

純ねじりを受けるRC部材の履歴復元力特性に関する考察

九州大学大学院工学府

学生員 ○王 堯

九州大学大学院工学研究院

フェロー会員

大塚 久哲

オリエンタル建設株式会社

正会員

吉村 徹

1. はじめ

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い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。本研究は、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正負交番载荷実験を行ったものである。パラメータとして、軸圧縮力の他に主鉄筋配置・帯鉄筋間隔・コンクリート設計基準強度を設定し、これらの違いが降伏後の2次勾配、最大耐力後の負勾配、ねじり塑性率に及ぼす影響について比較検討した。また、実験結果をもとにした骨格曲線の決定法の提案を述べ、さらにヒステリシスの特徴についても言及した。

2. 実験概要

各供試体諸元を表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。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、交番载荷実験を行った。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。交番载荷としては、1往復目はひび割れ発生までを行い、2往復目以降は载荷幅を徐々に増加させた。

3. 実験結果履歴曲線の検討

① 軸力の影響

図3、図4、図5に軸力が異なるNo. 1, 2, 3とNo. 6, 8, 9とNo. 11, 4, 7のT-θ曲線を示す。設計基準強度はすべて40N/mm²で、軸力は設計基準強度の0%, 5%, 10%の3通りである。降伏耐力は、軸力が高いと大きくなるが、降伏耐力時のねじり角θは、軸力の影響をほとんど受けない。最大耐力も軸力が高いと増加するが、その時のθは、軸力が高いと逆に小さくなる。降伏耐力点から最大耐力点への勾配は、軸方向鉄筋均等配置では軸力が大きくなるにつれて勾配がゆるやかになるのに対し、隅角配置では軸力の大きさにかかわらずほぼ一定である。

② 主筋配置の影響

図3,4,5を用いて、No. 1, 6とNo. 2, 8とNo. 3, 9のT-θ曲線を比較すると、その形状の特徴はほとんど同じであることがわかる。ただし、2次勾配に着目すると、隅角配置では2次勾配にほとんど差がないのに対して、均等配置では軸力が大きくなるにつれて、2次勾配がゆるやかになる。

③ 帯筋間隔の影響

帯筋間隔が異なる、No. 11, 1とNo. 2, 4とNo. 3, 7のT-θ曲線を比較する。主鉄筋はいずれも均等配置である。降伏点のθ, Tはいずれもほとんど同じであり、帯筋間隔の影響は見られないが、帯筋間隔の影響は降伏耐力以降で顕著に表れる。

④ コンクリート強度の影響

図6, 7にコンクリート強度のみが異なる、No. 2, 5とNo. 7, 10を示す。最大耐力はコンクリート強度が高いと

表1 供試体諸元

供試体 No.	設計基準強度 (N/mm ²)	軸力 (Mpa)	横方向鉄筋	軸方向鉄筋
1	40	0.0(0%)	D6 ctc30	D13 均等
2	40	2.0(5%)	D6 ctc30	D13 均等
3	40	4.0(10%)	D6 ctc30	D13 均等
4	40	2.0(5%)	D6 ctc60	D13 均等
5	60	3.0(5%)	D6 ctc30	D13 均等
6	40	0.0(0%)	D6 ctc30	D19 隅角
7	40	4.0(10%)	D6 ctc60	D13 均等
8	40	2.0(5%)	D6 ctc30	D19 隅角
9	40	4.0(10%)	D6 ctc30	D19 隅角
10	60	6.0(10%)	D6 ctc60	D13 均等
11	40	0.0(0%)	D6 ctc60	D13 均等

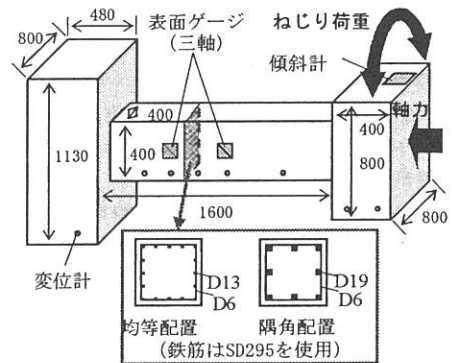


図1 供試体概要 (単位: mm)

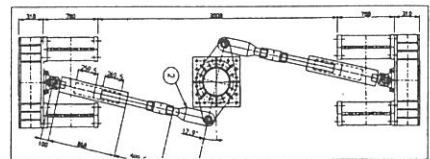


図2 ねじり载荷試験機

増加した。降伏耐力時の θ はほとんど変わらない。最大耐力時の θ はNo. 5の方がNo. 2より若干小さいが、履歴ループの形状に及ぼすコンクリート強度の影響はほとんどないと言える。

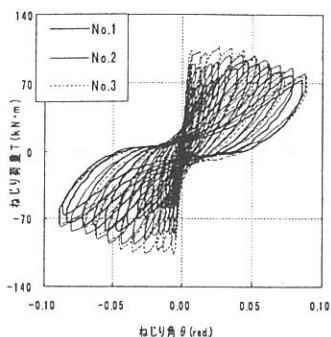


図3 T- θ 曲線 (No. 1, 2, 3)

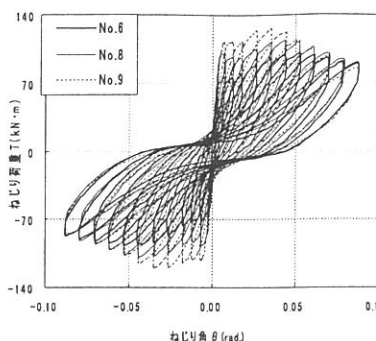


図4 T- θ 曲線 (No. 6, 8, 9)

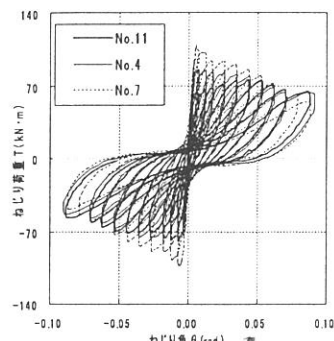


図5 T- θ 曲線 (No. 11, 4, 7)

4. 骨格曲線の計算

ひび割れ発生前のねじり部材の挙動は、弾性理論により推定できる¹³⁾。現在のところ、降伏点を直接計算することはできない。本実験結果によれば降伏点荷重はひび割れ荷重より10%~20%大きいことから、降伏点の値はひび割れ点の値の15%増しとする。本論文では、終局ねじりモーメントを斜め曲げ理論⁴⁾に基づいて算出することとした。以上のような考え方で算出した骨格曲線のひび割れ点と終局モーメントの値を表2に示す。ここで算出した骨格曲線は、帯筋間隔が広いNo. 4, 7, 10の供試体を除いて、最大耐力までは実験値とほぼ一致させることができた。

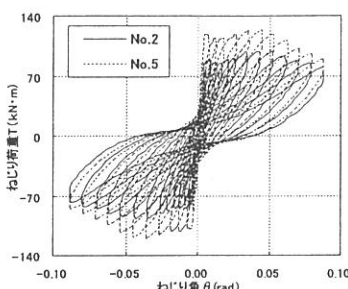


図6 T- θ 曲線 (No. 2, 5)

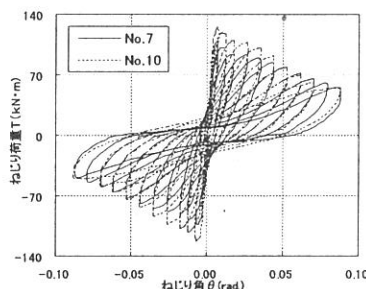


図7 T- θ 曲線 (No. 7, 10)

表2 骨格曲線の諸数値 (理論値)

No.	ひび割れ発生		降伏点		最大耐力	
	ねじり角 (rad)	荷重 (kN·m)	ねじり角 (rad)	荷重 (kN·m)	ねじり角 (rad)	荷重 (kN·m)
1	0.0044	53.5	0.0054	63.6	0.0456	93.6
2	0.0037	72.7	0.0047	85.6	0.0424	99.1
3	0.0042	87.6	0.0053	98.5	0.0236	106.1
4	0.0038	78.1	0.0049	81.0	0.0067	85.5
5	0.0035	94.3	0.0051	118.6	0.0351	124.1
6	0.0023	51.8	0.0050	72.2	0.0524	100.3
7	0.0044	95.2	0.0050	103.8	0.0061	108.6
8	0.0033	82.2	0.0051	100.5	0.0428	114.0
9	0.0037	89.1	0.0060	110.0	0.0354	125.8
10	0.0035	98.1	0.0048	115.6	0.0068	126.1
11	0.0030	61.6	0.0049	62.8	0.0439	75.3

5. 結論

(1) 純ねじりを受ける部材の復元力特性に最も大きな影響を及ぼすパラメータは初期軸力及び帯鉄筋間隔である。

(2) 初期軸力があると、降伏点での耐力、最大耐力が増加し、小さいねじり角で最大耐力に達する。

(3) 帯筋間隔が広いと、最大耐力が早く現れ、その後の負勾配も急である。一方、帯筋間隔が狭いと靱性に富んだ挙動を呈する。

(4) 純ねじりの骨格曲線に関しては、降伏と終局の2つの点からなるバイリニアールで最大耐力までの実験曲線をかなりの精度で推定できる。

参考文献

- 1) 泉満明, ねじりを受けるコンクリート部材の設計法, 1972. 9, 技報堂
- 2) 泉満明, 鉄筋コンクリート設計法の最近の動向〔部

材の設計 (その4) —ねじり—, コンクリート・ライブラリー 第41号, pp. 133-144, 昭和50. 11.

- 3) 泉満明, コンクリート部材の終局ねじり強度の算定と設計法に関する研究, 土木学会論文報告集, No. 305, pp. 111-124, 1981
- 4) 大塚, 庄谷, 外門, 原: 鉄筋コンクリート工学 (第三版), pp. 141-153, 技報堂, 1997. 2