

# III- 370

## 動的載荷試験の場所打ちコンクリート杭への適用例

竹中土木

竹中工務店技術研究所  
東京ソイルリサーチ

正会員○福原拓平

正会員 山下 清 同 加倉井正昭 長曾我部誠  
阿部秋男

### 1. はじめに

近年、打撃された杭の挙動を測定し、波動理論に基づいて動的に支持力を推定する研究が行われているが<sup>1)</sup>、場所打ちコンクリート杭に対する実施例は比較的少ない<sup>2)</sup>。筆者らは、場所打ちコンクリート杭の設計あるいは施工管理的見地から、杭先端の沈下剛性を把握する際の動的載荷試験の適用性を調べるために、杭先端部に計測器を設置し、周面摩擦をカットして実施した試験結果について報告する。

### 2. 試験概要

杭を施工した位置での地盤調査結果と試験杭の概要を図-1に示す。試験杭は、直径1.3m、長さ14.8m(掘削深さ13.7m)の場所打ちコンクリート杭(無水掘り、アースドリル工法)であり、杭先端をGL-12.7mの玉石混じり粘土質砂礫(最大玉石径約30cm)に1.0m根入れされている。フリクションカットのため杭頭から11mまでは鋼管巻き(t12)とし、GL-8.5mまで外管を挿入して2重管とした。また、杭体中には、A、B、Cの3断面に鉄筋計、速度計および加速度計が設置してあり、さらにA断面の位置の杭体コンクリート表面には加速度計(土研式<sup>1)</sup>、IFCO社式)を設置した。杭の打撃方法は8.5t油圧ハンマーでラムの落下高さ0.2~1.2mと変化させ、油圧ハンマーと杭の間には木製クッションを敷いている。

なお、試験杭は本試験の31日前に施工されたものであり、4日前には急速載荷試験(STATNOMIC載荷試験)<sup>3)</sup>を実施している。

### 3. 試験結果

測定データの例としてラムの落下高さH=1.2mの時の杭頭付近(A断面)と杭先端部(C断面)に設置した鉄筋計(2箇所)のひずみ波形を図-2に加速度の波形を図-3に示す。A断面では2つのひずみ測定値に多少の差がみられるが、C断面では2つのひずみの波形はよく一致しており荷重の偏心はほとんどみられない。

土研式、IFCO社式およびA断面の鉄筋計で測定した最大打撃力をハンマーの落下高さの関係を図-4に示す。打撃力算定に用いた杭体の弾性係数Eは急速載荷試験時の杭頭ロードセルとひずみ値から算出した値( $E=2.70 \times 10^9 \text{ tf/m}^2$ )とした。測定方式の違いによる打撃力の差はほとんどみられず、計測は良好であったと思われる。

図-5に、鉄筋計のひずみから算定した打撃荷重に対する光学レベルにより測定した杭頭の一回打撃毎の残留沈下量とその累積量を示す。打撃力と一回打撃毎の残留沈下量はほぼ線形関係にあり、打撃力が400tを超えると杭は貫入する傾向にある。

土研式、IFCO社式によるそれぞれの測定結果からNCASE解析<sup>1)</sup>を行い、試験杭のフリクションカットにより周面摩擦は小さいとみられるので、(1)式により動的貫入抵抗を求めた。

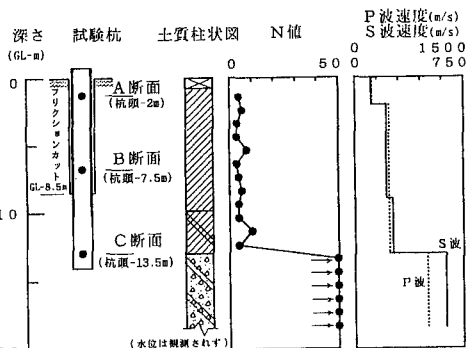


図-1 試験杭と地盤概要

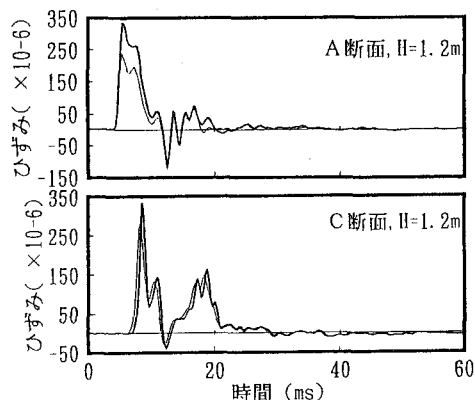


図-2 A断面とC断面のひずみ波形

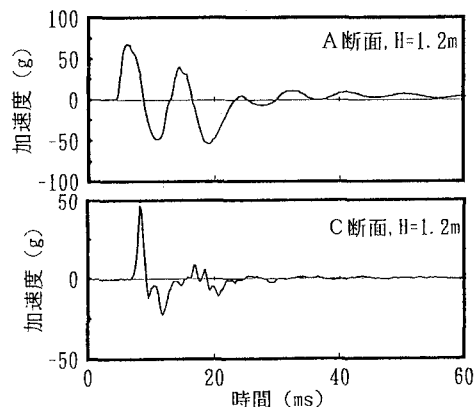


図-3 A断面とC断面の加速度波形

$$R(t+T/2) = \{F(t)+ZV(t)\} / 2 + \{F(t+T)-ZV(t+T)\} / 2 \quad (1)$$

R: 動的貫入抵抗,  $T=2L/C$ ,

F: 打撃力, Z: 杭の機械インピーダンス, V: 粒子速度,

L: 杭長, C: 波動伝播速度

得られた杭頭の最大打撃力と NCASE法による動的貫入抵抗の関係を図-6に示す。打撃荷重と動的貫入抵抗の関係は直線的であり、土研式とIFCO式の両者の傾向は一致している。この試験での最大打撃荷重は1250t程度で、これは極限の動的貫入抵抗を推定するには打撃エネルギーが十分でなかったと考えられる<sup>4)</sup>。図-7には、杭先端部の鉄筋計から算定した荷重と動的貫入抵抗の関係を示す。杭先端部荷重の算定には杭体の実測断面積( $A=1.62\text{m}^2$ )とC断面のコンクリートコアの圧縮試験による弾性係数( $E=2.42 \times 10^6 \text{tf/m}^2$ )を用いた。動的貫入抵抗と杭先端部の荷重の実測値との対応はよく、また両方式による値もよく一致している。

つぎに、杭先端に作用した力と速度(加速度の積分値)の関係から地盤ばね定数を求め、荷重-沈下曲線を推定することを試みた。この際、図-2と図-3におけるC断面の波形からみられるように杭先端部での加速度波形とひずみ波形がほぼ等価な周波数範囲にあることから、インピーダンスZを次式で定義し、

$$Z = F_{\max} / V_{\max} \quad (2)$$

$F_{\max}$ : 打撃力,  $V_{\max}$ : 振動速度

ここで、弾性応答を仮定して、

$$Z = \sqrt{M \cdot K} \quad (3)$$

M: 杭体の質量, K: 地盤ばね定数

の関係を用いてばね定数を算定した。

(3)式より求めたばね定数を用い、打撃毎の杭先端部荷重に対する静的な沈下量を算定し、図-8にこの荷重-沈下関係と、各沈下量にそれまでの残留沈下量を加えた値を沈下量とした荷重-沈下関係を示した。図には本試験に先立って実施した急速載荷試験による杭先端の荷重-沈下関係を示した。動的載荷試験の荷重-沈下関係には500tf付近で折曲り点がみられ、これは急速載荷試験による最大履歴荷重420tfとほぼ対応する。動的載荷試験と急速載荷試験の処女荷重時の荷重-沈下関係を比べると動的載荷試験による沈下剛性が大きくなっているが、打撃による杭の残留沈下を加算すると急速載荷試験による荷重-沈下関係に近づく。

#### 4. おわりに

場所打ちコンクリート杭に動的載荷試験を実施した結果について示した。NCASE法により推定された支持力は杭先端部で測定した荷重により対応を示した。また、杭と地盤のインピーダンスにより地盤のばね係数を求め、残留沈下量を加算して荷重-沈下曲線を推定した結果、急速載荷試験結果との整合性がある程度とれたと思われる。

最後に、動的載荷試験の実施および解析にあたり、ご協力をいただきました(財)土木研究センターの境友昭博士に厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 建設省土木研究所, 土木研究センター(1991): 杭の信頼性診断技術の開発に関する共同研究報告書。
- 2) 鳥野 清, 麻生稔彦, 堤 一, 松井謙二(1991): 場所打ち杭にの支持力推定に関する動的試験と解析法、土木学会論文集, No. 430/III-15, PP. 39-48。
- 3) 長曾我部誠, 山下 清, 加倉井正昭, 山田 毅, 福原拓平(1993): 場所打ち杭へのSTATNOMIC載荷試験の適用例、日本建築学会大会。
- 4) 脇屋泰士, 橋本修身, 尾関史洋(1992): 波動理論に基づく杭基礎の支持力推定における打撃エネルギーの影響、土木学会第47回年次学術講演会, p. 882-883。

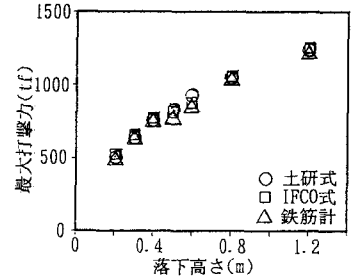


図-4 落下高さ(落下高)と打撃荷重の関係

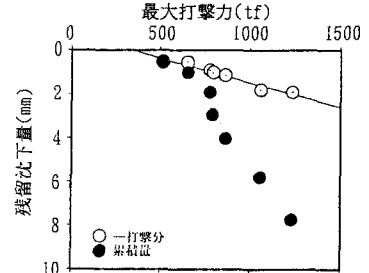


図-5 打撃荷重と残留沈下量の関係

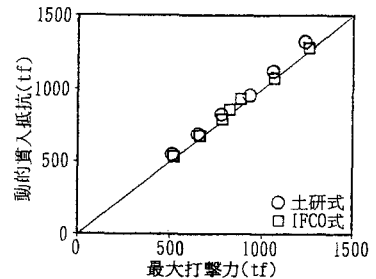


図-6 打撃荷重と動的貫入抵抗の関係

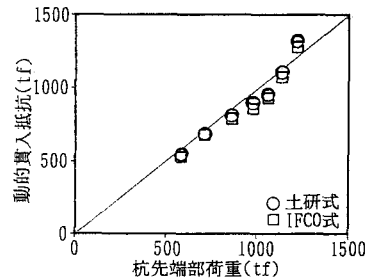


図-7 杭先端部荷重と動的貫入抵抗の関係

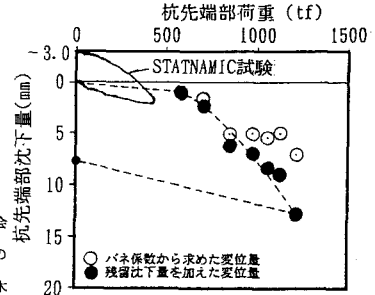


図-8 杭先端部の荷重-沈下曲線