

場所打ち鉄筋コンクリート杭の機械式定着性能検証に関する研究
その 2 十字型試験体の実験結果

正会員 ○宇野 瑞穂* 同 大石 健介* 同 崔 琥**
同 権 淳日*** 同 小寺 耕一郎**** 同 北 泰****

場所打ち鉄筋コンクリート杭 機械式定着工法 十字型試験体
杭主筋 破壊性状

1. はじめに

本稿（その 2）では、両試験体の破壊性状、荷重－変形関係、杭主筋のひずみ履歴、杭の曲率分布を比較・検討し、杭主筋の機械式定着工法の有効性を確認する。

2. 実験結果

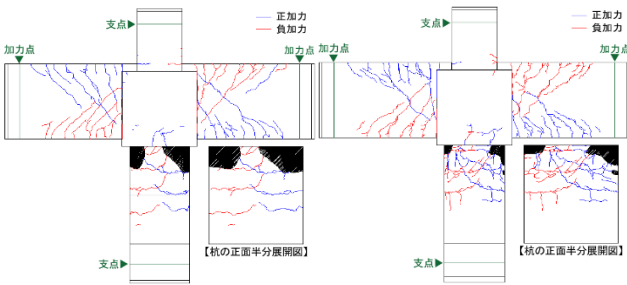
2.1 破壊経過

両試験体の最終破壊状況を図 1 に示す。
従来型定着試験体では、部材角 1/1000 で曲げひび割れが発生した。部材角 1/250 で曲げひび割れが曲げせん断ひび割れに進展し、杭の危険断面の主筋が降伏したことが確認された。部材角 1/150 でコンクリートの圧壊が見られ、部材角 1/50 で圧壊したところから杭の主筋が座屈したことが確認された。その後、部材角 1/33 の負方向加力の 1 回目のサイクルで杭の主筋が破断し、実験は終了した。
機械式定着試験体では、各部材のひび割れ発生状況、鉄筋の降伏、圧壊および鉄筋の座屈などの破壊性状は従来型定着試験体とほぼ同様であった。本試験体では、部材角 1/33 の正方向加力の 2 回目のサイクルで杭の主筋が破断し、実験は終了した。

両試験体は、計算上杭頭降伏先行型であったが、実験でも杭主筋が先に降伏しており他の部材よりも杭の損傷が著しく進展していることが確認できた。

2.2 荷重－変形関係

図 2 に両試験体の杭の荷重－変形関係をせん断力の計算結果と併せて示す。ここで、せん断力の計算については後述の 3.2 節で詳細に述べる。
従来型定着試験体は、部材角 1/100 で梁の最大耐力は 282.6kN、杭および柱の最大耐力は 329.7kN を記録したが、部材角 1/50 まで部材の著しい耐力低下は見られなかった。その後部材角 1/33 の負方向加力の 1 回目サイクルで杭の主筋が破断し耐力が最大の約 70%となったため実験は終了した。
機械式定着試験体は、部材角 1/100 で梁の最大耐力は 287.6kN、杭および柱の最大耐力は 335.5kN を記録したが、従来型定着試験体と同様に部材角 1/50 まで各部材の著しい耐力低下は見られなかった。その後、部材角 1/33 の正方向加力の 2 回目サイクルで杭の主筋が破断し、耐力が最



(a) 従来型定着試験体 (b) 機械式定着試験体
図 1 最終破壊状況

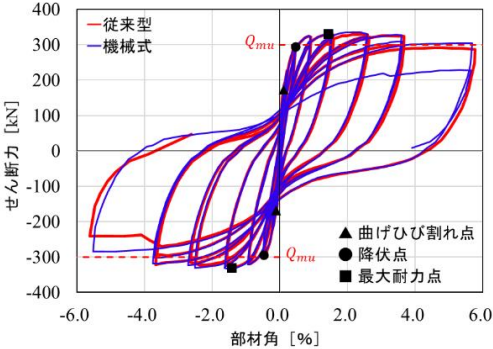


図 2 杭の荷重－変形関係

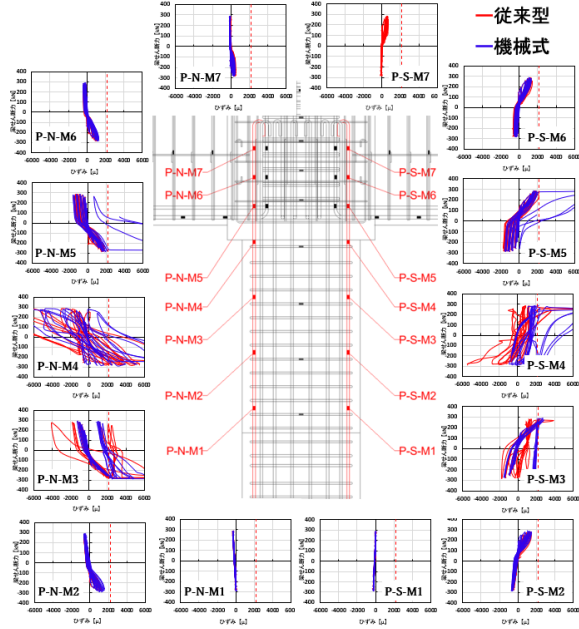


図 3 杭主筋のひずみ履歴

大耐力の約 62%となったため、実験は終了した。

図 2 より、両試験体の部材角の荷重—変形関係はほぼ一致していることがわかる。

2.3 杭主筋のひずみ履歴

図 3 に両試験体の杭主筋に貼り付けたひずみゲージから計測したひずみ履歴を示す。すべての箇所において、両試験体のひずみはほぼ同様な履歴を描いている。

以上のことから、本研究で使用した杭の機械式定着工法は従来型定着工法とほぼ同等の定着性能が発揮できることを確認した。

3. 各部材の強度の算定

3.1 基礎梁の計測せん断力から杭・柱のせん断力の算定

本実験では、両側基礎梁のせん断力はその上下に設置されているジャッキに取り付けたロードセルから計測されるが杭および柱のせん断力はその両側に設置されているジャッキにロードセルが取り付けられていないため両側基礎梁の計測せん断力データから算出する必要がある。

両側基礎梁にせん断力を加えると、柱梁の交点でモーメントの釣合いが成立する（式(1)）。なお、十字型部分架構の水平力は杭と柱のせん断力だけとなるため、杭と柱のせん断力は等しくなる。杭のせん断力 $Q_{\text{杭}}$ で整理すると式(2)になる。

$$M_{\text{左梁}} + M_{\text{右梁}} = M_{\text{杭}} + M_{\text{柱}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{杭}} (= Q_{\text{柱}}) = \frac{(Q_{\text{左梁}} + Q_{\text{右梁}}) \times l}{h_{\text{杭}} + h_{\text{柱}}} \quad (2)$$

3.2 各部材の終局強度の算定

実験結果の整合性を確認するため、各部材の終局強度を算定し、実験結果と比較する。杭の曲げ終局モーメント M_u は式(3)より求める。

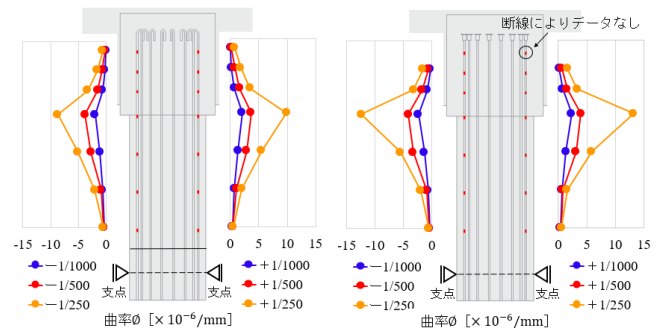
$$M_{u, \text{柱}} = 0.8a_t\sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bD\sigma_B}\right) \quad (3)$$

ここで、 a_t は引張鉄筋断面積 (mm^2 、円形断面の杭においては全鉄筋断面積 (a_g) の 1/4)、 σ_y は主筋の降伏強度 (N/mm^2)、 d は部材の有効せい (mm 、円形断面の杭においては等価長方形断面の有効せい、ここでは、 $d = 0.9D$)、 D は部材せいあるいは直径 (mm)、 N は軸力 (N)、 b は部材の幅 (mm 、円形断面の杭においては等価長方形断面の幅、ここでは、 $b = (\pi/4)D$)、 σ_B はコンクリート圧縮強度 (N/mm^2) である。

また、杭の曲げ終局時せん断力 Q_{mu} は、式(3)より求めた杭の曲げ終局モーメント M_u を、杭の内法高さで除した式(4)より求められる。

$$Q_{mu, \text{杭}} = M_{u, \text{杭}} / h_{0, \text{杭}} \quad (4)$$

一方、その 1 で述べたとおり、杭の下部支点は理想的に



(a) 従来型定着試験体 (b) 機械式定着試験体

図 4 杭の曲率分布

は反曲点となり、モーメントが 0 となるが、杭下部の断面形状の変化などにより完全にピン支点にならず反曲点が部材内に生じる可能性がある。本研究では杭のモーメントが 0 となる箇所を特定するため、杭主筋の歪データから杭の高さ方向の曲率分布を確認した。両試験体の正方向および負方向加力時における杭主筋が降伏する前までの部材角である 0.4% までの曲率分布を図 4 示す。両試験体・両加力方向ともに、杭の危険断面での曲率が他の箇所より増加する一方、支点より高い歪ゲージ貼り付け箇所の最下段で曲率がほぼ 0 になっていることがわかる。この結果から、杭の内法高さ $h_{0, \text{杭}}$ は支点から危険断面までではなく、歪ゲージ貼り付け箇所の最下段から危険断面までの距離とした。ここで、機械式定着試験体のパイルキャップ内における最上段の右側の歪ゲージは実験前の断線によりデータがない。

以上の計算式で求めた杭の強度の精算値を図 2 に実験結果と併せて示す。杭の終局強度の計算結果は実験結果と概ね一致した。また図 4 より、部材角 0.4% において機械式定着試験体の危険断面での曲率が若干大きいものの、パイルキャップ内における両試験体の曲率分布はほぼ同様であったため、本研究で用いた機械式定着工法の有効性が確認された。

4. まとめ

本研究では杭主筋の機械式定着工法の有効性を確認するため、十字型試験体を用いた静的実験を行った。本実験の結果より、両試験体における杭の荷重—変形関係、杭主筋のひずみ履歴や杭の曲率分布がほぼ一致したことから、本研究で使用した杭の機械式定着工法は従来型定着工法を代替できることが確認された。今後の研究として、パイルキャップに大きな損傷が生じなかった実験結果から、パイルキャップのせいの小型化とそれに伴う機械式定着長さの短縮化について検討する予定である。

* 静岡理科大学大学院 大学院生
** 静岡理科大学 教授・博士（工学）
*** 大阪工業大学 准教授・博士（工学）
**** 大谷製鉄 株式会社

* Graduate Student, Shizuoka Institute of Science and Technology
** Professor, Shizuoka Institute of Science and Technology, Ph.D.
*** Associate Professor, Osaka Institute of Technology, Ph.D.
**** Otani Steel Corporation