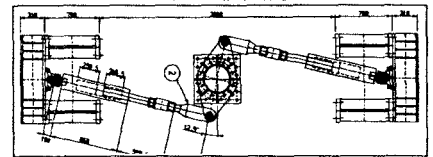
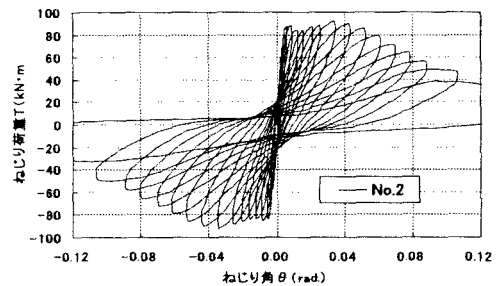
図2 拘束・載荷方法
θ-T関係

図3 ねじり角θ-ねじり荷重T関係(No.2)

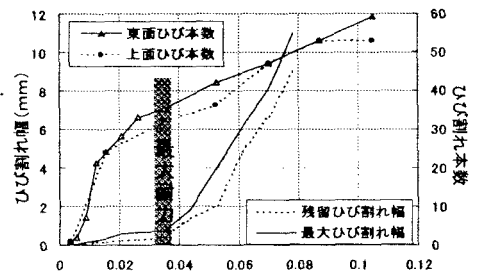


図4 ねじり角θ-ひび割れ本数・幅関係(No.2)

(3) ひび割れ発生・供試体破壊状況

最大耐力時のひび割れ発生状況を図4に示す。

各面のひび割れはらせん状に連続していた。ひび割れ発生方向($\pi/4\text{rad.}$)に圧縮応力が、直交する向きに引張荷重が作用していたと考えられる。

最大耐力以降は各ひび割れ幅が増加、表面コンクリートの剥離・剥落が発生し、コンクリートと鉄筋の付着が失われることで、ねじり荷重への耐力を失い、図5のような終局状態に至った。供試体破壊部においてRC内部のひび割れ発生による供試体断面の膨張(点線→実線)が見られた。表面コンクリートの剥離・剥落は膨張部分を中心に発生した。

(4) 軸力の影響による比較

図6より、軸力がない場合はある場合に比べ降伏発生が早く、負方向載荷での耐力が落ちることが、また図7より、最大耐力以降のエネルギー吸収量が低いことが示された。

(5) ねじり角-鉄筋ひずみ関係 (引張: 正, 圧縮: 負)

主筋ひずみ(図8)はねじり交番載荷により引張・除荷の繰り返しをうけると同時に、内部コンクリートが徐々に破壊されることによりRCとしての軸圧縮力への耐力が減少し、圧縮ひずみは増加していく。帯筋ひずみ(図9)は供試体断面が破壊され膨張するため、引張ひずみが一様増加していくと同時に交番載荷の影響を受ける。主鉄筋の座屈は発生しなかった。

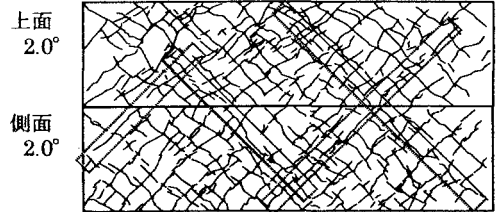


図5 ひび割れ状況(No.2・ $\theta=2.0^\circ$)



図6 供試体破壊状況(No.2・ $\theta=6.0^\circ$)

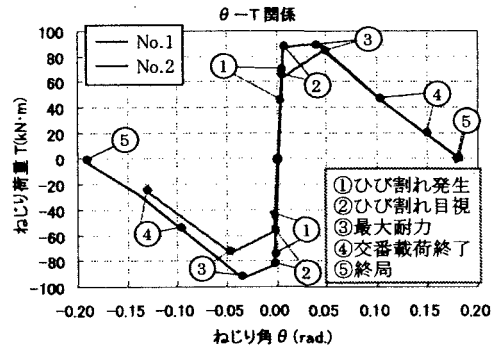


図7 T- θ 関係骨格曲線(No.1&2)

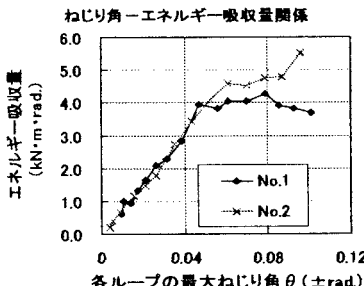


図8 ループごとのエネルギー吸収量(No.1&2)

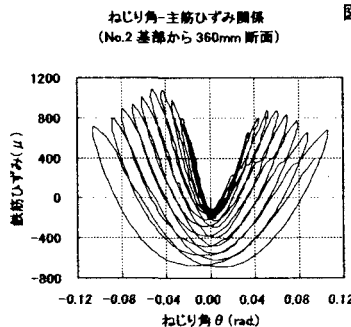


図9 θ -主筋ひずみ(No.2基部側)

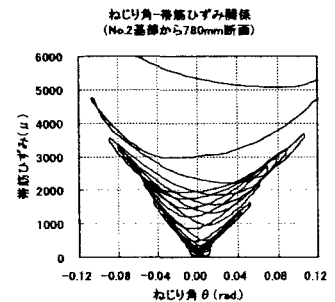


図10 θ -帯筋ひずみ関係(No.2中央)

4. まとめ

純ねじり交番載荷を受けるRC部材は曲げに対する既存ループと異なるループを描くため、履歴復元力特性の提案が必要である。今後は本実験を基礎データとし、履歴復元力特性に関して研究を進めていく。供試体No. 3以降の結果は当日発表する。

[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/せん断力を複合載荷した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「高負荷の繰り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