

基礎周面の地盤抵抗が杭の発生断面力に与える影響

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 樋口美紀恵
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 小阪 拓哉
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 今村 年成

1. はじめに

基礎と周辺地盤との相互作用については未解明な部分が多く、現行の設計法においては、フーチング周辺の地盤抵抗は全く考慮しないか、もしくは考慮するとしても、フーチング前面の水平地盤抵抗のみに限られている¹⁾。しかしながら、筆者らはこれまでに、三陸南地震における鉄道高架橋の被災事例について数値シミュレーションを実施し、フーチング前面以外に柱前面やフーチング底面の地盤抵抗を考慮しないと、実現象を合理的に説明できないことを明らかにした²⁾。また、既設高架橋の耐震性能評価手法の確立を念頭に置き、基礎周面の地盤抵抗が杭の耐震性能に与える影響について一連の感度分析を実施している³⁾。本報では、それらの検討結果に加え、基礎の回転に伴って発現するフーチング上載土と周面地盤との摩擦抵抗や、フーチングと周面地盤との摩擦抵抗が杭の発生断面力に与える影響について検討を行うとともに、各種地盤抵抗要素が杭の発生断面力を抑制する仕組みについて検討した。

2. 検討モデルと解析ケース

検討対象構造物は9本群杭(場所打ちコンクリート杭 杭径 1000mm, 杭長 L=20m)を有する壁式橋脚であり、プッシュオーバー解析による感度分析を実施した。基礎周面の地盤抵抗要素のモデル化を図1に示す。ここで、フーチング前面および柱前面の水平地盤抵抗(図中 ①)については、鉄道の設計基準⁴⁾に準じて評価することとした。フーチング底面のせん断抵抗(図中 ②)については、浮力を差し引いたフーチング自重に $\tan \phi$ (ϕ : フーチング底面と底面地盤との摩擦角)を乗じることで算出した。また、基礎の回転に伴い発現する上載土と周面地盤との摩擦抵抗、あるいはフーチングと周面地盤との摩擦抵抗については、それぞれ、周面地盤のせん断強度、あるいはフーチングと周面地盤との摩擦抵抗を上限値とする鉛直ばね(図中 ③)で表現することとした。なお、

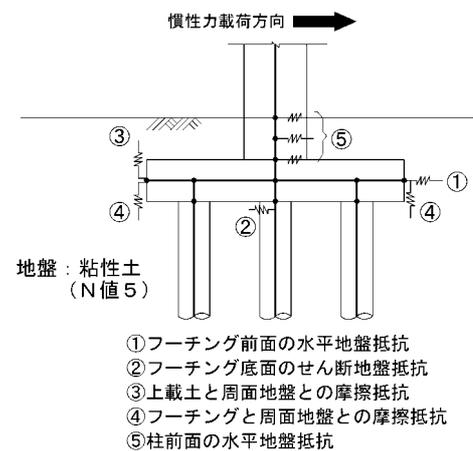


図1 基礎周面の地盤抵抗要素のモデル化

表層地盤は解析の煩雑さをなくすためN値5の粘性土とし、杭先端の支持地盤にはN値50の砂礫層を想定した。地盤抵抗要素の影響に着目するため、部材特性は線形としている。

解析ケースの一覧を表1に示す。基礎周辺の地盤抵抗を考慮しないケース(Case0)を基本ケースとして、地盤抵抗を考慮したケース

表1: 解析ケース一覧

解析ケース	フーチング前面抵抗	フーチング底面抵抗	上載土と周面地盤の摩擦抵抗	フーチングと周面地盤の摩擦抵抗	柱前面抵抗	土被り厚
Case0	×	×	×	×	×	0.5m
Case1			×	×		0.5m
Case2						0.5m
Case3						3.0m

凡例; ○: 考慮 ×: 無視

(Case1), の影響を検討するためのケース(Case2), さらに土被り厚を大きくしたケース(Case3)を実施した。

3. 解析結果と考察

各解析ケースでの構造物天端における水平震度～水平変位関係を図2に示す。Case1ではCase0に比べて同一水平震度における変位量が大幅に抑制されており、フーチング前面抵抗、底面抵抗、柱前面抵抗が構造物の変位抑制に有効であることが分かる。また、Case2はCase1と比べて水平震度～水平変位関係に顕著な差が生じておらず、上載土と周面地盤の摩擦抵抗やフーチングと周面地盤の摩擦抵抗が構造物の挙動に与える影響は小さいことが確認できる。これは、

キーワード: 鉄道 既設構造物 基礎 耐震性能評価 地盤抵抗

連絡先: 〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10 TEL: 06-6160-2312 FAX: 06-6160-1205

上載土と周面地盤との摩擦抵抗あるいはフーチングと周面地盤との摩擦抵抗はその絶対値が小さく、同図に示すように、比較的早い段階で上限値に達してしまうためである。また、Case3では、Case1に比べて、構造物天端での水平変位がさらに抑制される傾向にあり、構造物の水平変位の抑制には、土被り厚が感度のよいパラメータになることが確認できる。なお、紙面の都合で省略するが、杭の発生断面力についても、これらと同様の傾向があることを確認している。

次に、基礎周辺の地盤抵抗要素が杭の発生断面力を抑制する仕組みについて考えるために、フーチングに作用する力の釣合いを考えた。図3に示すように、フーチング底面中心周りのモーメントを考えると、慣性力が作用したときにフーチングを回転させる成分としては、柱下端のせん断力に起因する成分、柱下端の曲げモーメント、フーチング自体の慣性力に起因する成分の3つが考えられる。それに対して、フーチングの回転を抑制する成分としては、フーチング前面抵抗に起因する成分、フーチングと周面地盤との摩擦抵抗に起因する成分、上載荷土と周面地盤との摩擦抵抗に起因する成分、柱前面の水平抵抗に起因する成分、杭の軸力変動に起因する成分、杭頭の曲げモーメントが考えられる。これらの抵抗成分の大小関係を把握するために、フーチング底面中心周りのモーメントと水平震度の関係を整理した。

Case0におけるフーチング底面中心周りのモーメントと水平震度の関係を図4に示す。同図より、基礎周面の地盤抵抗要素を考慮しない場合、水平震度が小さい範囲においてフーチングの回転の抑制に有効に作用しているのは、主として杭の軸力変動に起因する成分であることが分かる。ところが、水平震度0.237に達した段階で押込み杭の地盤降伏が生じ、これを境にして、軸力変動に起因する成分が上限値に達するとともに、杭頭モーメントが急増していく様子が確認できる。

また、Case1における同様の整理を図5に示す。Case1では基礎周面の地盤抵抗要素の働きにより、押込み杭の地盤降伏が生じる水平震度が0.296に向上している。その結果、杭頭モーメントの増加度も水平震度0.3付近まで緩やかになっていることが確認できる。

4. おわりに
基礎周辺の地盤抵抗要素が杭の発生断面力に与える影響について数値解析による検討を行った。検討の結果、フーチング周面の地盤抵抗を考慮することで、押込み杭が地盤降伏に至る水平震度が向上し、杭頭の曲げモーメントを抑制できることを明らかにした。

参考文献

- 1) 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，丸善出版，1999。
- 2) 桐生・室野・弥勒・館山・滝沢：基礎と周面地盤の接触条件を考慮した基礎の耐震性能に関する事例解析，第1回性能規定型耐震設計に関する研究発表会，2004。
- 3) 今村・室野・桐生：基礎周辺の地盤抵抗が耐震性能に与える影響に関する検討，第40回地盤工学研究発表会，2005（投稿中）。
- 4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物，丸善出版，1997。

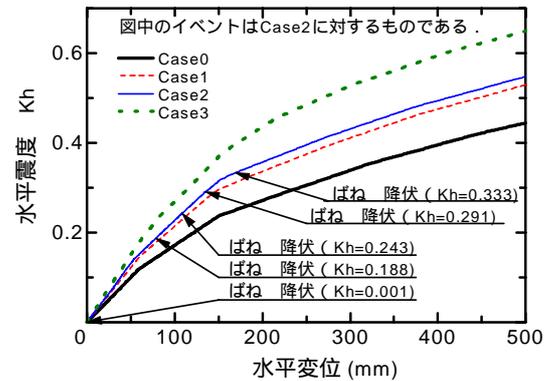


図2 水平震度～変位関係（構造物天端）

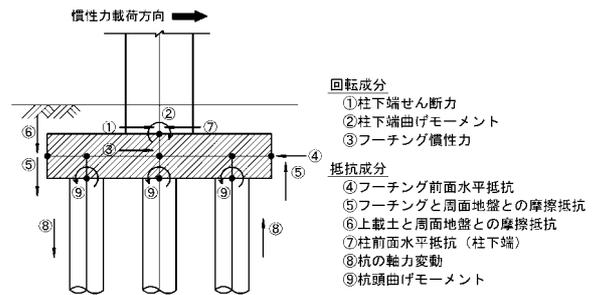


図3 フーチング底面中心周りのモーメントの釣合い

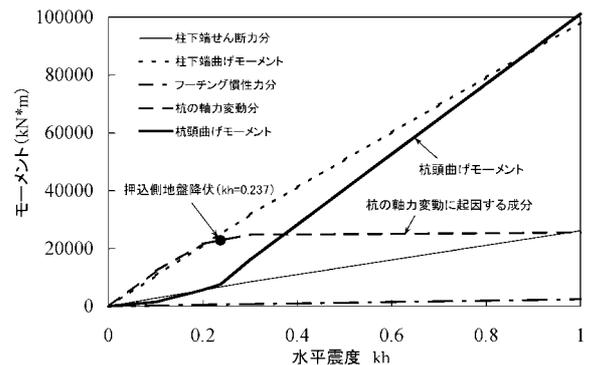


図4 フーチング底面中心周りのモーメント～水平震度関係（Case0）

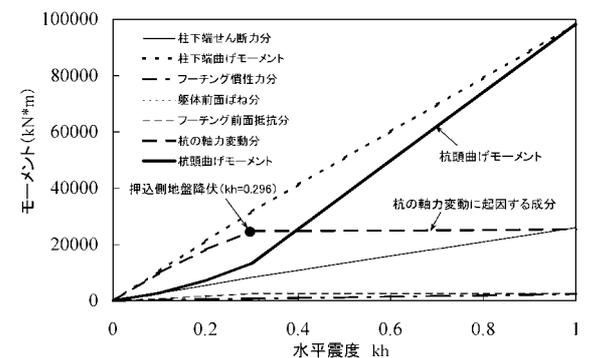


図5 フーチング底面中心周りのモーメント～水平震度関係（Case1）