

CFT 柱埋込み式橋脚における異種部材接合部の正負交番載荷実験

東日本高速道路(株) 正会員 ○渡部 真理, 正会員 村西 信哉
大成建設(株) 正会員 下村 泰造, 正会員 村田 裕志

1. 背景

現在建設計画中の京葉道路 鬼高パーキングエリア(仮称)は千葉県市川市に位置し, 東京外かく環状道路のランプ建設に伴い再構築するもので, 上層部分をパーキングエリア駐車場とし, パーキングエリア部は幅37m, 長さ192mの規模を有する立体鋼ラーメン構造の橋梁である。

パーキングエリア部の橋脚は, 多柱列式の鋼管柱橋脚で基数が多いことから, 柱とフーチングとの定着部を従来のアンカーフレーム形式より, 施工工程の簡素化が図れて, かつ経済性で優れる埋込み方式とした。また, 鋼管柱の更なる合理化を目指してCFT (Concrete-Filled Steel Tube) 柱埋込み式橋脚を採用した。CFT 柱構造は, 鋼管にコンクリート充填する構造であるため, 橋脚柱築造のための鉄筋や型枠の組立てを必要としないシンプルな構造であり, 強度, 剛性, 変形性能などの面でも優れている。

しかし, 現時点でCFT 柱埋込み式橋脚は建築分野や鉄道分野では実績はあるものの^{1), 2)}, 道路橋での実績がないため, 今回, 異種部材接合部に着目して正負交番載荷実験を行い, 定着部周辺におけるレベル2地震時の耐荷性能, 終局時の破壊形態を確認した。

2. 接合部の設計

CFT 柱は, 薄肉構造の鋼管にコンクリートを充填することで鋼管とコンクリートが一体となり, コンファインド効果により変形性能に優れた複合構造である。本構造では円形鋼管を用いるため, 鋼管の面内力により内部コンクリートを効率的に拘束すると共に, コンクリートが内側への鋼管局部座屈を拘束することで座屈耐力は向上する。

柱基部は, 柱に作用する軸力, 曲げモーメントおよびせん断力を確実に基礎構造に伝える構造とする必要がある。埋込み方式は, 接合部コンクリートの支圧抵抗により柱からの作用力を伝達する定着構造である。そのため, 定着部を支持するフーチングは柱基部に十分な塑性変形が生じるまで, 破壊および大きな損傷が生じないようにした。

RC フーチングの鋼管定着部周りの配筋を図-1 および図-2 に示す。埋込み定着部は設計曲げ耐力に相当するレベル2地震時の断面力に対し, 埋込み端部からせん断破壊が生じないように補強筋を配置した。補強筋は, 柱基部からの水平方向作用力, 曲げモーメントに対するものを配置した。

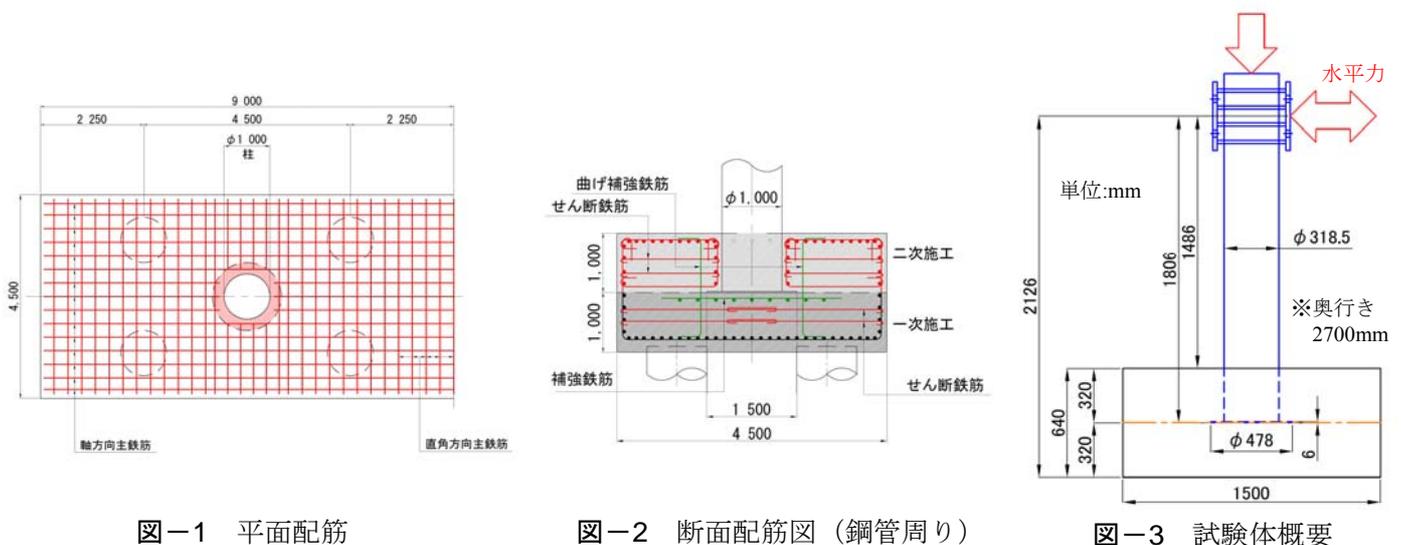


図-1 平面配筋

図-2 断面配筋図(鋼管周り)

図-3 試験体概要

キーワード CFT 柱, 埋込み式定着, 鋼ラーメン構造, 異種部材接合部, 正負交番載荷実験

連絡先 〒261-0014 千葉県千葉市美浜区若葉 2-9-3 東日本高速道路(株) 関東支社 千葉工事事務所 TEL 043-350-3340

また、RC フーチングへの鋼管柱の埋込み深さは、柱径 D 以上である $1.0D$ とし¹⁾、健全度も実験で確認した。

3. 正負交番载荷実験

試験体概要を図-3に示す。試験体は実物の $1/3$ 縮小モデルとした。CFT 柱部の鋼管は $\phi 318.5\text{mm}$ 、厚さ 7.9mm (STK490) とし、ベースプレートは直径 478mm 、厚さ 6mm の SM490A 材を用いた。鉄筋は D6~D13 とした。

コンクリート、鉄筋、鋼材の材料強度を表-1に示す。D6の鉄筋は降伏棚のあるものを用いた。RC フーチングの寸法は加力方向に 1500mm 、加力直角方向に 2700mm 、高さ 640mm とした。RC フーチング部のコンクリートは高さ 320mm ずつの2度に分けて打込みを行った。これは、CFT 柱の建込みの精度を確保するため、フーチング1層目上面で調整するためである。鋼管内部はフーチング2層目と同じコンクリートを充填させた。载荷試験は 391.1kN の一定軸力(軸応力 4.91N/mm^2) を作用させた状態で、フーチング上面から 1486mm の位置で図-4のように正負交番の水平载荷とした。 $1\delta_y$ 以降は1サイクル当たりの繰り返し回数は3回とした。载荷の基本変位となる $1\delta_y$ は、鋼管基部引張縁でのひずみが降伏ひずみに達した時の変位とし、正負での平均値として 18.0mm とした。

水平荷重-水平変位関係を図-5に示す。図中の「包絡線」は各 δ_y の1回目のピーク到達点を結んだものである。図-6にRC フーチングのひび割れ性状を示す。図中では、例えば「2-1」は $2\delta_y$ の1回目に生じたひび割れを意味し、青は正側、赤は負側の载荷時に生じたことを表している。また、「B」は予備加力の 140kN を意味している。このように、ひび割れは鋼管から放射状へと進展した。 $\pm 3\delta_y$ で正負とも最大荷重となったが、大きなひび割れや剥離は発生せず、RC フーチングの損傷は軽微であった。 $\pm 3\delta_y$ のサイクルにおいて鋼管基部の膨らみが確認され、以降ではこの膨らみが徐々に顕著になり荷重が低下していった。 $-7\delta_y$ の1回目で引張側の鋼管基部から上へ約 50mm の位置で亀裂が生じ、荷重が大きく低下した。さらに $+7\delta_y$ の2回目で反対側の鋼管基部から上へ約 50mm の位置にも亀裂が生じた。実験におけるレベル2地震時は、载荷実験では $1.1\delta_y$ 変位時に相当し、問題となるようなひび割れの発生や部材損傷は確認されなかった。

4. まとめ

正負交番载荷実験の結果、 $\pm 3\delta_y$ で最大荷重となり、RC フーチングには軽微な損傷しか発生しなかった。最終的には、 $\pm 7\delta_y$ で鋼管基部で破壊に至る結果となり十分な変形性能と耐力が確認され、想定した破壊メカニズムとなった。

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物)、丸善、2002
- 2) 村田清満ほか：コンクリート充填円形鋼管柱の変形性能の再評価、土木学会論文集、No.640/I-50、pp.149-163、2000

表-1 材料強度

材料	強度 ^{※1} (N/mm^2)
1次打設コンクリート	33.0
2次打設コンクリート	33.6
D6鉄筋 (SD345相当)	380
D10鉄筋 (SD345)	418
D13鉄筋 (SD345)	373
鋼管 (STK490)	464 ^{※2}
ベースプレート (SM490A)	382

※1 コンクリートは圧縮強度、他は降伏強度を表す。
※2 0.2%残留ひずみ時

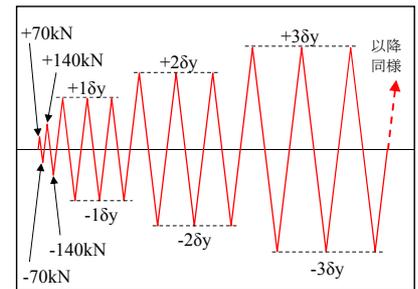


図-4 载荷サイクル

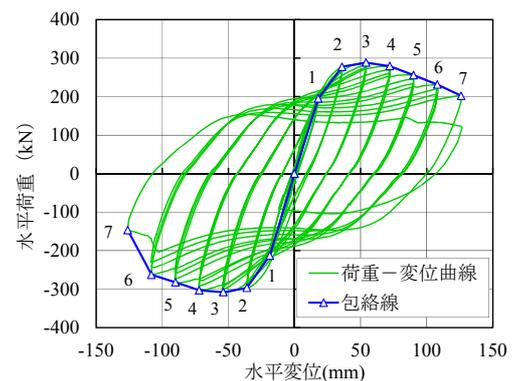


図-5 水平荷重-水平変位関係

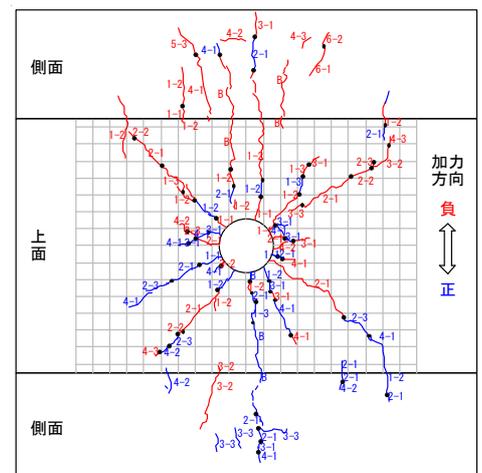


図-6 ひび割れ性状