

コンクリートを充填したスパイラル鋼管柱の正負交番載荷実験

東北大学大学院 学生会員 ○山口恭平 東日本高速道路(株) 正会員 白濱永才
 東北大学大学院 正会員 秋山充良 東北大学大学院 正会員 内藤英樹
 東北大学大学院 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

橋梁の橋種選定の判断基準において、コスト比較が重要項目となっている。通常、杭に用いられるスパイラル鋼管を橋脚に用いることができれば、既存の鋼製橋脚に比べて施工の合理化と工期・工費の縮減が期待でき、また、コンクリートを充填することによってレベル2地震動に対する耐震安全性も十分に確保できると考えられる。現在までに、正負交番載荷実験などにより、スパイラル鋼管柱の耐震性能が検討された例はなく、スパイラル状に配置された溶接（シーム）部がその耐力や変形性能に与える影響は明らかでない。そこで、コンクリートを充填したスパイラル鋼管柱の正負交番載荷実験を実施し、損傷進展や鋼とコンクリートの合成効果についての基礎データを収集した。また、電縫鋼管の正負交番載荷実験に基づき提示された鉄道構造物等設計標準¹⁾（以下、鉄道標準）の構造性能評価法のスパイラル鋼管柱への適用性などを検証した。

2. 一定軸力下におけるスパイラル鋼管柱の正負交番載荷実験

(1) 実験概要

コンクリートを充填したスパイラル鋼管柱として、A-7C および A-9C を製作した。供試体の主な諸元は、鋼管直径：400mm，鋼管板厚：7 (A-7C) および 9mm (A-9C)，目標コンクリート圧縮強度：20N/mm²，鋼管降伏強度：409N/mm² (A-7C) および 470N/mm² (A-9C)，せん断スパン比：4.5 である。導入軸力は、鋼管全断面が公称降伏応力に達するときの軸力の15%を導入し、水平力は繰返し漸増載荷とした。

(2) 水平荷重－水平変位関係

実験から得られた A-7C および A-9C の水平荷重－水平変位関係を図-1 に示す。両供試体ともに最大荷重

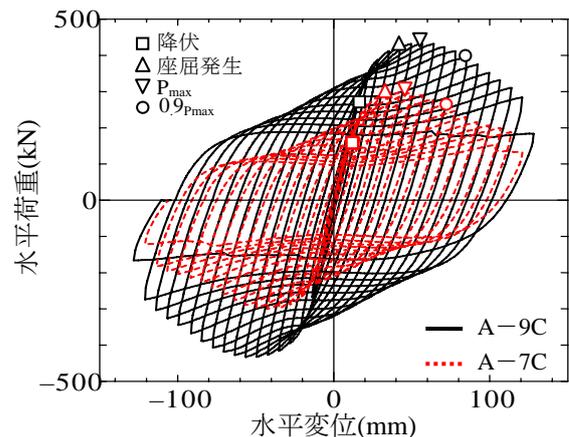


図-1 水平荷重－水平変位関係

前に柱基部において鋼管の局部座屈が生じた。最大荷重の到達後も、正側および負側において象の足座屈を維持し、荷重が最大荷重の45%まで低下したときに鋼管の座屈頂部に亀裂が生じて急速に荷重が低下した。水平荷重－水平変位関係や局部座屈の進展の観察において、シームの影響は特に確認されなかった。

(3) 鋼とコンクリートの合成効果

図-2 に、A-9C における+4 δ_y 時の柱基部から100, 200, 300, および1100mmの高さに位置する各断面のひずみ分布を示す。ここで、コンクリートのひずみは、ひずみゲージを貼付した異形角型アクリル棒をコンクリート断面内に埋め込むことにより計測しており²⁾、ひずみはいずれも引張を正として記した。コンクリートの引張ひずみに関しては、ひずみゲージの貼付位置付近のクラックの発生状況によりその値が大きくばらつくと予想されるが、軸圧縮力を受けることでクラックが閉じるため、圧縮ひずみは妥当な値が得られていると考えられる。

圧縮ひずみに着目すると、柱基部から300mmの高さまでは、鋼管のひずみ分布の直線上にコンクリートの圧縮ひずみが位置しており、鋼管とコンクリートの一体化(断面の平面保持則)が図られていることが確認された。一方で、基部より1100mmの断面では、コンクリートに引張および圧縮ひずみが全く生じておらず、鋼管とコン

Key Words : コンクリート充填鋼管柱, 正負交番載荷実験, 局部座屈, スパイラル鋼管

連絡先: 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06 TEL:022(795)7449 FAX:022(795)7448

クリートの付着は断たれている。A-7Cでも同様の結果を得ている。今回の実験では、コンクリートを供試体高さの3/4まで充填（充填高さ：1350mm）しているが、図-2のひずみ分布を見る限りでは、コンクリートの充填高さが十分でない場合には、柱基部のコンクリートに曲げ圧縮力の負担を期待できない可能性がある。

3. 現行の設計規準との比較

鉄道標準では、電縫鋼管を使用したCFT柱の正負交番載荷実験に基づく変形性能および耐力評価手法が規定されている。図-3に各供試体の水平荷重-水平変位関係から得られた包絡線と鉄道標準による算定結果（降伏点，最大荷重点，終局点）との比較を示す。鉄道標準による算定において，降伏点は，水平力作用方向に対して，45°位置での引張側鋼管が降伏ひずみに達したときとし，最大荷重点はコンクリートの圧縮ひずみで規定し，径厚比，軸力比，および細長比をパラメータとして算定する。また，終局点は最大荷重が90%まで低下した点と規定されている。A-9Cでは，鉄道標準による評価法と本実験結果はある程度の精度で一致したが，A-7Cでは実験結果を過大評価した。

ただし，電縫鋼管を使用したCFT柱の正負交番載荷実験に鉄道標準の変形性能や耐力評価法を適用しても，図-3程度のバラツキが生じることを考えれば³⁾，図-3の実験値と計算値の差は，スパイラル鋼管を使用したためとは判断されない。実験時の局部座屈の進展の様子は電縫鋼管と同様であり⁴⁾，水平荷重-水平変位関係にもシームの影響が出ていないことをあわせて考えると，コンクリートを充填したスパイラル鋼管は，電縫鋼管を用いたCFT柱の正負交番載荷実験に基づく既存の変形性能評価式などを用いて，その構造性能を評価できると推察される。

4. まとめ

本研究では，スパイラル鋼管杭の橋脚への適用を目的として，コンクリートを充填したスパイラル鋼管柱の正負交番載荷実験を行った。その結果，1) コンクリート充填高さを十分に確保することにより柱基部のコンクリートと鋼管の一体化が図れる，2) 柱基部の鋼管の座屈性状に溶接部の影響は特に現れず，象の足座屈（軸対象座屈）となる，3) 電縫鋼管を用いたCFT柱の正負交番載荷実験に基づく構造性能評価法を用いて，荷重-変位関係の包絡線をある程度の精度で再現できる，との知見を得た。

謝辞 本稿をとりまとめるにあたり，(社)日本鉄鋼連盟「2006年度鋼構造研究・教育助成事業(土木一般研究)」の支援を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造，1998。 2)Nakamura, H. and Higai, T. : Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, JCI-C51E, Vol.2, pp.259-272, 1999。 3)村田清満，安原真人，渡邊忠明，木下雅敬：コンクリート充填円形鋼管柱の耐荷力と変形性能の評価，構造工学論文集，Vol.44A, pp.1555-1564, 1998。 4)佐藤孝典：円形断面の充填コンクリート構造におけるコンファインド効果のメカニズムとそのモデル化，日本建築学会構造系論文報告集，Vol.452, pp149-158, 1993。

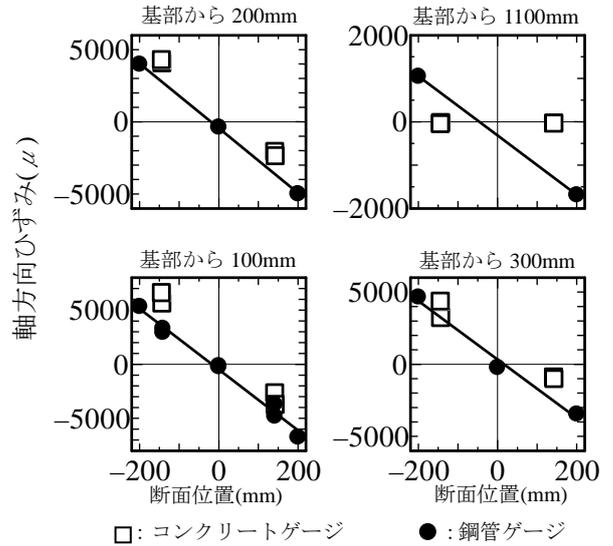


図-2 A-9Cにおける+4 δ_y時の柱断面のひずみ分布

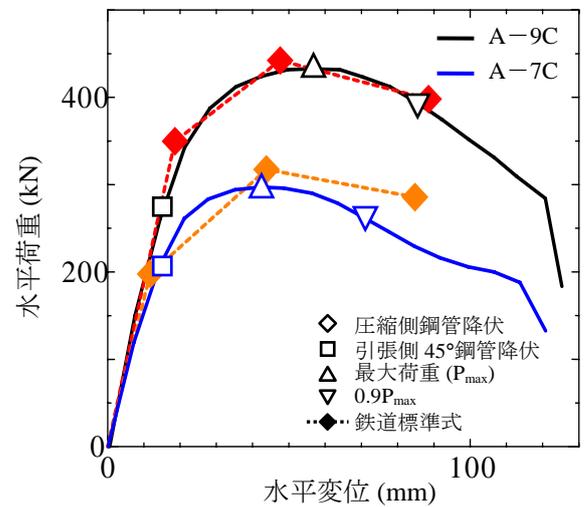


図-3 包絡線と鉄道標準式