

Ⅲ-A 446 小口径摩擦杭（高耐力マイクロパイル）の支持力特性（その1）

—鉛直交番載荷試験結果—

建設省土木研究所 正会員 福井 次郎 正会員 石田 雅博
同 上 正会員 加藤 秀章 正会員 三木 健男*

1. はじめに

マイクロパイルとはグラウンドアンカー工法等で用いられている小口径の削孔技術や、グラウトの加圧注入技術を取り入れ、鋼管や異形鉄筋などを用いる小口径の杭工法である。アメリカでは近年、マイクロパイルを既設橋梁基礎の耐震補強工法として用いる事例が増えつつあり、その杭構造は図-1に示すようなタイプが多い。施工方法は小型のボーリングマシンにより鋼管をケーシングとして削孔を行い、異形鉄筋を孔内に挿入後、グラウトを加圧(0.5Mpa)注入し地盤に定着させる。マイクロパイルの特徴は、施工機械が小型であるため、上部空間や施工ヤードに制限がある場合でも施工可能であること、振動や騒音を最小限に抑えること等が挙げられる。よって、日本においても、基礎の耐震補強工法などに期待されており、補強工事全体の経済性や施工性に優れた基礎補強が可能になるものと考えられている。そこで、マイクロパイルの試験施工、鉛直および水平交番載荷試験¹⁾を実施し、小口径杭の支持力、変形特性に関する検討を行った。

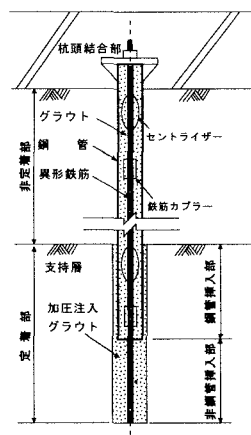


図-1 マイクロパイルの構造例

2. 試験杭の概要および地盤条件

マイクロパイルの諸元を表-1に、実験地盤の土質柱状図を図-2示す。実験位置はローム、細砂、粘土等の互層構成となっており、定着層をGL-10.5m以深の比較的良好な細砂層に設定した。

3. 鉛直交番載荷試験方法

載荷試験時の計測位置を図-2に示す。ひずみゲージは

鋼管の内側に3断面、鉄筋に6断面貼り付けた。載荷方法は、荷重→変位関係における非線形領域までは押込み、引抜きの交替載荷を行い両者の変形特性を把握し、その後、極限状態まで単調に引抜き載荷を行った。

4. 載荷試驗結果

図-3には荷重～変位曲線を示す。降伏引抜支持力は900kN、極限引抜支持力は1050kNであり、概ね杭径の10%の変形量で極限状態に達した。また、降伏付近までの押込みと引拔きの勾配は等しく、両方向の軸方向バネ定数は同程度の値であった。なお、最大引抜き荷重1050kN 載荷直後、杭頭引抜装置に不具合が生じたため、一旦荷重の除荷を行っている。図-

4 には深度方向の軸力分布図を示す。軸力は各断面の

軸ひずみ値を用い、各区分で構成される鋼管、鉄筋、グラウトを全断面有効として算定を行っている。なお、引抜

キーワード：マイクロパイル、小口径摩擦杭、鉛直交番載荷試験、耐震補強

連絡先：茨城県つくば市旭1 TEL:0298-64-4916 FAX:0298-64-0565 *：交流研究員（平成10年4月～11年3月）

表-1 試験杭の諸元

材 料	規 格
鋼 管	油井管用継目無鋼管(API-N80)、外径=φ177.8mm、肉厚=12.7mm 標準部材長さ=1,500mm、降伏点強度=550N/mm ² 弾性係数=2.0×10 ⁵ N/mm ² 、両端ネジ加工カップリング継手
異形鉄筋	エポキシ樹脂鋼棒 SD490 D51、弾性係数=2.0×10 ⁵ N/mm ² ねじ管・樹脂充填式カップラー継手
グラウト	セメントミルク(水セメント比W/C=45%)、早強セメント・混和剤使用 設計基準強度=30N/mm ² 、弾性係数=1.35×10 ⁴ N/mm ² (実験結果)
定着部諸元	定着部有効長さ=200mm(削削後)、定着長=5.0m、鋼管挿入部=2.5m

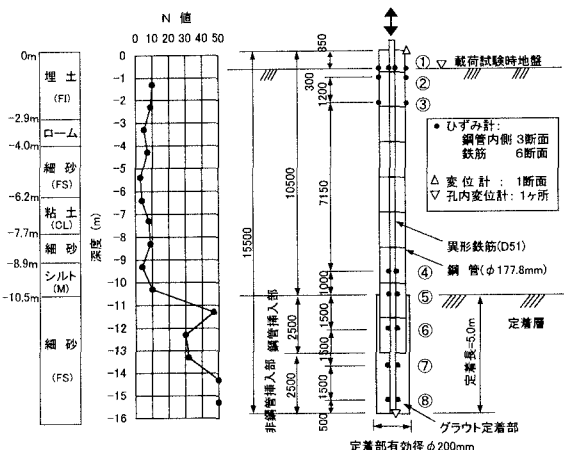


図-2 土質柱状図および計測位置図

き時の非鋼管挿入部分(⑦～⑧断面)に関しては、グラウトのひずみ負担を無視し、鉄筋のみが負担するとして算定を行った。この図からは、各荷重段階とも①～⑤断面の軸力変動が比較的少なく、杭先端より 0.5m 上方の部分(⑧断面)には軸力が若干残るが押し込み時と引抜き時のその値はほぼ同じであることが分かる。よって、マイクロパイルの支持機構は小口径であるため先端支持力はあっても小さな値であり、主に定着部の摩擦によって支持されることが確認できる。図-5には引抜き時の杭周面摩擦力度と各区間の平均変位との関係を示す。なお、周面摩擦力度の算定は非定着部を鋼管径、定着部の有効径を削孔径と設定している。定着部の有効径に関しては、アメリカでは加圧注入を行うことによって削孔径より拡大されるとしているが、その明確な根拠や設定方法に関しては明らかではない。定着部に鋼管を挿入した⑤～⑥区間の周面摩擦力度が他の定着部分に比べて小さな値となっているが、軸力や周面摩擦力度の算定において、このような定着部の有効径を把握しきれていないことが影響しているものと考えられる。

5. 載荷試験結果の整理

マイクロパイルの耐震補強工法への適用を考えると、このような小口径の杭がどのような支持力、変形特性を有し、それが従来の杭工法とどう異なるのか把握する必要がある。先に述べたように、マイクロパイルの支持機構は定着部の摩擦抵抗に大きく期待するが、道示²⁾によれば場所打杭の最大周面摩擦力度は 200kN/m^2 であり、今回の載荷試験からは従来の工法よりも大きい摩擦抵抗を有することが分かった。また、今回の地盤定数を用い、従来工法による同径の極限引抜き支持力を道示に準じて算定すると、場所打ち杭で 850kN 、中掘り杭で 220kN となった。今回の載荷試験ではそれらの値より大きな結果が得られていることから、マイクロパイルは小口径の杭には比較的高い支持力を期待できると考えられた。次に、基礎の設計においては軸方向の変形特性を与える杭頭の軸方向バネ定数 K_v の推定も重要な事項である。道示においては各工法毎に経験的に K_v 値を算定しているが、マイクロパイルに関しては国内での実績が少なく、先端支持力を大きく期待する従来工法とは変形特性が異なる。そこで、今回は非定着部と杭先端部のバネは無視し、定着部の摩擦バネのみを考慮した杭頭バネ定数 K_v の算定を試みた(図-6)。算定方法は道示の $C_s \sim K_v$ 法に基づいたが、すべり係数 C_s の設定に関しては実験で得られた降伏引抜支持力時の周面摩擦力度と変位の勾配を用いた。表-2には K_v の試算結果を示す。この結果、実測値の K_v に比べて試算値は若干小さな値となった。この差は、非定着部においても、わずかながらの周面摩擦は効いており、これを無視しているためだと考えられる。いずれにせよ、定着部の摩擦バネのみを考慮したモデルで、マイクロパイルの軸方向の変形特性を推定することは可能だと考えられた。

【参考文献】

- 1) 石田他：小口径摩擦杭(マイクロパイル)の支持力特性(その2)、土木学会第54回年次学術講演会、1999。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編、1996。

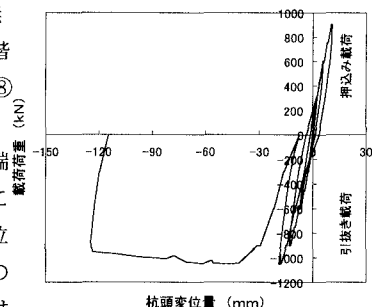


図-3 荷重～杭頭変位履歴曲線

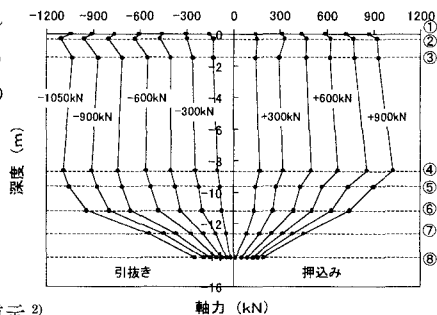


図-4 深度方向軸力分布図

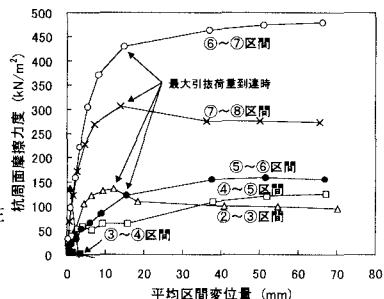


図-5 杭周面摩擦力度～変位（引抜き時）

	単位	値	備考
実測杭頭 K_v 値	kN/m	70,367	降伏支持力の割線勾配
鋼管挿入部 C_s	kN/m^3	27,600	⑤～⑦区間の平均
非鋼管挿入部 C_s	kN/m^3	41,300	⑥～⑧区間の平均
鋼管挿入部 λ		0.231	
非鋼管挿入部 λ		0.45	
定着部摩擦バネ α 値		0.403	
試算杭頭 K_v 値	kN/m	50,484	

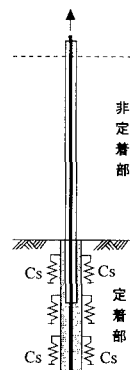


図-6 K_v 試算モデル