

剛性比の異なる杭間の群杭効果に関する模型水平載荷実験

中央大学 学生会員○大畑 空輝 正会員 西岡 英俊
 中央大学大学院 学生会員 佐川 貴要

1. 研究背景

既設杭基礎の耐震補強工法として、鋼管矢板あるいは鋼管杭を既設杭基礎の周囲に打設する増し杭工法の活用が期待されている。この補強設計を合理的・経済的に行うには、既設杭と増し杭等との相互作用を適切に評価する必要がある。既設杭と増し杭の間は、通常の杭の群杭効果に対して、杭の剛性および杭長に差異があることが影響すると考えられるが、この影響についてはこれまでほとんど研究されていないのが現状である。

本研究では、剛性の異なる2本杭の杭中心線上での地盤挙動を模擬した2次元模型実験として、中密な砂に似た挙動を示すことが知られているアルミ棒積層体を用いた模型地盤での静的水平載荷実験を行った。

2. 実験概要

図-1に実験装置の概要を示す。既設杭の前面にそれよりも剛性が小さい補強杭を打設した状況を想定し、背面杭と前面杭の2本群杭の杭頭部に同時に水平変位を与え、各杭頭荷重を計測した。なお、杭頭の回転は拘束していない。

模型地盤には、地盤材料として長さ150mmで、直径1.5mm、2.0mm、3.0mmの3種類のアルミ棒を重量比1:1:1で混合したものを用いた。模型地盤は約50mmを一層としてアルミ棒を撒き出した後に小型パイプレーターを用いて締め固めながら幅700mm、高さ280mmまで積み上げて作成した。これにより単位体積重量21.8kN/m³程度の模型地盤となった。

模型杭の諸元は、いずれも幅200mm、長さ300mmのアルミ板（ヤング率E=73GPa）によって模擬し、背面杭は板厚1.5mm、1.2mm、1.0mmの3種類、前面杭は板厚1.0mm、0.8mm、0.5mmの3種類とした。杭の特性値βは模型杭をそれぞれ単独で載荷した際の1mm変位時の荷重変位関係からChangの式¹⁾を用いて求めた。表-1に算出した各模型杭のβと値入れ長L=280mmを乗じたβLの

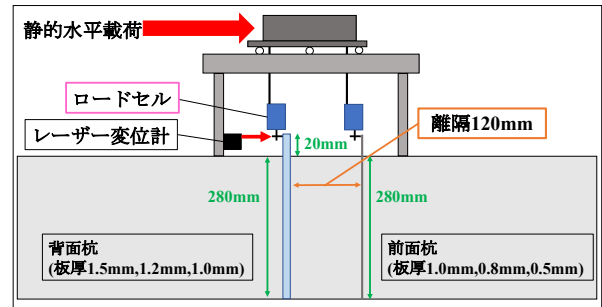


図-1 実験装置図の概要

表-1 模型杭の特性値βおよびβL

板厚	1.5mm	1.2mm	1.0mm	0.8mm	0.5mm
β	0.0153	0.0179	0.0201	0.0215	0.0352
βL	4.28	5.00	5.62	6.01	9.85

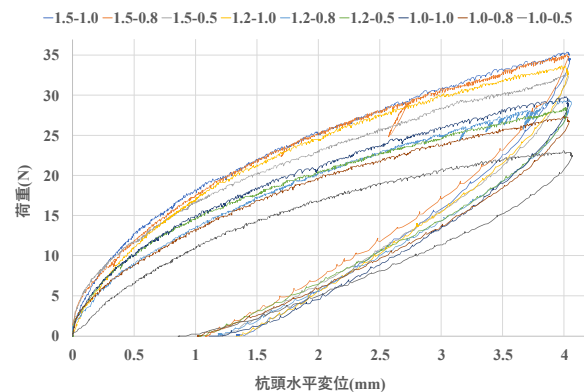


図-2 基礎全体の荷重変位関係

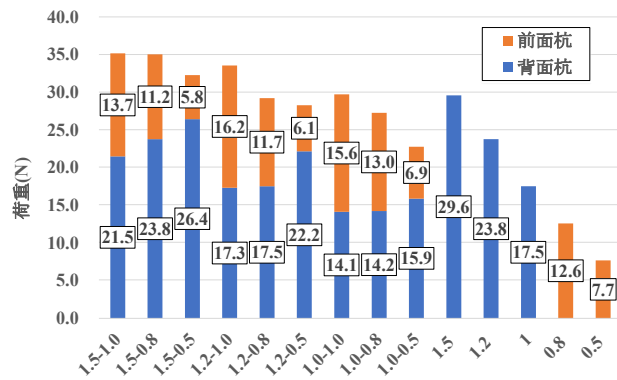


図-3 各杭の負担荷重内訳（変位4mm時）

キーワード 杭基礎, 増し杭工法, 群杭効果

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室
 TEL : 03-3817-1804

値を示す。表-1 より全てのアルミ板において一般に半無限長の杭として扱える条件である $\beta L > 3$ を満たしている。

実験ケースは背面杭，前面杭の離隔を120mm で一定とした条件で，両杭の板厚3種類を掛け合わせた9ケースに，5種類の杭の単独載荷実験を加えた計14ケースとした

3. 荷重変位関係と負担内訳

図-2 に各ケースにおける基礎全体の荷重変位関係を示す。荷重変位関係より，前面杭が異なることによる補強効果の違いは変位の小さな領域から発生していることがわかる。

図-3 に杭頭水平変位4mm 時の背面杭，前面杭それぞれの杭頭荷重の負担内訳と単独載荷時の荷重を示す。まず背面杭の負担荷重に注目すると，同じ板厚の背面杭同士では，より板厚の大きい前面杭があるケースの方が大きな低減効果が発生する傾向が見られた。次に前面杭負担荷重に注目すると，背面杭と同様にもう一方の杭の板厚が大きいほど低減効果が大きくなる結果が得られたが，その低減効果は背面杭の低減効果と比べ小さい結果となった。

4. 画像解析

これらの既設杭・増し杭等の補強効果の違いについて考察を行うために，実験ケースごとに Ditect 社製 DippStrain を用いた DIC 法による画像解析を行った。画像解析結果として水平変位0mm から4mm までに生じた水平方向の垂直ひずみ ϵ_x の分布を図-4 に示す。このひずみ分布の膨張部分は主働すべり土塊，圧縮部分は受働すべり土塊に概ね近いと考えられ，板厚が大きいほど発生しているひずみの範囲が広いことがわかる。また，背面杭の圧縮部分と前面杭の膨張部分が打ち消し合うことで両杭の中間部分でひずみが少なくなっていると考えられる。

低減効果とひずみ分布を比較するために，図-4 に各ケースの背面杭負担荷重の単独載荷時に対する低減率を併記する。ひずみ分布と低減率を比較すると，低減率の大きなケースほど背面杭の受働すべり土塊が，前面杭の主働すべり土塊によって打ち消されている量が大きい傾向にあり，このことから背面杭の増し杭補強による断面力低減効果の大きさは背面杭の受働すべり土塊と前面杭の主働すべり土塊の重複部の大きさに依存していることが示唆される。すなわち，前面杭の板厚の違いによる低減効果の違いは板厚が異なることで前面杭の主働すべり土塊の大きさが変化するために発生したと考えられる。

5. まとめ

本実験における同一変位時の各杭の荷重の大きさは，地盤抵抗の大きさを意味し，各杭単独での抵抗力からこれがどの程度変化（一般には減少）するかが既設杭・増し杭間での群杭効果に相当する。本実験結果より，同じ杭長と離隔距離でも増し杭等の板厚が異なる場合，群杭効果による低減効果は異なり，また低減効果の大きさは各既設杭単独載荷時の受働すべり土塊の大きさに対する両杭のすべり土塊の重複部の割合に依存しているという結果が示唆された。このことから，従来の同一剛性杭間での群杭効果は主に杭径と離隔の比を用いて評価されていたが，既設杭・増し杭等間群杭効果についてはすべり土塊の大きさに影響する杭の剛性も考慮して評価する必要があると考えられる。なお，本研究は，日本鉄鋼連盟鋼構造研究・教育助成事業として助成を受けて実施したものである。

参考文献

1) 西岡英俊，茂木優希子：既設杭基礎のシートパイル補強工法に関する模型実験 ～杭とシートパイルの離隔が補強効果に及ぼす影響の検討～，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会概要集，III-273，2021年9月

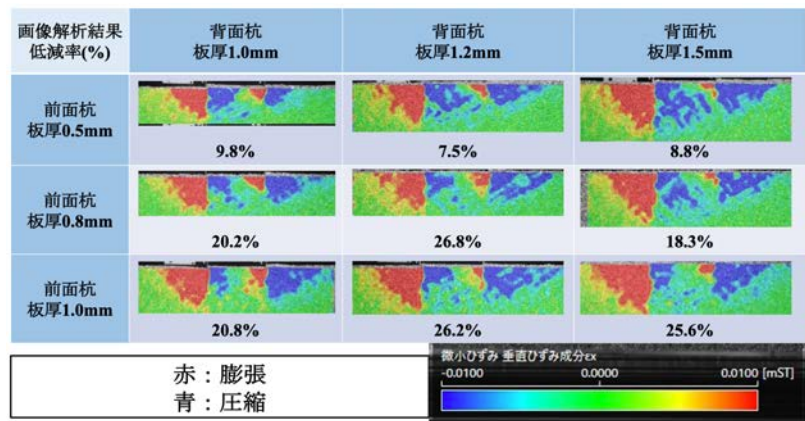


図-4 画像解析結果による地盤のひずみ分布と背面杭の荷重低減率