

コンクリート充填鋼管の交番ねじり載荷実験

早稲田大学 学生 王 涛
早稲田大学 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。CFT 部材はじん性が大きく、耐荷力も高く、かつ施工も容易である。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、交番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。同時に、鋼管無充填ケースと充填ケースのねじりモーメントとねじり率の関係に対して比較検討を行った。

2.実験概要 表-1 に試験体一覧。図-1 に試験体形状を示す。実験は柱部材を想定し、自由端に交番ねじり荷重を作用させる。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。図-2 に示すように柱の高さは 700mm、両端の加力ブロックの断面は 200×200mm の正方形、下のブロックの高さは 200mm、上のブロックは 350mm である。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、普通強度コンクリートは 30N/mm² とする。鋼管は STK400 一般構造用炭素鋼鋼管とする。鋼材とコンクリート強度の結果を表-2、表-3 に示す。

図-3 に載荷状況の概略を示す。載荷方法は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。ねじりモーメントは鋼管に直接に作用し、コンクリートへの載荷は鋼管とコンクリートの付着で伝える。両ジャッキの引込み量をほぼ等しくしながら、静的に荷重を繰返し作用させる。ここで、ねじり率は単位長さあたりの回転角の変化量である。除荷は(1)式で求まるねじり率が 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 および 0.5(rad/m)に達した時に行う。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。

計測方法について図-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。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にひずみゲージを取り付け、鋼管内の中央位置に設置する。ねじり率の計測は、木製円環を鋼管に取付けワイヤロープを引出して 4 個の変位計(V1-V4)に連結して行う。円環の設置位置はブロック端から 100mm の距離の 2 箇所とする。ねじり率は(1)式で求める。

表-1 試験体一覧

試験体 No.	鋼管		コンクリート
	外径 D(mm)	板厚 t(mm)	基準強度 (N/mm ²)
STEEL	139.8	4.5	無
CFT30			30
CFT90			90

表-2 鋼管の材料試験結果

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試験結果

種類	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
普通強度	40.05	3.30	24.6
高強度	99.64	3.67	38.1



図 1 試験体形状

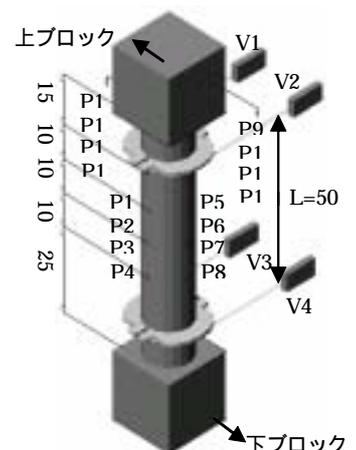


図 2 計測位置

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, 局部座屈

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 (51 号館 16-01 室) TEL 03-5286-3852

$$= \{(V1-V2)/2 - (V3-V4)/2\} / R/L(\text{rad/m}) \quad (1)$$

ここで R:円環の半径 125mm ,L:円環間の距離 0.5m、V1 等:変位計での変位(mm)である。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。

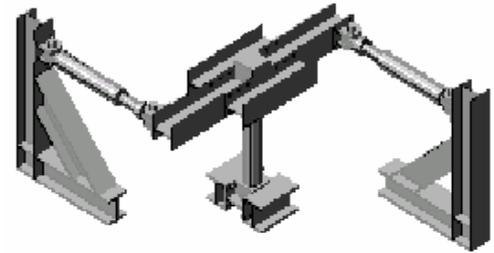


図 - 3 載荷装置

3. 載荷実験の結果

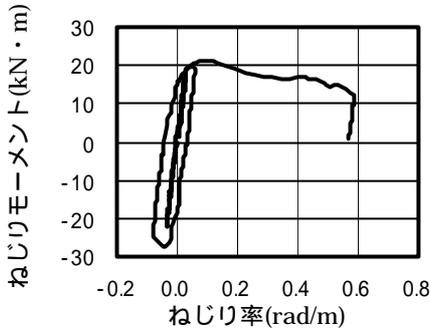


図 - 4 STEEL

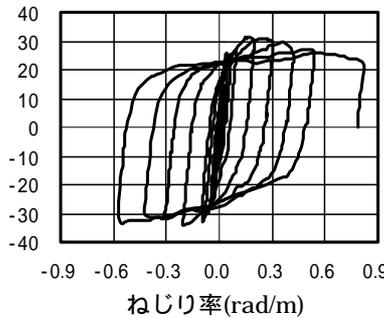


図 - 5 CFT30

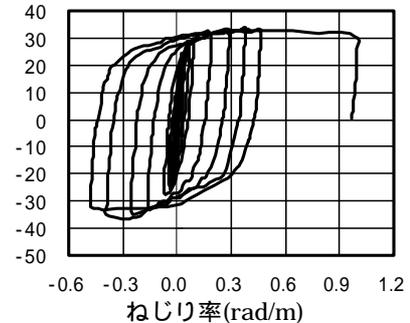


図 - 6 CFT90

図 - 4~6 に各試験体のねじりモーメントとねじり率の関係を示す。鋼管の場合に最大ねじりモーメントに達するまでほぼ直線性を保って、それ以後、鋼材が降伏しねじり耐力が緩やかに低下し最終的に鋼管中央部が座屈した。コンクリート充填鋼管の場合に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、ねじりモーメントとねじり率曲線は、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 Tmax の比 T/Tmax=0.65 付近からねじり剛性は低下した。実験終了後鋼管をガスバーナーで撤去し、コンクリートのひび割れ状況を観察した。図 - 7 に鋼管と CFT 部材の変形状況を示す。鋼管の試験体は中央部に凹んで局部座屈にした。CFT30 と CFT90 の試験体では、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。ただ柱中心に近いところでやや鉛直方向になってコンクリートが圧壊していた。

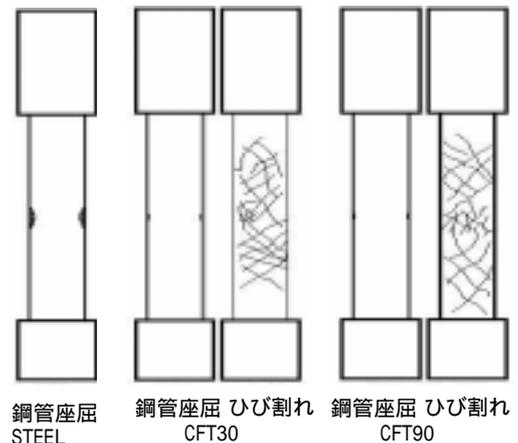


図-7 試験体の変形状況

表-4 最大ねじりモーメント比較(単位: kN・m)

項目	STEEL	CFT30	CFT90
実験値	25.2	32.1	36.6
計算値	28.9	30.7	33.3

CFT 部材の軸力とねじりモーメントの最大耐荷力は鋼とコンクリートの個々の耐荷力を単純に累加して $T_{CFT} = T_s + T_c$ 式で計算した。Ts は鋼管のねじり最大ねじりモーメント、Tc はコンクリートの最大ねじりモーメント。表-4 に比較結果を示す。実験結果は単純累加の結果と大方一致した。

4. まとめ 本研究は以下の結論を得た。

- (1) 鋼管は最大ねじりモーメント達するまで直線性を保って以後、ねじりモーメントが徐々に低下し西郷に座屈した。
- (2) CFT 試験体の終局状態は、鋼管に中央部座屈が生じ、充填コンクリートは交差のひび割れが生じ、コンクリートが一部圧壊した。
- (3) 累加強度式で最大ねじりモーメントを計算したところほぼ実験値と傾向が位置した。しかし、正負のねじりモーメントで最大値が実験で異なったのでこの違いについて今後検討したい。

参考文献

- 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