

変形性能の向上を目的とした CFT 柱構造に関する一考察

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 山本 航介
 JR 東日本 東京工事事務所 正会員 田中 寿弥
 JR 東日本 構造技術センター 正会員 黒田 智也
 JR 東日本 東京工事事務所 正会員 山田 正人

1. はじめに

鋼管にコンクリートを充填した CFT 柱は、変形性能に優れ、施工時に型枠が不要であることから鉄道構造物にも多く用いられている構造である。近年、線路上空に地盤を構築し、社会基盤スペースを創造するプロジェクトが増加しており、非常に狭隘な営業線間に柱を設置することが多く、大規模地震に対応しつつ、これまで以上にスリムな柱構造が求められている。現在、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計¹⁾(以下耐震標準)では、終局状態となる部材角は最大曲げモーメントの 90%を維持可能な最大の部材角としている。これは今までに行われてきた CFT 柱の水平交番載荷試験で、いずれも柱基部において局部座屈が発生し、最大曲げモーメントの 90%付近で耐力が低下しているためである。90%以降の領域でも安定した挙動を示す構造であれば、柱をスリムに出来、さらに狭隘な場所にも柱を設置することが可能になる。

今回はこの点に着目し、柱基部に集中して

いる局部座屈の範囲を広げることによって亀裂の発生を遅らせ、変形性能を向上させることを目的とし、柱下部にスリットを設けた CFT 柱の交番載荷試験を行ったのでその内容を報告する。

2. 試験概要

試験体は直径 360mm の鋼管をフーチングに 720mm 埋め込み、コンクリートを充填したもの 2 体とした。試験体の諸元を表-1 に示す。なお、鋼管内部にはコンクリートを拘束するためにスパイラル鉄筋(半径 360mm)を配置した。また、試験体 2 には局部座屈の範囲を広げ、鋼管の座屈を遅らせるために柱基部から長さ 1D(=360mm) 幅 3mm のスリットを 8 箇所設けた。実験状況を図-1 に、スパイラル鉄筋およびスリットの設置範囲を図-2 に、スリット部の断面図を図-3 に示す。載荷方法は、軸力比 0.2 のもとの、図-1 に示す位置での正負水平交番載荷とした。図-4 は水平力交番載荷試験の状況である。降伏変位(y)は載荷方向から 45°位置の降伏時とし、変位の整数倍を正負 1 サイクルずつ載荷した。

3. 試験結果

3.1 損傷状況

試験体 1 は 359kN 載荷時に鋼管基部が降伏し、2 y 載荷時に柱基部から 50mm の箇所にも 10mm 程度のはらみ出しが発生した。その後、はらみ出しは徐々に大きくなり、9

表-1 試験体諸元

	断面径	板厚	材質	鋼材降伏強度	コンクリート強度	軸力比	作用軸力	スリット
試験体1	360mm	6mm	SM490	365N/mm ²	23.3N/mm ²	0.2	899kN	なし
試験体2				368N/mm ²	25.2N/mm ²		864kN	8箇所

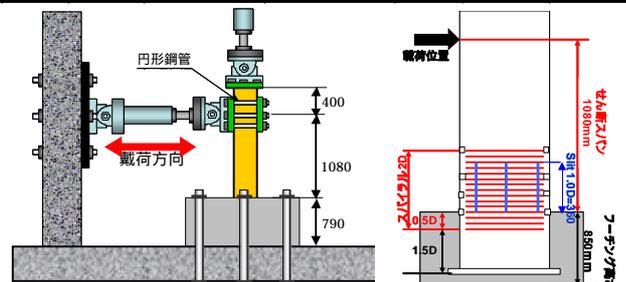


図-1 試験状況

図-2 縦断面図

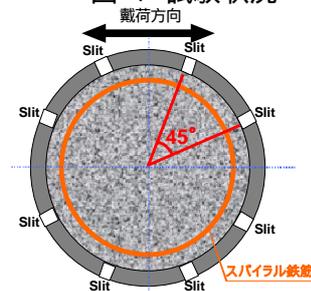


図-3 スリット部断面図



図-4 試験状況(5 y)

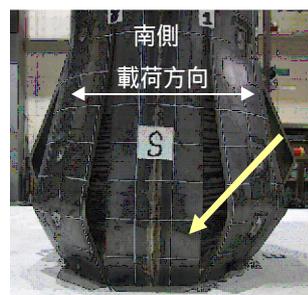


図-5 試験体 1 破壊状況



図-6 試験体 2(解体後)

キーワード CFT 柱, 変形性能, スパイラル筋, スリット

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 JR 東日本東京工事事務所工事管理室 TEL 03-3320-3482

y 戴荷時にはらみ出し部分に亀裂が生じ，耐力が急激に低下したため試験を終了した．一方，試験体 2 は，345kN 戴荷時に鋼管基部が圧縮降伏し，戴荷面圧縮側の鋼管基部より 200mm の箇所にはらみ出しが発生した．また 2 y 戴荷時にはらみ出しが戴荷方向から 45° ，柱基部から 100mm の箇所にも発生し，スパイラル鉄筋外側のかぶりコンクリートにひび割れが発生した．その後はらみ出しは図-5 のように戴荷面の圧縮側から左右方向へ順次移行した．10 y 戴荷時（曲げモーメント 310kNm）に座屈が発生した．12 y 戴荷時に柱基部 45° の位置より亀裂が発生したため，試験を終了した．解体した際の状態を図-6 に示す．スパイラル鉄筋には大きな損傷は生じていないが，打音の結果，内部コンクリートは圧壊していると考えられる．

3.2 荷重-変位関係

図-7 に履歴曲線を，図-8 に包絡線を示す．両図の結果は，両試験体の材料試験による試験結果の影響を排除するため，試験結果を部材角及び曲げモーメントで除して無次元化している．また，戴荷時の軸力に伴う復元力の低下(P- 効果)を考慮し，補正を行った．

試験体 1 は，4 y 戴荷時に水平荷重が最大となり，最大荷重は 466kN，最大曲げモーメントは 503kNm であった．最大荷重以降も安定した挙動を示していたが，9 y 戴荷時の基部亀裂発生以降，急激に耐力が低下した．直前の 8 y 戴荷時の曲げモーメントは 472kNm で，最大荷重時の 94%であった．

試験体 2 は，2 y 戴荷時に水平荷重が最大となり，最大荷重は 385kN，最大曲げモーメント 412kNm であった．2 y から耐力はなだらかに低下し，最大曲げモーメントの 90%を下回った後(8 y 以降)も安定した挙動を示した．10 y 戴荷時に座屈が発生し，12 y 戴荷時に柱基部に亀裂が生じ，耐力が急激に低下した．直前の 10 y 戴荷時における曲げモーメントは最大値の 71%である 310kNm であった．

この結果より，スリットが無い場合に関しては耐震標準通り，終局点は最大曲げモーメントの 90%を維持できる最大の部材角とすることが妥当と言える．また，M/My の最大値は試験体 1 が 1.3(503kNm)，試験体 2 が 1.1(433kNm)とスリットを入れた試験体の方が約 86%程度まで低下したが， / y の最大値は試験体 1 が 9.18 であったのに対し，試験体 2 は 12.3 となり，約 30%大きくなった．これらの結果より，スリットを入れたことによって，耐力は低下するものの変形性能は向上したと言える．

4.まとめ

本研究では，変形により地震エネルギーを吸収させることを目指し，変形性能を向上させた CFT 柱について検討を行った．CFT 柱に 8 箇所のスリットを設けた結果，破壊形態が局部座屈からスリット部分長の座屈となり，スリットを設けない場合に比べて変形性能を 30%向上したが，耐力は 86%程度に低下した．また，最大曲げモーメントの 90%を下回る 71%のステップまで安定した挙動を示した．安定した挙動を維持しつつ耐力の低下を抑制することが，今後の課題である．

