

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）

復建エンジニアリング 正会員○池亀 真樹

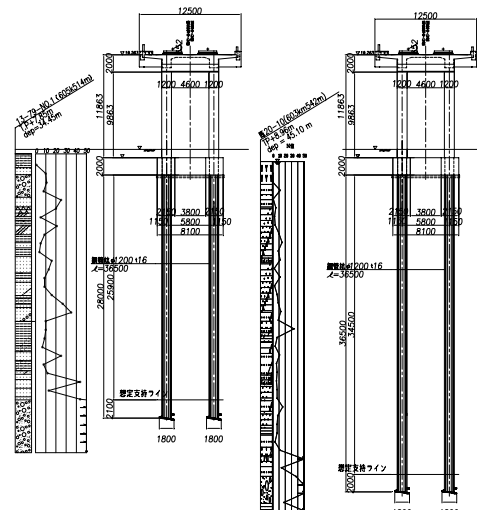
鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 丸山 修 青木一二三

鉄道総合技術研究所 正会員 神田 政幸 出羽 利行

1 はじめに

近年、鉄道構造物の設計は性能照査型設計に移行し、変位を指標とした設計を実施しており、地震時には従前の耐力・靱性設計に加え、地震時の列車走行安定性に関する設計が重要となっている。筆者らは、一般的に水平作用に対して優れた抵抗特性をもつとされている斜杭に着目し、鉄道構造物への適用性について検討を行っている²⁾。

本稿では、斜杭の角度をパラメータにした感度解析を実施し、斜杭の地震時挙動に対する影響を解析的アプローチによって確認した結果を報告する。さらに斜杭構造に与えるネガティブフリクション（以下、NF）の影響を確認するための解析も実施した。



A 高架橋(G4 地盤) B 高架橋(G5 地盤)

図1 解析モデル図

表1 解析ケース

構造物名	地盤種別	関数	
		作用	角度 (°)
A 高架橋	G 4 地盤	慣性力	0, 1, 2, 3, 4, 5
		慣性力+地盤変位	0, 1, 2, 3, 4, 5
B 高架橋	G 5 地盤	慣性力	0, 1, 2, 3, 4, 5
		慣性力+地盤変位	0, 1, 2, 3, 4, 5
B 高架橋	G 5 地盤	死荷重+NFの影響	0, 5

2 検討概要

解析は一般的な鉄道構造物であるRCラーメン高架橋の線路直角方向をモデルとした。解析モデルを図1に示す。

解析手法は地盤抵抗をばね要素に、構造部材を梁要素でモデル化した静的非線形解析とし、地震時応答は非線形スペクトル法³⁾により求めた。解析ケースは地盤種別の異なる2つの構造物において、斜杭の角度と作用を関数にした全24ケースに加え、NFへの影響を確認するための2ケースを実施した。解析ケースを表1に示す。ここで、地盤変位は別途実施した地盤応答解析から得られた杭先端と杭頭の最大相対変位(G4: 261mm、G5: 434mm)を地盤ばね先に作用させた。また、NFは杭頭から深さ17.32mまでの層に作用すると仮定し、この区間の鉛直せん断ばねを取り外し、周面支持力相当の荷重を各節点に鉛直下向きに作用させた。

なお、杭は斜杭の施工が可能と考えられる回転杭（既製杭）とした。斜杭の角度が小さく地盤抵抗モデルへの影響は小さいと判断し、鉛直杭として算定した地盤抵抗を斜杭に適用した。従って、斜杭は解析モデル上、骨組の角度によって地盤抵抗特性は変化しないが、軸力の変化として評価されることとなる。

3 解析結果（地震時挙動に対して）

斜杭の影響を慣性力のみ作用させた静的非線形解析により求められる降伏変位 δ_y 、構造物の等価固有周期 T_{eq} 、最大応答変位 δ_{max} の変化に着目し整理した。G4、G5地盤の結果を図2、図3にそれぞれ示す。

図2、図3ともに、斜杭角度が大きいほど、水平変位量が小さく抑えられ、等価固有周期が短くなる傾向があり、その傾向は軟弱地盤であるG5地盤の方が顕著(0度→5度、G4: 6%、G5: 12%)であることが確認できた。

図4に斜杭角度と杭部材の応答の関係を示す。杭部材の応答は角度0°の応答値により正規化している。同図より、杭に発生する曲げモーメントは慣性力のみが作用する場合、角度が大きいほど小さくなるが、地盤変位を作用させる場合、角度が大きいほど増加する傾向が確認できる。また、せん断力については、作用に関係なく、角度が大きいほど増加する傾向が確認できる。

Key Words: 斜杭、水平抵抗、骨組解析

連絡先: 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-11-12

TEL.03-5652-8557 FAX.03-3660-9373

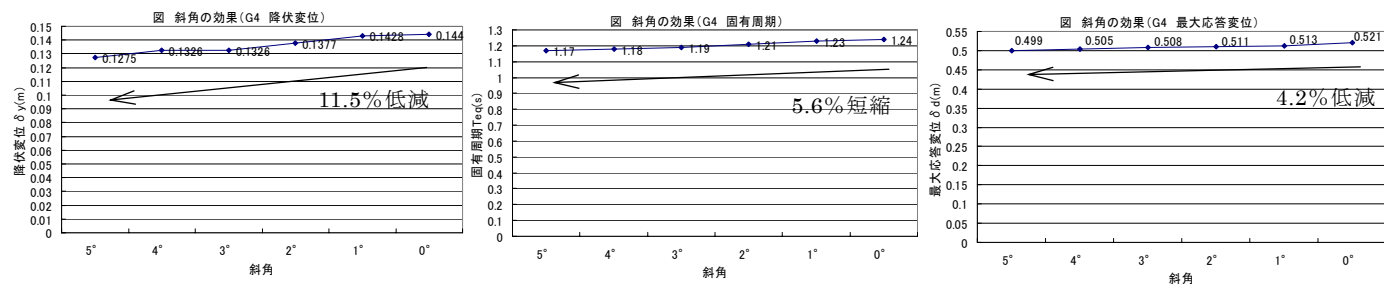


図 2 斜杭角度の地震時挙動への影響 (G4 地盤)

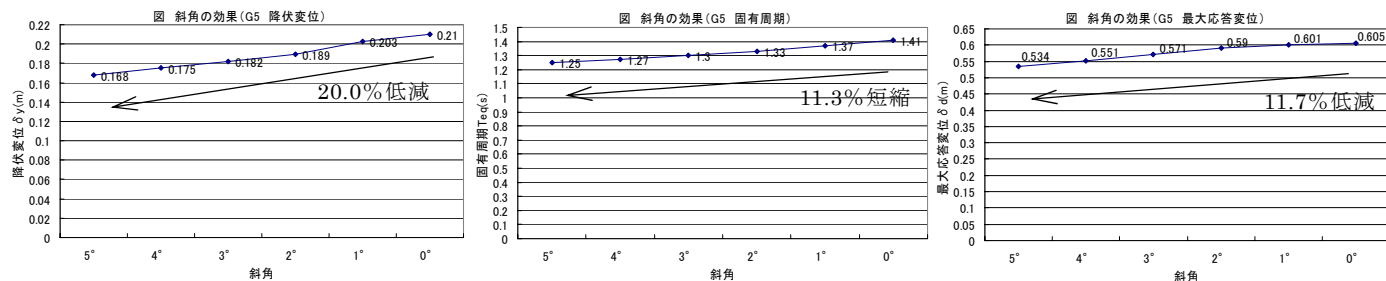


図 3 斜杭角度の地震時挙動への影響 (G5 地盤)

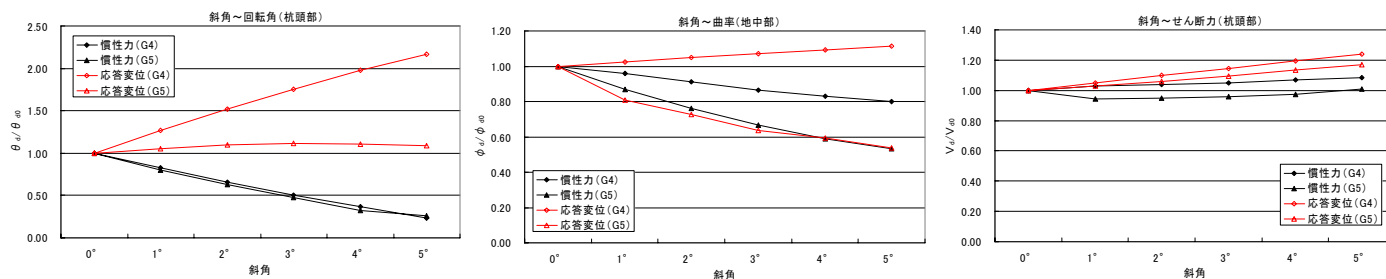


図 4 斜杭角度の杭部材応答（応力）への影響

4 解析結果（ネガティブフリクションに対して）

斜杭（斜杭角度 5°）における NF の影響について、杭部材に発生する断面力に着目した。図 5 に NF 作用の有・無の断面力比較図を示す。

同図より、斜杭に NF が作用すると、地中部から杭先端にかけて、作用前（常時状態）に比べて 50～100% 程度増しの比較的大きな曲げモーメントおよびせん断力が発生することが確認できる。地中～杭先端は鉛直杭においては、ほとんど応力が発生しない部位なので、斜杭固有の現象といえる。なお、発生軸力については、直杭から斜杭にしたことでほとんど変化はなかった。

5 まとめ

本検討で確認できた成果を以下にまとめる。

- 1) 5 度以下の比較的小さな角度の斜杭でも、斜杭角度が大きいほど、地震時降伏水平変位量が抑えられ、等価固有周期を短くできる。
- 2) 地盤変位が作用する場合、杭体の断面力は鉛直杭に比べて増加する傾向がある。
- 3) 斜杭とした場合、NF の作用により、地中部から杭先端にかけて大きな応力が発生する傾向がある。

参考文献

- 1) 水野, 西岡, 渡辺, 舘山, 神田: 複合基礎の水平抵抗特性に関する静的模型実験, 第 40 回地盤工学研究発表会, 2005.
- 2) 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載荷実験, 第 42 回地盤工学研究発表会, 2007 (投稿中)
- 3) 国土交通省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 1999.

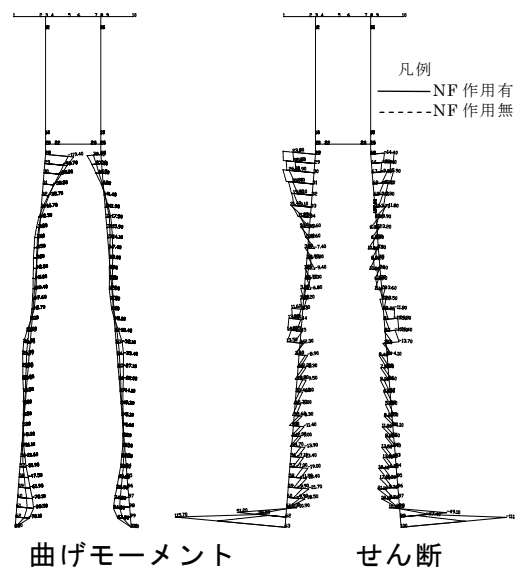


図 5 NF 作用有無の断面力比較図