

CS4-17〔1〕

3本杭の複素剛性

京都大学防災研究所 土岐憲三 佐藤忠信 清野純史
 (株)奥村組 筑波研究所 ○吉川正昭 荒野政信

1. はじめに

最近建設事情では、長大橋梁や高層建物群が従来のように良好な地盤上での建設にとどまらず、ウォータフロントに代表される軟弱な地盤にも建設されることが多くなっている。これらの建物の多くは杭基礎で支持され、世界でも有数の地震国であるため、長期の鉛直荷重に加えて、杭基礎の地震時性状を把握し、地震時安定性を論ずることが重要となっている。これを解決する方法として、ハイブリット実験^{1)・2)}がある。この手法は、基礎-地盤間の複雑な復元力特性を加振機による実験で求め、コンピュータによる地震応答解析の中に復元力をオンラインで取り入れ、全体系の数値解析を行うものである。このシステムの開発時、並進と動揺の2自由度モデルにおいて、振動数の関数であるばねとダッシュポットすなわち複素剛性を時間領域での計算に用いる都合上、次のように考えた。微小変入力時の複素剛性を求めておき、大ひずみ時の複素剛性は、微小ひずみ時の複素剛性の振動数依存の形状が変わらないと仮定し、平行移動して、HENESSI に用いた。ここでは、この仮定が正しいかどうか検討するため、入力変位振幅を0.5mmから5.0mmまで10段階に変えて加振実験を行い、大ひずみ時の複素剛性の形状について考察した。

2. 実験の方法

加振実験をFig.1の下側の加振機を用いて行う。入力振動数10Hzの高振動数領域では、2台の同時加振では同調させるのが難しいため、上側又は下側の加振機で別々に複素剛性を求めた入力変位振幅を0.5mmから0.5mmピッチで5mmまで、10段階に変えた正弦波(0.5Hzから10Hz)を、先端解放の3本鋼管杭(直径355.6mm、杭長6.5m)に与えて、剛性を求めた。

3. 実験結果と考察

10段階の加振実験により求められた並進と動揺の共振曲線と位相曲線をFig.2に示す。位相曲線では各入力時の単峰型の共振振動数時に、 $\pi/2$ を示すため、代表位相角として、両端と中間値の0.5mm, 3mm, 5mm入力時の値を示した。

同図より、並進と動揺の共振振動数は入力振幅の増加に従い、低下する。0.5mm入力時、6.5Hz, 5mm入力時、4.5Hzとなり、応答倍率は逆に増加する。並進と動揺の複素剛性の実部をFig.3に示す。同図より、両モードとも入力変位振幅が大きくなるにつれ、各振動数に対して、低下することがわかる。更に、0.5Hz時、疑似静的載荷時の初期剛性の値に近づくと考えられる。両者の比較から、ほぼ0.5Hz時のばねと初期剛性が類似している。振動数0.5Hz時の並進と動揺のばね定数と入力変位振幅の関係をFig.4に示す。同図から、並進と動揺のばね定数とも入力の増加に伴い、指数関数状に低下することがわかる。次に、Fig.3の形状を同一基準の初期剛性で現すため、振動数0.5Hz時のばね定数(K_{os}, K_{or})で基準化してFig.5に示す。同図より並進、動揺とも、実部の複素剛性の形状は振動数の増加に伴い、低下することがわかる。この現象は地盤のばね作用が振動数が大きくなると、減少する。すなわち地盤の質量効果で説明され、付加質量に相当する基礎周辺の地盤が、基礎と同位相で振動数が大きくなると運動しにくくなることを現す。

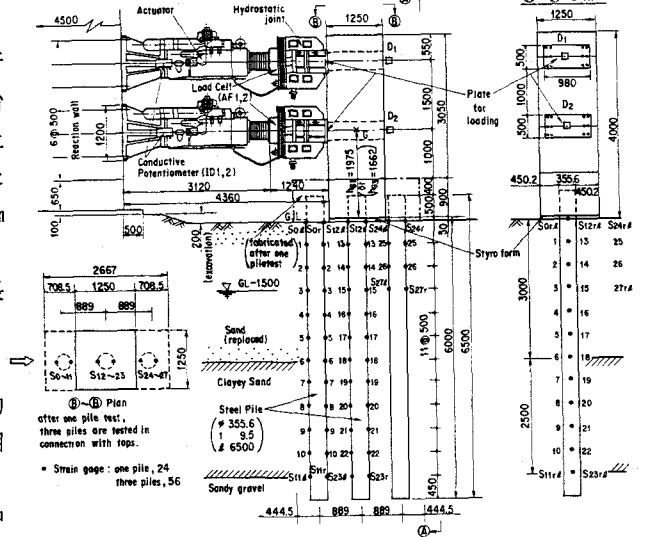


Fig.1 Outline of 3 piles

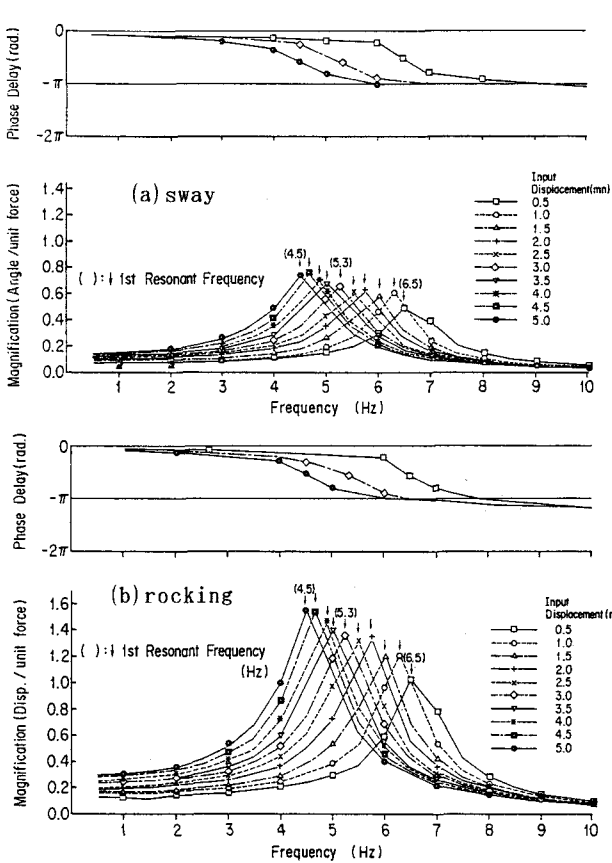


Fig.2 Forced Vibration Dynamic Test

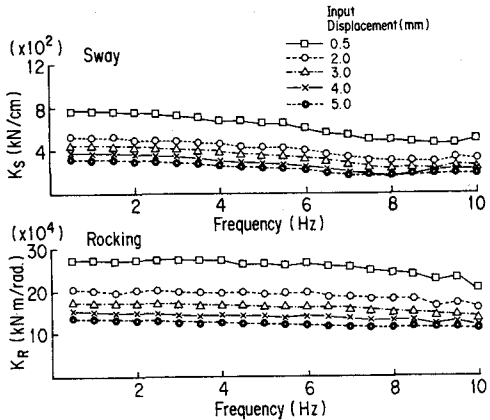


Fig.3 Complex Stiffness (Real Part of 3Piles)

以上、微小入力時の複素剛性の実部 K_0 と形状が求まると、大きい変位入力時の複素剛性は $K(\omega) = K_0 + K_1(\omega)$ で求めることができる。なお、地下逸散減衰効果を現わす虚部は実部のヒルバード交換から求められる。

参考文献 1) Toki etc., EESD, Vol. 19, pp. 709~723, 1990. 1. 2) EESD, Vol. 20, pp. 895~909, 1991. 4. 3) 吉川他, 杭基礎-地盤系の振動数依存性に関する一考察, 動的相互作用に関するシンポジウム発表論文集, 土質学会

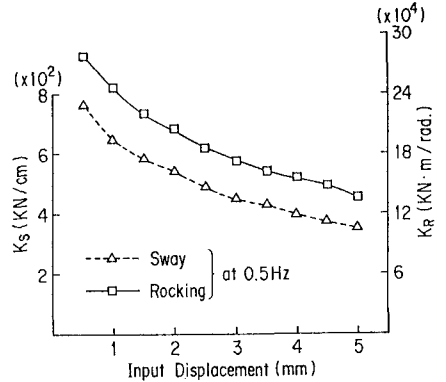


Fig.4 K_s, K_R (at 0.5Hz) and Displacement

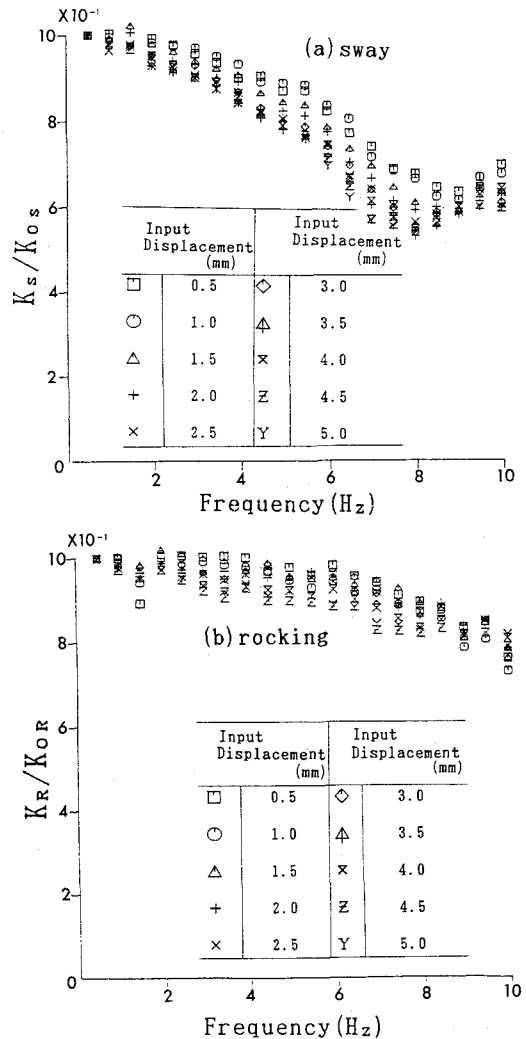


Fig.5 Complex Stiffness (3piles)