

純ねじりモーメントが交番载荷される中空断面 RC 柱の挙動特性

九州大学工学部 学生会員 ○西木 友宏
九州大学工学部 学生会員 服部 匡洋

九州大学工学研究院 フェロー 大塚 久哲
九州大学工学研究院 正会員 崔 準祐

1. はじめに

充実断面を有する RC 柱部材に対してねじりモーメントを作用させた実験に引き続き、新たに中空断面を有する部材に対し純ねじり交番载荷実験を行った。本文では、最大耐力に対する壁厚と帯鉄筋間隔の影響を考察し、さらに、充実断面部材との挙動の差異を明らかにした。

2. 実験概要

実験に用いた供試体の概略を図-1 に示す。断面は $400 \times 400 \text{ mm}$ 、壁厚 $t=60$ および 100 mm の正方形中空断面であり、主鉄筋および帯鉄筋には SD295A、直径はそれぞれ D13、D6、コンクリート設計基準強度は 40 N/mm^2 である。また、表-1 に示す通り、No.1～No.3 が中空断面で、順に ctc30-t60, ctc60-t60, ctc30-t100 と呼称し、No.4 は ctc30 の充実断面(過年度に実験済み)とした。载荷方法は純ねじりの交番载荷とし、初期軸応力としてコンクリート設計基準強度の 10% である 4.0 N/mm^2 を与えた。

3. 実験結果・考察

表-2 に最大耐力時およびその 80% を下回った点のねじり角 θ とねじりモーメント M_t を示す。図-2、図-3 に履歴曲線と包絡線を示しており、図-2 では t60mm の No.1, No.2 により帯鉄筋間隔の影響、図-3 では ctc30mm の No.1, No.3, No.4 により壁厚の影響をそれぞれ比較した。ただし、図-2、図-3 の履歴曲線と包絡線は耐力減少後に最大耐力の 80% を下回った点まで実線で示し、図-3 に関しては最大耐力の 80% を下回った以降を破線で示している。

表-2、図-2 より、No.2 の最大耐力は No.1 の最大耐力の 76% であり、帯鉄筋間隔が密な供試体 No.1 の方が高い最大耐力値を示す結果となった。ただし、図-2 より No.1 は最大耐力後に急激に耐力が減少しているのに対し、No.2 では最大耐力後に急激な耐力減少は見られない。この原因については、後述のように No.2 では帯鉄筋が降伏しており、鉄筋が降伏することで緩やかに耐力が減少していったと考えられる。表-2、図-3 より、No.1, No.3 の最大耐力はほぼ同じであり、壁厚の違いによる最大耐力の違いはほとんどないことが分かった。しかし、図-3 より、最大耐力の 80% を下回った点でのねじり角の大きさの違いは明らかであり、壁厚が大きいほど靱性に富むことが分かる。図-3 に No.4 の履歴曲線と包絡線を示すが、No.4 は帯鉄筋降伏による破壊であった¹⁾。図-3 より、No.3 と No.4 を比

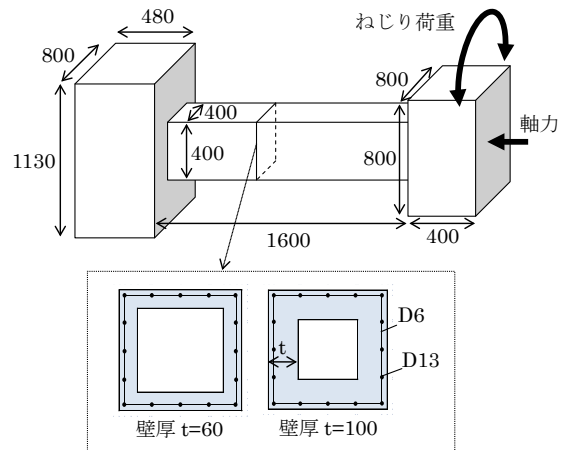


図-1 供試体概略図(単位 : mm)

表-1 検討ケース

供試体No.	壁厚t (mm)	帯鉄筋間隔ctc (mm)	コンクリート強度(N/mm ²)		弾性係数 (kN/mm ²)
			引張強度	圧縮強度	
1	60	30	3.8	60.3	27.8
2	60	60	4.4	61.6	27.1
3	100	30	4.7	57.4	25.1
4	充実	30	4.1	35.3	23.9

表-2 最大耐力(実験値)

供試体No.	最大耐力		最大耐力の80%を下回った点	
	θ (rad)	M_t (kN・m)	θ (rad)	M_t (kN・m)
1	0.0345	106.6	0.0384	73.8
2	0.0349	80.7	0.0489	64.2
3	0.0421	107.7	0.0652	83.6
4	0.0236	106.1	0.0714	81.7

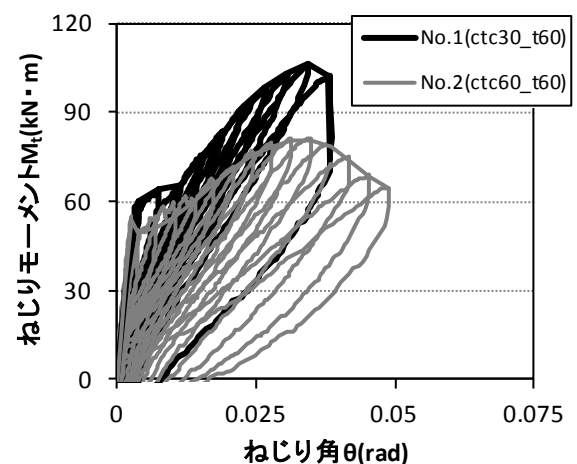


図-2 履歴曲線・包絡線(帯鉄筋間隔の影響)

較すると、降伏後に最大耐力の 80%を下回る点でのねじり角はほぼ同じであることから、中空断面において壁厚が断面辺長の 1/4 ほどになると、最大耐力とその後の靱性に関し充実断面とほぼ同等の挙動を示すことが分かる。

図-4 に中空断面(No.1, No.2, No.3)の最大耐力後の状態を上面からの写真で示すが、特徴的な損傷として写真上の赤枠で囲んだ箇所に軸方向に入ったひび割れが確認される。このひび割れについては、最大耐力の直前から卓越する傾向があり、耐力減少に関与している可能性が高い。このことから、No.3 上に入った軸方向ひび割れ(図-4 の青枠部分)を観察したところ(図-5 に拡大図を示す)、軸方向のひび割れは主鉄筋のかぶりに沿って進展し、かぶりの剥離を誘発したと思われる。以上を踏まえると、No.1 と No.3 は、主としてねじりひび割れ方向に圧縮力を負担するコンクリートがかぶり剥離を起こすことで断面積が減少し、負担する圧縮応力が増大し圧縮破壊に至ったと考えられる。

一方、鉄筋ひずみに着目すると、帯鉄筋間隔が疎な No.2 のみ最大耐力点以前に降伏した鉄筋が確認された。降伏が確認された鉄筋は図-6 (a)に示す位置(基部から 540mm,部材中央から図右側に 59mm)の帯鉄筋である。同図 (b)に帯鉄筋降伏の状況を示すが、ねじり角-0.0278rad でひずみが上昇し始め、最大耐力点(ねじり角+0.0349rad)の時点でひずみは 12,000 μ 程度まで上昇している。No.2 の最大耐力は 80.7kN $\cdot$ m であり、帯鉄筋間隔が密な No.1 がコンクリート圧縮破壊したと考えられる 106.6kN $\cdot$ m よりも 20kN $\cdot$ m ほど小さなねじりモーメントで耐力減少に転じたことから、No.2 はコンクリート圧縮破壊に至る前に帯鉄筋降伏破壊が先行したと考えられる。

4. まとめ

純ねじり交番荷重を受ける中空断面 RC 部材は、最大耐力付近で主鉄筋のかぶりコンクリートの剥離が発生する傾向があり、帯鉄筋間隔が密であれば、かぶりが剥離することでコンクリートの断面が減少し、負担していた圧縮応力が増大し圧縮破壊に至ると考えられる。今回検討した帯鉄筋間隔が密な場合には、壁厚の大小による最大耐力時のねじりモーメントに大きな違いは確認されなかったが、最大耐力後の挙動に関しては壁厚が小さくなるほど脆弱であり、壁厚が断面辺長の 1/4 程度より大きいと充実断面と同等の挙動を示すと考えられる。帯鉄筋間隔が疎な場合については、コンクリート圧縮破壊よりも帯鉄筋降伏が先行することにより、最大耐力後は粘りのある挙動を示したと考えられる。

参考文献

1) 大塚久哲:RC 橋脚のねじり耐震照査と補強, 樺歌書房, 2011

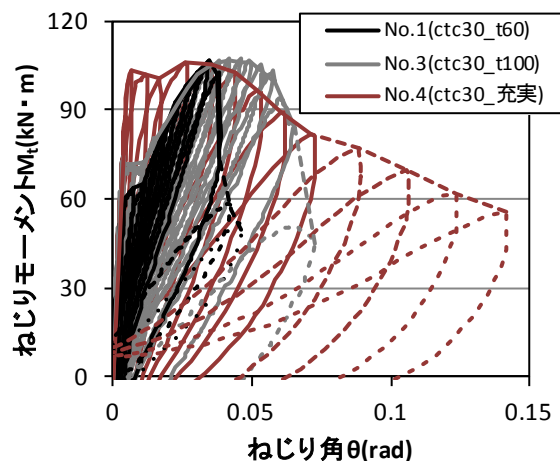


図-3 履歴曲線・包絡線(壁厚の影響)

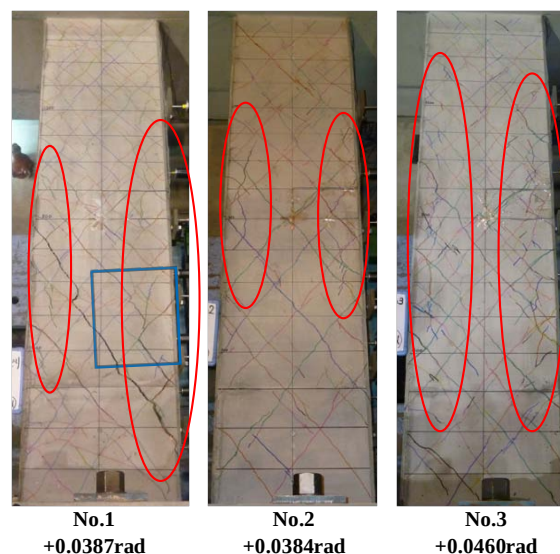


図-4 最大耐力後の状況(上面)

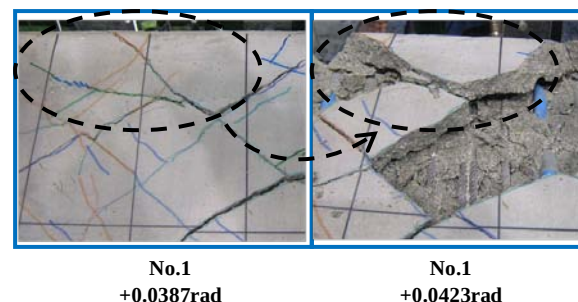


図-5 ひび割れの状況(No.1 上面)

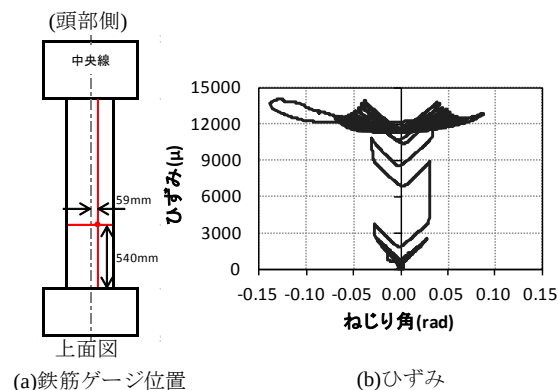


図-6 帯鉄筋ひずみ(No.2)