

マイクロパイルの構造物基礎への適用に関する研究

独立行政法人土木研究所 正会員 河村 敏伸 正会員 小野寺 誠一
 同上 正会員 井谷 雅司 正会員 大下 武志

1. はじめに

擁壁などの重力構造物は、その基礎の安定性が構造物の安定に大きく寄与するため、基礎地盤が比較的軟弱で深い場合には、杭基礎や深層混合処理工法などが多く用いられている。しかし、より合理的かつ経済的な構造とするためには、構造物基礎として新たな基礎形式の適用を検討する必要があり、構造物基礎としての支持力特性や耐震性能等について確認するとともに、設計法の開発が必要である。

本報告は、比較的軟弱な砂質地盤における擁壁基礎として既設基礎の補強工法として確立しているマイクロパイル（以下 MP と称す）工法¹⁾を用いた場合の支持力確認、基礎の水平抵抗について確認することを目的とし、遠心載荷装置を用いて水平載荷実験を実施した。

2. 実験概要

実験土槽および載荷装置の概要を図-1 に示す。実験に用いた模型は実物の 1/20 とし、擁壁模型は H=4m の逆 T 型擁壁を想定したもの、基礎杭として MP のみを想定したものと、MP に地盤改良工法（浅層改良）を併用したものの 2 種類とした。MP 模型杭の杭体には、曲げひずみを求めるために対角 2 方向にひずみゲージを貼付した。各杭の頭部はアルミ製の擁壁模型の底版により剛結とし、杭先端も土槽底面に固定されている。また、浅層改良地盤の模型は石こうとカオリンにより作成し、目標強度を一軸圧縮強度約 500kN/m² になるように配合した。

模型地盤は、あらかじめ試験杭をセットした後気乾状態の珪砂 7 号を空中落下法により土槽に投入し、相対密度 Dr が 40% となるように作成した。実験は、遠心加速度 20G の条件下で擁壁模型の壁部の下端から壁高の 1/3 の位置に側面から変位制御（1.0 mm/min）にて水平力を載荷し、荷重 - 変位関係および杭体各部のひずみを計測した。実験パターンは図-2 に示すような 5 ケースとした。

3. 実験結果

実験結果はすべて実大換算して示す。また、水平変位は擁壁基礎の載荷軸方向の杭間隔（D=1.35m）で基準化している。

(1) 荷重-変位関係

図-3 に本実験で実施した 5 ケースの載荷荷重と変位の関係を示す。まず Case1 と Case2 を比較する。MP 杭に浅層改良地盤を併用させた Case2 の方が荷重強度は増大している。これより、MP 杭と浅層改良地盤による複合杭は一体となって水平抵抗の向上を図っていることが分かる。次に、Case2 から Case5 を比較する。Case2 と Case3 では初期変位は同じような挙動を示しているが、全体的に

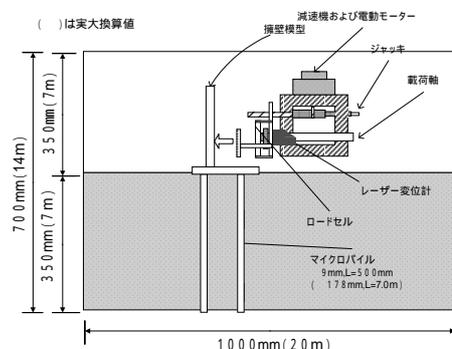


図-1 実験土槽及び載荷装置概要

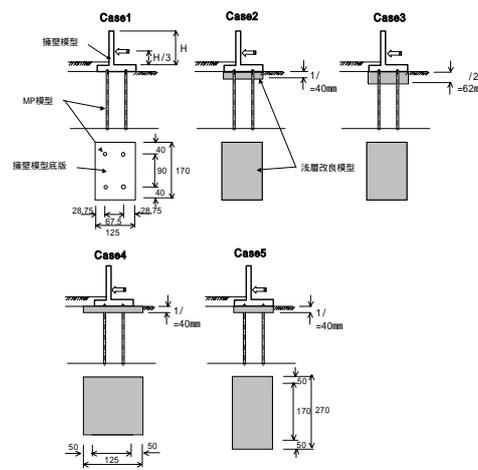


図-2 実験パターン

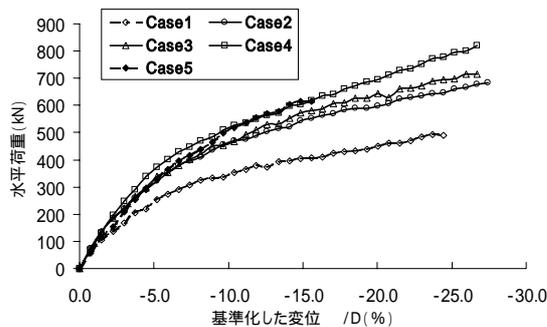


図-3 荷重-変位関係図

キーワード：擁壁基礎、マイクロパイル、浅層改良、複合杭、遠心載荷実験

連絡先 〒305-8561 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人 土木研究所 施工技術チーム TEL 029-879-6759 FAX 029-879-679

はCase3の荷重強度の方が大きいことが分かる。Case2とCase4でもCase4の方が荷重強度は大きくなっている。Case2とCase5では、Case3同様初期変位こそ同じような挙動を示しているが、その後はCase5の方が荷重強度は大きい。これより、浅層改良地盤の周面及び底面の面積増加が水平抵抗の向上に大きく関与することがわかった。また、Case3よりもCase4・Case5の方が荷重強度は大きいことから、今回の実験では浅層改良地盤は改良深さよりも改良面積を増加させることが水平抵抗に有効に働いたと考えられる。しかし、実験ではCase4とCase5で荷重強度に大きな違いは見られなかったため、浅層改良地盤において載荷方向と載荷直角方向のどちらを増加させることが有効か判断することは困難であった。

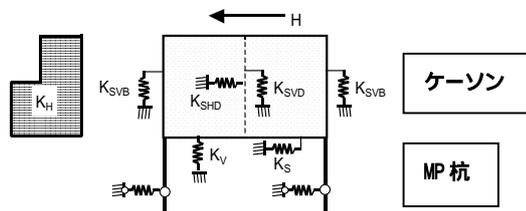
4. 数値解析

実験結果に対して、簡易なはりバネモデルによる設計手法の適応性を検討する。解析モデルは、擁壁は剛体として扱い、杭体の非線形モデルは現行設計法²⁾に示される杭基礎の設計法を適用して選定することでモデル化した骨組解析とし、算出した荷重-変位関係と実験結果を比較することにした。

解析結果と実験結果の比較に当たって、まずCase1について現行設計法に従い載荷実験をシュミレーションし、その解析結果と実験結果を対比することで杭体の地盤バネなどを決定し、それを元に浅層改良地盤と杭の複合杭における設計法（常時）の考え方を検討することとする。

(1) 解析の考え方

浅層改良地盤の力学特性から、今回は浅層改良地盤を剛体と仮定し、そのモデル化としてケーソンと仮定して解析することとした。浅層改良地盤をケーソン基礎と仮定したことで、浅層改良地盤とMP杭の複合杭もケーソンと杭の複合基礎と評価することとした。そのモデル化について、浅層改良基礎の地盤抵抗要素の考え方を図-4に示す。



注) K_H : 前面の水平方向地盤反力係数 K_V : 底面地盤反力係数
 K_{SHD} : 底面の水平方向せん断地盤反力係数 K_{SB} : 前面の鉛直方向せん断地盤反力係数
 K_{SHV} : 側面の鉛直方向せん断地盤反力係数 K_{SBP} : 側面の水平方向せん断地盤反力係数
 H : 水平力

図-4 浅層改良地盤とMP杭の複合杭のモデル

(2) 荷重-変位関係

図-5にCase2からCase5における実験結果と解析結果の荷重と変位の関係を示す。ここで、解析結果においては、浅層改良地盤をモデル化したケーソン部分の地盤抵抗要素全てを考慮している。

図-5よりCase4は実験値のほうが大きくでているが、それ以外のケースは実験結果と解析結果は近似していることがわかった。また、解析結果ではCase5の荷重強度が一番大きかった。これより、改良地盤部分の改良面積の増加が水平抵抗の向上に大きく関与することがわかった。特に、浅層改良地盤の前面と底面の面積増加が水平抵抗の向上に一番有効に働くことがわかった。

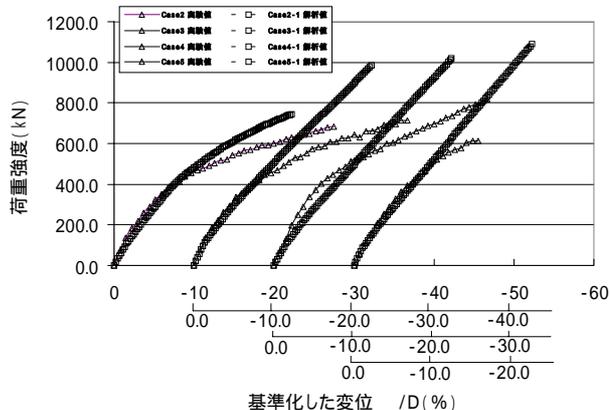


図-5 荷重-変位関係図（実験と解析の比較）

5. まとめ

実験結果より、MP杭と浅層改良地盤による複合杭が水平抵抗の増加という複合効果を十分に発揮することが確認できた。そして、浅層改良地盤の周面及び底面の増加が水平抵抗の向上に大きく関与することがわかった。また、浅層改良地盤を剛体と仮定した数値解析により実験結果をシュミレーションし、実験結果と解析結果は近似していることから、数値解析について有効性を確認することができた。

<参考文献>

- 1) 独立行政法人土木研究所：既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究報告書(その3) 平成14年9月
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編 平成14年3月