

杭打設時の急速載荷試験を組み込んだ杭の施工方法

A Piling Method Accompanying Rapid Load Tests

中 嶋 義 雄 (なかしま よしお)

丸紅建材リース㈱技術開発部 部長

松 澤 一 行 (まつざわ かずゆき)

丸紅建材リース㈱技術開発部 主任研究員

清 水 茂 (しみず しげる)

丸紅建材リース㈱工事事部 副部長

松 本 樹 典 (まつもと たつり)

金沢大学大学院教授 自然科学研究科

1. はじめに

従来、先端支持力を期待する杭においては、支持層となる安定した地層で杭先端を支持するのが通例である。仮設構台等に使用される仮設支持杭において、その設計荷重はおおむね500～1 000 kN程度であるが、根入れ先端はN値50程度の支持層まで貫入させる設計となるのが一般的である。

実際の地盤では、深い支持層の上部にある程度の支持力を有する中間層が存在するケースも少なくない。そこで、もしこのような中間層で支持させることができるのであれば、杭工事にかかる費用、工期を始めとして、その工事にかかる大きな手間を削減し、経済効果をもたらすことが可能になる。著者らは、要求された杭の安全性を損なうことなく杭長を短くし、いわゆる中間層と呼ばれていた地層で安全に支持できる杭の構築方法を研究してきた。

ここでは、仮設構台の基礎等に用いられるH形鋼支持杭での短尺化へのアプローチについて述べる。

2. 杭施工法の概要

杭の施工はプレボーリング方式の埋込み杭である。芯材となるH形鋼の根固め部分はセメントミルクで行う。十分な先端支持力の発現を促すために、杭先端部に支持プレートを装着し(図-1)、杭先端部を掘削孔底に定着させるために最終打撃を行う(図-2)。最終打撃時には、その打撃を利用した急速載荷試験を実施し、所定の先端支持力が確保できていることを確認する。従来工法に比べて小さなN値を有する中間層で支持させるので、杭の支持力確認は必須事項である。本工法(MSSP工法)では全杭に対する載荷試験の実施が可能となる(口絵写真-18)。

杭の載荷試験方法にはいくつかあるが、載荷試験を全杭に対して実施するためには、試験結果の解析も含めて機動性の高い載荷試験が要求される。杭施工時に、即座に支持力を確認する必要があることから、ここでは重錘落下式の急速載荷試験を用いた。杭施工での最終打撃をそのまま載荷試験とすることができ、試験装置であるスプリングハンマーは容易に杭打ち機に搭載可能であるため利便性がよい。また急速載荷試験では複雑な解析を必

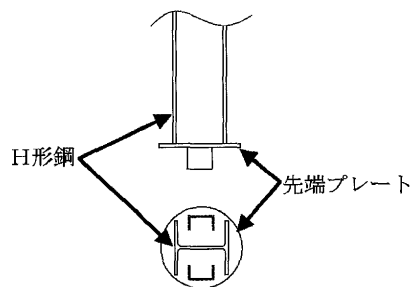


図-1 H形鋼先端部に装着された支持プレート

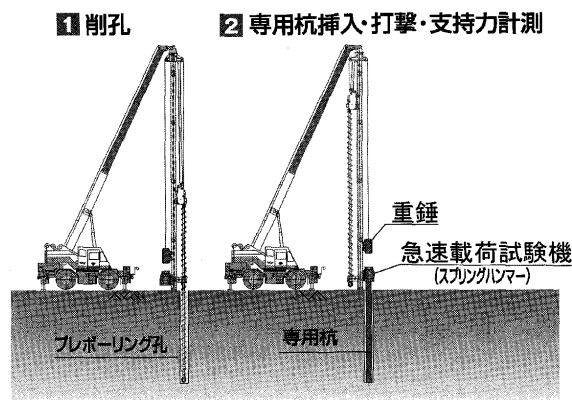


図-2 施工作業工程の概略

要とする衝撃試験と異なり、非線形ダンピング法¹⁾のような簡便な方法で短時間に静的な荷重-沈下関係を得られるため、即時施工管理の面でも大きな利点がある。

3. 工法適用のための各種検証

本工法の妥当性を確認するために、これまでいくつかの検証実験を行っているので、それを紹介する。

3.1 急速載荷試験機および試験方法の検証

本工法で用いるスプリングハンマー(以下SH)試験機およびその試験方法について、静的載荷試験との対比実験を行い、試験結果の妥当性を検証した²⁾。

SH試験は、自由落下する重錘によって杭頭に載荷される動的荷重が、スプリングユニットを介することにより50～150 ms程度の、急速載荷試験として十分に長い載荷時間が得られることを特徴としている。杭頭とSHの間に載荷荷重測定のためのロードセル、杭頭側面部には2個の加速度計を取り付け、レーザー変位計による杭の変位量とともに、重錘落下時の急速試験シグナルと

報 告

して0.5～1 ms 程度の間隔で計測記録する。測定荷重データから杭の慣性力を補正した後、非線形ダンピング法による解析を行うことで1打撃ごとの静的な荷重-沈下関係が求められる。

検証試験では3本のH形鋼杭について、それぞれ静的荷重試験とSH急速荷重試験を交互に連続して行い、荷重-沈下関係を杭ごとに比較した。図-3はNo. 3の杭での荷重-沈下量の関係である。ここではまず静的荷重試験を実施し、その後引き続いて数回の急速荷重試験を実施した。静的荷重試験は連続荷重方式で行い、2分で20 kN ずつ荷重を増加した。荷重が160 kN を超えた時点で荷重保持が不可能となったため除荷を行った。引き続き、同杭に対し質量2tの重錘の落下高を徐々に上げて複数回の急速荷重試験を行った。図中の○印が静的荷重試験、それ以下の曲線がSH試験による荷重-沈下履歴である。図の太曲線で示されるように、この杭に対して行われた静的および急速試験の両者は同一の繰返し荷重挙動を示していると考えられ、SH急速荷重試験結果は静的荷重試験結果とはほぼ同等と判断できる。SH試験機は、ばねを媒体として荷重荷重を杭頭に伝達するため、比較的長い荷重時間が得られ、相対荷重時間で急速荷重試験としての要件を満たすのみでなく、非線形ダンピング法を適用することで、ほぼ静的荷重試験結果と同等の荷重-沈下関係が得られることが実証された。

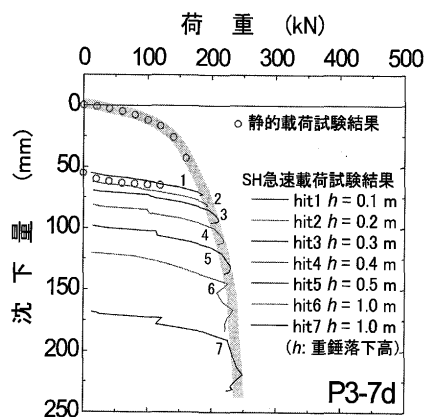


図-3 静的荷重試験と急速荷重試験から得られた荷重-沈下関係

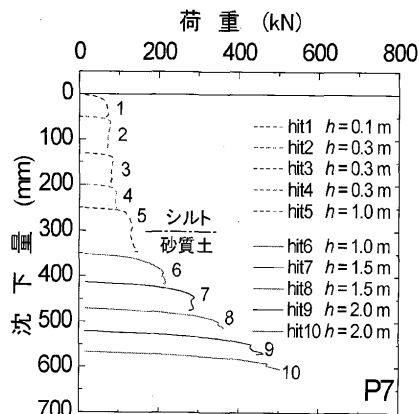


図-4 打撃による支持力改善効果

3.2 杭の支持力に関する検証

特に砂質地盤では、施工時の打撃によって先端支持力が増加する改善効果が得られることが実験によって確認された(図-4)。

仮設構造物の支持力推定式では、埋込み杭の場合、式(1)、(2)とされている。

日本道路協会「道路土工 仮設構造物工指針」

$$\text{杭先端地盤の極限支持力} = 100 \cdot N \cdot A \quad (\text{kN}) \cdots (1)$$

日本建築学会「期限付き構造物の設計・施工マニュアル 同解説—乗り入れ構台—」

$$\text{杭先端地盤の極限支持力} = 150 \cdot N \cdot A \quad (\text{kN}) \cdots (2)$$

N : 先端付近の地盤の N 値, A : 先端の有効断面積 (m^2)

実験によれば、砂質地盤においては推定式から得られる値の2倍程度の支持力が期待でき、本工法では上記

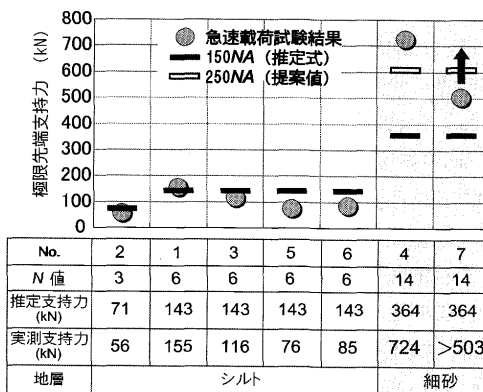


図-5 先端支持力測定結果

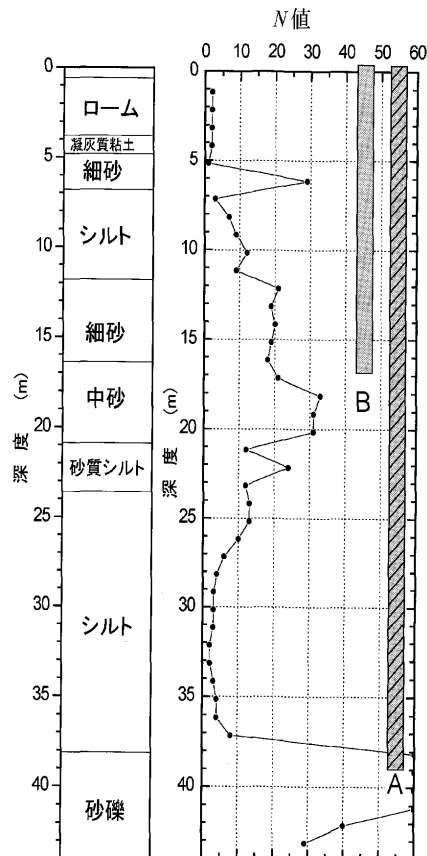


図-6 杭の短尺化が行われた施工地の地盤

A: 深い支持層への杭 (一般設計)

B: 本工法で実施された短尺化された杭

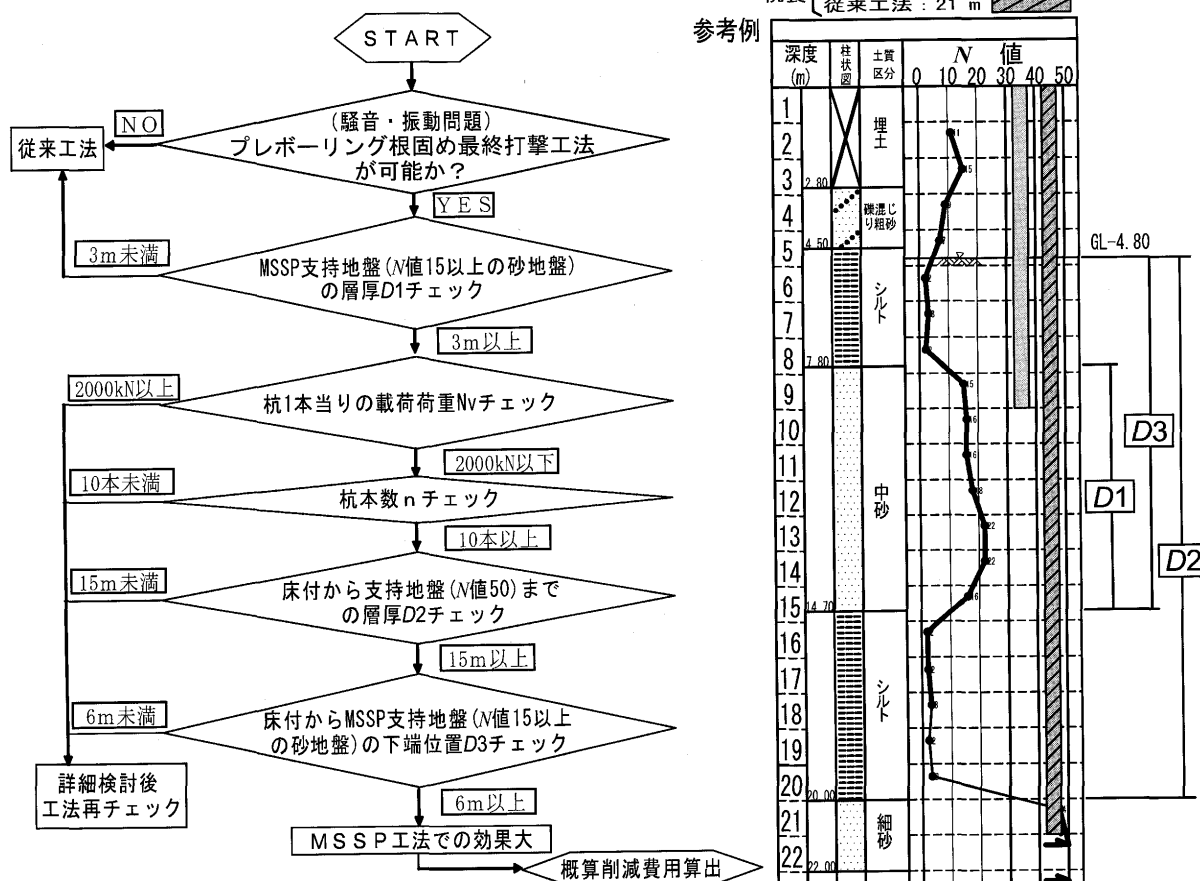


図-7 工法判定のための手順フロー

係数に250程度の値が使用可能と考えられる (図-5)。

もちろんこの支持力は、実施工においてはすべての杭について、載荷試験によって確認されるべきである。

4. 実施工での適用例

実際に本工法が用いられた例を示す。埼玉県さいたま市で行われた本工事では、当初深い支持層まで39 mの杭が計画されていたが、本工法を採用することで杭長を17 mにまで短くし、中間層でも必要十分な支持力が得られることが確認された (図-6)。

施工時の載荷試験で確認できた先端支持力から逆算した前式での係数は250程度であった。

5. 工法適用の判断

本工法は地盤の条件によっては不適切もしくは経済的な判断から効果が薄い場合もある。そこで工法の適用を判断するためのガイドとなる標準的な手順フローを図-7に示す。

6. おわりに

本工法は仮設構台の基礎ではすでに数カ所の実績がある。より工法の信頼性を高めるために、杭施工後の実荷重での沈下測定などを行い、工法適用の妥当性をさらに高めるための検証を進めたいと考えている。また、全杭検査をすることによる工事への時間や手間の負担をより軽減できるよう、急速載荷試験方法・試験装置の一層の

表-1 スプリングハンマー試験機仕様

試験機タイプ	杭打機装着	可搬・組立式
型 式	DSH-200	DSH-020
最大載荷荷重	2500 kN	200 kN
最大 平板載荷応力	3200 kPa (D=1.0m) 11300 kPa (D=0.6m)	2850 kPa (D=0.3m)
重 錘 質 量	3 ton	200 kg
重錘落下高	3 m	1 m
用 途	杭の鉛直載荷試験 大型平板載荷試験	小口径杭の鉛直載荷試験 平板載荷試験

改良に努めたい。

スプリングハンマー急速載荷試験では、地盤の急速平板載荷試験でも、その機動性を活かし、同一現場内での複数の載荷試験や、大型平板載荷試験を実施している³⁾。

最後に SH 急速載荷試験機の仕様を表-1に示す。

参 考 文 献

- 1) 松本樹典・Middendorp, P.・Bermingham, P.・統 誠：珪藻泥岩に打設された鋼管杭の急速載荷試験，土木学会論文集，No. 517/III-31, pp. 13~24, 1995.
- 2) 中嶋義雄・清水 茂・磯部幸男・松澤一行・松本樹典：先端支持力 H 形鋼杭の鉛直載荷試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造 I, pp. 515~518, 2006.
- 3) 根本 恒・崎浜博史・木下孝介・松澤一行・松本樹典：固結砂地盤における静的および急速平板載荷試験，第41回地盤工学研究発表会発表講演集，pp. 1349~1352, 2006.

(原稿受理 2007.7.4)