

軸力とねじりの複合断面力を受ける鉄筋コンクリート部材の耐力

立命館大学院 学生会員 ○近藤 克紀
 立命館大学院 学生会員 柳田 龍平
 立命館大学 フェロー 岡本 享久

1. はじめに

ねじりモーメント(T)と圧縮力(N)が同時に作用する鉄筋コンクリート中空断面部材の相互作用関係、ねじり最大耐力および最大ねじり耐力に関する示方書の考え方について論じた。

2. 実験および解析概要

(1)供試体概要

断面図および配筋図を図-1に、使用したコンクリートの物性試験結果を表-1に示す。供試体は外寸法が250×250mm、中空部分160×160mm、壁厚45mm(壁厚/外寸法=0.18)、スパン1800mmの中空断面供試体である。軸方向筋にはD10×4本、腹鉄筋にD10を220mm間隔に配置(腹鉄筋比=0.26%)した。なお、コンクリートかぶり厚さはゼロとした。

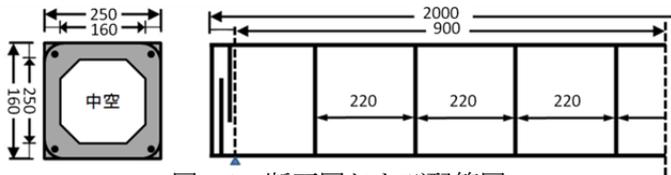


図-1 断面図および配筋図

表-1 使用したコンクリートの物性試験結果

供試体名	圧縮強度	曲げ強度	引張強度	静弾性係数
	N/mm ²			kN/mm ²
TN0	30.94	3.88	2.52	23.76
TN339	23.53	3.56	2.57	23.50

※T:ねじり, N:軸力, 数字:軸力の大きさ[kN]

(2)載荷試験方法

図-2に示すように、RC部材の軸方向中心から直角方向250mmの位置に点対称となるように支点をそれぞれ設け、ねじりを供試体に作用させた。軸圧縮力は供試体の両端部からPC鋼棒を利用して作用させた。載荷試験時に供試体に拘束応力が作用しないように、自由に回転できる載荷具を要所に設置し、今回対象外の曲げおよびせん断力の影響を最小限にした。

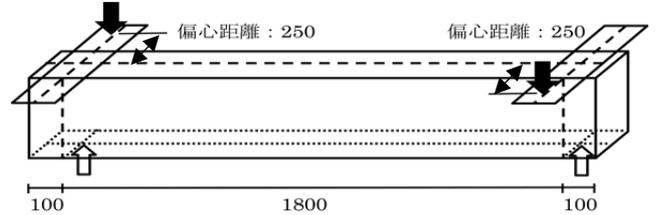


図-2 載荷方法(※黒矢印:支点, 白矢印:載荷点)

(3)解析条件

供試体詳細と載荷条件に沿ってFEM解析(ATENA)を実行した。既往の研究より、鉄筋とコンクリートの付着応力の低下を再現するため、CEB-FIPモデルに基づき付着応力-すべり関係を設定した。また、今回、固定ひび割れモデルを使用した。

3. 実験結果および解析結果

(1)ひび割れ性状

実験におけるTN0およびTN339のひび割れ性状を図-3に示す。TN0では部材軸方向と約45度の斜めひび割れが生じ、TN339では約25度の角をなす斜めひび割れが供試体全面に生じ、特にTN339では鉄筋降伏ののち斜めひび割れ間のコンクリートの圧壊で終局に達した。



図-3 ひび割れ性状(※上:TN0, 下:TN339)

(2)変形性能

TN0とTN339の実験および解析におけるTとθ(単位長さ当たりねじり角)の関係を図-4に示す。また、実験と解析の降伏値およびコンクリート標準示方書の算定

キーワード ねじり, 軸力, 相互作用, 斜め圧縮破壊耐力, 中空断面

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 理工学部環境システム工学科 TEL070-561-3374

式¹⁾より算出した腹部コンクリートのねじりに対する斜め圧縮破壊耐力(T_{cud})を表-2に示す。

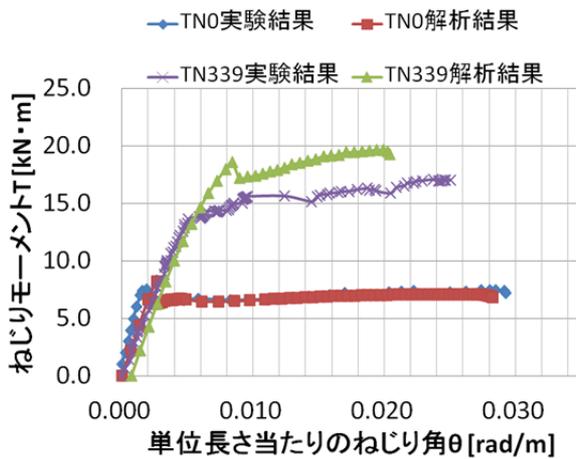


図-4 T-θ 関係

表-2 終局ねじりモーメントの比較

	载荷条件、算出条件	降伏値	破壊形式
実験値	TN0	7.47(kN・m)	鉄筋の降伏
	TN339	17.06(kN・m)	鉄筋の降伏
解析	TN0	7.93(kN・m)	鉄筋の降伏
	TN339	19.64(kN・m)	鉄筋の降伏
示方書	中実断面として算出した T_{cud}	20.97(kN・m)	コンクリートの圧壊
	中空断面として算出した T_{cud}	24.87(kN・m)	コンクリートの圧壊

解析値はほぼ実験値の傾向を捉えており、付着とすべり関係、ひび割れモデルの妥当性が検証された。加えて、本供試体を中実断面または中空断面とみなした場合の T_{cud} を示方書に基づき算出した。比較すると、中空の方が中実の場合よりも大きな算出値を示した。

(3)相互作用図

TN0 および TN339 供試体の FEM 解析を行うとともに、軸力値のみを変動させて解析し、各軸力値でのねじり耐力を求めた。得られた軸力とねじりモーメントの相互作用図を図-5に示す。図中の□と△はそれぞれ TN0 と TN339 供試体の実験値である。

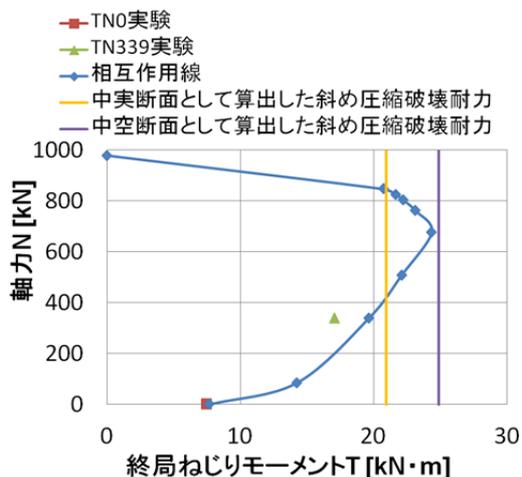


図-5 軸力とねじりモーメントの相互作用図

軸圧縮力 N の増加に伴いねじり耐力は増加するが、 N が最大軸方向圧縮耐力(N_u)の約 70%以上からはねじり耐力が急激に低下した。これは N/N_u が 0~70%までは鉄筋の降伏で終局耐力に達したが、 N/N_u が 70%以上では斜めひび割れ間のコンクリートの圧縮破壊となったためである。その理由としては、軸力が大きくなるほど部材軸方向に対するひび割れの角度が小さくなり、ひび割れに対して並行に作用する圧縮応力に及ぼす軸力の作用が強まることで、コンクリートの斜めひび割れ間の圧縮破壊に転じたと考えられる。

(4)中空断面部材における最大ねじり耐力の考え方

図-5より解析結果は TN0 と TN339 の実験結果とよく一致した。図中には示方書に基づき求めた腹部コンクリートの斜め圧縮破壊耐力(T_{cud})も示した。

示方書では T_{cud} の算定に当たり、壁厚(t)/外寸法(b)が 0.15 を上回った場合「中実断面」と仮定し、 T_{cud} を求めている。よって、本供試体の t/b は 0.18 で中実断面として T_{cud} を算出した。しかし、中実断面として算出した T_{cud} は解析結果とは一致せず、中空断面として算出した T_{cud} の方が解析結果により近いものとなった。したがって、軸力が作用している際の T_{cud} の算定に当たり示方書での中実断面および中空断面の仕切りの定義を見直す必要があるように思われた。

4. 結論

本研究によって得られた成果は以下の通りである。

- (1)軸力の作用によりねじり耐力は向上するが、軸力の作用が最大軸圧縮耐力の約 70%を超えると、圧縮破壊に転じ、ねじり耐力が急激に低下する。
- (2)腹部コンクリートのねじりに対する斜め圧縮破壊耐力 T_{cud} について、コンクリート標準示方書の算出式では、中空断面の方が中実断面の場合よりも大きな圧縮破壊耐力を示す場合があり、今後の課題である。
- (3) 軸力が作用する際の T_{cud} の算定に当たり、コンクリート標準示方書での中実断面および中空断面の仕切りの定義を見直す必要があるように思われる。

【謝辞】

実験実施において神鋼鋼線株式会社の皆様の支援を受けた。紙面を借り、篤く御礼申し上げる。

【参考文献】

- 1) 2012年制定 土木学会コンクリート標準示方書 [設計編：本編] pp. 196-204