

細径鋼材を用いた簡易的な基礎工法の開発

The Development of a Simple Foundation System using Steel Bars

黒川 幸彦 YUKIHIKO KUROKAWA

喜多 治之 HARUYUKI KITA

三上 博 HIROSHI MIKAMI

土木環境部 土居 洋一 YOUICHI DOI

筆者らは軟弱地盤上に設置する仮設構造物を対象として簡易的な基礎工法を考案した。本工法は細径の鋼材を地中に数本打設し、その頭部をコンクリートの台座で連結した構造で、バックホウなどの汎用建設機械で容易に構築および撤去が可能であることが特長である。ほぼ実物大の基礎モデルを地盤に設置して載荷試験を実施し、本基礎構造が十分な支持力を有することを確認した。

キーワード：軟弱地盤、仮設構造物、基礎構造、載荷試験

The authors have developed a simple foundation system for temporary or minor structures on soft ground. This system consists of a concrete base and steel bars driven into the ground, and can be constructed or demolished simply with a backhoe after utilization. Load tests conducted on large-scale model footings constructed on soft ground confirmed that this system works sufficiently to act as the foundations for temporary or minor structures.

Key Words: Soft Ground, Temporary Structure, Foundation, Load Test

1. はじめに

工事用プラント設備などの仮設構造物を民地を借地して設置する場合、工事完了後設備を撤去し、事前の状態に復旧して土地を返却する必要がある。基礎として杭を打設した場合はこれも撤去しなければならない。筆者らはこうした場合を対象として、バックホウなどの汎用建設機械で構築および撤去が可能で簡易的な基礎工法を考案した。鉄筋棒や等辺山形鋼などの細径の鋼材を杭として地中に打設し、その頭部をコンクリートの台座で連結したものを、必要に応じて構造物の下に数箇所配置する方法である。構造概要を図-1に示す。

本基礎工法は軟弱地盤上に設置する小規模な仮設構造物で数年程度以内の短期間に撤去する場合を対象とし、不同沈下あるいは支持力不足により何らかの対策が必要な時に用いる。対策工として地盤改良や杭基礎を設置する場合に比較して経済的な工法であり、特に撤去が必要な時に有効な工法である。また、汎用建設機械で容易に設置・撤去できることを前提条件としているため、使用する細径鋼材は径 50mm 以下、かつ長さ 4 m 以下、頭部の台座コンクリートは約 1.0m² 以下という構造上の制約

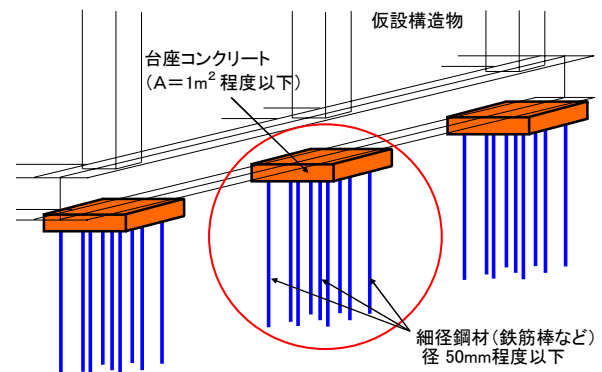


図-1 構造概要

を設けている。

細径鋼材を杭として用いる工法には、削孔後に鉄筋などを挿入しグラウト注入して築造する小口径削孔杭、いわゆるマイクロパイル工法や、細径鋼管を戸建て住宅の基礎補強に用いる LES-P 工法などがある。本工法は汎用建設機械で施工可能であること、また、撤去しやすさを主眼に細径杭群をユニットとして築造し、一括して撤去可能とした点が従来の工法と異なる。

小口径杭を用いた場合は補強土工法のように杭基礎でなく複合地盤として扱うことが多いが、本基礎構造は杭

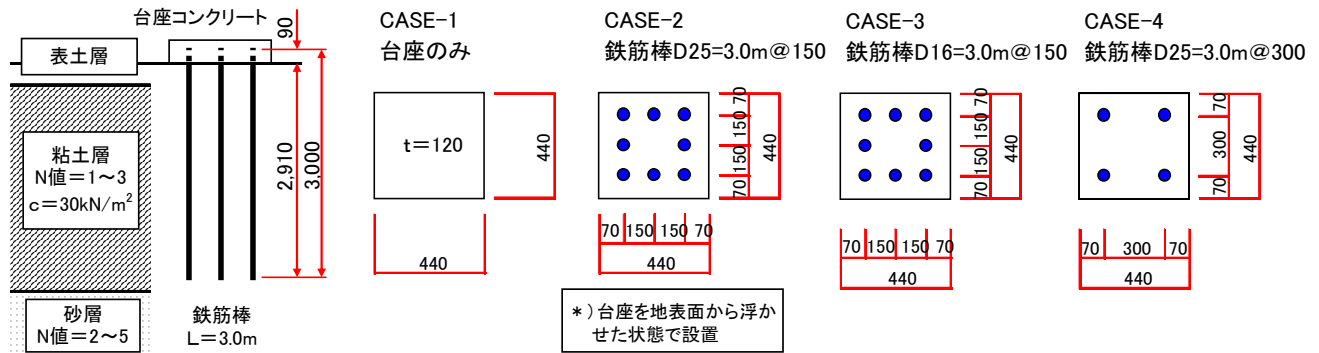


図-2 基礎モデルの構造および地層構成

と基礎スラブの両者の支持力を考慮したパイルド・ラフト基礎としての支持力特性を持つと考えられる。LES-P工法はパイルド・ラフト基礎の考え方に基づく地盤補強工法のひとつで、詳細な報告¹⁾²⁾がある。その中で、載荷試験を実施して杭と基礎スラブの荷重分担率、沈下挙動や支持力特性を明らかにした上で、長期許容支持力度の推定算出方法が提案されている。しかし、地盤条件や杭の仕様などが異なれば支持力特性も異なること、基礎形式としてはパイルド・ラフト基礎と若干異なるため、本基礎構造の支持力特性を確認する必要があった。

本稿では、支持力特性と施工性確認のために、ほぼ実物大の基礎モデルを地盤に設置して実施した載荷試験の結果と、支持力の算出方法、杭部材の配置など本基礎工法の基本的な仕様について検討した結果を報告する。

2. 載荷試験

(1) 載荷試験の概要

載荷試験は、2004年6月に三井住友建設(株)技術研究所小山研究所構内において、ほぼ実物大の基礎モデルを地盤上に設置して行った。地盤は表土、粘土層、砂層から成る地盤で、表土層をはぎ取ってGL-1.0m~4.0m付近にある粘土層(N値1~3、粘着力 $c = 30\text{kN/m}^2$)を支持層として基礎モデルを設置した。基礎モデルの構造および地層構成を図-2に示す。基礎モデルは鉄筋棒(ネジテッコン、 $L = 3.0\text{m}$)をバックホウで1本ずつ所定の高さまで打設した後、その頭部に現場打ちコンクリートで台座を製作した。台座には補強用の鉄筋を配置し、鉄筋棒の頭部には拔出し防止用の座金を取り付けた。

基礎モデルは杭部材(鉄筋棒)の径、本数をパラメータとして4ケース設置した。CASE-1は直接基礎形式で台座のみの基準モデルである。CASE-2は台座を地表面から約3cm浮かせた状態で設置し、杭部材のみの場合の挙動と、台座が地表面に接地した後の台座と杭部材両者

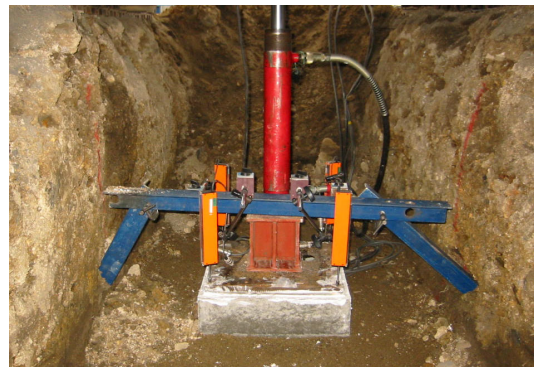


写真-1 載荷試験状況

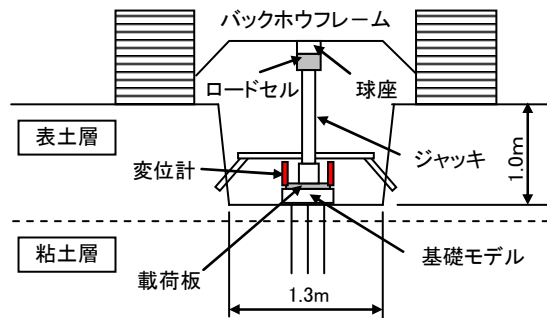


図-3 載荷試験方法

の複合した挙動を確認できるモデルとした。CASE-3およびCASE-4は杭部材径、本数を変えたモデルである。

載荷試験に用いた反力装置は 0.7m^3 級のバックホウで最大90kNまで載荷できる条件とし、ロードセルをジャッキ上部に1箇所、変位計を台座上に4箇所設置して荷重および沈下量について計測を行った(写真-1、図-3参照)。また、台座上には剛な載荷板($t = 22\text{mm}$)を設置し、台座の変形を生じない条件で載荷を行った。

載荷方法は地盤工学会「地盤の平板載荷試験方法」、「杭の鉛直載荷試験方法」に準じて1サイクルの段階的載荷方法(載荷方法A)とした。1ステップ当たりの増加荷重は10kNを標準として段階的に載荷し、極限支持力状態に達したことを確認した時点で載荷を終了した。

(2) 結果および考察

載荷試験の結果から、台座のみ (CASE-1) の極限支持力は $Q_u = 41\text{kN}$ で、杭部材を組み合わせた場合は

$Q_u = 53 \sim 87\text{kN}$, 最大で CASE-1 の 2 倍程度の極限支持力を持つことが確認できた (極限支持力は $\log p$ -S 曲線において沈下量 44mm, 載荷幅の 10% 沈下した時点で判断)。また、極限支持力は、CASE-2 > CASE-3 >

CASE-4 となって想定通りの結果であった。荷重-沈下量の関係を図-4 に示す。今回の試験では台座と杭部材の荷重分担率は明確ではないが、CASE-2 の結果から極限支持力状態で比較すると杭部材 69%, 台座 31% という荷重分担率となった。全般に本基礎は杭部材が極限支持力に達するまで沈下量はわずかであるが、それ以降、荷重増加につれて沈下量が急増しはじめ、基礎全体が極限支持力状態に達するという挙動を示した。

CASE-2 における、杭突出部が地盤に貫入する間に載荷重の変動はほとんどないという結果から、杭部材の極限支持力は一定と考えられる。図-5 は、杭部材が極限支持力に達した直後までの荷重-沈下量関係を、杭 1 本当たりの荷重に置き換えて示したものである。図中に摩擦杭としての極限支持力計算値を示したが、実測値との誤差は 10% 以内であった。沈下量が杭径の 10% に相当する荷重と、荷重-沈下量曲線が沈下軸にほぼ平行とみなされる荷重のうち小さい方が杭の極限支持力とみなされるが、杭の極限支持力時の沈下量は約 2 ~ 4mm で杭径の 10% 程度であったことから、小口径杭の場合両者はほぼ同じとしてよいと考えられる。

図-6 は杭部材が極限支持力に達した後の荷重-沈下量関係を取り出し、初期値を設定し直してプロットしたものである。荷重初期値は、各ケースで杭が極限支持力に達したときの沈下量に対応する CASE-1 の荷重値である。図に示すように、杭部材の径・本数に関わりなく荷重-沈下量曲線は各ケースともほぼ一致しており、杭部材が極限支持力に達するまでの状態 (荷重の大部分を杭部材が負担する) と、それ以降の状態 (荷重増分は台座のみが負担する) に区分して支持力特性を考慮してよいと考えられる。

(3) 施工性の確認

今回の載荷試験は支持力特性の確認に加えて、施工性を確認することを目的として行った。すなわち、バックホウによる細径杭部材の打設効率と基礎の撤去効率を確認することである。

杭部材の打設は簡易なガイド定規を設置して杭下端の位置決めをした後、鉛直性を確認しながらバックホウで 1 本ずつ押し込む形で行った。表土層を抜けると数 10 秒

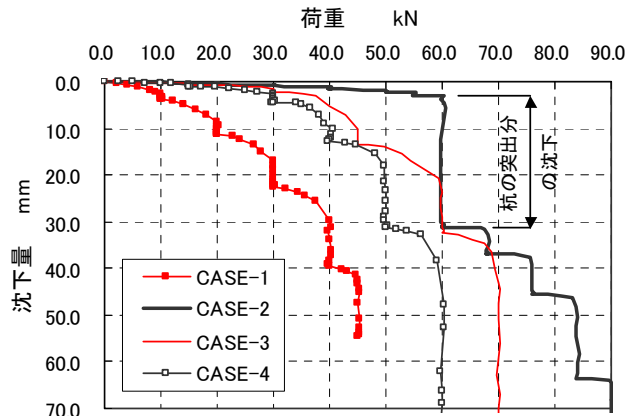


図-4 荷重-沈下量の関係

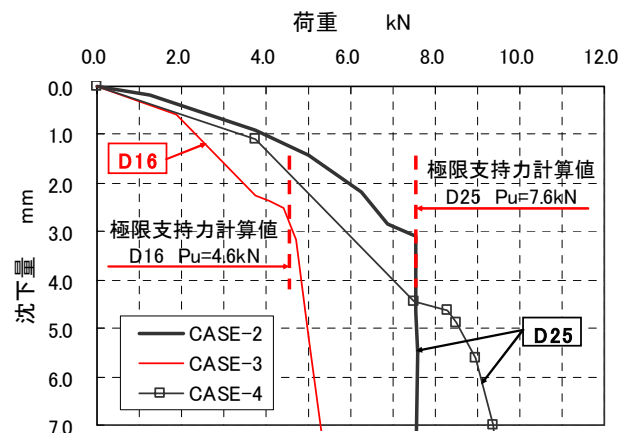


図-5 杭部材 1 本当たりの荷重-沈下量の関係

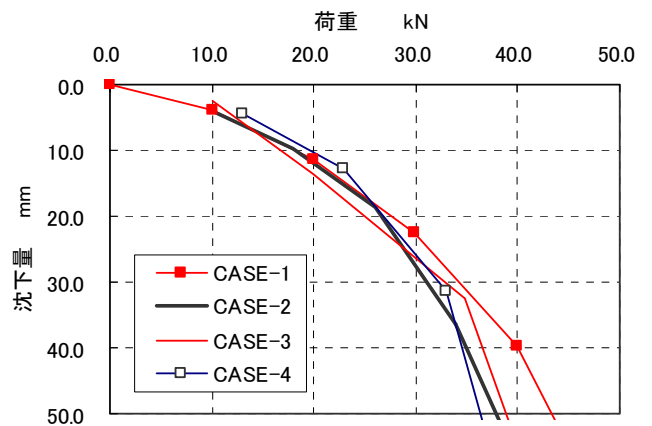


図-6 杭降伏以降の荷重-沈下量の関係

で杭部材の打設は完了し、ごく短時間で所定の深さまで打込むことが可能であった。また、打込み位置の誤差は 2cm 程度以内に収まっており、問題ない精度を確保できた。基礎の撤去も容易で、バックホウにより台座と杭を一体のまま引き抜くことが可能であった。撤去時バックホウバケットの爪を台座の下に差し込み梃子の要領で台座を引き起こすと、後はごく容易に杭全体を引き抜くこ

とができた。杭部材の剛性が小さいために、台座を引き起こした際に杭が変形して地盤と杭部材との間に間隙を生じ、摩擦抵抗が減少することによって容易に引き抜けたものと考えられる。写真-2、3に杭部材の打設状況と基礎の撤去状況を示す。

3. 基礎の支持力および構造仕様について

載荷試験の結果から、本基礎構造の場合、杭部材が極限支持力に達するまでは荷重の大部分を負担し、以降の荷重増分は台座が負担するものと考えられる。そこで、本基礎構造の極限支持力を、杭部材極限支持力+台座極限支持力 $\times\alpha$ (α ; 低減率)と評価することとした。ここに、低減率 α は杭部材が極限支持力に達するまでに台座に作用する荷重を、台座の極限支持力から控除したものと台座の極限支持力との比率である(図-7参照)。

CASE-1,2の結果から、低減率 α の値は約0.66であったが、他の条件では α の値も異なると考えられるのでさらなる検討が必要である。

施工性を考慮して各部材の仕様に制約を設けているため、本基礎の支持力を算出する際、台座1箇所当たりの支持力は50~100kN程度が目安となろう。杭部材の配置は構造物下面の形状を考慮する必要があるが、基本的には偶数本を均等に配置すればよい。また、細径杭の支持力計算の際には周面摩擦抵抗のみ考慮し先端支持力を無視してよいが、杭部材は摩擦杭として扱うため、支持層が浅い場合には支持層のやや上で杭部材先端を打ち止める必要がある。

構造面では、撤去時に全体を一括して引き抜く際の台座と杭の分離を防ぐ必要があり、杭頭部を連結しておくなど補強が必要と考えられる。

4. おわりに

軟弱地盤においてほぼ実物大の基礎モデルを設置して載荷試験を実施した結果、本基礎構造においては杭部材の支持力と台座の支持力の両者を考慮した形で、直接基礎形式に比べて2倍程度以上の支持力を確保できることが確認できた。この試験結果に基づき支持力の算出方法や構造仕様の設定方法を検討した。また、基礎モデル設置・撤去時の状況から施工性の良さ、特に撤去の容易さを確認することができた。今後は適用条件をさらに検討し、実物件への適用を図りたい。

なお、本基礎工法はスミコンセルテック(株)、住友金属鉱山(株)、三井住友建設(株)の3社共同で実施している経済産業省の「産業技術実用化開発事業費補助金(有害



写真-2 杭部材打設状況



写真-3 基礎撤去状況

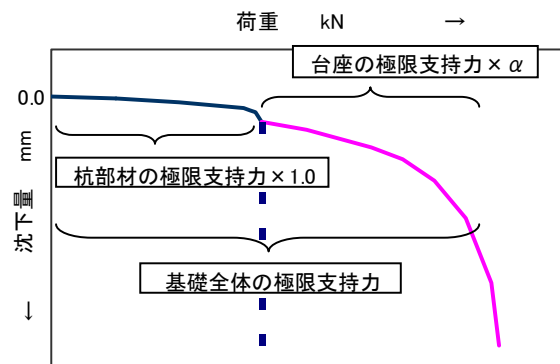


図-7 極限支持力の負担区分

廃棄物等汚染土壌修復技術実用化支援事業) 補助事業」の一環として開発を進めたものである。

参考文献

- 1) 若宮善雄, 榎並昭, 真島正人, 長尾俊昌: 細径鋼管により地盤補強した基礎の沈下挙動とその予測法(第1報 基礎の沈下挙動と補強地盤の支持力特性), 日本建築学会構造系論文集, 第455号, 1994年1月
- 2) 若宮善雄, 榎並昭, 真島正人, 長尾俊昌: 細径鋼管により地盤補強した基礎の沈下挙動とその予測法(第2報 沈下予測法の提案), 日本建築学会構造系論文集, 第460号, 1994年6月