

マイクロパイルを用いた直接基礎の地震時滑動抵抗の補強

（その2：水平載荷試験）

日本道路公団 杉山 勝広、森井 光治
 (株)建設技術研究所 正会員 原 隆史、葛野 敦
 ヒロセ(株) 正会員 大谷 義則、○吉岡 敦

1. はじめに

マイクロパイルがわが国に導入されて以来、地盤補強や構造物のアンダーピニングを中心として多く用いられてきた¹⁾。さらに、兵庫県南部地震以降では、既設構造物の耐震補強として施工制約条件下においても適用出来ることによりその実績は増加している。対象橋台の地震時水平抵抗に対する補強に、鉄筋・セメントミルク・高強度鋼管から構成される高耐力のマイクロパイル²⁾を使用した。マイクロパイルは一般の杭と比較して小口径であることにより、杭剛性および地盤との相対剛性についても大きく異なるために、適用に当たっては水平抵抗特性について十分に検討する必要がある。そこで、本適用において試験杭による現地水平載荷試験を実施し、マイクロパイルの水平抵抗特性を確認したので報告する。

2. 水平載荷試験の概要

補強を行う橋台の基礎地盤は崖錐と岩で構成され、マイクロパイルの補強位置によって崖錐の層厚が異なる。崖錐の層厚の違いによるマイクロパイルの水平抵抗特性を確認するため、層厚が異なる橋台脇の2箇所での水平載荷実験を行った。試験杭は、図1、2に示す4本組杭とし、杭頭部はコンクリートを充填した鋼製フーチングにて固定した。最大水平荷重値は、表1に示す条件で道示に示されるバイリニアモデル³⁾による弾塑性フレーム解析を行い、杭体全塑性値を基準として設定した。なお、マイクロパイルの曲げ剛性は、既存の曲げ実験²⁾を参考にしている。載荷は橋台を反力としてフーチングに対して3本の油圧ジャッキにて行い、多サイクル載荷方式⁴⁾とした。測定項目と測定位置を図2に示す。

表1 試験概要

試験位置	A-LINE	B-LINE
載荷荷重 (kN)	920	1820
崖錐層厚 (m)	2.5	1.2
杭本数	4本	4本
杭間隔 (m)	0.8	0.8
杭長 (m)	6.5	4.0
杭径 (mm)	178	

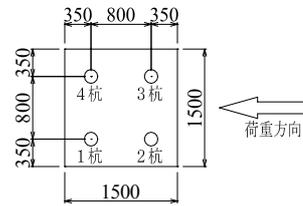


図1 フーチング平面図

		A-LINE	B-LINE	
表層地盤	単位重量	kN/m ³	19	19
	粘着力	kN/m ²	—	—
	φ	deg	35	35
	弾性係数	kN/m ²	2.8×10 ⁴	2.8×10 ⁴
岩	単位重量	kN/m ³	23	25
	粘着力	kN/m ²	2.95×10 ³	7.00×10 ³
	φ	deg	—	—
	弾性係数	kN/m ²	8.9×10 ⁶	3.1×10 ⁶
HMP	M _y	KN・m ²	161	161
	φ _y	1/m	3.01×10 ⁻²	3.01×10 ⁻²

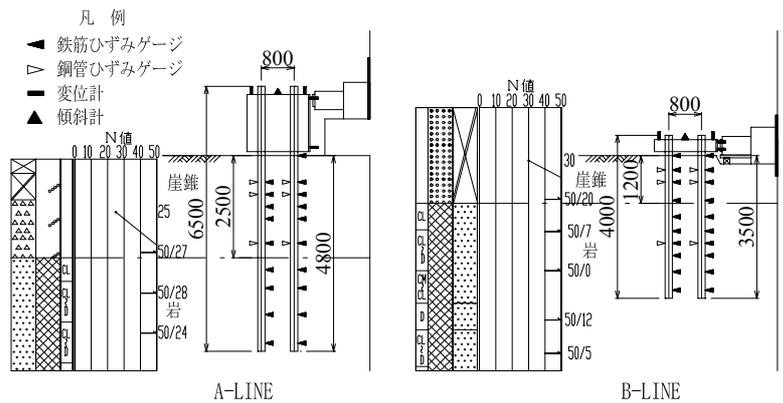


図2 載荷正面図

3. 水平載荷試験結果

A-LINE、B-LINEの荷重-変位曲線は図3に示すとおり極限荷重の予測値と測定値は概ね一致した結果が得られたが、B-LINEにおいて100mmまでの初期変位量は予測値より大きくなる結果となった。

キーワード 耐震補強, マイクロパイル, 水平載荷試験, FEM解析, 水平抵抗

連絡先 〒550- 大阪府大阪市西区南堀江1-12-19 四ツ橋スタービル ヒロセ(株) TEL06-6532-6923

測定結果を表3に示すワイブル分布曲線に近似した荷重-変位関係に対して2次元非線形FEM解析により図6の様に再現（逆解析）した。次に各杭に作用する曲げモーメントを、図5に示す。A-LINEは、崖錐内で最大曲げモーメント値が発生しているのに対してB-LINEは、崖錐と岩の境界線で最大値となっており、岩部内にも曲げモーメントが発生している。よって、当現場のように表層（崖錐）と支持層（岩）の境界線が浅い場合には表層の層厚と支持層の地盤特性により水平抵抗特性が異なることが確認された。

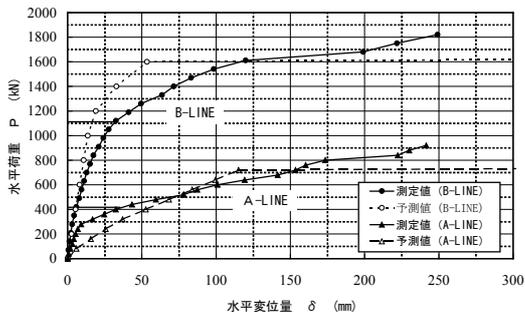


図3 荷重-変位曲線

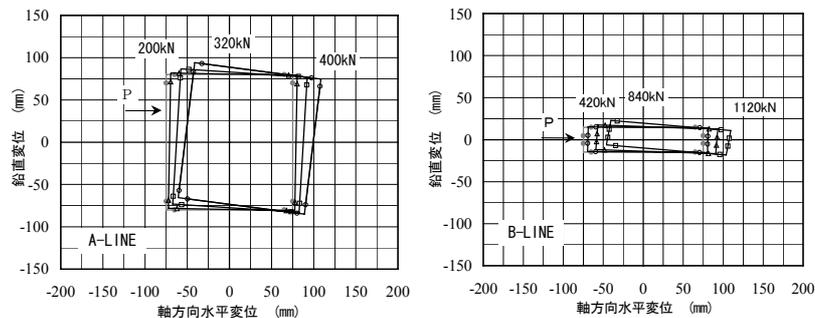


図4 フーチング変位図（～降伏時）

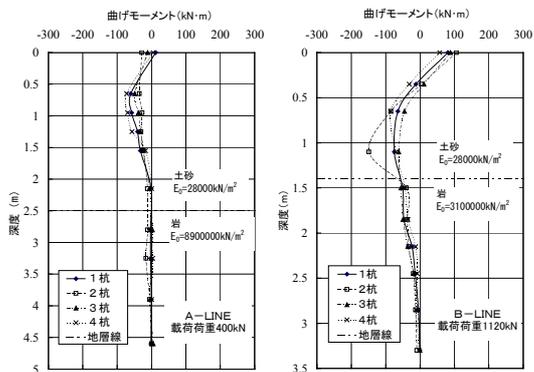


図5 各杭の曲げモーメント図（降伏時）

表3 ワイブル分布による近似曲線

A-LINE	
降伏強度： P_y	417kN
降伏変位： δ_s	35.0mm
B-LINE	
降伏強度： P_y	1113kN
降伏変位： δ_s	31.6mm

$$P = P_{\max} \left[1 - e^{-\left(\frac{S}{\delta_s}\right)^m} \right]$$

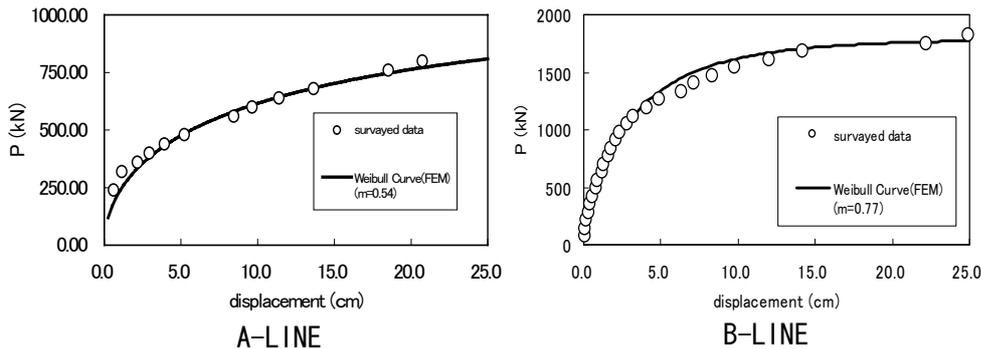


図6 試験施工の結果とFEMによる再現

4. まとめ

本報告は、次のようにまとめることができる。

- ① マイクロパイルを直接基礎橋台の滑動抵抗の補強に適用するに当たり、現地での水平抵抗特性を確認することができた。
- ② 試験施工の解析による再現において、マイクロパイル本体の抵抗特性もパラメータとして逆解析を行った結果、室内試験から設定した目標特性²⁾により再現が可能となり、マイクロパイルの現場品質を確認することができた。

5. おわりに

ここでは、現地での水平載荷試験とこの解析による再現より、マイクロパイルの水平抵抗特性について述べた。なお、載荷試験の結果は、一般の杭と同様に道路橋示方書に示されるバイリニアな抵抗特性を仮定した場合とも比較的良く一致し、一般の杭と同様な取り扱いをし得る可能性も確認した。

参考文献：

- 1) 大谷他：マイクロパイルの施工事例，基礎工，Vol. 26，No. 7，1998
- 2) 高耐力マイクロパイル研究会：高耐力マイクロパイル設計・施工マニュアル(案)，1999. 4
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書IV下部構造編，1996. 12
- 4) 地盤工学会：杭の水平載荷試験方法・同解説，1983.