

## 既設 RC 杭の室内載荷実験（杭頭接合部）

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○ 下村 勝 正会員 丹間泰郎  
鹿島建設(株) 正会員 藤井秀樹 正会員 一宮利通

## 1. はじめに

建設後 36 年間供用してきた土木構造物の一部が撤去されるのを契機に、当社では RC 杭を対象に以下の目的で調査を実施している。

- (1) RC 杭の現状把握
- (2) 部材の耐力・変形性能の把握（室内試験）
- (3) 群杭としての耐力・変形性能の把握（現地試験）
- (4) 耐震評価解析モデルの構築
- (5) 群杭としての地盤抵抗（粘性土）の検証

対象とする RC 杭は、昭和 30 年代後半に施工された打込み式の中空杭であり、杭体の配筋や杭頭処理状態等が現行基準と異なっている。そこで目的(2)のうち杭頭接合部の固定

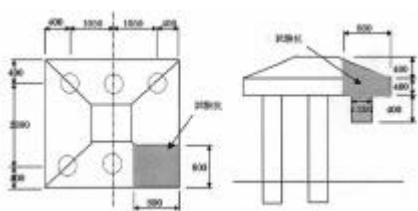


写真-1 切出し部材

度および変形性能を把握するため、現地より部材を切出し(写真-1)、室内において載荷試験を実施したので報告する。

## 2. 試験概要

試験は、軸力の有無が固定度や変形性能に与える影響を把握するため、建設時において設計上考慮している許容鉛直支持力 (350kN) 相当の軸力を作用させた場合と軸力なしの場合の 2 ケースを実施した。

なお、杭部材の寸法諸元と材料試験結果は表-1 の通りである。表-1. RC 既製杭の寸法諸元と材料強度

|      |               |                                  |
|------|---------------|----------------------------------|
| 寸法諸元 | 寸法            | 外径 $\phi$ 350mm, 内径 $\phi$ 220mm |
|      | 軸方向鉄筋         | $\phi$ 9mm $\times$ 8 本 (丸鋼)     |
|      | 帯鉄筋           | $\phi$ 3.2mm cts50mm (ラセン)       |
| 材料強度 | コンクリートの圧縮強度   | 73.8N/mm <sup>2</sup>            |
|      | 軸方向鉄筋の引張り降伏強度 | 386N/mm <sup>2</sup>             |
|      | 帯鉄筋の引張り強度     | 884N/mm <sup>2</sup>             |

試験にあたっては、杭部材の切断面に鋼製の載荷治具を継ぎ足すことで、せん断スパンを 1050mm ( $\approx 3D$ ) とする他、既設フーチングを拡幅・増厚し反力床に固定することとし、載荷装置(図-1)を組上げた。

載荷は、計算上の降伏荷重の 1/2 程度の荷重で正負 1 サイクル載荷した後、試験時の軸方向鉄筋ひずみを考慮しながら計算

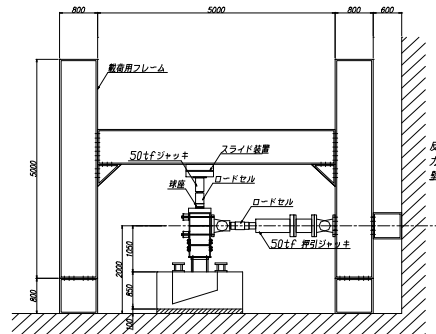


図-1 載荷装置

値で降伏変位 ( $\pm \theta_y$  杭頭から 3/4D 位置での部材回転角) を定義し、その整数倍にて正負交番 3 サイクル載荷を行なった。なお、 $\pm 10 \theta_y$  以降は偶数倍とした。

## 3. 試験結果

加力点における載荷荷重(基部位置の M)と変位(3/4D 位置の  $\theta$ )の関係は、図-2(軸力なし)および図-2(軸力あり)の通りであり、載荷ステップと主なイベントは表-2(軸力なし)および表-3(軸力あり)の通りであった。

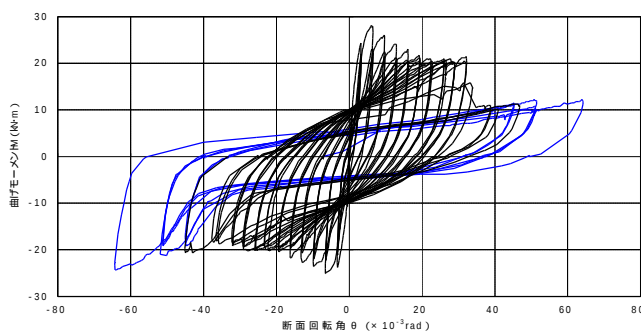
図-2 M ~  $\theta$  関係 (軸力なし)

表-2 載荷ステップと主なイベント(軸力なし)

| ステップ             | イベント                                                        |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| +1 $\theta_y$    | 降伏 M 計算値(23kNm)にて 1 $\theta_y = 3.2 \times 10^{-3}$ rad を定義 |
| $\pm 2 \theta_y$ | 正・負方向ともに最大荷重<br>正方向の計測軸方向鉄筋降伏(2 サイクル目)                      |
| -6 $\theta_y$    | 被りコンクリート剥落開始                                                |
| +10 $\theta_y$   | 軸方向鉄筋破断(3 サイクル目)                                            |

キーワード RC 杭、杭頭接合部、載荷試験、丸鋼

連絡先：〒103-0027 東京都中央区日本橋 3-1-17 JR東海施設部工事課 TEL 03-3278-5910 FAX 03-3278-5975  
〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設技術研究所 TEL 0424-89-7076 FAX 0424-89-7078

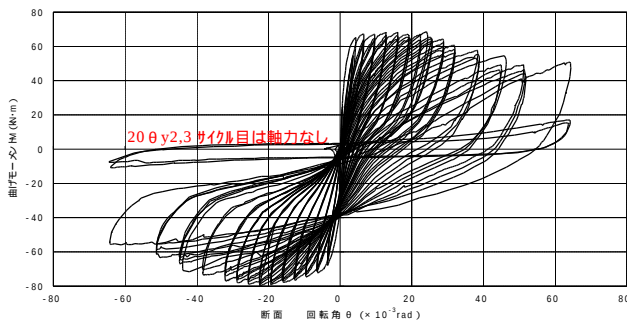


図-3 M ~ θ 関係 (軸力あり)

表-3 載荷ステップと破壊状況 (軸力あり)

| ステップ  | イベント                                                                                                        |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| +1θ y | 載荷中, 計測軸方向鉄筋降伏(61kNm, $3.0 \times 10^{-3}$ rad), ただし, 降伏 M 計算値(66kNm)にて 1θ y = $3.2 \times 10^{-3}$ rad を定義 |
| +2θ y | 被りコンクリート一部剥落開始                                                                                              |
| ±7θ y | 正・負方向とも最大荷重                                                                                                 |

軸力がない場合には, 降伏荷重  $M_y$  は計算値とほぼ同等の値を示したが, 最大荷重  $M_m$  は計算値の 80% (負側) ~ 90% (正側) であった。以降, 軸方向鉄筋が破断するまでは, 降伏荷重  $M_y$  相当で変位のみ進行した。

軸力がある場合には,  $M_y$ ,  $M_m$  ともに計算値とほぼ一致 (負側) したが, 正負非対称の履歴性状を呈した。

以上の実験結果から, 軸力の有無が破壊性状を異なるものにしていると考えられる。つまり, 軸方向鉄筋が丸鋼であり, 定着長が短い (基本定着長の 1/2 以下) ために, 軸力がない場合には引張時に鉄筋の拔出が大きくなり, 圧縮時にひび割れが完全に閉じずにコンクリートが圧縮応力を伝えられない状態となったため, 降伏以降の荷重増加が小さいと思われる。

また, 軸力ありの履歴性状が正負非対称となった原因は, 正側載荷時に圧縮側となる既設フーチングコンクリートが脆弱であったこと等によると考えられる。

#### 4. 計算値との比較 考察

鉄道の耐震設計標準<sup>1)</sup>に基づく  $M \sim \theta$  関係の計算値 (CASE1) と実験結果を比較した結果を図-4, 5 に示すが, 耐力, 変形量ともに一致しない結果となった。

これは, RC 杭の引張り鉄筋量 ( $P_t=0.25\%$ ), 鋼材種別 (丸鋼) ともに設計標準の適用範囲外であることによる。そこで, 破壊状況を鑑みて次の仮定に基づき, 計算式を修正して試算した結果を図-4, 5 に重ねて示す。なお, CASE2 は(1)(2), CASE3 は(1)(2)(3)を考慮した。

- (1) 塑性ヒンジ長をゼロとする。
- (2) 鉄筋の抜け出し量を 2.5 倍とする。
- (3) 被りコンクリートを無しとする。(耐力のみ)

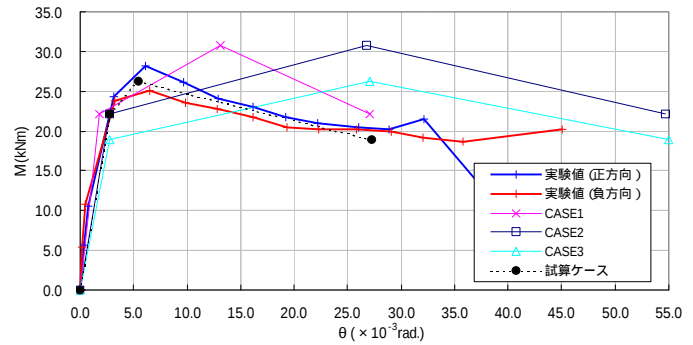


図-4 計算値との比較 (M ~ θ 関係 軸力なし)

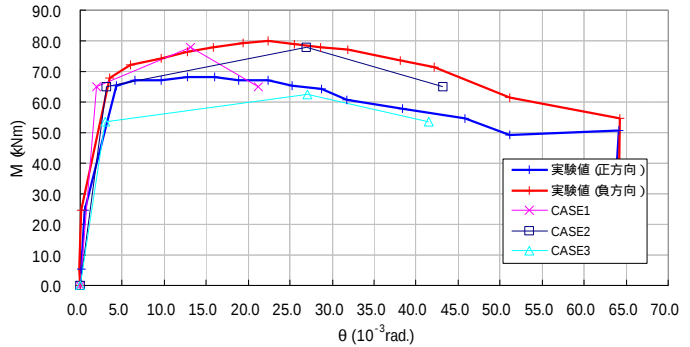


図-5 計算値との比較 (M ~ θ 関係 軸力あり)

その結果, 実験結果を素直に説明するためのトリニアモデルの各点は表-4 のとおり与えるのが自然であると思われる。ただし, 軸力のない場合の M 点および N 点の変形量は, Y 点の 2 倍および 10 倍程度に設定する必要が生じた (試算ケース参照)。

表-4. 実験結果を説明し得る試算ケース

|    | 軸力なし         | 軸力あり         |
|----|--------------|--------------|
| Y点 | CASE2 (M, θ) | CASE2 (M, θ) |
| M点 | CASE3 (M のみ) | CASE2 (M, θ) |
| N点 | CASE3 (M のみ) | CASE2 (M, θ) |

#### 5. おわりに

既設 RC 杭頭接合部の載荷試験の結果, 以下の性状を確認した。

- (1) 軸力の有無により接合部の破壊モードは異なる。
- (2) 軸力がない場合には, 丸鋼鉄筋の抜け出し量が大きくなり, 最大耐力は計算値の 80 ~ 90% となるが, 変形性能は計算値をほぼ満足している。
- (3) 軸力がある場合には, 最大耐力は計算値をほぼ満足し, 変形性能は計算値の 2 倍程度を呈する。

今後, 軸力変動を考慮したモデルを構築するためには, 軸力に応じた破壊モードを明確にすることが必要であると思われる。

#### 参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準 同解説 (耐震設計) 1999.10  
鉄道総研報告 (第 13 巻第 4 号) 1999.4