

既設基礎の耐震補強に関する検討（その３）

- 異種群杭基礎の解析手法の検討 -

土木研究所 正会員 ○西谷 雅弘 正会員 梅原 剛
同 上 正会員 渡辺 達哉 正会員 福井 次郎

１．はじめに

既設基礎を小口径杭によって補強し、異種群杭となるときの群杭効果を把握するとともに、補強効果を適切に反映した設計手法を検討することを目的として、異種群杭模型の静的水平載荷試験を実施した。（その１）では水平載荷試験の概要を、（その２）では水平載荷試験のデータ整理結果を報告した。本文では、現行の設計基準^{１）}を基本として、水平載荷試験を数値シミュレーションすることによって、その適用性の確認等を行った結果を報告するものである。

２．解析方法の概要

小口径杭によって既設杭基礎を耐震補強する場合においても、その設計には道示^{１）}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）を採用することが考えられる。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} を有する弾塑性型にモデル化されるが、群杭の影響は、この k_{HE} および p_{HU} を補正することにより考慮される。これまでの検討によれば、このうち、 p_{HU} に関する補正が補強効果に対して大きな影響を及ぼすことが確認されている^{２）}。ここでは、現行設計法の適用性を試験結果との対比により検討するとともに、保耐法における地盤の非線形性の影響を適切に考慮することが補強設計を合理的に行う上で特に重要であることから、水平載荷試験の結果と現行の地盤のモデル化について比較を行った。

保耐法では、杭径が異なる異種混合杭基礎に考慮する群杭効果は不明であるため、試験結果のシミュレーションにあたっては、まず、CASE1の試験結果に整合（荷重～変位関係に着目）するように、単杭に対する k_{HE} および p_{HU} の補正係数（ α_k および α_p ）を検討した。次に、その結果を用いて、さらに、CASE3の試験結果に整合（荷重～変位関係に着目）するように、同種杭の群杭に対する k_{HE} および p_{HU} の補正係数（ η_k および η_p ）を検討した。その後、これらの補正係数をそのまま適用して、CASE4およびCASE5の解析を行うことにした。なお、解析において、フーチングは剛体として扱い、杭の非線形モデルは、保耐法の考え方を適用して設定した。また、実験地盤の特性は、試験時に行われた標準貫入試験の結果を基に設定した。

３．解析結果

図-1に、CASE3～CASE5の試験結果と解析結果の荷重～変位（フーチングの変位）曲線を示す。また、表-1に、本検討にあたり設定した補正係数の一覧を示す。表-1に示すとおり、現行の保耐法における杭軸直角方向の抵抗特性に関する補正係数を２倍程度補正することによって、試験結果とほぼ同等の荷重～変位関係が得られた。これは、現行の保耐法における解析上の安全度と考えることができる。

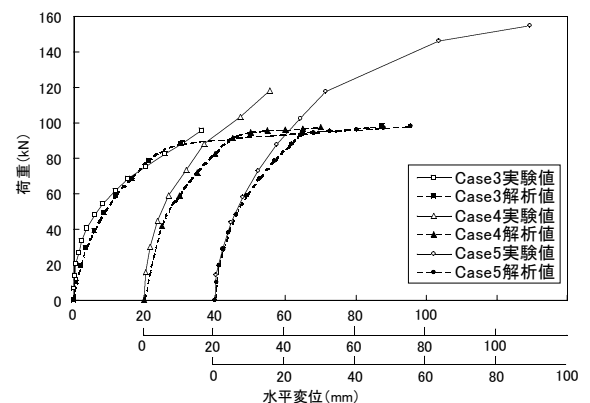


図-1 荷重～変位曲線

図-1に示すとおり、CASE3については、補正係数を設定することによって、比較的精度よく荷重～変位関係

キーワード：耐震補強、小口径杭、地震時保有水平耐力法、群杭、抵抗特性

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原１番地6 tel 0298-79-6795

係が再現されている。また、CASE4およびCASE5についても、十分な再現性が伺われるが、CASE3ほど近似できておらず、解析は若干安全側に試験結果を評価する結果となっている。すなわち、現行の保耐法を補強設計に適用する場合には、MPによる補強効果が十分に反映されないものと考えられる。また、実験結果と同様、解析においても、MPと既設杭との間隔を変えたCASE4とCASE5との間には大きな違いは生じていない。現段階では、MPと既設杭との間隔を大きくすることによる補強効果は小さいものと考えられる。

図-2および図-3に、CASE3の既設杭、CASE4の既設杭および補強杭の曲げモーメント分布とせん断力分布の試験結果と解析結果を示す。これらの図は、試験において、既設杭および補強杭がそれぞれ曲げ降伏に至る直前の荷重状態のものである。図-2に示すとおり、いずれのケースにおいても、曲げモーメントの分布傾向、最大値の発生位置などについて、解析結果は試験結果を比較的よく近似している。せん断力についても、図-3に示すとおり、解析結果は試験結果を比較的よく近似している。

図-4に、CASE4の既設杭の地盤反力度～変位関係を示す。図中には、解析にあたって設定した地盤の弾塑性モデルも示している。これらを比較すると、荷重～変位関係に整合するように補正係数を考慮して設定した地盤の弾塑性モデルは、既設後列杭については、ほぼ整合しているが、既設前列杭については、多少乖離が見られる。

4．おわりに

現行の保耐法を修正することによって試験結果のシミュレーションを行い、その精度および適用上の問題点等を確認した。適用性については、さらに十分な検討が必要と考えられるが、今後、保耐法を基本として、MPによって既設杭基礎を補強する場合の設計手法を検討していく予定である。

本研究は、国土交通省土木研究所共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」で実施しているものである。本試験の実施、とりまとめにあたっては、株式会社白石の岩本氏、東洋建設株式会社の三木氏、ヒロセ株式会社の大谷氏のご協力をいただいた。

【参考文献】

- 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編、1996年12月
- 2)西谷他：異種混合杭の荷重分担に関する検討、第55回土木学会年次学術講演会、2000年9月

表-1 補正係数

Case	現行基準				補正係数			
	αk	ηk	αp	$\eta p \cdot \alpha p$	αk	ηk	αp	$\eta p \cdot \alpha p$
1,2	1.5	-	3.0	-	3.0 ($\times 2$)	-	6.0 ($\times 2$)	-
3	1.5	2/3	-	*1	3.0 ($\times 2$)	4/3 ($\times 2$)	-	*2
4,5	1.5	2/3	-	*1	3.0 ($\times 2$)	4/3 ($\times 2$)	-	*2

*1；荷重荷直角方向の杭の中心間隔／杭径【ただし、 αp 】
*2；荷重荷直角方向の杭の中心間隔／杭径【上限値なし】

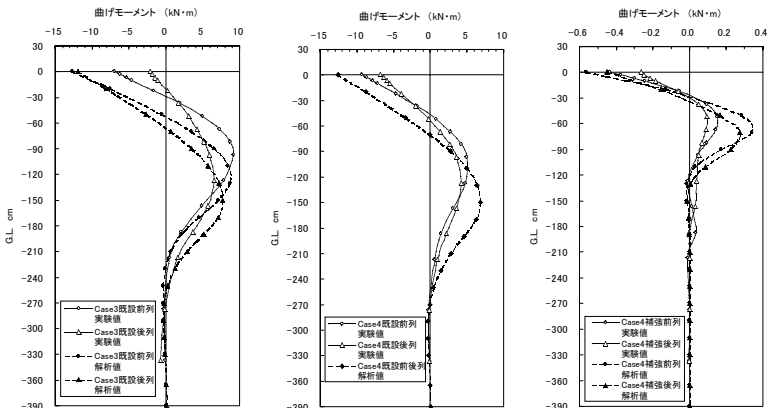


図-2 曲げモーメント図

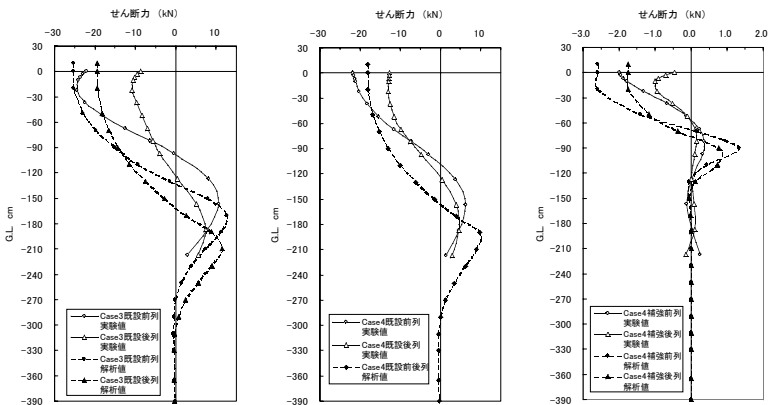


図-3 せん断力図

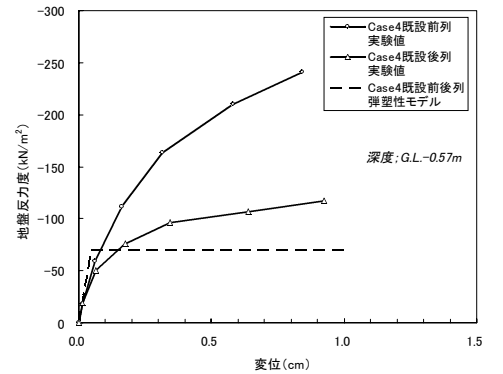


図-4 地盤反力度～変位関係