

## 杭頭接合方法の違いによる鉄道橋脚の耐震性に関する一考察

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 ○濱田 吉貞  
 同上 正会員 羅 休

### 1 はじめに

建築分野においては、基礎と上部構造とを剛結しない免震機構を適用することによって、地震時における建築物の損傷を軽減する工法が多く用いられているが、道路橋や鉄道橋梁などの場合、例えば杭とフーチングとの接合部は剛結合となるよう設計するのが一般的である。しかし近年は土木分野においても杭頭接合部を地震時に積極的に降伏あるいは軟化させて終局的な崩壊を防ぐような構造について検討がなされ、杭頭接合部の剛性を制御する方法についても種々の研究がなされている<sup>1)2)</sup>。本研究は鉄道構造物への免震基礎の適用を念頭に置き、杭頭接合方法の違いによる橋脚の耐震性能の特徴について、解析を通して検討を試みたものである。

### 2 解析ケースと設計条件

解析の対象は、複線桁を支持する RC 壁式橋脚を想定した。設計条件は「鉄道構造物設計標準・同解説 耐震設計<sup>3)</sup>」に従うものとし、非線形スペクトル法による2次元骨組一体解析によることとした。図1に骨組モデル図を示すが、解析は基礎先行降伏となる線路直角方向について行っている。なお地盤条件は図2に示す。解析ケースは表1のように杭配列および杭頭接合方式の異なる5ケースとし、接合方法は通常の剛結合および、杭体より小径の部材による半剛接方式とピンモデル方式を検討の対象とした。

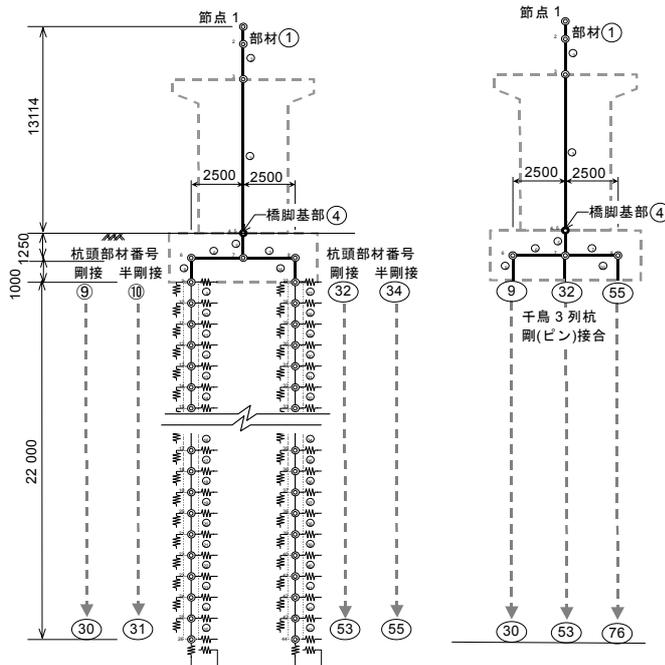


図1 骨組解析モデル図(2×2列杭, 千鳥5本杭)

| 土層番号 | 土質    | 層厚 (m) | 平均 N 値 | $\gamma t$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi$ (度), $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|------|-------|--------|--------|---------------------------------|--|
| 1    | 粘土混り砂 | 3.00   | 13     | 18.0                            | $\phi = 30$                            |
| 2    | 礫混り砂  | 2.00   | 40     | 19.0                            | $\phi = 39$                            |
| 3    | 細中砂   | 14.00  | 21     | 18.0                            | $\phi = 33$                            |
| 4    | 砂混り粘土 | 1.00   | 13     | 15.0                            | $q_u = 260$                            |
| 5    | シルト質砂 | 1.00   | 40     | 19.0                            | $\phi = 35$                            |
| 6    | 砂礫    | 5.00   | 50     | 20.0                            | $\phi = 36$                            |

図2 地盤条件

表1 解析ケース( $f_{ck} = 30\text{N/mm}^2$ ,  $f_{sy} = 390\text{N/mm}^2$ )

| ケース   | 杭配列  | 杭本体断面 |         |           | 接合部断面モデル              |         |           | 備考   |
|-------|------|-------|---------|-----------|-----------------------|---------|-----------|------|
|       |      | 杭径mm  | 主鉄筋     | 帯鉄筋       | 杭径mm                  | 主鉄筋     | 帯鉄筋       |      |
| Case1 | 2×2列 | 1300  | D32-30本 | D25@125mm | 1300                  | D32-30本 | D25@125mm | 通常接合 |
| Case2 |      |       |         |           | 900                   | D32-22本 | D25@75mm  | 半剛接  |
| Case3 | 千鳥5本 | 1300  | D32-30本 | D25@125mm | 1300                  | D32-30本 | D25@125mm | 通常接合 |
| Case4 |      |       |         |           | 5本ともピンモデル接合           |         |           |      |
| Case5 |      |       |         |           | 中心杭は通常接合, 他4本はピンモデル接合 |         |           |      |

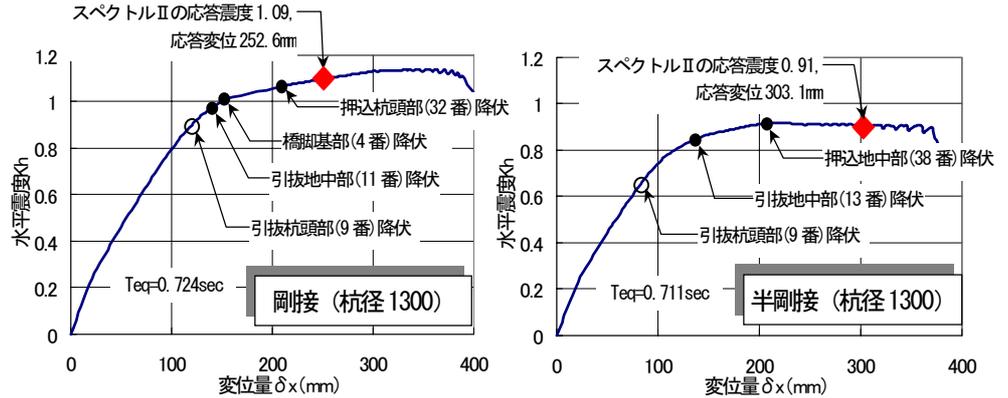
Key Words : 杭頭接合部, 耐震設計, 静的非線形解析, 免震

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel.042-573-7261 Fax.042-573-7248

**3 解析結果**

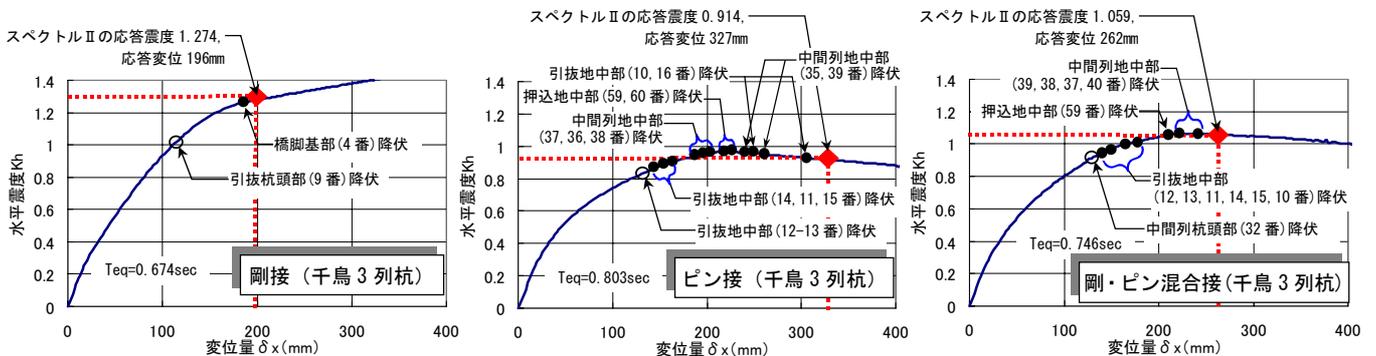
杭配列を 2×2 列とした Case1, Case2 における, 構造物天端での水平変位と水平震度の関係の解析結果を **図 3** に示す. Case1 と比較して, 杭頭接合部の剛性を小さくした Case2 では, 降伏時および L2 地震応答時の水平震度が明らかに小さくなる



**図 3 2×2 列杭ケースの解析結果(左:Case1, 右:Case2)**

ともに, L2 地震時における応答変位は大きくなっている. しかし L2 応答時に Case1 では橋脚上部工の基部(要素番号 4)が降伏したのに対して, Case2 の上部工は降伏しなかった. これより杭頭を半剛接構造にすることで, 大規模地震時における構造物全体としての損傷を軽減する効果が期待できると考えられる.

次に, 杭を千鳥配列とした Case3, Case4, Case5 におけ, 構造物天端での水平変位と水平震度の関係を **図 4** に示す. 杭頭をピンモデルとした Case4 では, 通常接合の Case3 と比べて水平震度は低く推移し, L2 応答時変位も明らかに大きい. また上部工の降伏も起こらない結果となったことから, 杭頭ピンモデル接合によっても損傷軽減効果は期待できると考えられる. また Case5 における水平変位—震度関係は, Case3 と Case4 のほぼ中間で推移した. Case5 では上部工の降伏は L2 応答時も起こらず, さらに Case4 と比べて L2 応答変位が小さくなることから, このような混合方式も合理的な耐震設計の一方法として考えられる.



**図 4 千鳥 5 本杭ケースの解析結果(左:Case3, 中:Case4 右:Case5)**

**4 まとめ**

杭頭接合部の剛性を低減あるいはピンモデルとした場合, 大地震時における構造物全体の損傷を軽減する効果があることは解析によって確認された. また今回用いた静的非線形解析による設計計算では, 杭頭接合部の剛性低減によって地震時の応答変位が大きく現れることになり, 鉄道構造物の場合走行性の観点からの制約が問題とはなるが, 応答変位に対しては杭配列や接合方法の工夫によって対処は可能であることも確認した. 今後, 鉄道構造物への免震機構の適用を検討するにあたっては, 地震動による時系列的な応答特性を, 動的シミュレーション解析等によってより詳細に明らかにすることが必要と考えている.

**【参考文献】**

- 1) 小林他: 場所打ち杭の杭頭半剛接合法 (FSR-Pile 工法), 基礎工, pp49-52, No.12, 2001.
- 2) 田蔵他: 建設コストの低減と耐震性能の向上を目的とした新杭頭接合法の研究開発, 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, pp881-884, 2001.8
- 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999.10