

杭頭接合条件の違いによる建物・杭応答性状に関する検討

動的相互作用 杭頭接合 杭の水平抵抗

安井建築設計事務所 ○正会員 細野 久幸
正会員 松尾 雅夫
ジोटトップ 正会員 小野 俊博
小林 恒一

1. はじめに

筆者らは、杭頭接合をピンあるいはローラー接合とすることで建物と杭を明解に分離し、杭頭部や地中梁に作用する応力を低減し、地震時の基礎の被害を軽減できる効果を建物・地盤・杭の静的一体解析により検討したり、その後、動的連成解析によってローラー接合による建物の応答低減の可能性を示した。しかし、ローラー接合のみでは地震時における水平変位が大きくなるため、ローラー接合とピン接合を併用した工法を実建物に適用し、変形の制御と建物の応答低減の可能性を質点系によるロッキング・スウェイモデルで検討した。

本報では、2次元FEM解析によってピンとローラー接合併用による応答低減効果を他の杭頭接合条件(固定、ピン、ローラー)と比較することで、杭頭接合条件の違いによる建物と杭の動的応答性状の違いについて考察する。

2. 解析モデル

図1に対象とした建物・杭・地盤モデルを示す。地盤モデルは杭の支持層とした砂礫層の上に35m堆積した粘性土を想定し、同図に示すように、せん断波速度を深さ方向に変化させた。建物は8層3スパンのRC造とし、杭はφ1,600の場所打ちコンクリート杭で1柱1杭形式、杭長を35mとした。各柱梁の定数は同図に示すとおりである。

解析は地盤に関する汎用解析コード「STADAS」を用いた2次元FEM解析で行なった。地盤の粘性土は非線形性を考慮し、大崎・原の粘性土のG/G0-γ, h-γ曲線に合うようにR-Oモデルでモデル化を行なった。建物および杭は弾性としている。地震波は模擬地震動である建築センター波のレ

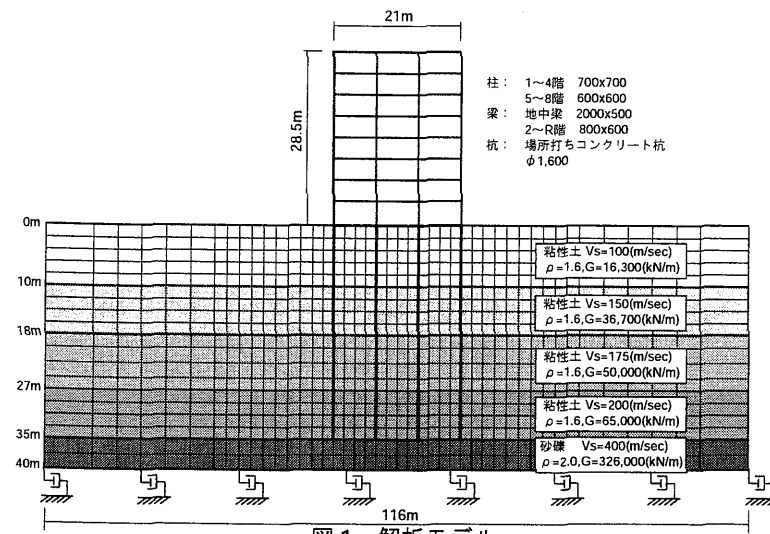
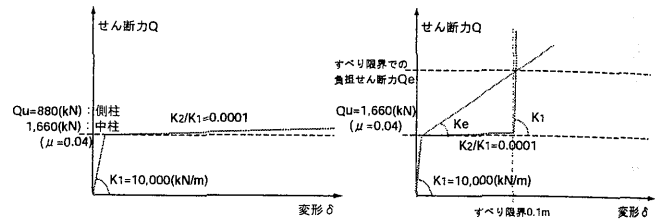


図1 解析モデル

表1 杭頭接合条件

Table with 2 columns: 略称 (Abbreviation) and 杭頭接合条件 (Pile head connection condition). Rows include FIX (all fixed), PIN (all pin), ROL (all roller, mu=0.04), and PIN+ROL (inner pin, outer roller).

注) μは摩擦係数を示す。



(a) ローラー接合 (b) 併用型ピン接合

図2 ローラー接合と併用型ピン接合履歴特性

ベル1 (最大加速度 207cm/sec^2) とレベル2 (最大加速度 355cm/sec^2) を用いた。なお、減衰は地盤のみ考え1次卓越周期に対して3% (レイリー減衰 alpha=0, beta=0.0098) とした。

3 杭頭接合条件

解析対象とした杭頭接合条件の一覧を表1に示す。ピン接合およびローラー接合の杭頭部回転成分は自由として、全てピン接合の場合の水平成分は剛とした。ローラー接合の水平成分履歴特性は、図2(a)に示すように摩擦係数μを0.04としたバイリニアールでモデル化した。なお軸力変動による影響は考慮せず、長期軸力で評価した。

ローラー接合と併用して用いるピン接合の履歴特性は、0.1mまでローラー接合同じすべり性状を持たせ、それ以上の変形では水平力を伝える性状を等価的に表わすために、図2(b)に示すような等価剛性Keによる履歴性状を設定した。

4. 解析結果

建物の最大加速度応答について図3に、最大変位応答について図4に示す。それぞれ左側がレベル1, 右側がレベル2での結果を表わしている。変位応答は支持層である基盤を基準に、その変位量を示している。また、レベル2における内側杭の曲げモーメントを図5、せん断力を図6に示す。

杭頭を全てピン接合した場合は、建物の最

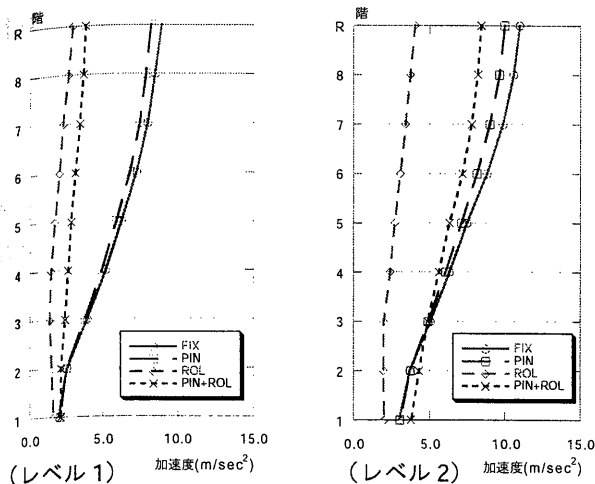


図3 建物加速度応答

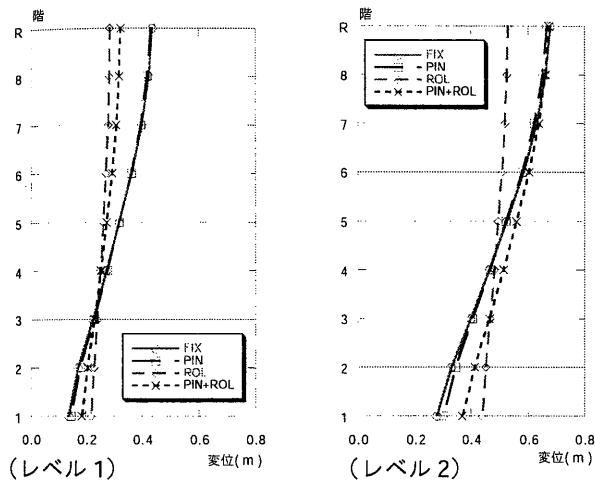


図4 建物変位応答

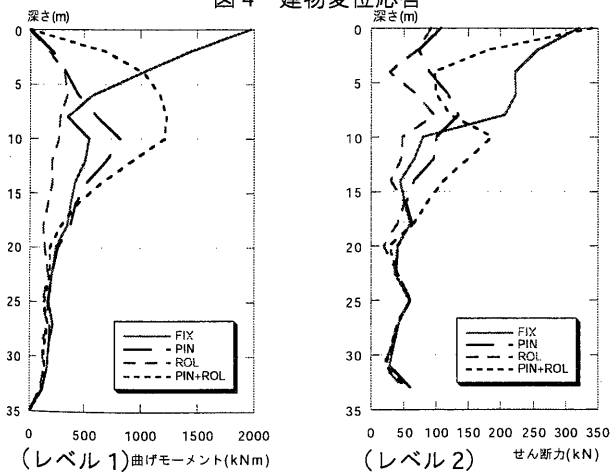


図5 内杭曲げモーメント

図6 内杭せん断力

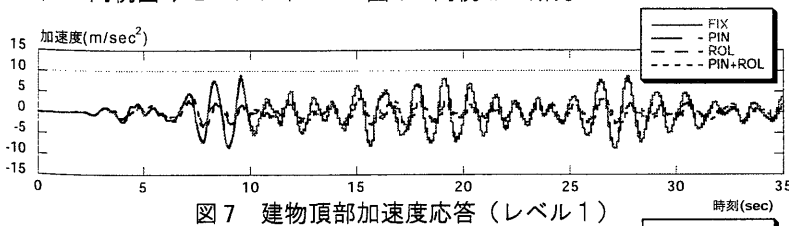


図7 建物頂部加速度応答 (レベル1)

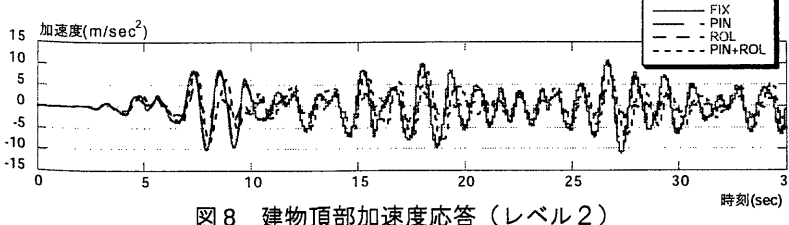


図8 建物頂部加速度応答 (レベル2)

大加速度応答および最大変位応答において基礎固定の結果とほぼ同じ性状を示しており、杭頭の回転による応答の低減は見られず、杭頭に生じるモーメントが低減するだけである。ローラー接合とした場合は、杭頭部の水平すべり変位が生じているのが見られ、建物の応答もかなり低減されることが示されている。ピンとローラー接合の併用型は、ピン接合とローラー接合の中間的な性状をもつ傾向を示しているが、レベル1ではローラーに近く、レベル2ではピン接合に近い性状を示している。これは、ピン接合の杭とフーチング間の許容すべり幅を0.1mとしているためであり、レベル1ではその範囲内であったが、レベル2ではすべり幅を大きく超える変形により、建物・杭系としてピン接合に近い性状になったためと考えられる。この併用型のピン接合杭のレベル2における曲げモーメントおよびせん断力は、ローラー接合杭がせん断力を負担しない分、ピン接合だけとした場合に比べ杭の地中部での曲げモーメント、杭頭での負担せん断力が大きくなる傾向にあり(図5, 6参照)、併用の場合、ピン接合杭の設計には十分な配慮が必要である。

図7, 8には建物頂部における加速度応答の時刻歴を、それぞれレベル1, 2について示した。全体的にローラー性状が現れることで応答周期が伸びている。レベル2におけるピンとローラー接合の併用について見ると、性状はピン接合に近いが、全体的にピンより低く応答が抑えられていることが分かる。

5. まとめ

杭頭接合条件の違いによる建物および杭の応答性状について比較し、ピン接合とローラー接合を併用することで、基礎の水平変位を制御しながら建物の応答を低減できる可能性があることを解析的に示した。今後、建物規模や地盤条件の違いによる動的効果について、各杭頭接合条件と比較しながら検討を加えていく予定である。

謝辞

解析プログラムの使用にあたり、吉田望氏(応用地質(株)技術本部地震防災センター)に議論に参加して頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 松尾, 辻, 小野, 細野, 福元, 上田: 杭頭新接合法を用いた杭基礎建物の静的・動的解析による試算, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), B-1 pp.547-548, 1997.9.
- 2) 小林, 吉田, 辻, 松尾, 小野, 細野, 福元, 上田: 杭頭新接合(P/R-PILE)を用いた杭基礎構造物の動的連成解析, 第34回地盤工学研究発表会講演集(東京), pp.1553-1554, 1999.7.
- 3) 小野, 辻, 松尾, 細野, 上田, 福元: 杭頭新接合法(P/Rパイル工法)の開発(その8: 実建物に適用したローラー接合(R型支承)の効果), 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), B-1 pp.387-388, 2001.9.
- 4) Yoshida, N.: STADAS, A computer program for static and dynamic analysis of ground and soil-structure interaction problems, Report, Soil Dynamics Group., The University of British Columbia, Vancouver, Canada, 1993.