

既設基礎の耐震補強に関する検討（その3）  
 - 異種群杭基礎の設計手法に関する検討 -

独立行政法人土木研究所 正会員 西谷 雅弘 正会員 梅原 剛  
 同 上 正会員 福井 次郎 正会員 渡辺 達哉

1. はじめに

既設の杭基礎をマイクロパイルによって補強する場合、マイクロパイルによる補強効果を適切に評価して設計する必要がある。しかし、マイクロパイルで補強する場合、既設杭とは諸元に大きな差があるため、異種の杭で構成される群杭基礎となるが、異種群杭の挙動についてはこれまで十分解明されておらず、設計法も確立していない。本文は、過去に実施された異種群杭模型の静的水平載荷実験の結果<sup>1)</sup>や解析による検討結果<sup>2)</sup>、およびその後の検討結果を踏まえた異種群杭基礎の設計手法について報告するものである。

2. 検討手順

過去に実施した実験・解析の結果、道路橋示方書<sup>3)</sup>に示される杭基礎の地震時保有水平耐力法（以下、「保耐法」と略す）を一部修正することにより異種群杭基礎の設計が行える見通しを得た。

現在の保耐法では、杭の軸直角方向の抵抗特性は、水平方向地盤反力係数  $k_{HE}$  を初期勾配とし、水平地盤反力度の上限値  $p_{HU}$  を有するバイリニア型にモデル化される。同種群杭基礎の場合、群杭の影響は、これら  $k_{HE}$  および  $p_{HU}$  を補正することにより考慮される。載荷実験の結果、異種群杭基礎の場合も同種群杭と同様の群杭の影響が生ずることが確認されたことから、異種群杭基礎の場合も、 $k_{HE}$  および  $p_{HU}$  を補正することによって、群杭の影響を考慮できると考えられる。そこで、下記に示す2ケースに対して数値解析により、検討を行うことにした。

ケースA：荷重載荷方向に対し、既設杭基礎の前方および後方に、載荷方向に直交するようにマイクロパイルを配置した場合の各杭の軸直角方向の抵抗特性の補正の考え方を検討する。

ケースB：荷重載荷方向に平行にマイクロパイルを配置した場合の各杭の軸直角方向の抵抗特性の考え方を検討する。

なお、 $k_{HE}$  および  $p_{HU}$  のうち、 $p_{HU}$  に関する補正の影響が、杭基礎の荷重～変位関係に与える影響が大きいため、本検討では、 $p_{HU}$  に関する補正について検討を行うことにした。

3. 検討結果

載荷実験の概要および結果、既設杭およびマイクロパイルの諸元、地盤条件等については、文献1)を参照されたい。なお、実験ではマイクロパイルと既設杭の間隔を変化させて実験を行ったが、群杭の影響にはあまり差は見られなかったため、本文では、既設杭との間隔が最も狭いケースとの比較を行った。

ケースAの検討において用いた補正係数を表-1に示す。また、その解析結果を図-1に示す。図-1に示す荷重～変位曲線から、表-1に示すケース2の補正係数の組合せが最も載荷実験結果の再現性がよいことがわかる。

次に、ケースBの検討にあたっては、表-2に示す補正係数を考慮することにした。解析結果を図-2に示す。なお、図-2に示す実験値は、文献1)の実験結果に対し、

表-1 ケースAの検討に用いた  $p_{HU}$  の補正係数

ケースNo.	マイクロパイルの上限値の比率		既設杭の上限値の比率	
	最前列杭	最前列杭以外	最前列杭	最前列杭以外
ケース1	1.00	0.50	0.50	0.50
ケース2	1.00	0.50	1.00	0.50
ケース3	1.00	1.00	0.50	0.50
ケース4	1.00	0.50	0.67	0.33

注)各杭の補正係数=荷重載荷直角方向の杭の中心間隔/杭径

キーワード：耐震補強、マイクロパイル、地震時保有水平耐力法、異種群杭

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6, tel 0298-79-6795, fax 0298-79-6739, e-mail: nisitani@pwri.go.jp

表 - 2 ケースBの検討に用いた  $p_{HU}$  の補正係数

ケース No.	マイクロパイルの $P_{HU}$ の補正係数
ケース1	荷重載荷直角方向の杭の中心間隔 / 既設杭径
ケース2	荷重載荷直角方向の杭の中心間隔 / マイクロパイル杭径

注1) マイクロパイルの上限値の比率は1。  
 注2) 既設杭は表-1のケース2と同じ補正を行う。

「既設基礎の耐震補強に関する検討（その2）」<sup>4)</sup> に示す実験結果を用いて換算したものである。図-2に示す荷重～変位曲線から、表-2に示すケース2の補正係数の考え方がより載荷実験結果に近いことがわかる。しかし、多少、実験値と差があることから、さらなる検討が必要である。

上記の検討の結果、既設の杭基礎を取り囲むようにマイクロパイルを設置し異種群杭となる場合は、群杭の影響は、図-3に示す考え方により各杭の軸直角方向の抵抗特性を補正することにより、より適切に考慮できることが確認できた。ただし、この検討は、既設杭の杭径に対するマイクロパイルの杭径の比が3程度であり、また、マイクロパイルが既設杭から既設杭径の1.5倍程度以上離れて配置されることを前提とするものである。

4. おわりに

道示の保耐法における群杭の影響の補正の考え方を修正することにより、マイクロパイルで補強する場合のような異種群杭の設計手法を提案した。現在のところ、その適用範囲については、検討の対象とした載荷実験上の条件により限界があると考えられる。今後適用範囲について十分に検討する必要があるが、異種群杭となる場合においても、保耐法を修正することによって、より合理的な設計を行えることが確認できた。

本報告は、独立行政法人土木研究所共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」、平成13年度活動報告に基づきとりまとめたものである。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所他：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2）、2001年12月
- 2) 西谷他：既設基礎の耐震補強に関する検討（その3）、土木学会第56回年次学術講演会、2001年10月
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編、2002年3月
- 4) 河村他：既設基礎の耐震補強に関する検討（その2）、土木学会第57回年次学術講演会、2002年9月（投稿中）

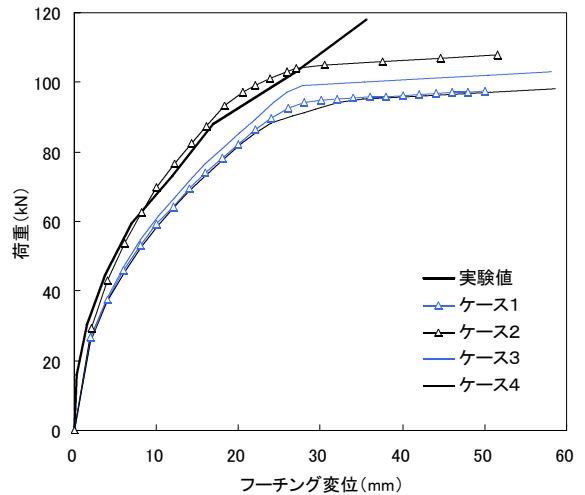


図 - 1 ケースAの解析結果

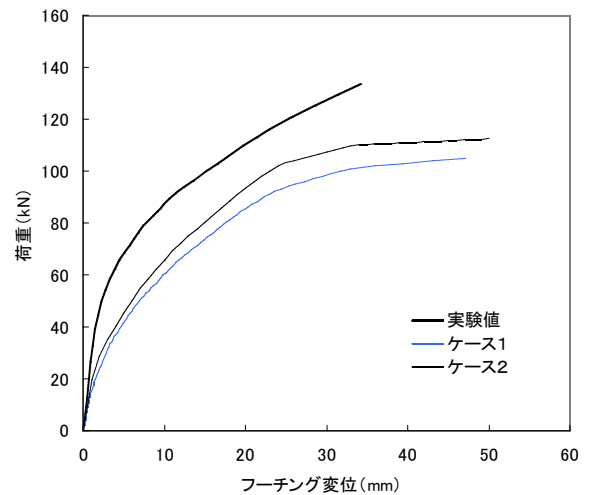
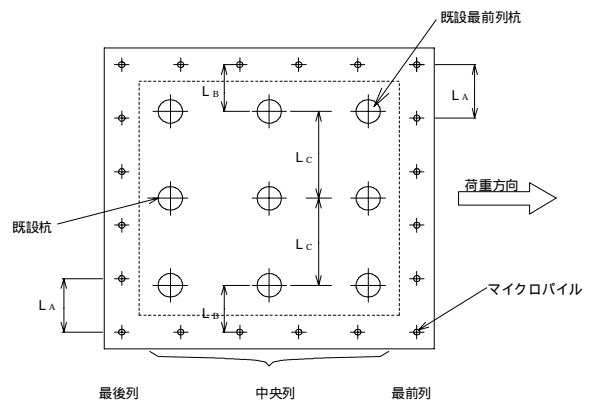


図 - 2 ケースBの解析結果



1. 各杭列における  $P_{HU}$  の補正
  - ・最前列及び最後列のマイクロパイル  
荷重載荷直角方向のマイクロパイルの中心間隔  $L_A$  / マイクロパイル杭径 ( $p$ )
  - ・上記以外のマイクロパイル  
荷重載荷直角方向の既設杭とマイクロパイルの中心間隔  $L_B$  / マイクロパイル杭径 ( $p$ )
  - ・既設杭  
荷重載荷直角方向の既設杭の中心間隔  $L_C$  / 既設杭径 ( $p$ )
2. 各杭列における比率
  - ・表-1のケース2を適用

図 - 3 各杭の  $p_{HU}$  の補正の考え方