

軸力を受ける高強度コンクリート充填鋼管柱交番ねじり載荷実験

早稲田大学理工研究学術院 正会員 王 涛

早稲田大学理工研究学術院 フェロー 清宮 理

1. はじめ

コンクリート充填鋼管合成部材（CFT）は鋼管の中にコンクリートを充填することで、力学的に優れた性能を発揮することから、建物の柱、複合橋梁の主桁と橋脚、送電塔などさまざまな構造物で使われている。鋼とコンクリートを合成することによって、両者の短所を補い、経済的にも優れた構造部材を製作できる。しかし地震時などに想定される軸力と交番ねじりモーメントを受ける CFT 部材の力学挙動については、まだ十分に把握されていない。そこで、本研究では、一定の軸圧縮力でねじりモーメントを受ける CFT 部材の基本的な力学的特性を把握する目的で、交番ねじり載荷実験を実施した。

2. 実験概要

2.1 試験体

表-1 に試験体一覧及び図-1 に試験体形状。試験体は総数 3 体で、いずれの試験体も形状寸法は同一である。充填コンクリートのひずみを測定するため、モルタル塊のモールドを鋼管内に設置する。充填コンクリートの 2 種類で、高強度コンクリートの設計基準強度は 90N/mm²また、柱の鋼管は一般構造用炭素鋼鋼管で、材料はSTK400 である。鋼材とコンクリート強度の実験結果を表-2,表-3 に示す。

表－1 試験体一覧

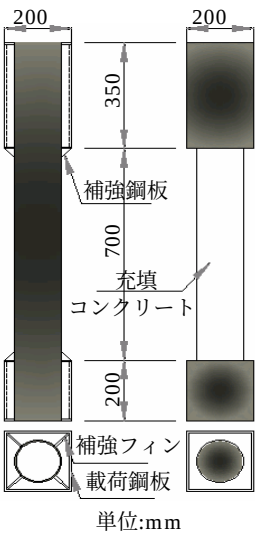
試験体 No.	鋼管		コンクリート	軸力
	外径 D(mm)	板厚 t(mm)	基準強度 (N/mm ²)	(kN)
CFT90-1	139.8	4.5	90	0
CFT90-2				620
CFT90-3				1240

表－2 鋼管の材料実験結果

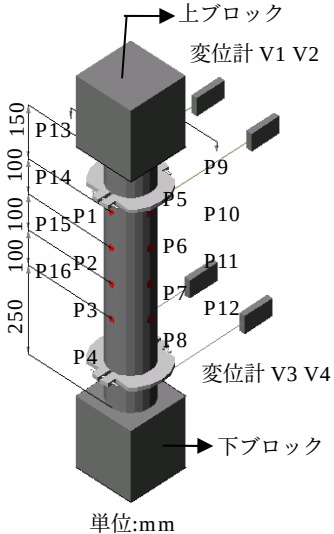
種類	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
鋼管	399.6	482.4	211.8

表－3 コンクリートの材料実験結果

種類	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
高強度	99.64	3.67	38.1



図－1 試験体形状



図－2 計測位置

2.2 載荷方法

CFT 柱の下端を反力床に固定し、自由端である柱の上端に油圧ジャッキで一定の軸圧縮力を作用させる。交番ねじり荷重は試験体の上のブロックに取り付けた H 鋼の載荷治具を介して、油圧ジャッキにより加力し、両端に大きさを等しく加える。除荷は、ねじり率が 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1 ,0.2, 0.3, 0.4 および 0.5 に達した時点で行う。荷重最大値に達した後、荷重が急激に下がった時に、載荷と計測を終了する。軸力は試験体の計算軸方向耐力の 1/3 と 2/3 に設定する。

2.3 計測方法

図-2 に変位計と鋼管表面に取付けた 3 軸ひずみゲージの位置を示す。ねじり率の計測は、厚さ 4cm、外直径

キーワード コンクリート充填鋼管, ねじり載荷試験, 高強度コンクリート, 累加強度

25cm、内直径 13.98cm の木製円環を鋼管に取り付けワイヤーロープを引出して変位計に連結して行う。変位計は鋼管のねじりによる円弧長さを計測することになる。円環の設置位置はブロックから 100mm の距離の 2 箇所とする。ねじり率を次式で求める。また、荷重は油圧ジャッキに取付けた圧力センサーによって計測する。

$$\Phi = \{(V1-V2)/2 - (V3-V4)/2\} / 100 / 0.5 \quad (\text{rad/m})$$

3. 実験結果及び考察

ここでは、ねじりモーメントーねじり率の関係、鋼管の局部座屈発生位置、充填コンクリートの破壊状況について考察した。図-3、4、5 にねじりモーメントとねじり率の関係を示す。

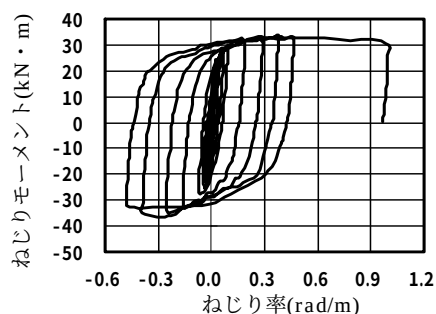


図-3 CFT90-1

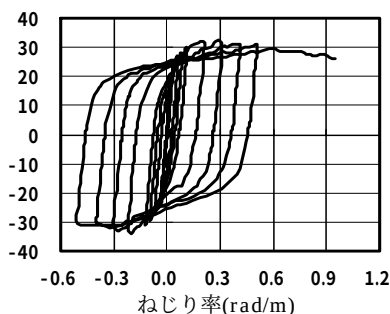


図-4 CFT90-2

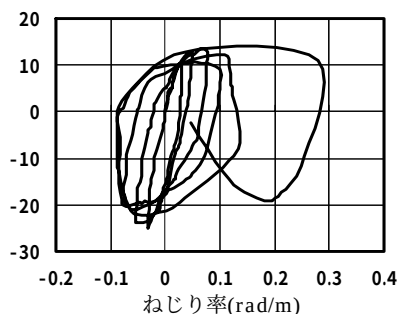


図-5 CFT90-3

ねじりモーメントが最大ねじりモーメントのほぼ 60%以内で、ねじりモーメントーねじり率曲線は、直線性を保っていた。ねじりモーメント T と最大ねじりモーメント $T_{\max}$ の比 $T/T_{\max}=0.65$ 付近からねじり剛性は低下した。CFT90 の試験体では、軸力の増加に伴ってねじり耐力が若干大きくなってから低下した。この原因は CFT 部材のコンクリートは三軸応力状態で圧縮ー引張の繰返しを受けるが、鋼管により拘束されているものの、載荷荷重の増加に従い、鋼管とコンクリートが分離したからと考える。CFT90-3 の試験体では大きい軸圧縮力を受けるので、充填コンクリートがねじり率の小さい段階で破壊してねじり剛性の低下は著しかった。実験終了後鋼管をガスで撤去しコンクリートのひび割れ状況を観察した。軸力を受けてない CFT90-1 の試験体では、ひずみゲージの測定値の状況からまず正方向の作用ねじりモーメントによりひび割れが発生した。続いて負方向のねじりモーメントを作用させることにより、ひび割れは柱の中心の上と下部分に約 45° の角度を保ちながら伸展し交差した。柱中心に近いところで徐々に鉛直方向になっていた。CFT90-2 の試験体では鋼管中心部辺りには CFT90-1 より、凹んでいる範囲は拡大した。内部の充填コンクリートの剥離、圧壊した部分は広がっていた。CFT90-3 は鋼管中央部に、大きな膨らみが出た。しかし、CFT90-3、鋼管とコンクリートのひずみは荷重が小さい段階から合わなかった。この時点でコンクリートは鋼管と分離して載荷荷重に対して主に鋼管だけで負担していたと考えられる。

4. まとめ

- (1) CFT 試験体の終局状態は、鋼管に局部座屈が生じ、充填コンクリートは交差のひび割れが生じた後終局状態で圧壊していた。
- (2) 今回、累加強度で試験体の耐荷力をほぼ算定できた。鋼管とコンクリートのひずみはねじり率が小さいときほぼ同様であった。しかし高強度コンクリートで 軸力が大きいときに、ねじり率が小さい段階でコンクリートが圧壊してねじりモーメントと軸力をその後主に鋼管だけで負担し終局状態で鋼管に大きな座屈変形が見られた。

今回の結論は試験体数も少なく一般的な結論に至らない懸念もある。今後さらに追加実験を行いまた有限要素法による解析で詳細な検討を加えたい。

参考文献

- 1) Jehyun BECK, Osamu KIYOMIYA: Fundamental Pure Torsional Properties of Concrete Filled Circular Steel Tube, 土木学会論文集, V 部門, pp.285-296, Aug.2003