

コンクリート系部材のねじり破壊メカニズムに関する実験的研究

九州大学大学院 学生会員 ○秦 逸平 九州大学工学研究院 フェロー 大塚 久哲
九州大学大学院 学生会員 宇山 友理 九州大学工学部 学生会員 茂島 隆司

1. はじめに

近年、複雑な構造形式の構造物の増加により、地震時にねじりを受ける部材が増加している。既往の RC 部材へのねじり載荷実験¹⁾より、RC 部材がねじりを含む外力を受けると曲げの挙動に影響を与えることなどが明らかになっており、ねじりの影響を適切に考慮することの重要性が高まっている。

一方で、RC 部材の設計ではねじりの影響はあまり重要視されていないという現状がある。ねじりの影響が無視できないような部材に対して、その影響を適切に考慮することが部材の安全で経済的な設計につながる。

しかし、RC 部材のねじり実験は前例が多くなく、ねじりによる破壊のメカニズムについては不明な点が多いのが現状である。

そこで、本稿では、コンクリート系部材のねじり破壊メカニズムを明らかにするため、RC 部材と無筋コンクリート部材を対象に、ねじり荷重を与える実験を行い、その結果より、ねじり破壊メカニズムを明らかにした。

2. 実験概要

帯鉄筋間隔をパラメータとした RC 柱部材 3 体、無筋コンクリート柱部材 1 体に対して、一定軸力下で単調増ねじり荷重を与える実験を行った。

実験供試体の写真を図-1 に示す。柱部分は 400×400mm の正方形充実断面で、長さは 1600mm である。局部破壊を避けるために柱上下端にフーチングを設けた。コンクリートの設計基準強度は 40N/mm² である。

RC 供試体の鉄筋はすべて SD295 であり、主鉄筋は D13 を 16 本、帯鉄筋は D6 を用いた。

ねじり荷重の載荷は 2 本のねじり載荷用ジャッキで偶力を作用させることで、柱にねじりモーメントを与えた。

実験ケースを表-1 に示す。RC 供試体には、柱部分にコンクリート設計基準強度の 10% の軸圧縮応力が作用するよう

な軸力(640kN)を与えた。無筋供試体には、主鉄筋負担分を差し引いた軸力(596kN)を与え、コンクリート部分に RC 供試体と同等の軸圧縮応力を作用させた。

3. 実験結果

3.1. 耐力力曲線

図-2 に実験より得られた耐力力曲線（ねじりモーメント M_t —ねじり角 θ 関係）を示す。

全ての供試体で、ねじり載荷開始後は弾性的な挙動をし、その後部材降伏（急激な剛性低下）した。ctc60、120 ではそれぞれの供試体で 2 箇所の帯鉄筋の破断が生じた。無筋は破壊面を形成した時点で耐力を失った。

部材降伏後の勾配に帯鉄筋量を与える影響は大きく、帯鉄筋量が多いほど、勾配の大きな高い靱性を持った挙動を示した。

3.2. ひび割れ状況

図-3 に、それぞれの供試体の部材降伏時点と $\theta = 0.05\text{rad}$ の時点のひび割れ状況を示す。

帯鉄筋量がひび割れの分散度を与える影響は大きく、帯鉄筋量が多いとひび割れの分散度が高い。

また、実験時のひび割れ状況の観察より、全ての供試体で、最大耐力時点以降は一箇所のひび割れ幅のみが増加し、新たなひび割れの発生はほとんどなかった。

表-1 実験ケース

	ctc30	ctc60	ctc120	無筋
帯鉄筋比(%)	0.96	0.48	0.24	—
圧縮強度(N/mm ²)	52.7	46.2	44.2	48.3
引張強度(N/mm ²)	4.4	4.1	3.6	3.6

ctc：帯鉄筋間隔

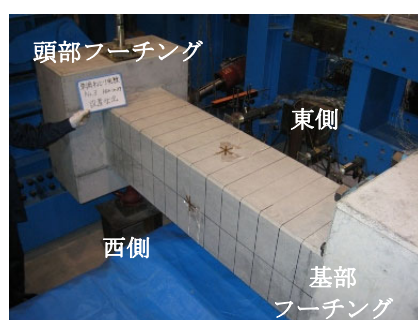


図-1 供試体設置状況

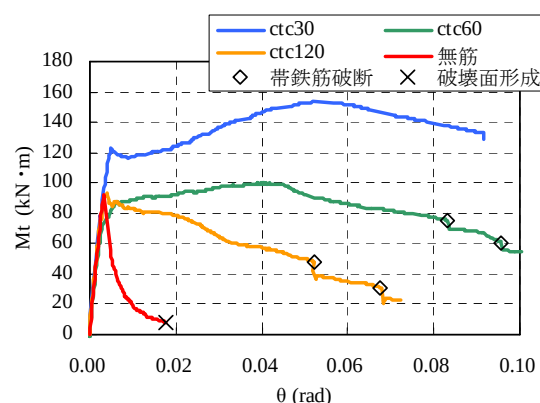


図-2 耐力力曲線

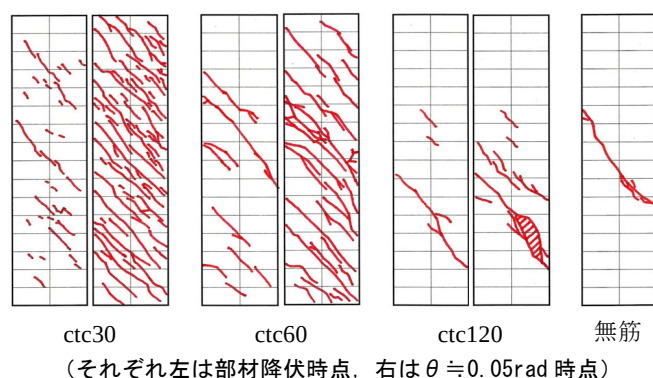


図-3 ひび割れ状況

4. 実験結果の考察

4.1. RC 部材のねじり破壊形式

RC 部材のねじり破壊形式は、部材全体が一様にひずみを生じる立体トラス形式と、破壊面の近傍のひずみが卓越する斜め曲げ形式に分類できる²⁾。

実験のひび割れ状況、鉄筋とコンクリート表面のひずみ状況より、最大耐力に至るまでの ctc30, 60 は立体トラス形式の破壊挙動であり、最大耐力以降は斜め曲げ形式の挙動であるといえる。一方で、ctc120 は、斜め曲げ形式の破壊挙動であるといえる。

図-4 に ctc30, 120 の破壊状況の写真を示す。写真から見て取れるひび割れ状況や変形状況からも、両者で破壊形式が異なることが明らかである。帯鉄筋量はねじり破壊形式を決定する重要な要因のひとつであり、帯鉄筋量が多いと立体トラス形式の、少ないと斜め曲げ形式の破壊挙動を示すといえる。また、最大耐力以降は全ての供試体で斜め曲げ形式の挙動を示したことから、ねじり耐力の低下は、斜め曲げ形式の変形が進むことによって起こるといえる。

4.2. 無筋コンクリート部材のねじり破壊メカニズム

図-5 に載荷後の無筋供試体の写真を示す。基部側

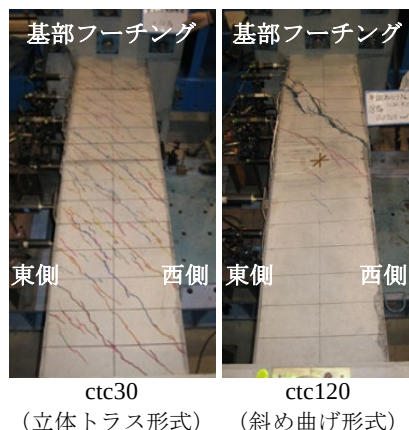


図-4 RC 供試体 破壊状況

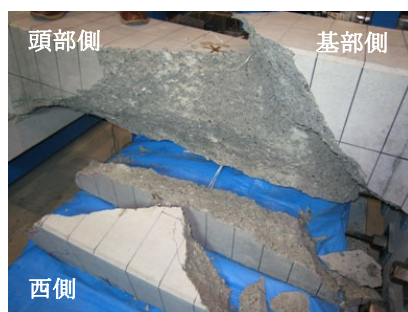


図-5 無筋供試体 破壊状況

の柱の一部が脱落したのは、部材が耐力を失った後も軸力ジャッキが供試体を押し続けたためであり、頭部側にねじりによる破壊面を見ることができる。図-6 に頭部側の柱の破壊面のイメージ図を示す。

初めにひび割れが生じる時点で急激に耐力が低下した。この時点で部材の 2 面（上、東面）にひび割れが生じたのが確認されており、図-6 の上面、東面から、部材表面と垂直方向に断面中心付近まで広がる破壊面の一部が形成されたものと考えられる。

その後、耐力が低下しつつねじり変形が進んだ。この時点では、上、東面の破壊面が成長し、西面の破壊面が徐々に形成されてゆく。下面は、破壊面における斜め曲げ形式の変形による圧縮域となり、ひずみが増してゆく。

0.018rad に達すると、圧縮域コンクリートの破壊により完全な破壊面が形成され、部材が耐力を失った。

5. まとめ

帯鉄筋量をパラメータとした RC 部材 3 体と無筋コンクリート部材 1 体を対象とした一定軸力下でのねじり載荷実験の結果より、帯鉄筋量が RC 部材のねじり挙動に及ぼす影響が明らかになった。帯鉄筋量が多いと靱性に富んだ挙動を示し、ひび割れは部材全体に分散する。

また、実験結果の考察から、RC 部材の破壊メカニズムが帯鉄筋量の多寡によって異なること、および無筋コンクリート部材の破壊メカニズムが明らかになった。

参考文献

- 1) 浦川洋介, 大塚久哲, 竹下永造: 軸力, 曲げおよびねじりを同時に受ける RC 部材の非線形挙動に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.885-892, 2005
- 2) 泉満明: 円形断面を有するコンクリート部材のねじり挙動, プレストレスト・コンクリート, Vol.38, No.5, pp. 69~77, 1996

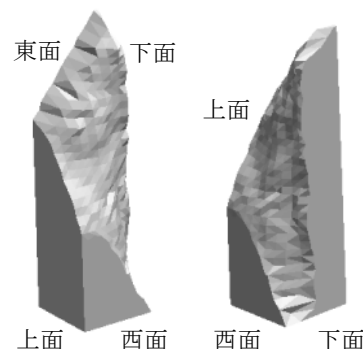


図-6 破壊面イメージ図