

東京スワール

正員 榎戸 源則

大阪大林組技術研究所○正員 白砂 健

正員 後藤 洋三

1. はじめに

杭基礎を有する構造物の動的応答を求めようとする時、杭と地盤を総合的に扱う方法によって動特性を把握する必要がある。しかし、杭の動的性状については不明な点が多く、また地盤を弾性体として扱う相互作用解析手法では適用範囲が限られている。本報告においても、地盤を弾性体として扱う有限要素法によって杭の等価な動的特性を求めている。田治見理論との比較検討を行ない、次に杭の振動実験結果との対比でやや大きな振幅を受ける杭への適用可能性について示した。

2. 計算手法と田治見理論との比較

杭を円筒構造物として扱い、回転体有限要素法において逆対称荷重条件の定常応答解析を行なった。杭を曲げ要素としてモデル化し、周辺地盤よりの変位、反力を適合させて連成系とした。下方は剛基盤を考え、側方境界は波動逸散を考慮したエネルギー伝達境界を用いている。この解析手法では3次元の扱いがなされており、杭の特性の厳密な評価が可能である。一方田治見理論では、上下方向変位をすべて拘束し、杭頭回転拘束、下端ピンの条件のもとに3次元的に解かれる。非減衰地盤において杭の境界条件を合わせ、有限要素法(FEM)と田治見理論(TAS)によって計算した結果を図-2に示す。これは杭頭における地盤反力係数を、静的な値 k_h を規準として無次元振動数による変化を示している。 S_1 , P_1 はS波、P波による地盤の共振状態を示す。FEMとTASは P_1 付近を除くと大差ない。 P_1 以上の振動数において減衰 c が異なっているが、これはFEMにおいて上下変位が考慮されRayleigh波による逸散減衰が存在することを示している。

3. 実験結果との比較

杭基礎の振動実験を文献より引用して状況図を図-3に示す。軟弱な中間層を持つ3層構成の地盤で、1次共振点は2.0 Hz付近である。コンクリートマスと地盤が接触しているA状態と85cm堀削したB状態について共振曲線を図4, 5に示す。さて、この実験結果をFEMによりシミュレーションする。まずA状態ではマスと地盤の間にバッキンを用意して、このバッキンの剛性を変化させたところ図-6の共振曲線を得た。また杭と地盤が深さ h_{sep} だけ剝離したとすると共杭状態が図-7の様に变化する。さらにマスと地盤の接触面積を変えると図-8となる。そこでバッキン剛性を $1/2500$ 、剝離70cm、接触面積0.4としてA状態の共振曲線を求めた。共振振動数は近いが応答倍率に大きな差がある。これは実際の現象にマスと地盤のすべり等非弾性的挙動が顕著なため弾性解析が合わないものと考えられる。次にB状態を検討する。杭と地盤の間の剝離深さ h_{sep} を0~60cm 4種選んで共振曲線図-9を求めた。実験結果の図-5とは $h_{sep}=35\text{cm}$ がよく一致した。それぞれの h_{sep} に対応した共振状態で、杭の変位、地盤反力、水平地盤反力係数 k_h そして杭の力学的エネルギー伝達を図-10に示す。剝離深さ h_{sep} が大きくなると杭変位が増え不動点が移動し、地盤反力とエネルギー伝達が剝離点に集中してくる。水平地盤反力係数 k_h が剝離点で大きくなるのは剝離域の土が寄与していることによる。 k_h の振動数による変化を図-11に示す。杭基礎の共振点でなく、地盤共振点 ω_g において地盤反力が極小を示し同時に減衰力が増加している点が興味深い。

4. まとめ

有限要素法により杭基礎の動的解析を行った結果、杭頭部の剝離を考慮してやや大きい振幅で振動する杭の等価な動特性を表わすことができた。この手法は非弾性的挙動を表わすことは出来ないが、地盤反力係数の振動数依存性などを求めることが可能であり、杭の動的性状把握のため有効な手段であると考えられる。

参考文献 此上 典文他 くい基礎振動実験 大林組技術研究所報 №11 1975 pp32~36

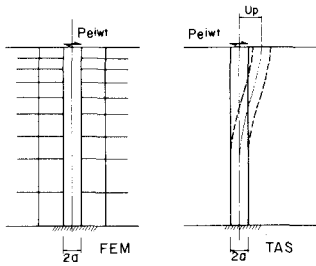


図1. 有限要素法と田治見理論

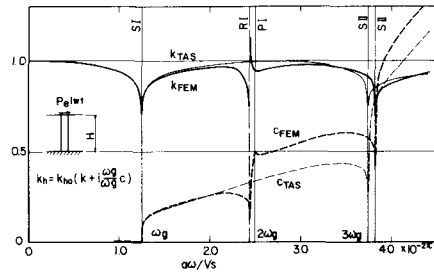


図2. 杭頭地盤反力係数のFEM・TASの比較

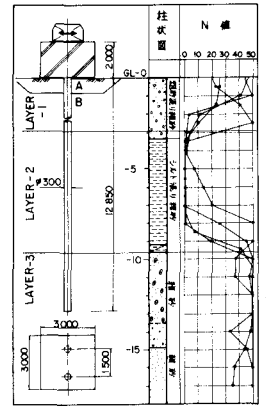


図3. 杭振動実験

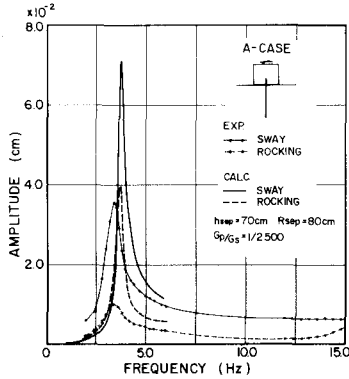


図4. 共振曲線 (A-CASE)

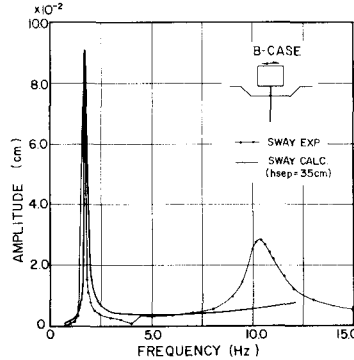


図5. 共振曲線 (B-CASE)

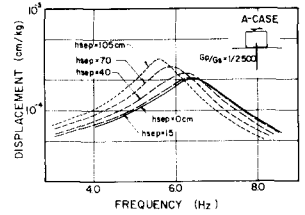


図7. 剥離深さ hsep 変化 (A-CASE)

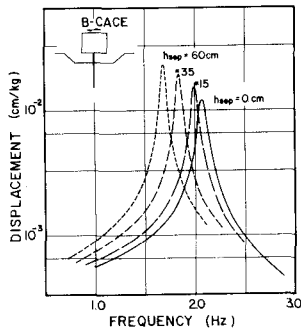


図9. 剥離深さ hsep 変化 (B-CASE)

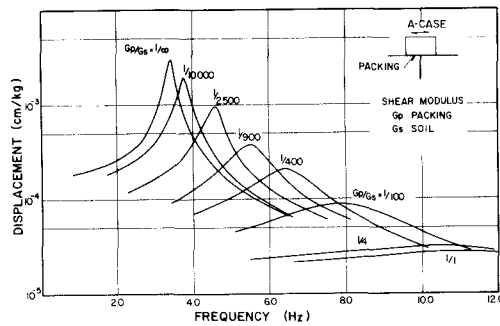


図6. パッキン剛性変化 (A-CASE)

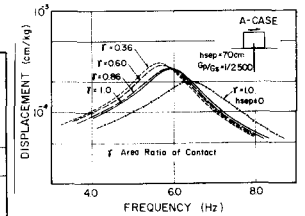


図8. 杭地盤接触面積変化 (A-CASE)

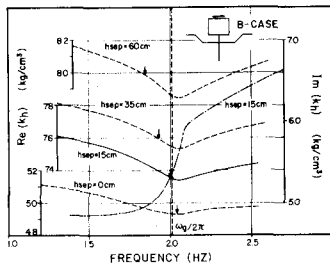


図11. 杭頭地盤反力係数 (B-CASE)

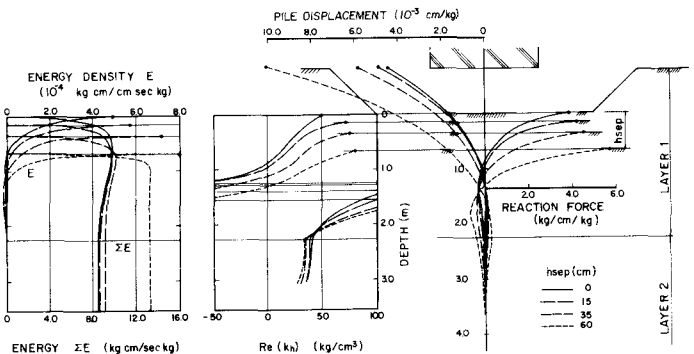


図10. 共振時の挙動 (B-CASE)