

バイプロハンマを用いた鋼管打設に伴う地盤振動の距離減衰特性について

銭高組 正会員 布引英夫 原田尚幸 水取和幸
 構造計画研究所 内山不二男 庄司正弘
 東京大学大学院 正会員 東畑郁生

1. はじめに

軟弱地盤の改良工事等において、バイプロハンマでケーシングパイプ等を地中に貫入する際に周辺環境へ及ぼす振動特性を十分考慮し施工する必要がある。一般に、環境振動では、地表面付近を伝搬する表面波が問題となるため、表面波を考慮した予測式を用いて振動特性を評価すれば安全側となる。しかし、地盤改良工事等において、ケーシング先端の振動位置（振源）が深度方向に移動するため、表面波だけでなく実体波の影響も考慮する必要がある。一方、筆者らは、実地盤に小口径スクリーン管を打設・設置し、振動杭打ち機を用いた強制加振により地盤を液状化させ、その排水性能について確認実験を行っている¹⁾。そこで実験で得られた地盤振動の計測値に対し、振動予測式および過剰間隙水圧の発生を考慮した FEM 解析²⁾を適用し、表面波および実体波を考慮した地盤振動の距離減衰について検討した。

2. 実験概要

実験場所は、細粒分を 20～30%程度含む N 値が 6 程度の緩い細砂層の埋め立て地盤である。

実験は、加振中の地盤振動特性と細砂層の液状特性を把握するため、加速度計と間隙水圧計を図 - 1 に示すように設置し、その近傍で鋼管（508mm、L=12m）をバイプロハンマ（60kW、18.3Hz）で打ち込んだ。鋼管の打ち込みは起振力一定（490kN）、貫入速度 1～2m/min として、GL-8m 位置で貫入を停止し、加振を 1 分間継続した。

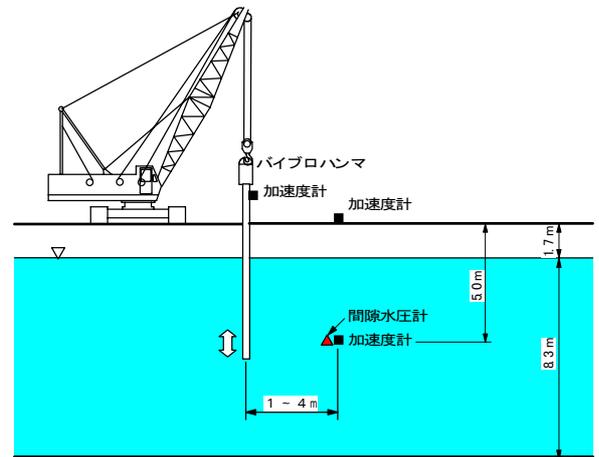


図 - 1 原位置液状化実験の概要

3. 解析方法とモデル化

地中加振したときの地盤振動を三次元的な波動伝搬としての確に評価するために、地盤および振動体の鋼管を軸対称 FEM によりモデル化した。地盤は等価線形化法により非線形性を考慮し、鋼管を上下方向に強制加振した際の地盤の応答加速度およびせん断応力を算定した。

図 - 2 に軸対称 FEM モデルを、表 - 1 に地盤モデルを示す。地下水位は GL-1.7m とし、地盤のせん断剛性と減衰定数のひずみ依存性は土木研究所資料³⁾を参考にして設定した。境界条件は、側面をエネルギー伝達境界、底面を粘性境界、対称軸は鉛直ローラとした。

解析ケースを表 - 2 に示す。GL-0.0m, GL-5.0m の計測値と比較するために、それぞれ GL-1.5m までを加振深さとしたケース、GL-5.0m までを加振深さとしたケースを行った。また、比較検討のため線形解析も行った。加振力 147kN は実験時における鋼管の加速度より算定した等

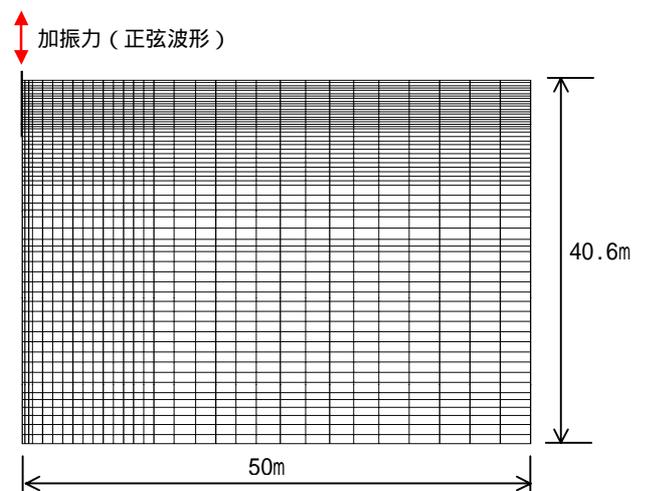


図 - 2 軸対称 FEM 解析モデル

Keywords：地盤振動、FEM 解析、振動予測、計測

〒163-1011 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー 11F TEL:03-5323-3861 FAX:03-5323-3860

価加振力で、非定常な正弦波形(18.3Hz)とした。

4. 振動予測式による加速度と計測値の比較

振動予測式は、Bornitz による式(1)⁴⁾を用いた。

$$x_r = x_0 (r / r_0)^{-n} \exp \{ - (r - r_0) \} \quad (1)$$

ここに、 x_0 : 基準点での加速度振幅、 r : 加振点からの距離、

r_0 : 加振点から基準点までの距離、 n : 幾何減衰係数、 α : 内部減衰係数

計測値のうち加振点から 2m での最大加速度(3.35m/s²)を基準点での加速度振幅とし、式(1)により加振点から 2m 以上の地点での加速度を予測した。内部減衰係数 α は 0.047、幾何減衰係数 n は振動伝搬が表面波のみの場合、表面波と実体波の混在する場合および実体波のみの場合を想定し、それぞれ 0.5、0.75、1.0 とした。

図-3 に予測式による加速度と計測結果を示す。計測値は、加振近傍において多少のばらつきがあるが、全体的に予測値による距離減衰の傾向を示している。また、基準点から離れた位置では予測値と計測値との対応がよく、加振位置から 15m 地点では、振動伝搬を表面波と実体波が混在しているとみなした予測値($n=0.75$)が計測値に最も近い値を示した。

5. FEMによる解析結果と計測値の比較

地表面(GL-0m)、地中(GL-5m)の鉛直最大加速度分布を図-4、図-5 に示す。図-4、図-5 とともに解析値と計測値は鋼管(加振点)から離れるにしたがい急激に減衰し、定性的な傾向は概ね一致している。

また、図-4 に示す地表面での計測値は、鋼管近傍で線形解析値に近いことが示されている。鋼管より 10m以上離れると線形解析値は等価線形解析値より大きく評価され、15m 地点での計測値は等価線形解析値との対応がよい。

図-5 に示すように地中(GL-5m)の解析結果は、加振点から 5m 程度までの急激な減衰性状は計測値とほぼ一致しており、7m 以上では少し小さく評価されている。

6. まとめ

予測式を用いた場合、加振位置から 15m の位置では $n=0.75$ の予測値が計測値に最も近く、実体波の影響を考慮する必要があると考えられる。一方、FEM 解析を用いた場合、地表面における計測値は、加振点近傍では線形解析値に、加振点より離れるに従い等価線形解析値に良く対応する。また地中では、計測値と等価線形解析値は良く対応しているが、加振点から離れるとやや過小評価となる傾向がある。

表-1 地盤モデル

深度 (m)	S波速度 (m/s)	密度 (kN/m ³)	ポアソン比
-1.7	120	16.3	0.300
-10.0	140	16.3	0.495
-19.2	130	14.9	0.495
-30.3	140	14.9	0.495
-40.6	230	15.7	0.495
半無限地盤	230	15.7	0.495

表-2 解析ケース

ケース名	加振深さ (m)	検討対象深さ	加振力 (kN)	地盤非線形性
ケース1			147	線型
ケース2	-1.5	GL-0m	147	等価線型
ケース3			490	等価線型
ケース4	-5.0	GL-5m	490	等価線型

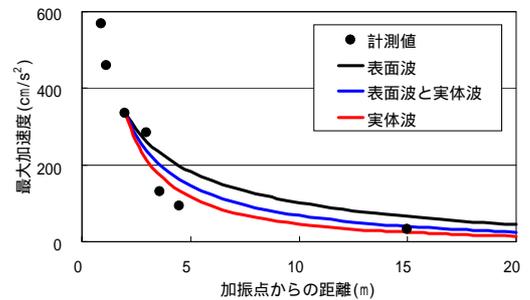


図-3 予測式による加速度(GL-0m)

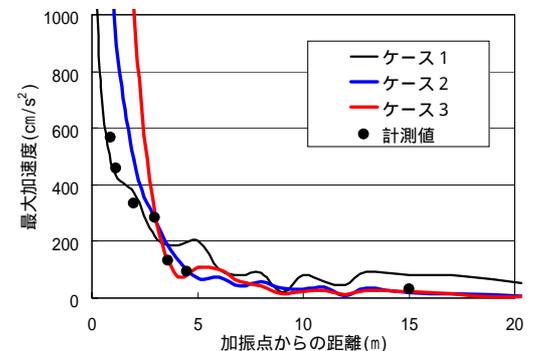


図-4 最大加速度の距離減衰(GL-0m)

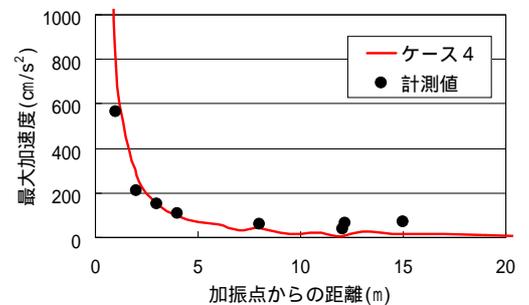


図-5 最大加速度の距離減衰(GL-5m)

【参考文献】

- 1)原田・角田・高津・水取・大下・小野寺：小径スクリーン管の排水効果に関する原位置液状化実験、第37回地盤工学研究発表会、2002.7.
- 2) 高津、原田、布引、内山、庄司、東畑：振動杭打ち機を用いた原位置液状化実験のシミュレーション解析、第37回地盤工学研究発表会、2002.7
- 3)土研資料第1778号：地盤の地震時応答特性の数値解析法 SHAKE：DESRA -、土木研究所、昭和57年2月
- 4) (社)日本騒音工学会：地域の環境振動、pp.101-106、2001.3