

新杭頭接合デバイスの曲げ特性に関する解析的検討

清水建設（株）正会員○青木 孝、同 田蔵 隆、同 大槻 明、 真野英之、 磯田和彦
 （株）クボタ 正会員 岩本利行、 荒川範行、 石原孝浩、 大川雅之

1. はじめに

阪神・淡路大震災後、土木、建築学会などによる被災建物調査から、構造物を支持する杭頭部の損傷事例が多く報告された。これらの被害は、地震時に杭頭に大きな曲げモーメントが作用することが主な要因と考えられる。杭頭被害低減と建設コスト縮減の観点から、ピン支持機構に近い杭頭デバイスを実用化した。本報文では、杭頭デバイスの曲げ特性を評価するため、実験データをもとに杭頭固定度を理論的に明らかにした。

2. 杭頭デバイスの性能

開発した杭頭デバイス^{1) 2)}は、図1に示すようにダクタイル鋳鉄製で、上蓋、球座、ハイテンボルト、球面座金などによって構成される。デバイスは上蓋と球座の接合面に特別な表面加工を施さないため、回転時に摩擦力による曲げモーメントが発生するが、杭頭をピン支持に近い機構とする工法である。長期鉛直荷重 4MN 用と 8MN 用の 2 種類の杭頭デバイスを開発した。図2および図3には 8MN 用の杭頭デバイスの実大載荷実験結果を示す。図2に示す曲げ試験の結果から、デバイスに発生する最大曲げモーメント M は、軸力を N とすると、 $M/N=0.16$

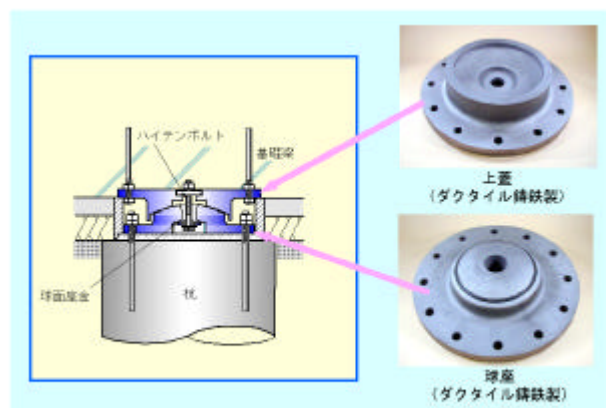


図1 開発した杭頭ピンデバイス

(m) で表せる。また、せん断試験の結果から、図3に示すように上蓋と球座が横すべりを起こさずに伝達可能な最大せん断力 Q_y は、軸力の 0.38 倍であることが確認できた。実験ではその後、軸力の 0.6 倍のせん断力まで载荷を行い、上蓋と球座間ですべりを生じた後も、せん断力の伝達能力には余裕があることを確認している。

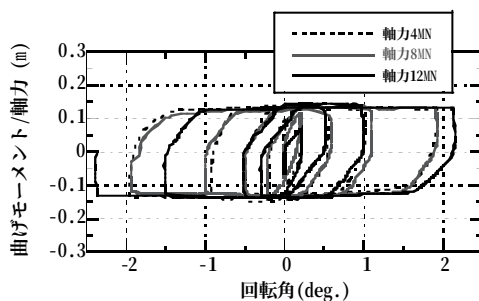


図2 8MN 用杭頭デバイスの曲げ試験

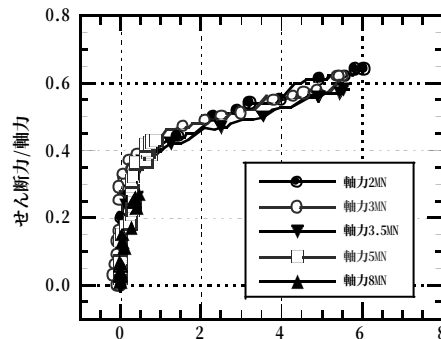


図3 8MN 用杭頭デバイスのせん断試験結果

3. 杭頭デバイスのモデル化

デバイスの曲げ試験およびせん断試験結果から、図4に示すように 4MN 用および 8MN 用杭頭デバイスの回転ばねは、曲げモーメント M_{max} で折れる完全弾塑性ばねで、

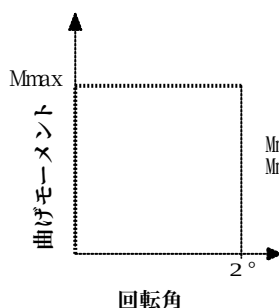
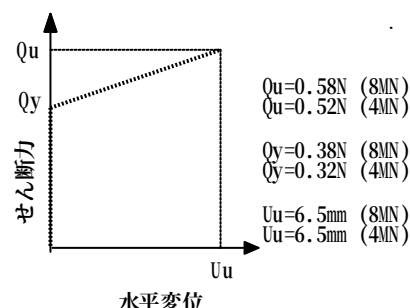


図4 杭頭デバイスの曲げとせん断特性のモデル化



また、水平ばねは、許容せん断力 Q_y で第1折れ点となるバイニリヤー型でモデル化する。

キーワード 杭基礎、ピン接合、杭頭デバイスの曲げモーメントの特性、固定度

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3丁目4番17号 清水建設（株）技術研究所 TEL03-3820-5521

4. 杭頭デバイスの固定度

本杭頭デバイスによる接合は完全ピン接合とならないため、接合部の固定度を調べることは杭頭部の設計を行う上で重要である。杭頭デバイスの固定度は、剛接合に対する杭頭デバイスの曲げモーメントの比で定義する。剛接合の場合に生じる曲げモーメントは、均一地盤中にある半無限長の杭の Chang 式を適用して求められる。杭頭デバイスに発生する最大の曲げモーメント $M_{\max}$ は、実験結果から分かるように杭頭に作用する軸力 N に支配され、4MN 用および 8MN 用杭頭デバイスでそれぞれ 0.12N および 0.16N で表せる。したがって、杭頭デバイスの固定度 α_r は式 (1) で評価できる。

$$\text{固定度: } \alpha_r = \frac{M_p}{M_r} = \frac{\gamma N}{Q} = 2\gamma\beta \frac{N}{Q} \quad (1)$$

ここで、

M_p : 杭頭デバイスによる杭頭の曲げモーメント、 M_r : 杭頭剛接合による杭頭の曲げモーメント

N : 杭頭に作用する軸力、 Q : 杭頭に作用する水平力、 γ : 0.12 (4MN 用)、0.16 (8MN 用) 単位 (m)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{khB}{4EI}} \quad \begin{array}{l} kh: \text{杭の水平地盤反力係数、} B: \text{杭径、} E: \text{杭のヤング率、} \\ I: \text{杭の断面 2 次モーメント} \end{array}$$

式 (1) は、杭頭せん断力と軸力の比および β の関数になっている。固定度が地盤の剛性によってどのように変化するか、杭径 $\phi 1500$ の場合を例にとり検討した。前述したデバイスの許容せん断力以下、すなわち Q_y/N が 0.38 以下に対応した固定度を図 5 に示す。当図より軸力に対する杭頭せん断力の比が 0.2 から 0.38 では、固定度は 0.3 から 0.05 になっている。地盤が軟弱になると固定度は小さくなり、完全ピン接合に近づく。 Q_y/N が 0.38 の時の杭頭の回転角を調べて見ると、デバイスの許容回転角 2° に十分取っている。

図 3 には、 N 値 10、杭頭せん断力/軸力が 0.2 に対する杭の曲げ分布を剛接合および完全ピン接合の場合と比較して示す。図 3 から分かるように杭頭デバイスは、杭頭をピン支持に近い機構にする工法である。剛接合およびピン接合の間に杭頭デバイスの曲げモーメントがあり、本デバイスを用いることで合理的な杭の設計が可能となる。

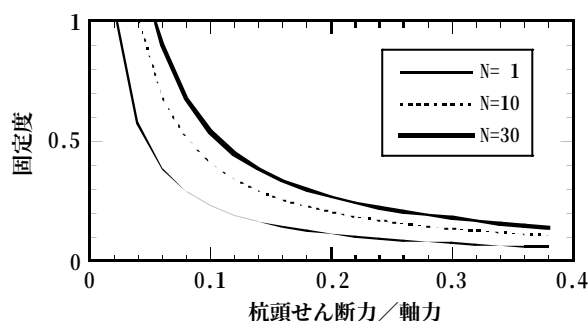


図5 固定度と杭頭せん断力関係

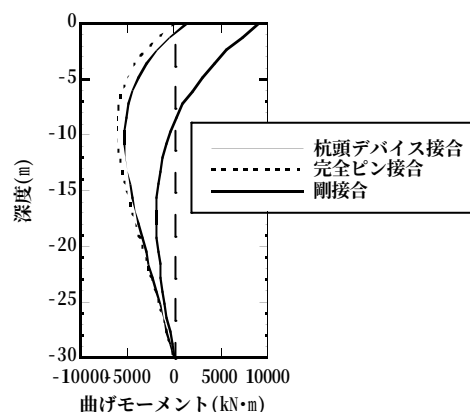


図6 杭の曲げモーメント分布 ($Q/N=0.2$)

5. まとめ

開発した杭頭デバイスは上蓋と球座の接合面に特別な表面加工を施さないため、回転時に摩擦力による小さな曲げモーメントが発生する。しかしながら地震力が大きく、地盤が軟弱になるほど完全ピンとしての性能に近づくことが分かった。

参考文献

1) 田蔵ら：建設コストの低減と耐震性能の向上を目指した新杭頭接合工法の研究開発（その 1～3）、第 36 回地盤工学研究発表会、2001. 2) 青木ら：合理的な杭基礎構造を目指した新杭頭接合デバイスの開発、第 56 回年土木次学術講演会、2001 年