

鉄道総合技術研究所 正会員 齊藤 正人
 埼玉大学工学部 正会員 渡辺 啓行

1. まえがき

近年、基礎-地盤-構造物系の地震時解析手法の確立が重要な研究課題となっている。その中でも基礎-地盤系をモデル化するにあたり要となる、有効入力動と相互作用ばねの動特性を把握することは、将来の耐震設計を考えていく上での重要課題である。今日の研究では、様々な解析手法を用いてそれら動特性の定性的・定量的な把握を試みている。それら解析手法の中でも、振動エネルギーの逸散効果や基礎-地盤系の3次元的な広がりによる幾何減衰を十分に評価できる手法は、弾性波動論による解析がもっとも有効である。また定式上その系の一般解を得ることができるので、基礎-地盤-構造物系の動的相互作用を数理的に把握することが可能である。本研究では前回に、群杭基礎構造物を対象に弾性波動論に基づく理論を展開し、シリコン模型実験との照査によって、理論値と実験結果が良好に一致することを検証した。そこで今回本研究では、その理論を用いて有効入力動と相互作用ばねを求め、それらの値が杭本数・杭間隔にどのような影響を受けるかの検討を行う。

2. 群杭理論

本研究で用いる群杭理論を誘導するに際し、適用した解析上の仮定・諸条件は次のとおりである。

- 1) 地盤は単一の弾性地盤と基盤からなり弾性体を仮定している。
- 2) 入力は基盤において水平方向正弦波とする。
- 3) 表層において上下変位は水平変位に比べて小さいとして無視する。
- 4) 杭先端はヒンジ固定、また先端は剛結合である。
- 5) 杭と杭周地盤は水平加振時も円形を保持し変位が等しく、応力が釣り合っている。

上記を適用し、3次元波動方程式から未定係数2つを有する地盤変位場を誘導する。杭を設置する位置において境界条件である5)を適用すると、杭周にて2つの境界条件が得られるから、単杭の変位に関する一般解が導かれる。群杭も同様に(杭本数*2)個の未定係数を有する群杭変位場に、それぞれの杭の杭周にて5)を適用すれば(杭本数*2)個の境界条件が得られ、各杭の変位に関する一般解が導かれる。この様に誘導された群杭-地盤系は、お互いの挙動が連成し合っていることが理解できる。また杭頭変位の一般解は、次式のように、Inertialによる項(右辺第1項)とKinematicによる項(右辺第2項)の和になっている。

$$u_p(H, \omega) = F_x^*(H, \omega) V_x + G_x^*(H, \omega) u_g$$

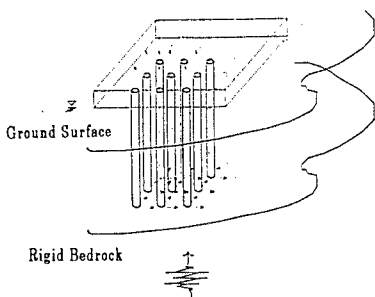


Fig.1 Model of Pile Groups' Theory

ここで V_x は杭頭水平力、また u_g は基盤入力動

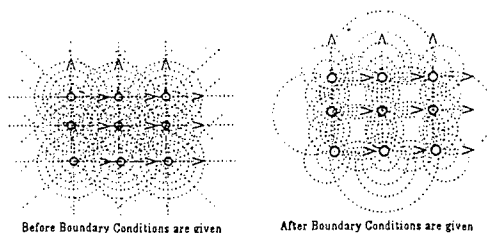


Fig.2 Image of Pile Groups' Field

キーワード 弾性波動論 / 有効入力動 / 動的相互作用 / 相互作用ばね

〒185 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL (0425) 73-7262 FAX (0425) 73-7248

3. 群杭基礎の特性値

3.1 解析概説

有効入力動と相互作用ばねを杭本数、杭間隔をパラメータに解析を行った。解析で対象とした群杭基礎—地盤は実物大構造物 (Fig. 3) であり、物性値は表に示すとおりである。群杭基礎は格子配列で杭本数は1, 4, 9本に増加させた。杭間隔は $s/d=10$ から2まで変化させている (s : 杭中心間隔, d : 杭径)。杭頭複素ばね剛性は前式右辺第1項 F^* の逆数であり、実部(剛性項)と虚部(逸散減衰項)に分けて、それぞれ杭の本数倍した単杭の静的ばね定数 ($\omega=0$) で無次元化している。横軸には無次元化振動数 a_0 を用いている。

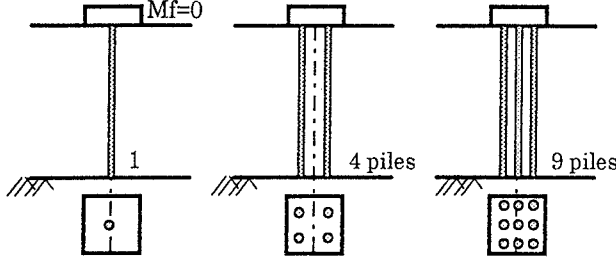


Fig.3 Analyzed Model

【地盤物性値】	
地盤密度	1.68 t/m ³
せん断剛性	8.23E3 KN/m ²
せん断波速度	70.0 m/s
ポアソン比	0.40
減衰定数	0.05
地盤高さ	15.0 m
【杭物性値】	
杭密度	2.40 t/m ³
ヤング係	2.31E7 KN/m ²
ポアソン比	0.35
断面2次モーメント	4.9E-2 m ⁴
杭長	15.0 m
杭直径	1.0 m
杭間隔	2.0 m-10.0 m

3.2 有効入力動

有効入力動は一般に、低振動数領域で1.0振動数が高くなるに従い低下し(フィルター効果), ある振動数からまた増幅する(杭間相互作用効果)。杭間隔が狭まるにつれてフィルター効果は低減し、杭間相互作用効果が増幅する (Fig. 4)。また杭本数が増加するとフィルター効果は低減し、杭間相互作用効果は増幅する (Fig. 5)。

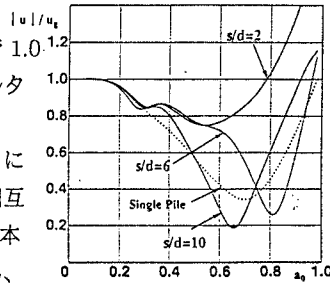


Fig.4 Effect of Parameter s/d concerning Absolute Value of Transfer Function for 2x3 Pile Groups

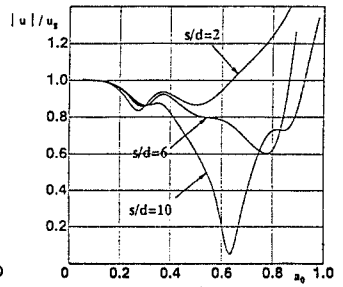


Fig.5 Effect of Parameter s/d concerning Absolute Value of Transfer Function for 3x3 Pile Groups

つまり、群杭基礎の相対的な杭間隔密度の増加が、フィルター効果の低減と杭間相互作用効果の増幅を生じさせることが理解できる。

3.3 無次元化杭頭複素ばね剛性

複素ばね剛性 (Real) は地盤の固有振動数である $a_0=0.1$ において、杭間隔が狭まるにつれて減少している (Fig.6)。複素ばね剛性 (Imaginary) は一定の値から不規則かつ微少に増減しており規則性は見出せない。(Fig.8)。したがって地盤の共振時における全体の杭頭ばね剛性は、杭間隔が狭まるにつれて小さくなり、杭頭水平力とそれにより生じる杭頭変位との位相差を大きくさせる。また杭本数が増加した場合、その傾向が顕著になることが理解できる (Fig.7, 9)。

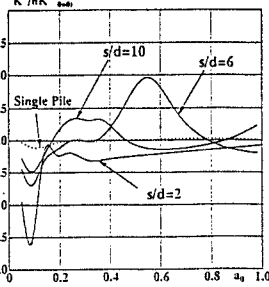


Fig.6 Effect of Parameter s/d concerning Horizontal Dynamic Stiffness of 2x2 Pile Groups(Real)

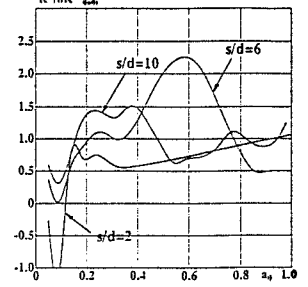


Fig.7 Effect of Parameter s/d concerning Horizontal Dynamic Stiffness of 3x3 Pile Groups(Real)

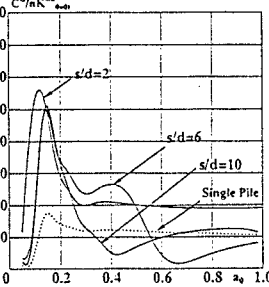


Fig.8 Effect of Parameter s/d concerning Horizontal Dynamic Stiffness of 2x2 Pile Groups(Imaginary)

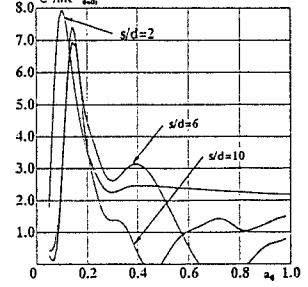


Fig.9 Effect of Parameter s/d concerning Horizontal Dynamic Stiffness of 3x3 Pile Groups(Imaginary)

【参考文献】 Tajimi, H., Dynamic Analysis of Structure Supported on Deep Foundation. Proc. JSES, 1986.