

衝突を考慮した杭打ちに関する研究

鳥取大学大学院（学） 竹原 秀一
 鳥取大学工学部（正） 榎 明潔
 鳥取大学大学院（学） 下向 孝寛

1. はじめに

過去の論文によると、振動杭打ちは、分離という現象が非常に重要であり、分離後杭が再び地盤に衝突する時の衝撃による貫入が卓越することがわかっている¹⁾。本研究では、この衝撃による杭の貫入のみ取り扱い、その解析方法について述べる。ただし、問題を単純化するために、貫入中に起振力がない場合の衝撃による杭の貫入を考える。本研究の目的は、振動式の杭打ち機による杭打ちのモデル化を行い、衝撃による杭打ちを刻々と解析することで、衝撃による杭の挙動を明らかにすることである。また、モデル実験を行うことで衝撃による杭の打込みメカニズムを解明することにある。

2. 衝撃による杭の打込み理論

杭打ち機(起振機)及び杭を一体の剛体、地盤を剛塑性体として、図1のようなモデル化を行った。図中の(a)は、杭の変位方向と逆向きの起振力によって、杭と地盤が離れる(分離する)境界である。

起振力によって起振機と杭が分離した後、再び地盤と衝突する直前の起振機と杭の速度を杭の貫入における初速とし、この初速 \dot{u}_0 を貫入の運動方程式に導入する。ここで、地盤は杭が貫入するにつれて支持力が大きくなるので、地盤のようにスライダ強度 S が変化する時の運動方程式を考える。スライダ強度 S は、基本的には Terzaghi と Meyerhof の深い基礎の支持力式²⁾を用いる。Terzaghi と Meyerhof の深い基礎の支持力式は、 c の項、

の項、サーチャージの項から成り立っている。杭が貫入するにつれて支持力が大きくなるのは、サーチャージの項の影響である。杭の静的貫入試験でもサーチャージの項の影響で、杭が貫入するにつれて支持力が大きくなる。本研究の実験の解析では、サーチャージの項は、実験と同じ条件の地盤で行った杭の静的貫入試験で得た値を用いることにする。さらに、Terzaghi と Meyerhof の深い基礎の支持力式は、静的な支持力を表した式であるため、地盤内のすべり土塊の慣性力が考慮されていない。よって、の項には、杭が貫入している時のすべり土塊の加速度を考慮、つまりすべり土塊の慣性力を考慮した値を用いる。ここで、すべり土塊は一つの剛塑性体ブロックとし、すべり土塊の加速度は解析を簡略化するために、杭が貫入している時の杭の加速度と同じとする(図2参照)。以上よりスライダ強度 S は、以下の式になる。

$$S = \alpha c B^2 N_c g + \beta B^3 N_\gamma (g - \ddot{u}) + A g u$$

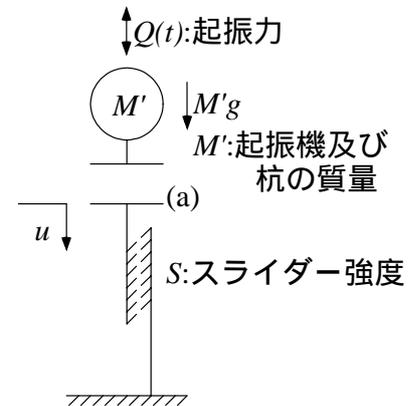


図1 杭打ち機・杭・地盤のモデル化

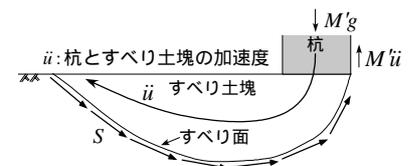


図2 すべり土塊(片側)

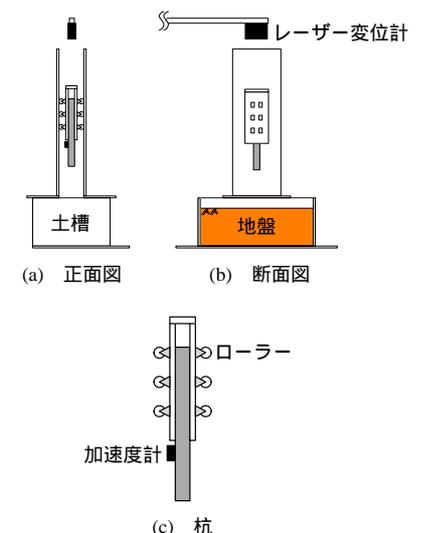


図3 実験装置概略図

キーワード 杭打ち、衝撃、塑性

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地 鳥取大学工学部土木工学科

ここに、 β : 基礎の形状係数、 N_c, N_γ, N_q : 支持力係数、 l : 杭の周長

f_s : 杭周の単位面積当たりの摩擦抵抗

A : Terzaghi と Meyerhof の深い基礎の支持力式では $A = B^2 N_q + f_s l$ 、本研究の実験の解析では杭の静的貫入試験で得た値を用いる。

よって、貫入の運動方程式は以下の式になる。

$$M \ddot{u} = M'g - S$$

$$(M' - \beta B^3 N_\gamma) \ddot{u} + Ag u = \{M' - (\alpha c N_c + \beta B N_\gamma) B^2\} g$$

これを解くと、以下の変位が求まる。

$$u = \left(u_0 - \frac{M' - (\alpha c N_c + \beta B N_\gamma) B^2}{n^2 (M' - \beta B^3 N_\gamma)} g \right) \cos nt + \frac{\dot{u}_0}{n} \sin nt + \frac{M' - (\alpha c N_c + \beta B N_\gamma) B^2}{n^2 (M' - \beta B^3 N_\gamma)} g$$

ここに、 $n^2 = \frac{Ag}{M' - \beta B^3 N_\gamma}$ 、 u_0 : それまでの貫入量

貫入の終了条件は、次の条件で与える。

$$\dot{u} = 0$$

t を増加させていき上の条件を満たす時間を数値解析的に求めることによって、貫入中に起振力がない場合の衝撃による貫入が終わる時間が求まる。

3. 杭の衝撃貫入実験

図3のような実験装置を使って、杭を地盤に自由落下させることで、分離後再び地盤に衝突する時の衝撃による杭の貫入実験を再現し、貫入量、衝撃加速度を測定した。ただし、解析と同様に問題を単純化するために、貫入中に起振力がない場合の杭の貫入実験である。地表面を基準に杭を 0.3mの高さから、自由落下させた時の実験結果を図4に示す。速度は加速度を積分して求めた。

次に、前述の解析方法を使って理論解析を行う。しかし、今回用いた解析方法では、衝撃加速度と衝撃作用時間が明確でない。よって、実験から得た衝撃加速度を含む衝撃作用時間中の加速度を理論値に導入して解析を行い、その解析結果を図5に示す。また、落下高さとの貫入量の関係を表1に示す。

4. 結論

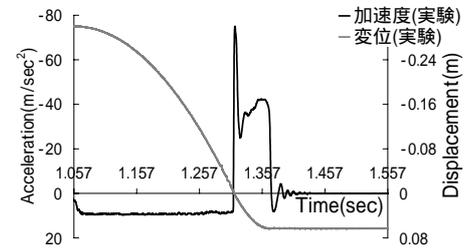
振動式の杭打ち機による杭打ちのモデル化と、運動方程式を用いて衝撃による杭打ちの理論式を提案することができた。

衝撃加速度及び衝撃作用時間を理論解析に取り入れることができれば、杭が地盤に衝突後の加速度以外は、実験値と理論値が同じ傾向を示すことがわかった。

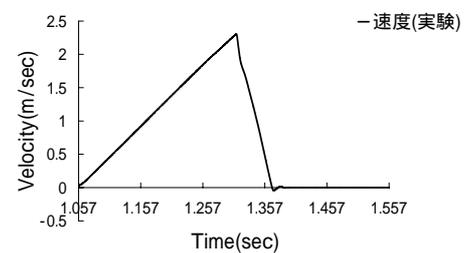
今後の課題は、まず、地盤のように杭が貫入するにつれて支持力が大きくなる時の、スライダ強度の再検討、次に、理論解析における、衝撃加速度及び衝撃作用時間の算出である。

参考文献

- 1) 江本 宏明：動的塑性論を用いた杭の打込みに関する研究，第39回地盤工学研究発表会平成16年度発表講演集 pp.1555-1556 2004.
- 2) 土質工学会：土質工学数式入門，pp.188-217，1984.

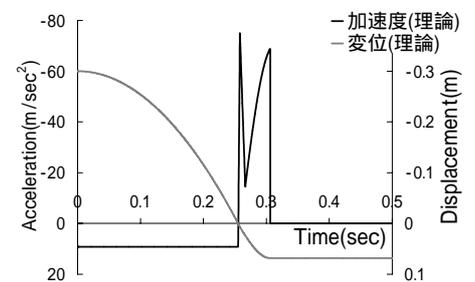


(a) 加速度と変位グラフ

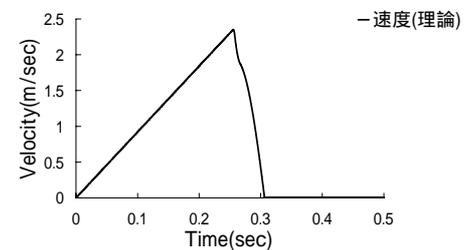


(b) 速度グラフ

図4 落下高さ 0.3m(実験)



(a) 加速度と変位グラフ



(b) 速度グラフ

図5 落下高さ 0.3m(理論)

表1 貫入量と落下高さの関係

落下高さ(m)	貫入量(m)	
	実験	理論
0.1	0.0310	0.0394
0.2	0.0517	0.0579
0.3	0.0630	0.0683