

I - B 392 杭基礎の地震時挙動に与える慣性力作用と地盤変位作用に関する実験的検討

— 相互相関関数による考察 —

鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆, 正会員 王 海波  
フェロ-会員 西村 昭彦

1. はじめに

杭基礎は慣性力と地盤変位の2つの相互作用の影響を受ける。これまで、慣性力と地盤変位による影響について解析的<sup>1)</sup>・実験的(線形材料)<sup>2)</sup>に検討するとともに、耐震設計における扱いについて検討してきた。本論文では、これらの2つの作用が杭基礎の地震時挙動に与える影響について、科学技術庁所有の大型せん断土槽を用いた杭基礎モデルの振動実験結果を基に検討する。

2. 実験概要

用いた砂は霞ヶ浦産の砂を自然乾燥状態で用いた。杭は杭径約  $D=0.32\text{m}$  の鋼管杭である。杭本数は4本の群杭で杭間隔は約  $6D$  である。フーチングは鋼板を積み重ねたものであり、約  $15\text{tf}$  と  $44\text{tf}$  の2種類を用意した。杭先端はピン結合で、杭頭はフーチングと結合(鋼板に穴をあけ、杭を差し込みモルタルで固定)している。実験の詳細は文献 3)を参照していただきたい。入力は  $100, 200, 400(\text{cm/s}^2)$  のランダム波である。なお  $44\text{tf}$  タイプのモデルでは  $G0C$  波( $1200(\text{cm/s}^2)$ )の大加振も行っている。

3. 相互相関関数による評価

文献 4)ではシミュレーションにより杭の地震時挙動に与える慣性力の寄与と地盤変位の寄与の分離を試みているが、実験データそのものから、相互相関関数を用いて、各応答値の時間遅れ構造を調べることにより、慣性力の影響と地盤変位の影響を評価する。本検討では、(a) 振動台加速度に対する地盤の加速度、(b) 杭・フーチングの加速度、(c) 杭の曲げひずみについて検討した。その結果を図 2 に示す。なお、本論文では  $400(\text{cm/s}^2)$  加振のみを取り上げて考察を行う。

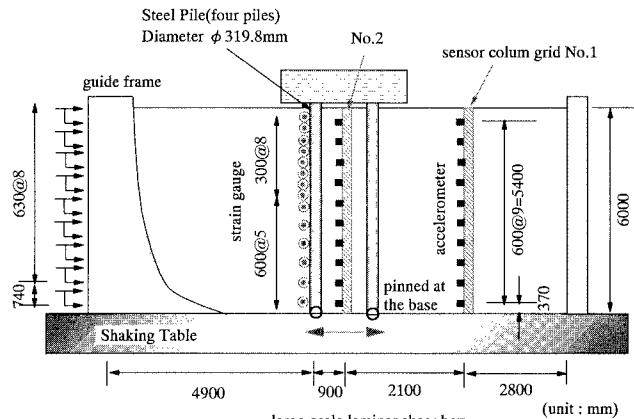


図 1 実験概要

(1)  $15\text{tf}$  タイプ(28 日加振) 地盤の加速度と杭の加速度の時間遅れ  $\tau$  (最大値をとる時刻とする)は、杭頭付近で若干差が生じるものの深さ方向にわたってほぼ一致しており、構造物全体が地盤とほぼ一体となって挙動しており、位相差は生じてないことが分かる。曲げひずみに関しては、 $4.57$  と  $4.27\text{m}$  付近で多少傾向がずれるものの、時間遅れ  $\tau$  は深さ方向に従って変化する傾向にあり、その関係は地盤加速度のものと同様の傾向である。入力の相互作用(地盤変位)による影響を大きく受けていると考えられる。上記 2 点で相互相関関数の形状が変化するのは、慣性力によるひずみの符号が反転し、慣性力と地盤変位によるひずみが分離されたためと考えられる。

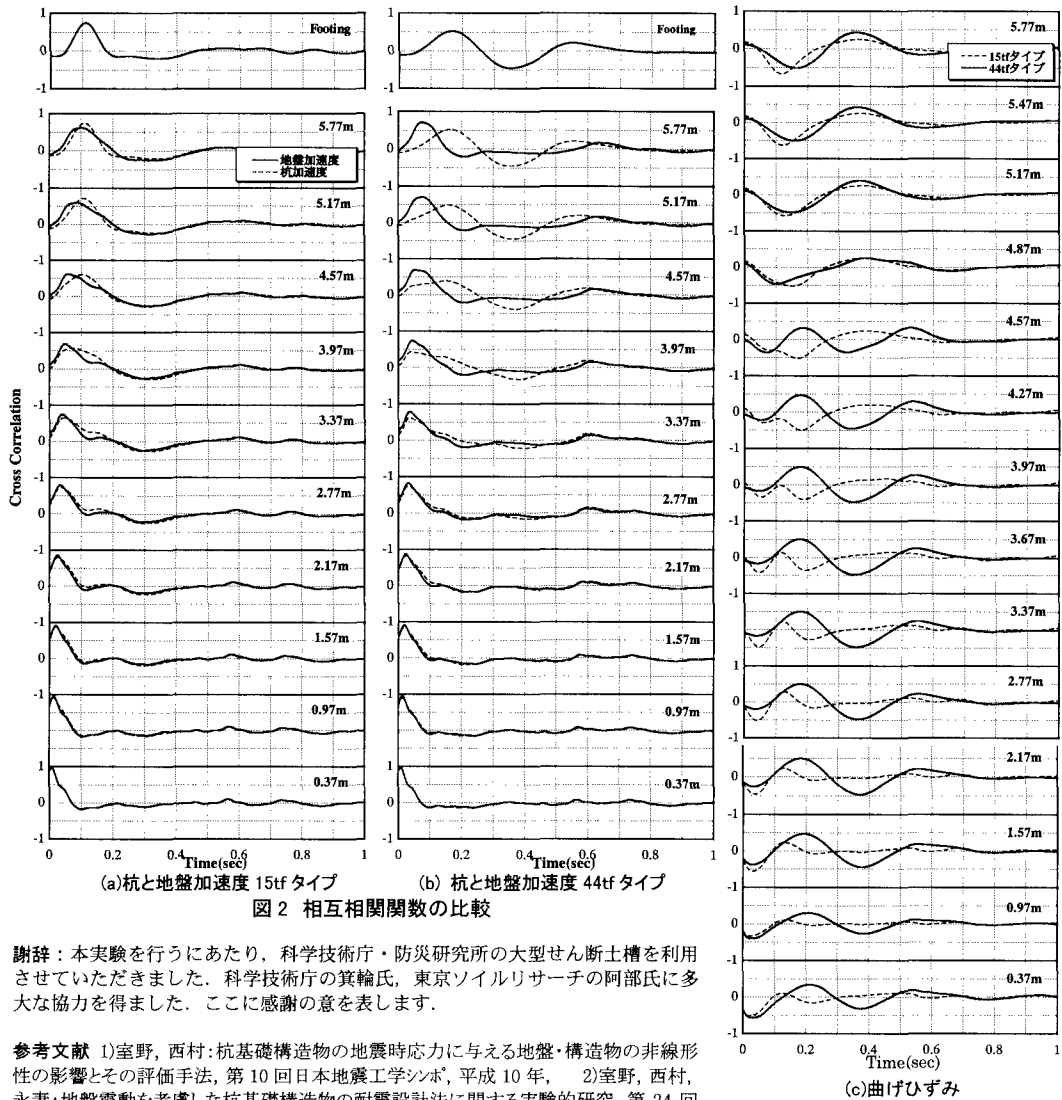
(2)  $44\text{tf}$  タイプ(30 日加振)  $3.3\text{m}$  までは  $15\text{tf}$  タイプ同様、杭の加速度と地盤の加速度の遅れ時間がほぼ一致しており、地盤と一体となって挙動している。しかし、それ以後では、相互相関関数の形状も大きく異なり、時間遅れも急激に遅くなっている。ほぼフーチングの遅れ時間と一致しており、地盤と構造物の挙動に位相差が生じている。杭ひずみに関しては、杭頭付近のひずみの時間遅れがフーチングの時間遅れとほぼ一致していることから慣性力による寄与が大きいことが分かる。 $4.87$  と  $4.57\text{m}$  の 2 点では  $\tau$  (相関関数自体)がその前後の深さのものと同様に傾向が異なっている。これは慣性力によるひずみが反転する領域

Key Words : 大型せん断土槽実験, 相互相関関数, 杭基礎, 慣性力作用, 地盤変位作用  
連絡先 : 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7262 FAX042-573-7248

のため、見かけ上慣性力によるひずみが小さくなり、相対的に地盤変位によるひずみが現れたものと解釈できる。3.97～1.57m では相互相関関数の形状は、杭頭付近のものと同符号が反転してほぼ対称の形状となっており、地中部でも慣性力によるひずみの寄与が大きいことが分かる。そして、1.57と0.97m では、 $\tau$ が再び変化し、地盤変位による影響を大きく受けていることが分かる（その結果15tfと $\tau$ がほぼ一致）。

#### 4. おわりに

本論文では、大型せん断土槽を用いた杭模型の振動実験データの相互相関解析により、杭基礎の地震時挙動に与える慣性力作用と地盤変位作用について検討した。その結果、杭基礎の地震時挙動は慣性の相互作用と入力との相互作用の2つの相互作用を受けること、杭の応力についても両者の影響を複雑に受けていることが確認できた。応答変位法のような地盤の影響を考慮した照査法が望ましいことが再認識された。



(a)杭と地盤加速度 15tf タイプ (b)杭と地盤加速度 44tf タイプ  
図2 相互相関関数の比較

謝辞：本実験を行うにあたり、科学技術庁・防災研究所の大型せん断土槽を利用していただきました。科学技術庁の箕輪氏、東京ソイルリサーチの阿部氏に多大な協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1)室野, 西村: 杭基礎構造物の地震時応力に与える地盤・構造物の非線形性の影響とその評価手法, 第10回日本地震工学シンポ, 平成10年, 2)室野, 西村, 永妻: 地盤震動を考慮した杭基礎構造物の耐震設計法に関する実験的研究, 第24回地震工学研究発表会, 平成9年, 3)長縄, 室野ら: 基礎と地中構造物の大型振動実験(その10), 第33回地震工学研究発表会, 平成10年, 4)長谷川, 室野, 王, 西村: 杭基礎の地震時挙動に与える慣性力作用と地盤変位作用に関する実験的検討-多質点系モデルによるシミュレーション-, 第54回土木学会年講(投稿中), 平成11年