

1. まえがき 本研究は、軟弱地盤域に杭基礎を有する高橋脚橋梁の振動性状の把握と設計の簡易化を目的にした実験である。第1に、動的相互作用効果の大きな系の簡易設計化が上部構造物と地盤杭基礎とを分離して解析する近似計算法の妥当性と適用範囲で検討された。また橋脚下端のフーテング・バネ系の接続効果をも若干考察した。次に、ランダム波と記録地震波を外力に用いた系の各モード同時生起による接近離反現象と周波数領域のスペクトル解析の処理が系の分離応答計算法の観点から実施された。

2. 実験手法とその概要 実験のプロファイルがFig.1である。上部構造物および地盤モデルは各々剛度の異なる3種類を採用した。前者は1自由度の棒質点構造とし、後者の地盤には積水化学工業社製セキスイLG-3を用いた。LG-3の性質の一部不明な点で、実験時の各上部構造の付加した地盤の1次固有振動数の時間的安定性はFig.2の変化を示した。Table 1は上部構造物(P1,2,3)の固有振動数と地盤(F1,2,3)の周波数領域である。上部構造物の分離実験(Fig.1)は全体系の応答と上部構造系だけに全体系のフーテング天端の応答を接地点入力した場合の応答結果を直接比較し、上部構造物を全体系より分離して解析することの妥当性を検証した。この場合、全体系は地盤杭基礎系とフーテング・ピアードデッキ系に分割される。次に定量的なランダム波加振実験がPink noise波(2.5Hz~40Hz)と記録地震波(EI Centro 1940 NS成分)を対象に、系のフィルタ作用・スペクトル・自己相関関数の結果でまとめられた。なお杭基礎モデルモデルは基盤層に固定した場合(Fig.1)と表層地盤中に貫入したままの浮動杭の2種類を考えた。またモデルのタイムスケールは $1/8$ 、幾何学的スケールは $1/214$ である。

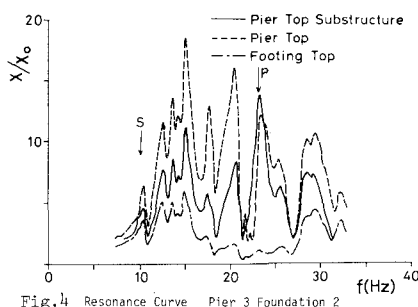
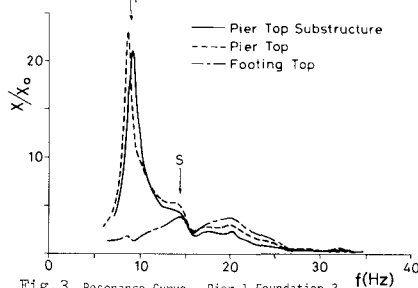
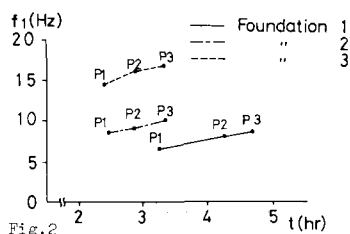
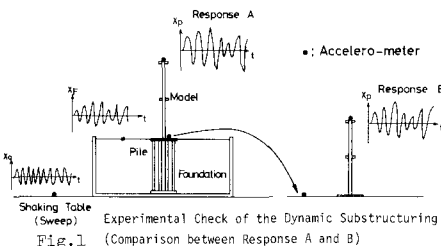
3. 実験結果および考察 3.1. 地盤杭基礎-構造物系の分離実験

共振曲線(Fig.3~5)の $\downarrow$ は地盤又は上部構造物の1次固有振動数の位置を示す。なおTable 1も参照のこと。

a)卓越振動数について 長・中周期上部構造物(ピア-1,2)の場合、分離時の卓越振動数はFig.3の如く全体系の固有振動数とほぼ同じあるいはわずかに高振動数側に寄っている。この振動数は上部構造物自体のそれとほぼ等しい。短周期構造物(ピア-3)の場合(Fig.4)かなり複雑な共振曲線の様相を呈し、地盤系の固有振動数付近が分離時の卓越振動数となる可能性がある。

b)応答倍率について 地盤が硬く上部構造が長周期の分離設計であるほど(Fig.3)、全体系の応答に近い

値を示す。逆に上部構造の剛性が大きいと動的相互作用が顕著に現われ、応答は不安定で分離解析の実施が困難と考えられる。地盤と上部構造物の固有振動数の離反現象がそれほど顕著でないと、全体系と分離系の振動数のずれから地盤杭基礎系の反力項と等価で簡単なバネ・ダッシュポット系をフーテングに連結することが可能であろう。c)杭基礎下端の支持条件による効果(Fig.3とFig.5の比較) 杭下端がFreeであると、杭基礎・上部構造物が一体



となって振動するために、基礎の沈下と回転の影響が大きくなる。このため、Fig.5の如く分離時の卓越振動数は全体系の固有振動数からかなりずれてしまう。このような場合、フーティング天端で得られた並進応答を接地点外力として直接上部構造に入力して解析することは不適当と考えられ、ピア下端に3自由度(水平,上下,回転)の複雑な周波数依存型のフーティングバネ系を連結して更設計の解析を行なう必要がある。

3.2. ランダム波加振実験 a)最大応答について

El Centro加振時の応答(Fig.7)とPink noise 外力の場合(Fig.6)を比べて入力のパワーや振動数特性が応答に明らかな影響を及ぼしている。これは外力のスペクトル構造と地盤・上部構造物の振動数成分におけるモードの重なりと相殺効果を生じているためである。ピア-1,2 の場合、表面地盤の応答がフーティング部分の応答よりも1.2~2 倍ほど大きくなり、逆にピア-3 ではフーティング天端の応答の方がかえって大きくなっている。b)系のフィルター作用 まずPink noise 加振時の特性について考察する。上部構造物上端のフィルター作用は、長・中周期構造(ピア-1,2)の場合、上部構造の固有振動数付近に顕著な特性を認めている。ピア-3 では地盤杭基礎と上部構造物が互いに影響し合うために明白なフィルター作用を有しない。地盤の振動エネルギーは上部構の卓越するモード以上の振動数で集中しているが、地盤自身の固有振動数付近で卓越しており、上部構造物の影響が見られない。フーティング天端については地盤からの影響を大きく受け、かつ上部構造の効果も有するので、スペクトルはかなりランダムな様相を示す。次にEl Centro加振の応答もPink noise 加振とおおむね同じフィルター作用が見られる。特に入力のスペクトル密度の相違のためにエネルギー密度の集中している振動数帯域に系の卓越振動数が引き張られる現象が確認される。Fig.8 はその一例で応答波形とフーリエスペクトルを示す。

4. あとがき 地盤系と上部構造物の動的相互作用が顕著でないとフーティング重心に周波数に独立なバネ系を付加した簡易設計が可能である。逆に複雑なる自由度モデル表示の必要なケースもある。ランダム波の作用で地盤杭基礎構造系が一種のBandpass Filterの挙動を呈し、応答のスペクトル密度(特に上部構)が入力のスペクトル構造の影響を受ける。なお地盤杭基礎構造物系の減衰の評価が今後の課題である。他のデータは講演時発表予定。

謝 辞 本研究を進める上で御助言を賜った京都大学工学部家村浩助教、古川浩平助教ならびに実験実施の際に有益な御助力を与えられた中西伸二技官にそれぞれ謝意を表します。

参考文献 1)山田善一；高架橋の耐震設計に関する調査，昭和53年度本面後託研究成果報告書，昭和54年3月2)風間 了；建物-くい基礎-表層地盤連成系の減衰に関する模型実験，日本建築学会論文報告集，第266号

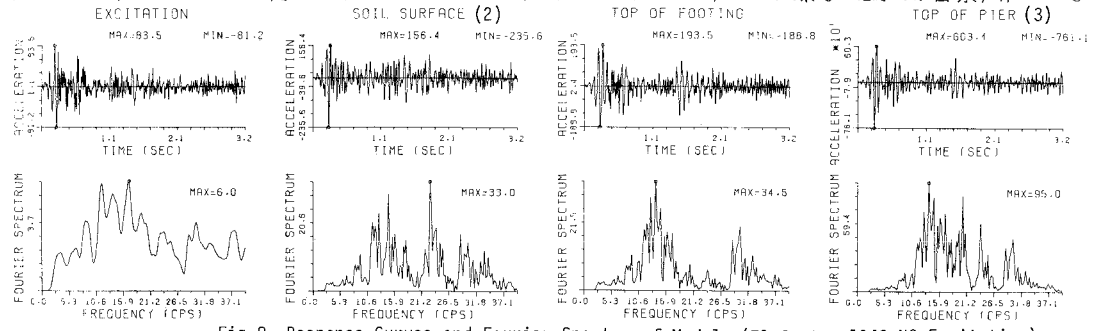
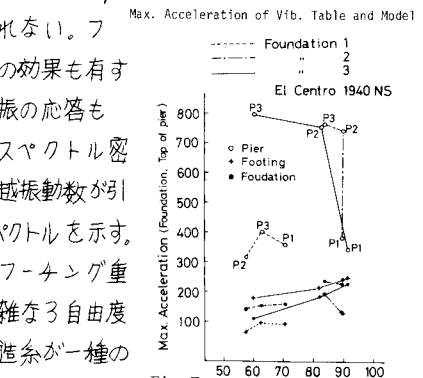
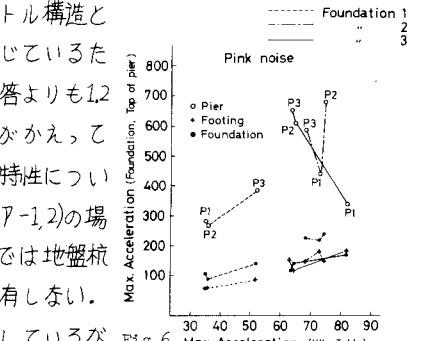
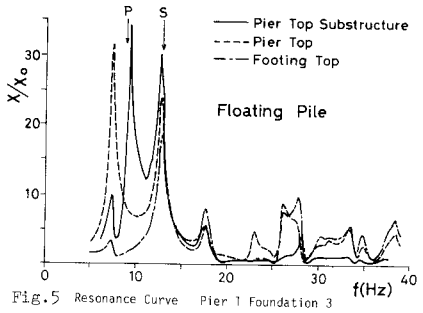


Fig.8 Response Curves and Fourier Spectra of Model (El Centro 1940 NS Excitation)