

高周波バイブロの打ち込み力

(株)砂子組 ○正 員 三岩 蓮
 (株)砂子組 正 員 平島 博樹
 (株)砂子組 正 員 田尻 太郎
 (株)砂子組 正 員 佐藤 欣治

1. はじめに

バイブロハンマ設計施工指針¹⁾および杭基礎施工便覧²⁾によれば、バイブロハンマによる杭の打ち込みでは、周面抵抗力に対してはバイブロハンマの起振力が、先端抵抗力に対しては杭とバイブロハンマ本体重量の合計が上回れば打ち込みが可能とされている。実際に前年度に行ったバイブロハンマ打ち込み時の測定では、ハンマ起振力の打ち込み力への寄与が、杭頭部(チャック部)で大きく減少し、バイブロハンマの上下方向起振力は、周面摩擦力を動的に低減させるためだけに使われ、先端抵抗力に対して打ち込みを行っているのは、杭およびハンマ重量による可能性が高いことを確認した³⁾。本論文は、前年度の結果をより詳細に検証するために行った打ち込み試験について報告するものである。前年度は杭に歪みゲージと加速度計を設置して測定を行ったが、本試験ではさらにロードセルを取り付けたクレーンフックを用い、クレーンによる吊り荷重を考慮した杭とバイブロハンマの実効的な押し込み力を定量的に把握し、運動方程式に基づいた定量的な評価を行った。

2. 試験概要

図-1 に試験体一式の概念図を示す。バイブロハンマで下杭より打ち始め、途中現場継手を挟み上杭を打ち込んだ。クレーン吊り荷重 T 、杭の軸方向歪み、鉛直向加速度を、ロードセル、歪みゲージ、加速度計により測定し、歪み値に杭断面積をかけて杭軸力 N としている。また目視観察で H 鋼にマークされた 50 cm 間隔スケールを読み、打ち込み長の時刻履歴を記録した。使用したバイブロハンマは、ICE28RF。最大起振力は 1600 kN である。

3. 打ち込み長さ、打ち込み速度の時刻履歴

図-2 に打ち込み長さや速度の時刻履歴を示す。打ち込み速度は、スケールの目視記録を移動時間で割ったものである。打ち込み速度は最大で 12 mm/s 程度と小さく、長時間挙動における実効的な加速度は 10^{-6} m/s^2 オーダーと見積もられ、打ち込みの長時間挙動は準静的と考えられる。

4. 打ち込み時の長時間挙動

図-1 に示した上杭上側歪みゲージより上方の質量の運動方程式は次式となる。

$$Mg - T - N + f(t) = Ma \quad (1)$$

ただし $f(t)$ はハンマ起振力、 a は打ち込み加速度を表し Ma は慣性力である。ここでは $Mg - T$ (自重とクレーン吊り力の差) を押し込み力 F 、 $F - N$ (押し込み力と軸力の差) を不釣り合い力と呼ぶ。実効加速度が極端に小さいことから式 (1) で Ma を無視すると、ハンマ起振力は不釣り合い力に等しく、図示すると図

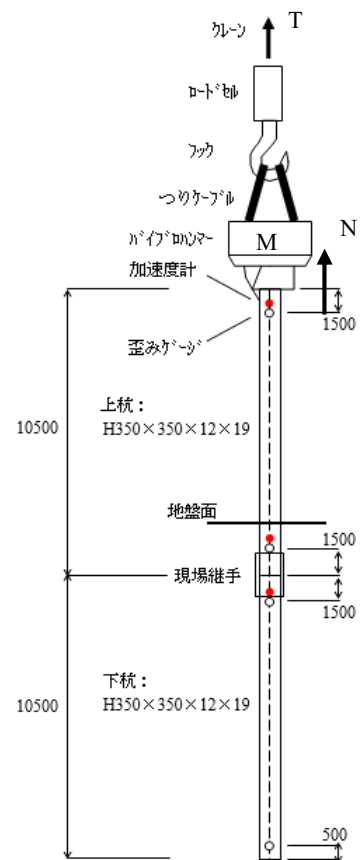


図-1 試験体一式

キーワード バイブロハンマ、クレーン吊り荷重、押し込み力、打ち込み効率

連絡先 〒060-0033 札幌市中央区北3条東8丁目-8-4 (株)砂子組 技術管理室, TEL 011-232-8231

-3 となる。不釣り合い力の長時間平均は 0.327 kN であり、ハンマ最大起振力 1600 kN の 0.02% に過ぎず、実効的な押し込み力への起振力の寄与は、理論的には 0 と考えて差し支えないと判断できる。

5. 打ち込み抵抗力の推定

杭全体の運動方程式に対しても起振力と慣性項を無視し、周面抵抗が打ち込み速度に比例し、先端抵抗力が杭先端の地盤のみで決まるとすれば周面抵抗力は式(2)となる。

$$kv = Mg - T - D \quad (2)$$

ここに M は杭全体の質量、 v は打ち込み速度で k は減衰定数、 D は杭先端抵抗力。実測データで最小二乗法により、打ち込み長さごとの kv と D を推定した。推定した D と地盤 N 値との相関を示すのが図-4 である。図示したように両者には、 R^2 値で 0.8 以上の強い線形相関があると思われる。式(2)では先端抵抗力 D の低下がそのまま打ち込み速度の改善につながるため、これは打ち込み対象地盤の N 値に比例した打ち込み効率の悪化の可能性を示唆する。

6. まとめ

- (1) バイブロハンマ起振力は、実効的な押し込み力には寄与せず、従来の原理¹⁾²⁾を実証する結果が得られた。
- (2) 長時間挙動における実効的な打ち込み加速度は極端に小さいことから、作用力に打ち込み速度が比例するタイプの運動方程式が成り立つと可能性がある。
- (3) (1)、(2)より、ハンマ振動で動的周面抵抗が適切に切られ、周面抵抗が十分小さい場合には、先端抵抗力が打ち込み速度（打ち込み効率）に直接的に影響する可能性が高い。

本試験結果からは同一地盤ならば、打ち込み効率は自重とクレーン吊り荷重のみ（押し込み力）で決まる事になり、高出力である事は必ずしも打ち込み効率の向上につながるとは言えない事になる。したがって、ハンマ重量とオペレーター操作による吊り荷重の制御が最も重要と考えられる。

[参考文献]

- 1) バイブロハンマ設計施工便覧，バイブロハンマ工法技術研究会，平成 27 年 10 月。
- 2) 杭基礎設計便覧，日本道路協会，平成 27 年 3 月。
- 3) 仮設H形鋼杭の打ち止め管理とバイブロハンマの有効打ち込み力評価，山本他，土木学会北海道支部報告集第 75 号,F-09，2019 年 1 月。

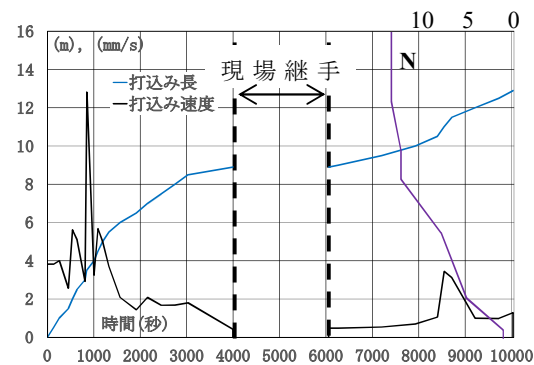


図-2 打ち込み長さ，速度の時刻履歴

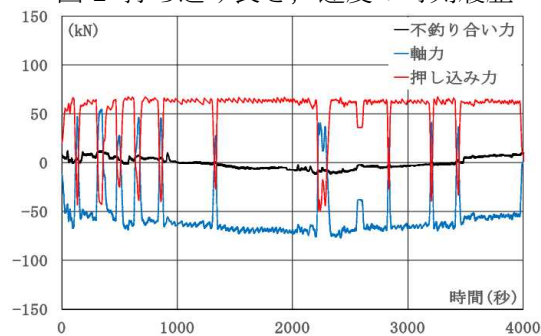


図-3 不釣り合い力の長時間挙動

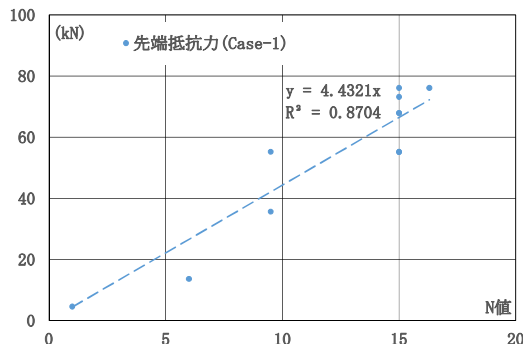


図-4 地盤 N 値と推定先端抵抗力