砂地盤中の斜杭基礎模型の振動実験

鉄道総合技術研究所 正 出羽 利行\*

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正 山崎 貴之\*\* 正 青木一二三\*\*

鉄道総合技術研究所 正 西岡 英俊\* 正 阿部 慶太\*

1.はじめに

鉄道構造物は、地震時の列車の走行安全性を確保するために、水平方向の剛性が高い構造とする必要があ る <sup>1)</sup>.筆者らは,地震時の走行安全性の向上を主目的として,鉄道構造物への斜杭基礎の適用について検討 している<sup>2),3),4)</sup>
.斜杭基礎は,一般的に直杭に比べて安定性が高く,水平変位量を小さくできる利点があるが, 地震時の挙動が未解明であることなどを理由に近年の鉄道構造物では採用されてこなかった、本稿では、斜 杭基礎の振動特性確認を目的として実施した砂地盤中の斜杭基礎模型の振動実験について報告する.

2.実験ケースと実験条件

実験ケースを表1に、実験概要を図1に示す、

実験は,土槽(幅約2m,奥行0.6m)を載せた振動台を用いて,1地盤に直杭模型と斜杭模型(5度)を並べ て配置し,2種類の地盤で実施した.模型基礎は,実物ラーメン高架橋(杭径 1.2m,杭長 28.0m,杭中心間

隔:線路方向 10.0m,直角方向 5.8m)の1 スパン分の 1/60 スケールとし,模型フーチングに4本の模型杭を配置した. 模型杭は真鍮製の中空管(20mm,t=1.5mm)を用い,先端 は回転杭の羽根を模擬し, 30mmの円形プレートで閉塞し

た.模型の重量は,極限鉛直支持力 3200kN(杭4 本分,別途実施の鉛直交番載荷実験結果<sup>4)</sup>)の1/6 (鉛直荷重 533N)相当とした.また,模型の上下 重量比は,実設計で上層梁と地中梁に作用させる 死荷重による地震時慣性力の比率程度(上層梁: 地中梁=1:2~2.5)とし、それぞれ約 380N と約 165N に設定した.模型地盤は,乾燥豊浦砂を用いて空 中落下法で作製し、1 地盤目は地盤全体を Dr=90% とし 2 地盤目は上層を Dr=60% 支持層を Dr=90% として杭先端を羽根径分根入れさせた.なお,杭 をあらかじめ所定位置に配置して地盤を作製した。

加振方法は,1 地盤目は正弦波 10 波を周波数 10Hz, 2Hz, 5Hz の順で入力加速度を 50~800gal (2Hz は最大 400gal)と段階的に漸増させて加振 した.2 地盤目は地震波(5Hz 卓越,最大加速度 900gal) で加振後に,正弦波 10 波を 5Hz, 10Hz の順で加速度を段階的に漸増させて加振した.

計測は,模型上部とフーチングの変位量,模型 天端とフーチングおよび地盤の応答加速度,各杭 の軸力と曲げモーメントを測定した.

表 1 実験ケース 地盤 Case |杭角度(度)|地盤の相対密度Dr(%) Case01 0 90 1 Case02 5 90 Case03 60(支持層90) 0 2 Case04 5 60(支持層90)



Key Words:斜杭,振動実験,模型実験,水平抵抗 \*〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel.042-573-7261 Fax.042-573-7248 \*\*〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー Tel.045-222-9082 Fax.045-222-9102



## 3.実験結果

図2に模型上部の水平変位 - 水平加速度を示す. 杭の発生断面力の一例として,図3に1地盤目2Hz,400gal加振時の杭先端軸力と 杭頭部曲げモーメントを示す.

図2によると,直杭と斜杭で応答加速度に極端な差はなく,共振 も生じていない.また,2地盤目では履歴曲線のシフト量が大きく, 1 波ごとに残留変位が累積している.これは,地盤が緩いためと考 えられるが,斜杭と直杭の累積変位に大差は無い.

図2中のA,B点で急激に剛性が低下している.このとき,図3 によると引抜き側の引張軸力が頭打ち(杭2本分-260N,-310N)となっている.一方,鉛直交番載荷実験<sup>4)</sup>から模型杭の極限引抜き抵抗 時の杭先端軸力は杭1本当り-50~-190Nにあることが判明している. これらから,模型全体の剛性が低下したのは,引抜き側杭がA,B 点で極限引抜き抵抗力に達したためと考えられる.同様に,各周波



数での水平変位 - 加速度と杭軸力との相関を調べると,剛性低下は引抜き側杭が極限引抜き抵抗力に達した ことに起因していた.また,剛性低下するまでの範囲(模型天端加速度 300~600gal)では,直杭よりも斜 杭の剛性が高く,剛性低下後も斜杭は直杭と同程度の剛性である.ただし,斜杭は発生軸力の増加が大きい 分,支持降伏に達する変位量も小さくなる.この結果は,水平交番載荷実験の結果<sup>4)</sup>と一致する.また,曲 げモーメントは軸力が極限に到達した後の増加が大きく,抵抗成分が軸力から曲げに移行したと考えられる. 4.まとめ

砂地盤中における斜杭と直杭の模型基礎の振動台実験の結果をまとめると,水平変位-水平加速度関係での剛性低下は杭の支持降伏に起因し,支持降伏に達するまでは,斜杭は直杭よりも高い剛性を示す.この結果は水平交番載荷実験の結果<sup>4)</sup>と一致している.これらから,5度程度の比較的小さい角度の斜杭でも,地 震時の走行安全性の向上が図れる可能性が高いことが分かった.

## 【参考文献】

1) 国土交通省監修 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),(変位制限)
 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2007.9(投稿中)
 3) 山崎・丸山・青木・神田・千葉:鋼管斜杭の杭頭接合構造の変形性能確認実験,第62回土木学会年次学術講演会,2007.9(投稿中)
 4) 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,200.7(投稿中)