

定着体を設けた杭・柱接合部の交番載荷試験による破壊形態の検討

(株)東日本旅客鉄道 ○正会員 森本慎二、小林寿子、井口重信、石田卓也

1. はじめに

鉄筋コンクリート高架橋の杭と柱の接合部において接合部を鋼管で補強した構造が用いられることがある。この構造は、接合部構築の為の掘削および仮土留めの施工を省略できる利点がある。一方で近年の耐震基準を満足するために、太径化する鉄筋に対し、鋼管内への杭および柱の軸方向鉄筋の定着を満足するために、鋼管の長さも鉄筋定着長に応じて長くなり、材料費等が増大するという問題もある。そのような問題を鑑み、図-1に示すように、接合部の柱および杭の軸方向鉄筋に定着体を設けることにより、定着長を短くし、鋼管長を短くする構造を検討している。既往の研究においては、接合部のみを取り出し、モデル化した要素試験を実施しており、杭および、柱鉄筋の定着体に挟まれた箇所において、定着長にかかわらず、すり鉢状の破壊面が形成され、押し抜きせん断を思わせる破壊となった。そこで、本研究では柱、柱と杭の接合部を模した供試体を作成し、柱部に水平変位を与える正負交番載荷試験により、柱や接合部の破壊形態を確認したので、その結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 供試体諸元

試験に用いた供試体の諸元および、材料試験の結果を表-1に示す。供試体は柱、鋼管で補強された杭・接合部、およびフーチング部から構成される。供試体は合計4体であり、鉄筋定着長、鋼管径、柱鉄筋と杭鉄筋の離隔等をパラメータとした。柱の外寸および配筋は供試体によらず同一のものとし、杭の配筋についてはNo.1, No.2 および No.4 は同一であるが、No.3のみ鋼管の径合わせて、配置円半径を大きくしたものとしている。供試体の正面図および、断面図を図-2に示す。

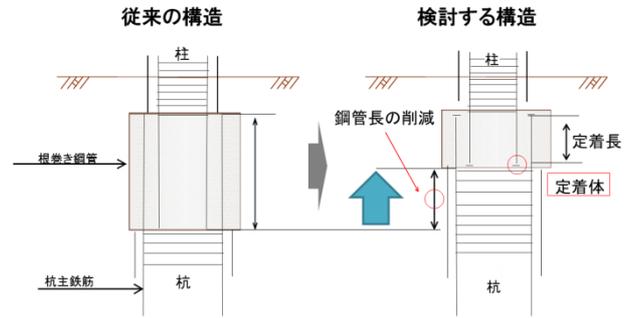


図-1 提案する構造

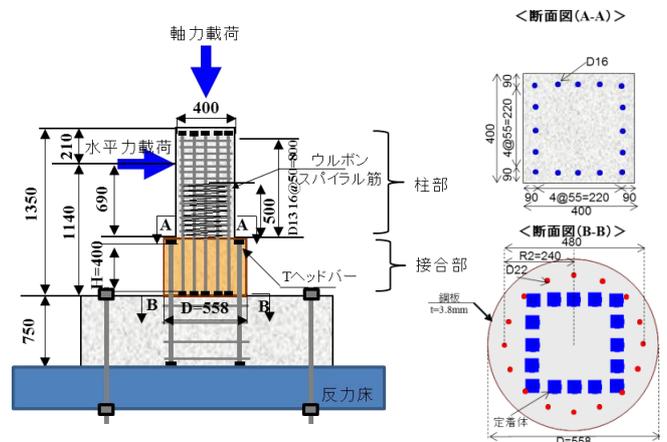


図-2 供試体 (No.1) 正面図・断面図

2.2 試験方法

試験は、柱上部に軸力 1.00N/mm^2 を載荷した状態で、図-2に示すように、柱基部から690mmの高さに水平方向に正負交番で載荷を行った。載荷方法は、荷重制御で載荷を行い、最外縁の軸方向鉄筋のひずみが降伏ひずみに達するまで行い、この時の変位を降伏変位 (δ_y)、荷重を降伏荷重 (P_y) とし、以後、正側、負側ともに、変位制御により $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ と降伏変位の整数倍の値で順次変位を増加させ載荷を行った。

2.3 計測項目

計測項目は、柱水平変位を図-2中の水平力載荷位置にてワイヤー式変位計で計測した。また、柱および杭鉄筋の軸ひずみ、補強鋼管の周面方向ひずみ

表-1 供試体諸元一覧表

試験体名称	諸元									材料試験結果									
	鋼管					t/R	柱鉄筋		杭鉄筋		コンクリート (柱)		コンクリート (フーチング)		鋼管		柱鉄筋		
	外径 D(mm)	内径 Di(mm)	内半径 Ri(mm)	定着長 H(mm)	厚さ t(mm)		規格	本数	規格	本数	圧縮強度 $f_c(\text{N/mm}^2)$	圧縮強度 $f_c(\text{N/mm}^2)$	降伏ひずみ $\epsilon_y(\mu)$	降伏ひずみ $\epsilon_y(\mu)$	降伏応力 $f_y(\text{N/mm}^2)$	降伏応力 $f_y(\text{N/mm}^2)$	降伏ひずみ $\epsilon_y(\mu)$	降伏ひずみ $\epsilon_y(\mu)$	
No.1	558.8	551.2	275.6	400	3.8	SM400	25	0.014	SD345 D16	16	240.0	SD390 D22	16	22.8	22.6	2113	280.8	2043	364.1
No.2	558.8	551.2	275.6	190	3.8	SM400	12	0.014	SD345 D16	16	240.0	SD390 D22	16	18.8	20.7	1734	282.5	1941	370.2
No.3	818.8	811.2	405.6	190	3.8	SM400	12	0.009	SD345 D16	16	370.0	SD390 D22	16	24.7	22.2	1814	361.6	1945	371.9
No.4	558.8	551.2	275.6	240	3.8	SM400	15	0.014	SD345 D16	16	240.0	SD390 D22	16	26.8	30.2	1831	375.5	2251	407.7

キーワード 定着体、交番載荷試験、接合部、鉄筋定着

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町6番26号 JR東日本上信越工事事務所 工事管理室 TEL 027-324-9369

をひずみゲージで計測した。フーチング部にシーブ管を設け、柱軸方向鉄筋の定着体にワイヤー変位計を設置し、直接柱鉄筋の抜け出し量を計測した。

3. 試験結果

図-3にNo.1及びNo.3供試体の荷重・変位関係および軸方向鉄筋の抜け出し量と水平変位の関係のグラフを示す。また、写真-1にNo.1及びNo.3供試体の破壊の状況の写真を示す。

No.1及びNo.4供試体は柱基部にひび割れが発生し、最外縁の柱軸方向鉄筋が降伏した。曲げ変形が進行し、柱側の損傷が顕著になり最大荷重を迎えると柱基部のひび割れが顕著に進展していき、柱基部でのかぶりコンクリートが圧壊した。それに伴い荷重が緩やかに低下していき、最外縁の柱軸方向鉄筋が破断し、載荷を終了した。

No.2及びNo.3供試体は軸方向鉄筋降伏後、柱基部のひび割れの進展があったが、かぶりコンクリートの圧壊の前に急激な荷重の低下が見られた。接合部内は柱基部から鋼管方向への放射状のひび割れが発生し、鋼管内のコンクリートの浮き上がりが見られ、柱基部周辺のコンクリートが粉砕化していった。その後、杭軸方向鉄筋の定着体を結ぶように円周方向のひび割れが発生した後、荷重が低下した。供試体No.3の試験後と解体時の写真を写真-2に示す。接合部上面のコンクリートが浮き上がり接合部内ですり鉢状の破壊面が形成されていることを確認した。また、図-3に示すように、No.3供試体では大きな軸方向鉄筋の抜け出しと同時に急激な水平荷重の低下が見られた。

以上より、今回の交番載荷試験での破壊形態は次の2つのタイプに分類できる。

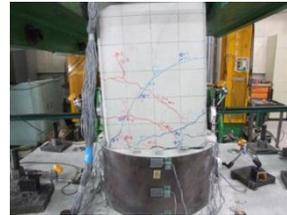
- ① 基部での曲げ破壊 (No.1, No.4)
- ② 杭・柱接合部内での破壊 (No.2, No.3)

タイプ①は、鋼管内への軸方向鉄筋の定着長が鉄筋径の15倍以上ある供試体であり、タイプ②は12倍と定着長が短く、破壊形態の違いは定着長による影響と推察された。すなわち、定着長が15倍以上あれば基部での曲げ破壊となると考えた。

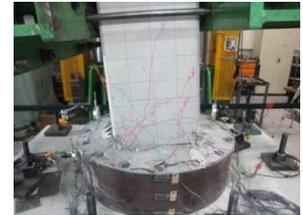


(No. 1) 最大荷重時

終局時



(No. 3) 最大荷重時



終局時

写真-1 供試体破壊状況写真

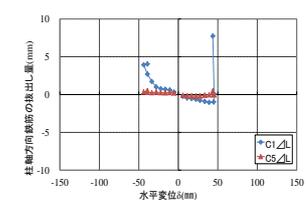
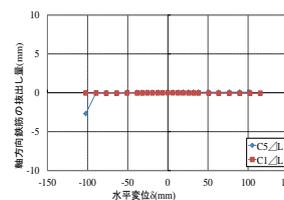
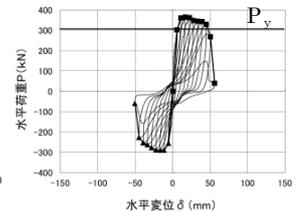
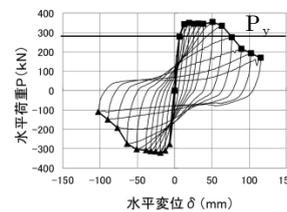


接合部上面



接合部内

写真-2 接合部での破壊の状況 (No. 3)



(供試体 No. 1)

(供試体 No. 3)

図-3 変位荷重関係及び変位抜け出し量関係

4. まとめ

今回検討した接合構造を有する柱では通常の柱のように基部で曲げ破壊を起こすものと、接合部で定着体の抜け出しが発生し、破壊に至る破壊形態の2種類があることを確認した。破壊形態を分けている要因の一つは定着長であると考えられ、今回の試験においては鉄筋径の15倍以上であれば、柱基部での曲げ破壊となることを確認した。