

既設 RC 杭の杭頭接合部載荷実験

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○下村 勝 正会員 丹間泰郎

シエール東海コンサルタンツ(株) 正会員 丹後重明

鹿島建設(株) 正会員 一宮利通 正会員 藤井秀樹

1. はじめに

昭和 30 年代に施工された打込み式の RC 既製杭は、鉄筋種別や鉄筋量、フーチングと杭の接合部の処理方法が現行基準と異なっていることから、これら既設基礎構造物の耐震診断を行なう場合、鉄道の耐震設計標準¹⁾に定められている部材特性評価式を適用できないのが現状である。

そこで、これら RC 杭の耐力ならびに変形性能を実験的に把握するため、過年度²⁾に引き続き、実橋より切出してきた RC 杭を用いた室内載荷試験を実施したので報告する。

2. 試験概要

実橋より切出してきた RC 杭の寸法諸元と材料試験結果は表-1 の通りである。試験体は、フーチングと杭の接合部を模擬するため、実橋の調査結果に基づき、図-1 に示すように杭頭処理を行ないフーチング（反力ブロック）を構築した。なお、せん断スパンは 1050mm (≒3D) として図-2 に示すように載荷装置を組上げた。

載荷は、軸方向鉄筋の計測ひずみを考慮しながら降伏変位 (θ_y 杭頭から 1D 位置での部材回転角) を定義し、 $10\theta_y$ まではその整数倍、 $10\theta_y$ 以降は偶数倍として、正負交番 1 サイクルの水平載荷とした。なお、軸力は実橋の死荷重相当を考慮し、175 kN を一定軸力として加力した。

表-1 RC 既製杭の寸法諸元と材料強度

寸法諸元	寸法	外径 $\phi 350\text{mm}$, 内径 $\phi 220\text{mm}$
	軸方向鉄筋	$\phi 9\text{mm} \times 8$ 本 (丸鋼)
	帯鉄筋	$\phi 3.2\text{mm}$ ctd100mm (ラセン)
材料強度	コンクリートの圧縮強度	73.8N/mm ²
	軸方向鉄筋の引張り降伏強度	386N/mm ²
	帯鉄筋の引張り強度	884N/mm ²

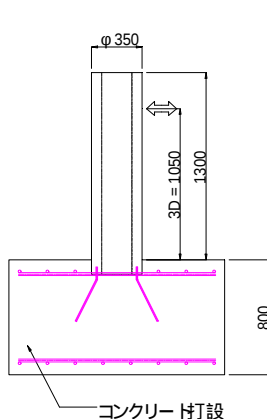


図-1 試験体概要図

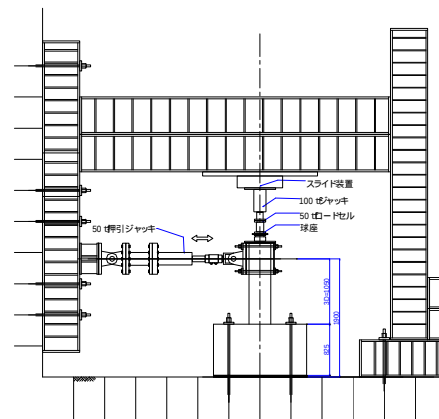


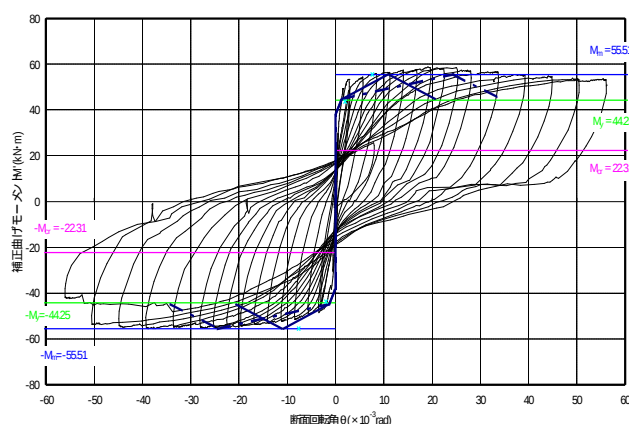
図-2 載荷試験装置

3. 試験結果

杭頭接合部に発生するモーメントと1D 位置での回転角の関係を図-3 に示す。降伏荷重、最大荷重ともに、材料試験値に基づく断面耐力の計算値と一致している。

観察の結果、接合部に 1本のひび割れが発生した後は、そのひび割れが開閉するのみであり、新たなひび割れは発生しなかった。また、コンクリートの圧壊や剥離は、最大荷重を維持できる限界 ($9\theta_y$) 付近から明確に確認 (写真-1,2)され、この時点で、接合部より80mm離れた位置での杭コンクリートの計測ひずみが最大値 (1920 μ) に達している。(図-4)

なお、 $20\theta_y$ 負側載荷時に軸方向鉄筋が破断したため、実験を終了した。

図-3 杭頭部の M ~ θ 関係

キーワード RC 杭、杭頭接合部、載荷試験、丸鋼

連絡先: 〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1-9-1 JR東海 施設部工事課 TEL 03-5218-6274 FAX 03-3286-5186

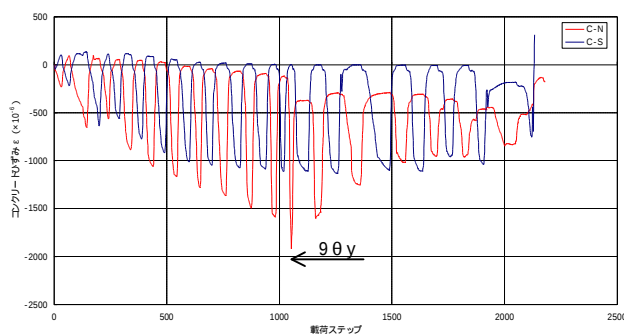


図-4 接合部より80mm 位置の杭コンクリート表面ひずみ



写真-1 90y の状況 (左/引抜側, 右/圧縮側)

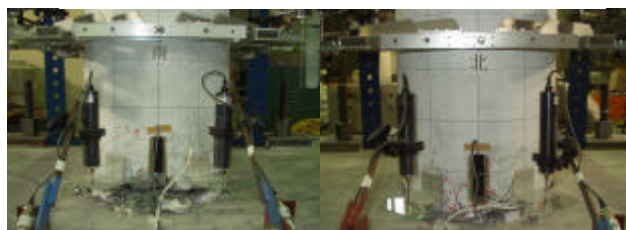


写真-2 200y の状況 (左/引抜側, 右/圧縮側)

4. 計算値との比較 考察

まず参考として, 鉄道の耐震設計標準¹⁾の部材特性評価式に基づき算定されるモーメント-部材角 (1D 位置) の関係を図-3 中に実線で示すが, 変形性能に関して, 計算値は実験値を過小評価する結果となった。

続いて, 同標準に基づいて塑性ヒンジ部回転角を算定する際に, 引張鉄筋比の下限値 ($\rho=0.79\%$) を適用せず, 実値 ($\rho=0.25\%$) を用いて計算した結果を図-3 中に破線で示すが, 計算値は実験値を概ね評価する結果となった。しかし, 塑性ヒンジ部の回転中心が 1/2D 位置に定義されているため, 加力位置 (3D 位置) での水平荷重～水平変位の関係では過大評価する結果となった。

そこで, 本実験結果ならびに過年度²⁾の実験結果を鑑みると, 対象としているRC杭の部材特性を定義する大前提として, 次の条件を満足する必要があると考えられる。

- ① 降伏変位 (Y点), および最大荷重を維持できる限界変位 (M点) の変位量は, 何れも「鉄筋の拔出しによる回転」と全断面有効とした躯体の弾性変形」の和で表される。
- ② M点に至るまで, 明確な (一般に言う) 塑性ヒンジは形成されない。

以上の考え方にに基づき, 耐震設計標準¹⁾により算定される「鉄筋の拔出しによる回転角量」に対し, 実験結果を上手く説明するためには, Y点ではその値の5倍程度, M点ではそのまた5倍程度の補正をする必要が生じた。このことは, 繰り返し荷重下における丸鋼の付着強度が, 異形鉄筋の20%程度であることを示唆しているとも考えられる。

また, M点以降の負勾配領域において, 降伏荷重を維持できる限界変位 (N点) の算定については, 実験では軸方向鉄筋の破断時であることから, 繰返し回数の影響が大きいと考えられる。そこで, N点については耐震設計標準¹⁾に基づく塑性ヒンジ回転角の増分を適用することとしたが, 回転中心は基部に設定した。以上の計算結果モデルと実験値の比較を図-5 に示す。

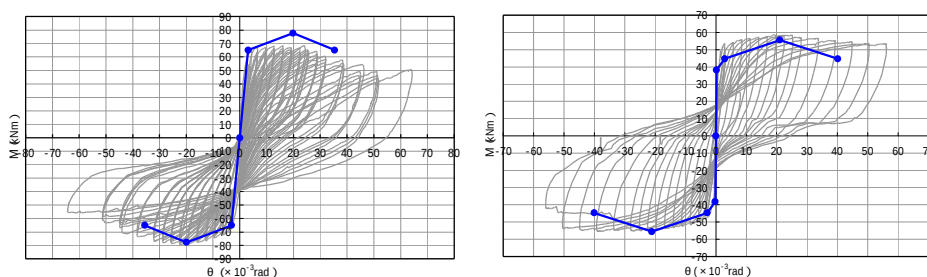


図-5 実験結果とフィッティングモデル (左/軸力 350kN/過年度実験 右/軸力 175kN)

5. おわりに

本実験で対象とするRC杭は, 使用鋼材が丸鋼であり, かつ低鉄筋量であるため, 実験的には変形性能に優れていることが確認された。しかし, この性能は丸鋼とコンクリートの付着切れに起因するものであり, 部材としての変形性能を定量的に評価し定義するためには, 今後, 丸鋼の付着性状に関する実験的な評価が必要と思われる。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準「同解説 (耐震設計)」平成11年10月 鉄道総合技術研究所編
- 2) 土木学会第57回年次学術講演会概要集 V 部門「既設RC杭の室内載荷試験」下村、丹間ほか