

ネガティブフリクションが作用する斜杭基礎の設計手法に関する検討

鉄道建設・運輸施設整備支援機構

正会員 ○清田三四郎, 丸山 修, 青木一二三

鉄道総合技術研究所

正会員 神田 政幸, 西岡 英俊, 出羽 利行

復建エンジニアリング

正会員 勅使川原 敦

1. はじめに

筆者らは、鉄道構造物に対する地震時の列車走行安全性や構造物の耐震性向上のための一つの方法として、斜杭基礎に着目した研究を行っており、実験や解析を通じて、 5° 程度の比較的小さな斜杭角度でも構造物の水平変位や等価固有周期を小さくできることから、列車走行安全性の向上に対して有効となることを確認してきた^{1)~4)}。一方、地盤沈下など鉛直方向の地盤変位によりネガティブフリクション（以下、NF とする）が作用する場合には、鉛直杭と比べて比較的大きな曲げモーメントやせん断力が発生する可能性があるものの²⁾、鉄道構造物の設計においては、NF の作用を鉛直方向の荷重としてモデル化しており、斜杭に対する影響を適切に評価できる設計手法は確立されていないのが現状である。本稿では、地盤沈下による NF が斜杭に及ぼす影響に着目し、その作用のモデル化の違いによる解析結果への影響について報告する。

2. 解析対象構造物および解析手法

本検討では、斜杭基礎（鋼管杭）の鉄道ラーメン高架橋を対象に解析を実施している。構造一般図を図1(a)に、地盤条件を図1(b)に、解析ケースを表1に示す。杭長が約30mの場合に新幹線用地範囲内に納まる角度として、斜杭の角度を 5° とした。解析方法は、地盤抵抗をバイリニア型の非線形ばね要素⁵⁾に、構造部材を梁要素でモデル化した静的非線形

解析とした。地盤ばね要素は、局所座標系のばね（杭軸方向と杭軸直交方向のばね）とし、非線形特性は鉛直杭と同一とした。NF の載荷方法は、Case1 では、文献5)に示される簡易的な方法

（NF が作用する各地層の最大周面支持力度から荷重を算出する方法。以下、荷重載荷とする）、

Case2 および Case3 では、FEM 解析結果や実際の測定から得られた地盤沈下量を非線形ばねを介して杭に与える詳細な方法

（以下、地盤変位載荷とする）として、両者の比較を行った。

地盤変位載荷とした Case2 およ

び Case3 は、図1(c)に示した鉛直変位量を与えている。解析で

用いた NF の載荷方法のイメージを図2に示す。

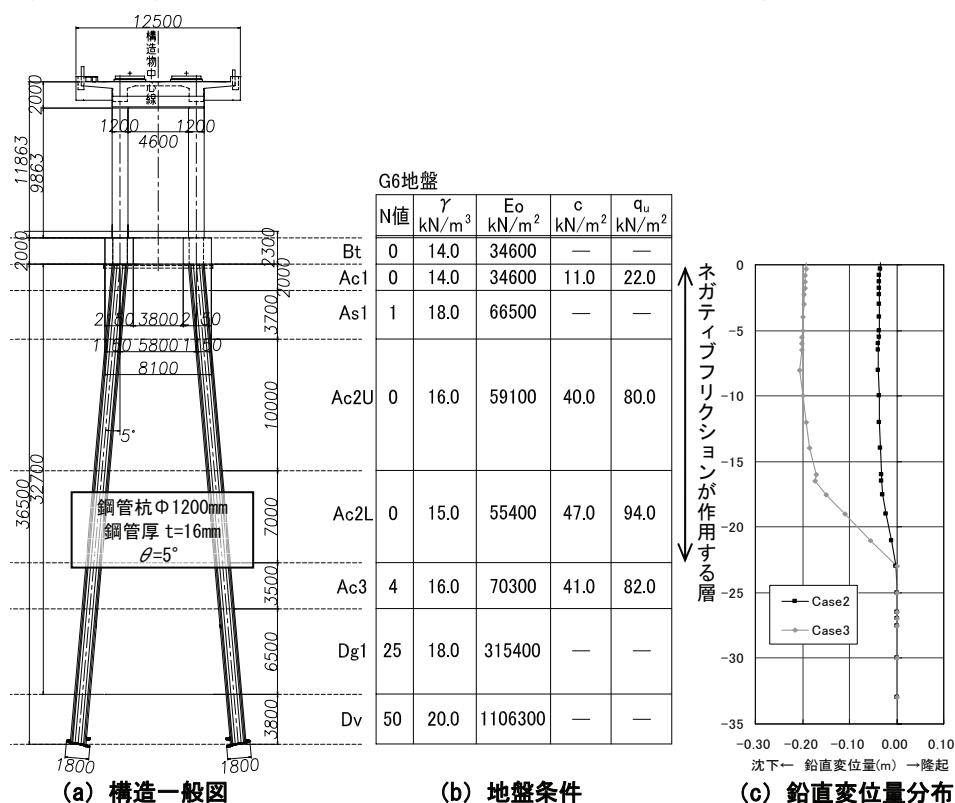


図1 構造一般図、地盤条件、鉛直変位量分布

表1 解析ケース

Case	地盤種別	基礎形式	杭角度($^\circ$)	ネガティブフリクションの載荷方法	鉛直変位量
Case1	G6	鋼管杭	5	荷重載荷 ⁵⁾	—
Case2				地盤変位載荷	図1(c)による
Case3					

キーワード 斜杭, ネガティブフリクション, 設計

連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 設計技術部 設計技術第二課 TEL:045-222-9082

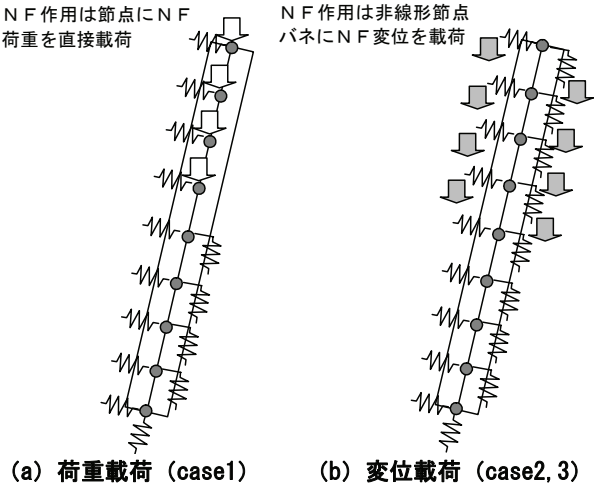


図 2 検討モデルのイメージ

3. 解析結果

解析によって得られた杭部材に発生する曲げモーメントの分布について、Case1 および Case2 を図 3 に、Case3 を図 4 に示す。

これまでの研究^{6),7)}では、地盤沈下が生じる際には、沈下する地盤によって斜杭が押され、開いている杭が閉ざされる方向に力が作用するため、杭頭には外側引張の曲げが生じることが確認されているが、図 3 より、Case1 ではこの現象を評価できていないことが分かる。

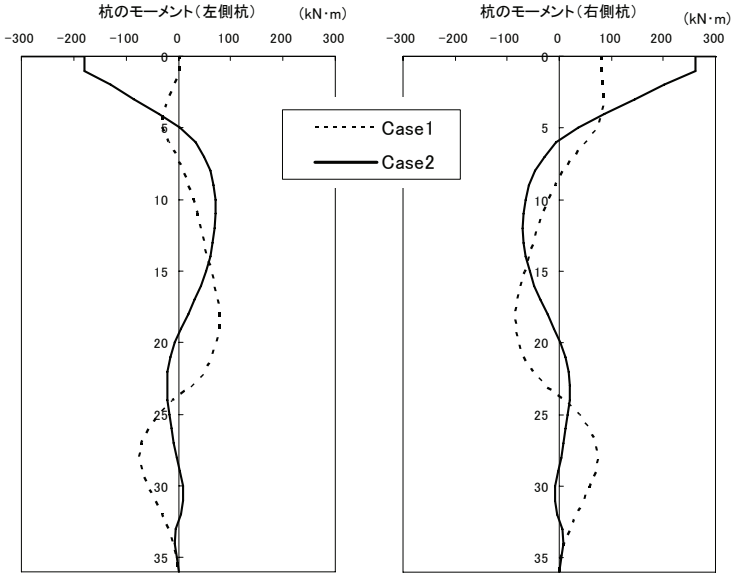
また、図 3 の Case2 と図 4 からは、地盤沈下量の増加に伴い、杭に発生する曲げモーメントが増加していることが分かる。二次圧密などによって長期的な地盤沈下量の増加が想定される場合には、杭に発生する断面力も変化することが考えられ、この現象を地盤変位荷重では評価できている。荷重荷重では、与える荷重が地盤変位量の影響を受けず一定であるため、このような長期的な挙動を評価することはできない。

4. まとめ

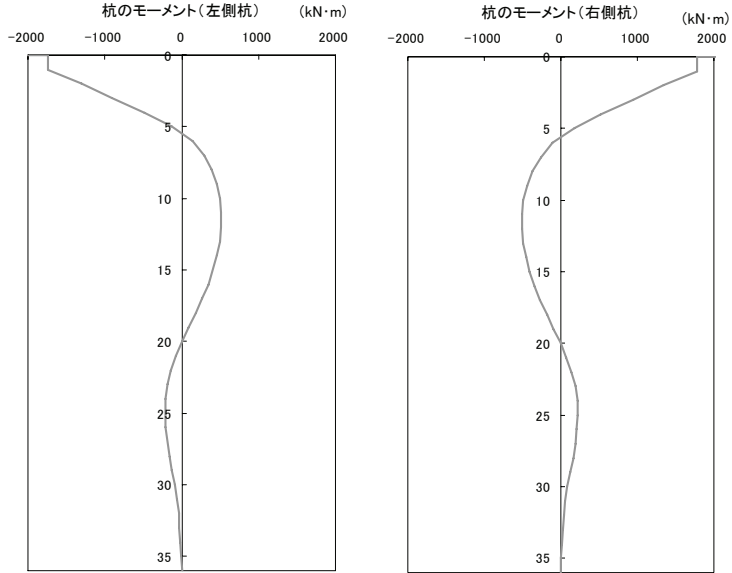
本稿では、地盤沈下による NF が斜杭基礎に与える影響に着目し、その荷重方法の違いによる解析結果の影響について検討を行った。その結果、NF を荷重として荷重する方法では、杭頭に発生する曲げモーメントや長期的な挙動が評価できないことから、NF が作用する斜杭について検討を行う際には、5° 程度の比較的小さな斜杭角度であっても地盤変位荷重によって検討することが適切であると考えられる。また、NF によって、鉛直杭ではみられない大きな曲げモーメントが斜杭では発生していることから、このような地盤で斜杭を適用する場合には、詳細な検討を行う必要があると考えられる。

参考文献

1)出羽,山崎,丸山,青木,西岡,神田：砂地盤中の斜杭基礎模型の静的荷重実験,第 42 回地盤工学研究発表会,pp.1241-1242,2007.7.
2)池亀,丸山,青木,神田,出羽：鉄道高架橋の地震時挙動に対する斜杭の影響解析(静的解析による検討),第 62 回土木学会年次学術講演会,pp.477-478,2007.9.
3)出羽,山崎,青木,西岡,阿部：砂地盤中の斜杭基礎模型の振動実験,第 62 回土木学会年次学術講演会,pp.479-480,2007.9.
4)出羽,丸山,青木,清田,西岡,神田：斜杭基礎を有する鉄道ラーメン高架橋の動的非線形解析,第 43 回地盤工学研究発表会,2008.
5)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎・坑土圧構造物),丸善,2000.6
6)高橋：沈下地盤中の単杭の挙動に関する実験的研究,港湾技研資料,No.533,1985.
7)佐藤,赤井,舟崎：負の周面摩擦力と斜杭に発生する曲げの計算法に関する研究,昭和 44 年度日本道路公団試験所報告,pp.76-92,1970.



(a) 左側杭 (b) 右側杭
図 3 曲げモーメント分布 (case1, 2)



(a) 左側杭 (b) 右側杭
図 4 曲げモーメント分布 (case3)