

I - B404

群杭基礎の非線形な動的相互作用効果について

（株）大林組技術研究所 正会員 ○松田 隆

1. はじめに

動的な群杭効率は杭体と地盤の剛性比に関係する。そのため、地震時にはその振動レベルに対応したせん断剛性の低下によって群杭効率も変化すると考えられる。ここでは、入力地震動の強度をパラメータとした等価線形化解析によって、地盤の非線形性が群杭効率に及ぼす影響を検討した。本報告は、振動数領域における群杭効率の変化と地盤のせん断剛性との関係を述べるものである。

2. 解析方法

検討フローを図-1に示す。検討対象モデル(図-2(a))は群杭基礎を有す中実円筒構造物である。コンクリート製上部構造物は48本の鋼管杭

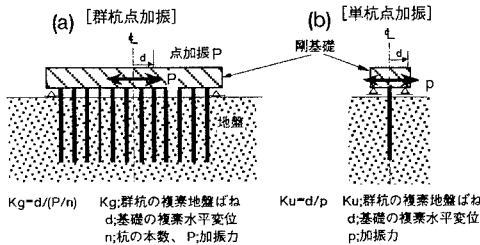


図-2 群杭モデル(a)と単杭モデル(b)

(表-1)で支持されている。今回の検討では杭のインピーダンスを求めるため上部構造物の質量は零にしている。杭間隔は2.4Dを基本とし、杭頭部と上部構造物の接合条件は固定とした。ただし、地盤と上部構造物は接しておらず、基礎のインピーダンスは杭のみの影響である。また、構造物のロッキング動を抑止するため、構造物下部の支持条件は水平ローラーとした(図-3)。これと対比する一本杭モデルを図-2(b)に示す。上部構造物の支持条件と杭頭の接合条件は群杭モデルと同様である。

地盤構成は支持層を含む5層とするが、それぞれの層で初期せん断剛性の拘束圧依存性を考慮した(図-4)。初期状態及び地震時のせん断ひずみに適合した地盤のせん断剛性と減衰定数は成層に仮定している。地震時の等価せん断剛性と減衰定数は等価線形化重複反射解析を用いて評価するが、想定する地震動はエルセントロ1940NSと兵庫県南部地震でのポートアイランド波(GL-83m位置)のうち主軸方向の上昇波成分を用いている。このときエルセントロ波に適合する地盤状態をL1地盤、同じくポートアイランド波適合地盤をL2地盤、初期状態をL0地盤と称する。図-5に基礎に対する地表面の伝達関数

表-1 鋼管杭の特性

| 杭外径<br>(m) | 肉厚<br>(m) | 断面積<br>( $m^2$ ) | 断面2次<br>モーメント( $m^4$ ) | 単位体積<br>重量( $tf/m^3$ ) | ヤング率<br>( $tf/m^2$ ) | ポアソン<br>比 | 減衰定<br>数(%) |
|------------|-----------|------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------|-------------|
| 0.71       | 0.0105    | 0.022            | 0.0014                 | 7.8                    | $2.1 \times 10^7$    | 0.3       | 2           |

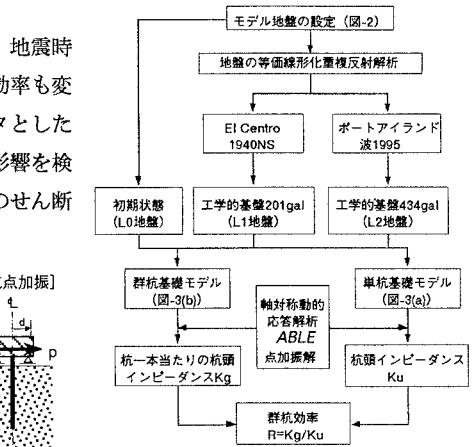


図-1 検討フロー

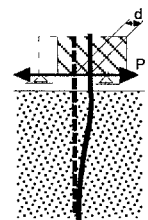


図-3 杭と構造物の接合条件

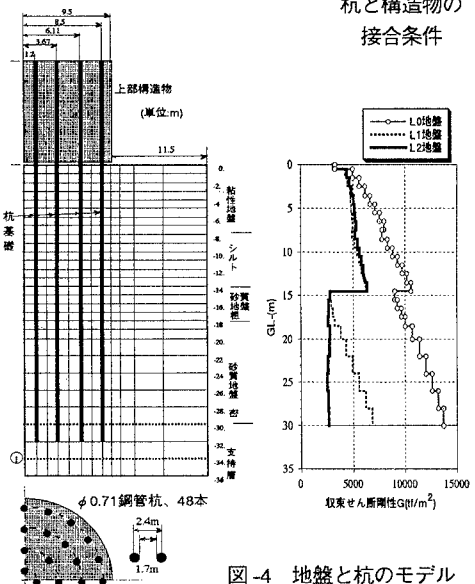


図-4 地盤と杭のモデル

キーワード：群杭基礎、動的解析、動的相互作用、鋼管杭、群杭効率

株式会社大林組技術研究所 土木第五研究室；〒204 東京都清瀬市下清戸4-640、0424-95-0910(Tel)/0903(Fax)

を示す。L1地盤では最大4.5倍の増幅で、卓越振動数は1.42Hzにある。L2地盤では同様に最大で3倍の増幅であり、卓越振動数は0.8Hzになる。

動的相互作用系の点加振解には軸対称動的FEM解析を用いた。杭頭部のインピーダンスは構造上の点加振Pに対する複素変位dの逆数で評価した。群杭効率は単杭インピーダンスに対する群杭インピーダンスの比をもって評価した。

### 3. 解析結果

図-6は地盤の非線形性が杭頭インピーダンスに与える影響を示している。インピーダンスの振動数依存性は群杭の方が大きく、振動数が零の時ほぼ最大となり、地盤の卓越振動数で最小となる。振動数が零のとき、L2地盤のインピーダンスが小さくなる。1本杭に関しては、ほぼ一様に振動数の上昇と共に低下していく。そのため、この振動数範囲では地盤の非線形性の影響は単純にばね値の低下として現れる。

図-7に振動数領域における群杭効率を示す。群杭効率は初期剛性の場合が小さく、地盤の剛性が小さくなるほど、群杭効率は1に近づく。また、群杭効率は地盤の卓越振動数で最も小さくなる。また地盤の非線形性の影響は振動数が高くなると共に大きく現れ、5Hz付近ではL2地盤の群杭効率は、L0地盤の群杭効率の3倍程度になる。このように、地盤の非線形性の影響で地盤のせん断剛性が低下した場合、群杭効率はそれほど小さくならず、一本当たりの水平抵抗は単杭の水平抵抗に近づくことになる。

杭の本数Nに対して群杭効率eを式-1のように与えたとき、べき乗指数-a/sの振動数依存性を図-8に示す。-a/sは振動数零の静的状態で、0.21～0.34の範囲にある。地盤の非線形性の影響としては、せん断剛性が小さくなるに従いべき乗指数は、小さくなる傾向がある。

$$e = N^{-a/s} \dots\dots(1)$$

ここに、e：群杭効率、N：杭本数、a：係数、s：杭間距離と杭径の比

### 4. まとめ

地盤の非線形性によって地盤剛性が低下した場合、群杭効率を与えるべき乗指数の値は低下し、群杭の杭一本当たりのインピーダンスは単杭インピーダンスに近づく。このことは、地震動レベルが大きくなり、一本毎の杭のインピーダンスは低下しても群杭基礎全体のインピーダンスは低下しない傾向があることを示している。

参考文献 脇田英治：水平力を受ける群杭基礎の二次元有限要素法による解析、土と基礎 Vol.27、No.9、pp.35-42、1979。

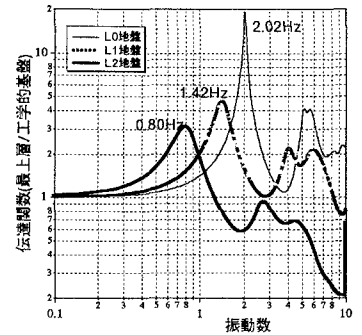


図-5 基礎に対する地表面の伝達関数

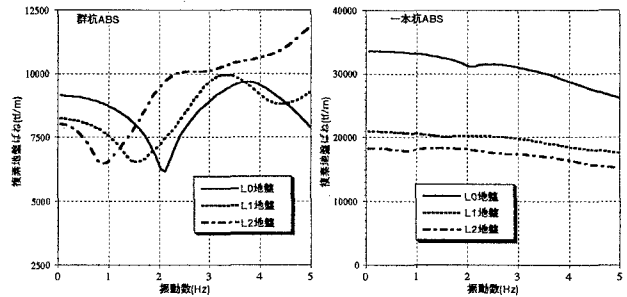


図-6 群杭と単杭のインピーダンス絶対値

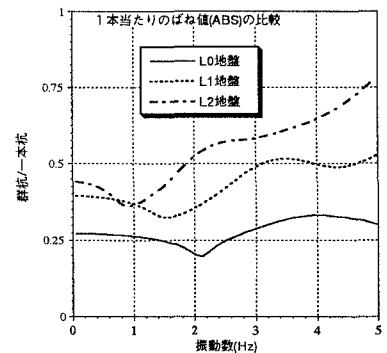


図-7 振動数領域での群杭効率

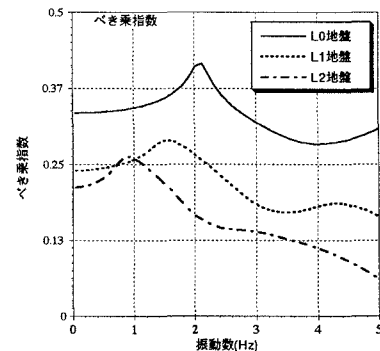


図-8 群杭効率におけるべき乗指数