既設杭基礎のシートパイル補強工法に関する模型実験
~地盤のひずみ分布に基づく補強メカニズムの考察~

中央大学　学生会員　○佐川　貴要　正会員　西岡　英俊

１．はじめに

既設杭基礎の周囲に打設した鋼矢板をフーチングと一体化させるシートパイル補強工法は，従来の既設杭基礎補強工法と比べ，経済性に優れ，既設構造への影響が少なく，狭隘地での施工も可能であるなどの特徴を持つことから今後の活用を期待されている．しかし，杭と鋼矢板の離隔の違いの影響（すなわち，群杭としての相互作用の影響）による補強効果の違いを地盤の挙動に着目して評価したデータは十分でないと考える．そこで本研究では，既往の研究[1)]を参考に 2 次元的な挙動に関する実験として，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杭・鋼矢板の離隔を変化させて実施した．また，画像解析で求めた地盤変位状況から両者の群杭としての相互作用について考察を行った．

２．実験装置および実験概要

模型地盤（図-1）に用いたアルミ棒積層体は長さ 150mm，直径 1.5mm，2mm，3mm の 3 種類のアルミ棒を重量比 1:1:1 で混合したものを，単位体積重量 21.8kN/m³となるように締固めながら，幅 700mm で高さ 430mm まで積み上げたものである．

使用した模型杭は板厚 1mm、幅 190mm，長さ 440mm のアルミ板とし，模型鋼矢板（以下，SP と表記）は板厚 0.5mm，幅 200mm，長さ 225mm のアルミ板を用いた．模型杭は，アルミ棒を 200mm まで積んだ後に底面まで貫入し，残りのアルミ棒を積み上げ，所定の根入れ長 L（430mm）を確保した．模型 SP はアルミ棒を全て積み上げた後，実験ごとに杭模型との離隔（30mm，60mm，90mm，120mm，150mm および 180mm の 6 ケース）を変化させて所定の根入れ長 L（215mm）まで貫入した．

載荷方法は，模型杭と模型 SP を剛結せず，各模型の上端の位置（地表面から高さ 10mm の位置）に模型杭には 2 つ，模型 SP には 1 つロードセルを配置し，直接ロードセルの受圧部で点載荷した（図-1 拡大部）．ロードセルの設置は，先に 2 つの模型杭載荷用ロードセルを模型杭と接触させた後，模型 SP 載荷用ロードセルを模型 SP に接触する位置まで動かした．その後，両者に同一の変位を与えながら 4mm まで一方向の静的水平載荷を行った．基礎全体の抵抗力は，模型杭と模型 SP の計測荷重を合計して求めた．変位はレーザー変位計を用いて模型杭，模型 SP の載荷点の水平変位を計測した．

なお，予備実験として模型杭と模型 SP それぞれ単独での載荷実験を行った．その水平変位 1mm 時の荷重と変位から杭の特性値 β を求めた結果，模型杭では βL=3.52，模型 SP では βL=3.67 が得られ，Chang の式より，いずれも半無限長として扱うことが出来ることを確認できている．

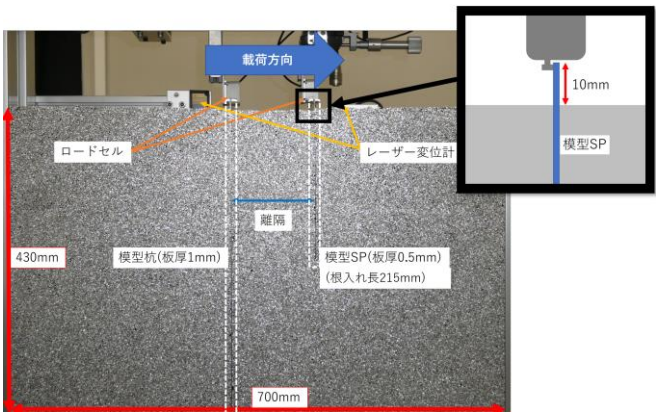

図-1　実験装置

３．実験結果および考察

各ケースの基礎全体の荷重~変位関係の結果を図-2 に示す．また，図中には比較対象として杭単独載荷の結果も併記した．この図より，離隔を大きくするほど SP 補強後の基礎全体としての抵抗力が大きくなるという結果が得られた．

図-3 は変位 4mm 時の杭，SP それぞれの負担荷重の内訳を表したグラフである．離隔を十分に大きくした離隔 180mm のケースでは，杭・SP 間の相互作用がほぼ無くなり，杭，SP ともに単独載荷時と同等の荷重を負担していることが確認できた．離隔が 180mm よりも小さくなると，模型杭の負担荷重が低下した．これは模

キーワード　杭基礎，シートパイル補強工法，静的水平載荷実験，画像解析
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

型杭の発生断面力を低減するという観点での補強効果を発揮していることを意味する．この模型杭の負担荷重低減効果と離隔との関係に着目すると，離隔が最も小さい 30mm で最も効果が大きいことがわかる．しかし，必ずしも離隔が小さいほど負担荷重低減効果が大きくなる訳でなく，離隔 90mm よりも 150mm の方が大きな負担荷重低減効果が期待できるとの結果となった．ただし，これらの差異は比較的小さく，実験誤差の可能性もあり，今後更なる検証が必要と考えている．

一方， SP 負担分は離隔 90mm 程度までは SP 単独載荷と同程度を発揮し，それを下回ると離隔が小さいほど SP 負担分が低下する結果となった．

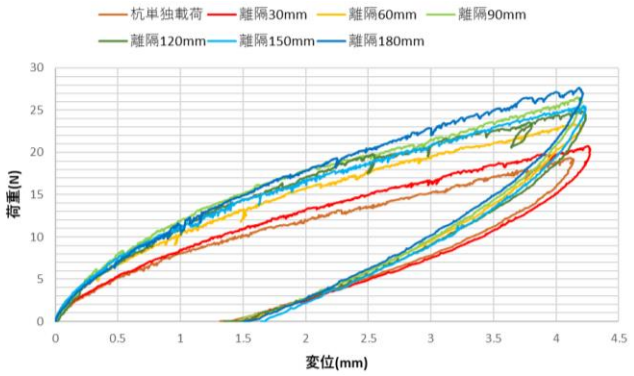

図-2　SP 補強後 変位 4mm 時の荷重変位関係

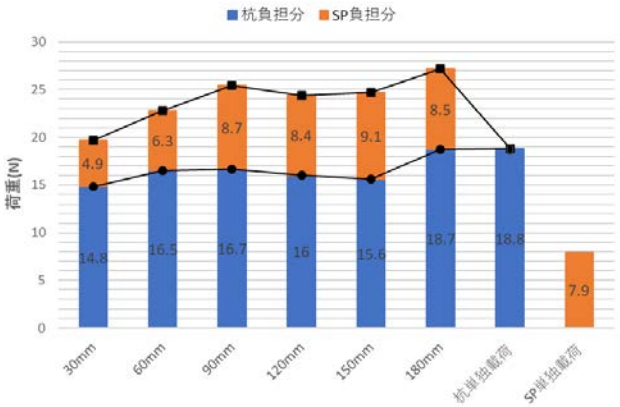

図-3　変位 4mm 時の負担荷重の内訳

これらの補強効果に対する離隔の影響について考察するため，模型地盤に対して画像解析を実施した．解析結果として水平変位 4mm までに生じた水平方向の垂直ひずみ分布およびそれから推定したすべり面位置を図-4 に示す．図-4 と図-3 より，基礎全体の抵抗力の大きさが，すべり面で囲まれた地盤の影響範囲の面積に依存する傾向が確認できる．離隔 30mm のケースでは SP の影響範囲が杭の影響範囲にすべて重複しており，SP 負担分が小さくなった原因と考えられる．また，離隔 150mm のケースでは SP 背面側地盤の一部（図-4 中矢印で示した重複部）で杭の受働すべり面と SP の主働すべり面が重複して杭の受働土塊自体を小さくするような位置関係となっている．これらの違いが離隔 60mm から 150mm までの範囲で杭断面力低減効果に離隔との明確な関係が見られなかったことの要因となっている可能性があり，今後精査していきたいと考えている．

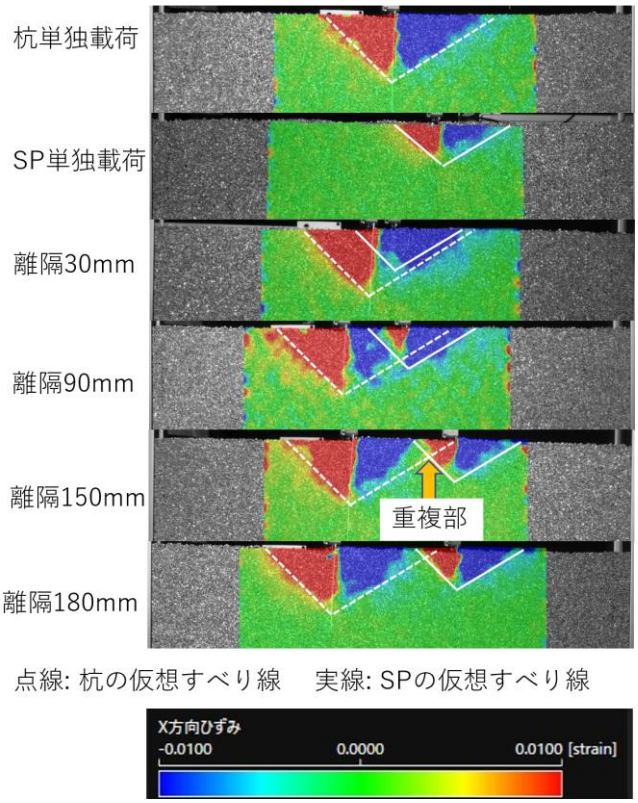

図-4　画像解析による水平方向垂直ひずみ分布
（水平変位 4mm 時）

4．おわりに

今回の実験により，シートパイル補強工法において鋼矢板と既存の杭の離隔の大きさは補強効果に大きく影響を及ぼすことが確認できた．また画像解析により，離隔の大きさの違いがもたらす地盤への影響の違いが補強効果に関係していることがわかった．今後，補強方法による効果の違いを，杭に作用する地盤反力に着目して研究を行っていく予定である．

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, 2021 年 9 月