

佐賀大学 学生員 ○富岡 浩
正員 石川 達夫
学生員 東 隆信

1. はじめに

コンクリート杭を打込む際に発生する騒音、振動などが大きな社会問題となり、近年、各種の低公害工法が開発されている。現在公認され、広く普及しているセメントミルク工法は、騒音、振動をほとんど伴わないが、経費と工期がかかり過ぎる、支持力に対する不安、地下水汚染の心配などの問題を抱えている。

ここで取り上げる新工法「先端打撃工法」は、予めオーガーでプレボーリングを行い、そこに挿入したコンクリート杭の先端を打撃することによって、騒音、振動を低減しようとするものである。

本研究は先端打撃工法の施工性、支持力特性を明らかにし、支持力算定式の検討を行うことならびに、騒音、振動低減効果の評価を目的とした。

2. 先端打撃工法の施工および支持力

(1) 施工方法 (図1)

- ① 予め支持層近くまでオーガーでプレボーリングを行う。
- ② 杭先端に鋼製のキャップ（先端支持器）を取り付け（図2）掘削孔に杭を建て込む。
- ③ 杭中空部にドロップハンマを挿入し、圧入中空ハンマでコンクリート杭を絞り込み（打撃の際、図2の（B）のようにキャップだけが沈下するのを防ぐために、圧入中空ハンマにワイヤーを取り付け、（C）のように杭に常に下向きの力を加えて、杭とキャップが同時に沈下するようにしておく。）ながらドロップハンマでキャップの底を叩き、支持層に打ち込む。

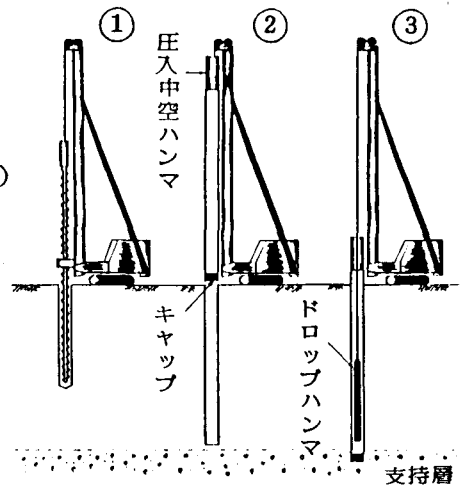


図1 施工方法

(2) 動的支持力式

動的支持力式の出発点は、ハンマの有効打撃エネルギーと杭が貫入する際の仕事がつりあいを保つという考え方であり、各種の動的支持力式は式(1)から誘導されている。

$$R \left(S + m_1 \frac{C_p}{2} + m_2 \frac{C}{2} \right) = e \cdot E_0 \cdot \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p} \quad (1)$$

- ここに、 R : 杭頭反力(t) e : 打撃効率
 S : 杭頭貫入量(m) E_0 : 打撃エネルギー(t・m)
 m_1, m_2 : 修正係数 W : ハンマ重量(t)
 C_p : 杭の弾性圧縮量(m) W_p : 杭の重量(t)
 C : 地盤の弾性圧縮量(m) n : 反発係数

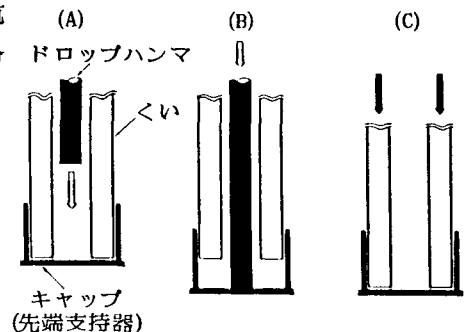


図2 絞り込み

現在、動的支持力式として広く用いられている建築基準法施行令式（式(2)）は、式(1)の杭と地盤の弾性圧縮量の項をまとめて0.02mとおき、安全率5をとったものである。

$$R_s = \frac{E_0}{5(S + 0.02)} = \frac{E_0}{5S + 0.1} \quad (2)$$

（打撃エネルギー E_0 はドロップハンマの場合 WH 、ディーゼルハンマの場合 $2WH$ とされている。）
ここに、 R_a :許容支持力(t) H :ハンマの落下高(m)

先端打撃工法の場合、杭の先端を打撃することによってリバウンドをほとんど生じないため、式（2）のリバウンドによるエネルギー損失の項 0.1を省略し、動的支持力式として式（3）を提案する。

$$R_a = \frac{WH}{5S} \quad (3)$$

（3）施工および鉛直載荷試験結果

同じ場所で、先端打撃工法とディーゼルハンマとの打ち比べを行った時の施工記録の一例を表1に示す。この表から、ディーゼルハンマに比べて先端打撃工法は一打撃当たりの貫入効率が低いことと、提案した式（3）を用いて計算した許容支持力とディーゼルハンマを用いた場合の建築基準法施行令式（式（2））から計算した許容支持力にあまり差がないことがわかる。

表1 施工記録の一例

場所	打撃工法	ハンマ重量 W (t)	落下高 H (m)	貫入量 S (mm)	許容支持力 R_a (t)
1	先端打撃	1.5	2.3	15	$\frac{WH}{5S}=46$
	ディーゼルハンマ	1.5	2.3	5	$\frac{2WH}{5S+0.1}=52$
2	先端打撃	0.7	2.5	7	$\frac{WH}{5S}=50$
	ディーゼルハンマ	1.5	2.3	7	$\frac{2WH}{5S+0.1}=51$

また、式（3）の適用性を検討するために先端打撃工法により打込んだ杭の鉛直載荷試験を行った。載荷試験に用いた杭の施工記録は表2の通りであり、鉛直載荷試験および動的支持力式を用いてそれぞれ許容支持力を求めた結果が表3である。

載荷試験によって確認された許容支持力は、動的支持力式により計算した値以上となっている。

表2 鉛直載荷試験用くいの施工記録（先端打撃工法）

ハンマ重量 W (t)	落下高 H (m)	貫入量 S (mm)	許容支持力 R_a (t)
1.4	1.6	11	$\frac{WH}{5S}=41$

表3 許容支持力の比較

	鉛直載荷試験結果	動的支持力式による許容支持力
許容支持力	45t*	41t

※鉛直載荷試験より降伏荷重90tが求まり、安全率2をとったもの

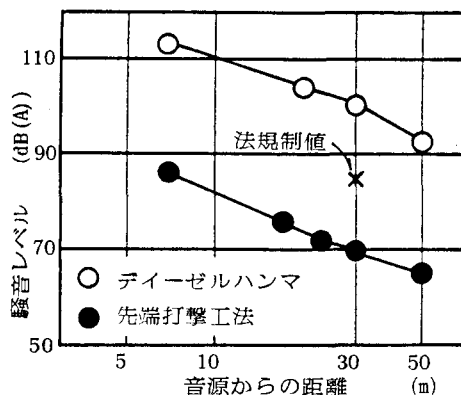


図3 騒音測定結果

3. 騒音・振動

先端打撃工法の打込み時における騒音、振動の測定結果をそれぞれ図3、図4に示す。騒音はディーゼルハンマより約 30dB(A) 低く、騒音規制法の規制値 30m-85dB(A)に比べても、30m-70dB(A)と 15dB(A)下回っている。70dB(A)というと通常の街中の騒音である。

また、打込み時の振動は鉛直、水平両方向測定したが、鉛直振動が大きくあらわれた。鉛直振動は30m-54dBであり、振動規制法の規制値 75dB（敷地境界）をかなり下回っている。

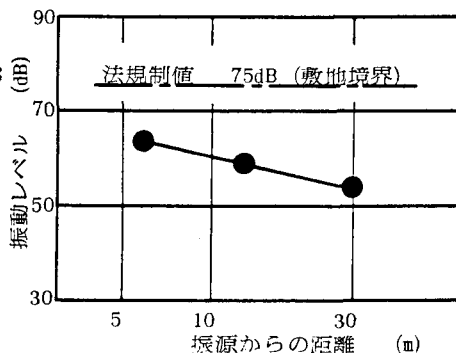


図4 振動測定結果

4. まとめ

先端打撃工法は、騒音、振動の低減効果が大きく、打撃することによって確実な支持力が得られるという打込み杭本来の長所を備えている。また、鉛直載荷試験により動的支持力式の適用性が実証された。

ただ、ディーゼルハンマなどに比べると施工能率が悪く、改善の余地はまだ残っている。