

1.はじめに

ねじりを含む複合断面力に関する研究において、軸力の作用は部材耐力の点で優位に働くと考えられてきた。しかし、ねじりと軸力が同時に構造物に作用する際には、ねじりによる斜めひび割れ間の圧壊現象が生じやすく、注意を払う必要がある。すなわち、「軸力とねじり」の相互作用を複合的に捉えることは、合理的な構造設計を行う上で必須事項だと考えられる。

そこで、軸力とねじりモーメントの相互作用が部材耐力に及ぼす影響を考察した。

2.実験概要

(1)供試体概要

断面図・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、断面寸法 250mm×250mm、中空部分 160mm×160mm、スパン 1800mm、コンクリートかぶり 0mm とした。上端軸筋、下端軸筋および腹鉄筋に全て D10 を使用した。

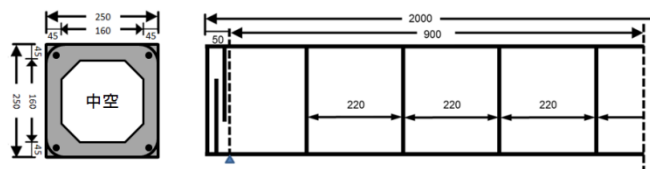


図-1 断面図および配筋図

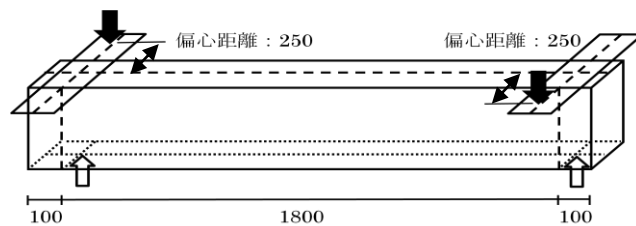
表-1 使用したコンクリートの物性試験結果

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

載荷方法において、TN0 の供試体では図-2 に示すように梁軸方向中心から垂直方向に偏心距離を設け、対角上に載荷することによって、ねじりを作用させる。また、下面の載荷点の治具を梁の軸中心に回転できるように設置し、曲げおよびせん断力が作用しないようにした。



(※黒矢印：支点，白矢印：載荷点)

図-2 載荷方法

3.解析概要

FEM 解析によって実験供試体をモデル化し、実験と同条件で解析を行った。解析条件においてはテンションスティフニングを CEB-FIP Model code 1990 で推奨されている 0.4 に設定し、「固定ひび割れモデル+付着応力-すべり関係考慮」に設定した。

4.実験結果および解析結果

(1)ひび割れ性状

実験と解析における TN0 および TN339 供試体のひび割れ性状を図-3 に示す。実験、解析ともに TN0 では供試体全面に部材軸方向と約 45 度、TN339 では約 25 度の角をなす斜めひび割れが生じていた。

側面 1

上面

側面 2

下面



側面 1

上面

側面 2

下面



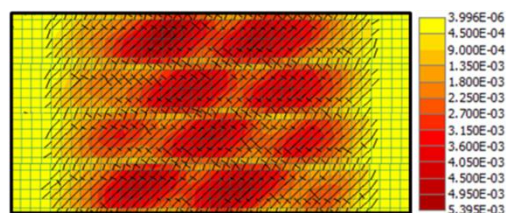
(a)実験結果 (※上：TN0,下：TN339)

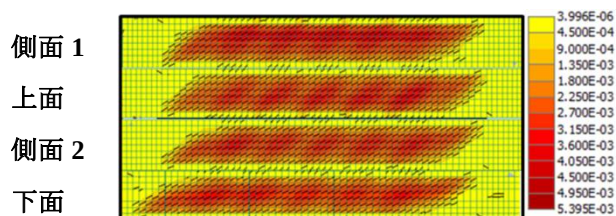
側面 1

上面

側面 2

下面





(b)解析結果(※上：TN0,下：TN339)

図-3 ひび割れ性状

(2)変形性能

TN0 および TN339 の载荷実験および解析における作用ねじり(T)とねじり角(θ)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式¹⁾より導出したねじり耐力と腹部コンクリートのねじりに対する斜め圧縮破壊耐力を表-2 に示す。

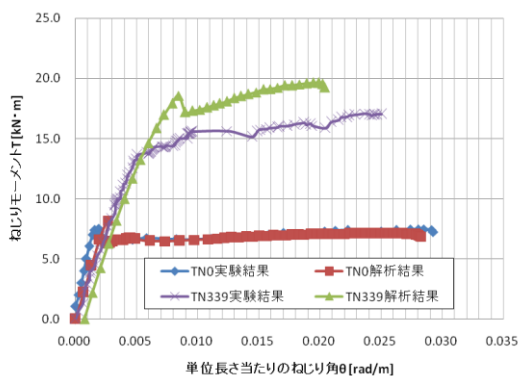


図-4 T- θ 関係

表-2 終局ねじりモーメントの比較

	载荷条件	終局ねじりモーメント	破壊形式
実験値	TN0	7.47(kN・m)	鉄筋の降伏
	TN339	17.06(kN・m)	コンクリートの圧壊
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	ねじり耐力	7.49(kN・m)	鉄筋の降伏
	ねじりによる斜め圧縮破壊耐力	19.34(kN・m)	コンクリートの圧壊

ねじり補強鉄筋量は過剰に配置されていないが、TN339 実験ではコンクリートが圧壊してしまった。

(3)解析の妥当性

TN339 において、解析値の方が実験値よりも大きくなった。理由としては、テンションスティフニングと付着応力-すべり関係の両方を考慮することで、軸力の影響による鉄筋とコンクリート間の付着性能を過大に評価していることが考えられた。

(4)相互作用図

解析により、軸力を変動させることで得られた「軸力とねじりモーメントの相互作用図」を図-5 に示す。

軸力が最大軸圧縮耐力の約 70%の点までは軸力が大きくなるほど耐力は向上した。その理由としては、軸力の影響により部材軸方向に対するひび割れの角度が小さくなることで、ひび割れ一本あたりが横切る腹鉄

筋の本数が多くなったことが挙げられる。従って、腹鉄筋一本あたりが受け持つ引張力が小さくなり、鉄筋の降伏が遅れたと考えられる。また、ひび割れの要因である引張応力と軸力による圧縮力が打ち消し合うことで耐力が大きくなったことも理由として考えられる。

次に、軸力が最大軸圧縮耐力の約 70%の点を境にねじり耐力が急激に低下した。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。

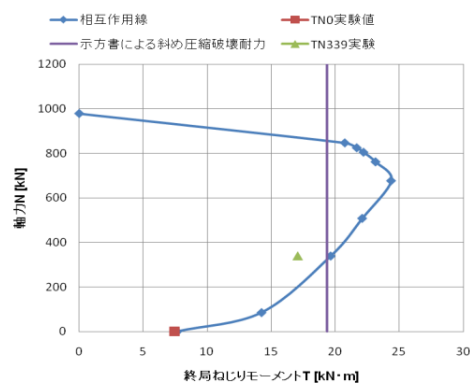


図-5 軸力とねじりモーメントの相互作用図

現在のコンクリート標準示方書では軸力の影響を考慮せずに、ねじり耐力およびねじりによる圧縮破壊耐力を定義している。TN339 実験では示方書より算出したねじりによる斜め圧縮破壊耐力に達する前に、コンクリートの圧縮破壊に転じた。従って、軸力作用下でねじりが作用する場合は、示方書による算出値よりも圧縮破壊耐力が低下することが考えられる。よって、ねじりによる斜め圧縮破壊耐力において、軸力の影響を考慮すべきだと思われる。

5.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)軸力の作用が最大軸圧縮耐力の約 70%以下では、軸力の作用によりねじり耐力は向上する。
- (2)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。

【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) 2007 年制定 土木学会コンクリート標準示方書
[設計編：本編] pp.154-157