

小口径鋼管杭の最も効果的な配置とそのメカニズムに関する研究

九州大学 学 〇 菅原大暉

九州大学大学院 正 ハザリカ・ヘマンタ (株)ケー・エフ・シー 正 渡邊直人

九州大学大学院 正 安福規之 正 石藏良平

1. はじめに

環太平洋造山帯に属し地震大国である日本では、地震による斜面崩壊や地すべりなどの自然災害が問題となっている。これらの災害に対し、様々な対策工が使用されてきた。例えば、杭の曲げ剛性を利用した線的対策工としての地すべり抑止杭や、鉄筋の引張力を利用した面的対策工としての鉄筋挿入工などである。近年、耐震補強杭として開発された小口径鋼管杭¹⁾は、これら対策工の両方の性質を合わせ持つ働きを発揮するのではないかと期待されているが、その抑止機構には未解明な部分が多く残されている。このような杭材の多段配置による補強効果を考慮に入れた設計法も未解明な部分が多く、実現には至っていない。そこで本研究では、小口径鋼管杭を多段配置した場合の抑止機構を解明し、設計法を確立することを目的とした。既に過去に行われたせん断箱内に小口径鋼管杭を模したアルミ棒を配置した一面せん断試験^{2),3)}に加え、今回は、小口径鋼管杭の新たな配置や杭の斜め打設、杭頭部拘束による補強効果の変化に関して、静的一面せん断試験を行い、せん断変形に伴う抑止効果の変化や地盤に与える影響について検討した。

2. 研究内容

2.1 実験器具

本実験では、図1の下部可動式の大型一面せん断試験のせん断箱内に模型杭を配置し、その際の壁面にかかる土圧や杭にかかる圧力とひずみを測定することで、補強材の配置の変化や杭の打設角度による補強効果の変化を検証できると考えた。模型杭は10mm×10mm×260mm、厚さ1mm中空アルミ角棒を使用し、杭の頭部拘束には厚さ3mmのアルミ丸棒を使用した。直接一面せん断試験装置のせん断箱(図2)の大きさは、幅200mm×長さ400mm×厚さ300mmのものとした。

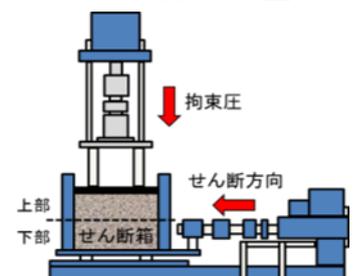


図1 一面せん断試験装置

2.2 実験方法と実験条件

せん断箱には珪砂7号を用い、相対密度80%の模擬地盤を作成した。使用した模型杭は1列に3本とし杭間は75mmに設定した。また、杭を斜め打設する場合は鉛直から20度の角度を付けた(図3)。

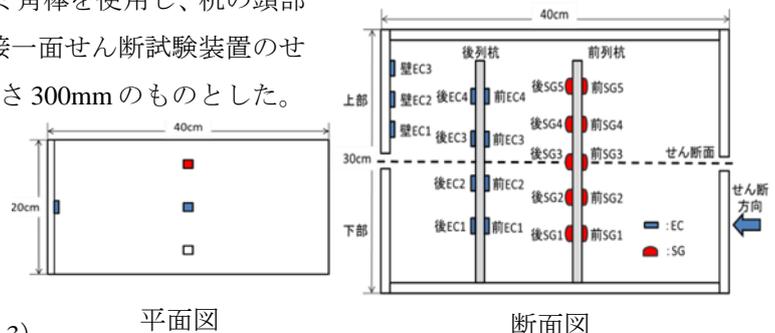


図2 模型杭配置方法

杭頭拘束の影響による補強効果の変化を確認するた

め、3mmのアルミ丸棒を杭頭に連結し骨組構造とした。また、土圧計(図2:青)とひずみゲージ(図2:赤)を模型杭に取り付けことにより、模型杭周辺の土圧とひずみの変化を調べた。土圧計は杭の前後4か所の計8個、ひずみゲージは前後5か所の計10個を設置した。さらに、壁面にかかる土圧分布も調べるため、上部から20mm、60mm、100mmの3か所の測定もおこなった。本実験では上部の拘束圧を 25kN/m^2 、せん断速度を 1mm/min に設定し、それに対するせん断抵抗力も併せて計測し、せん断抵抗力の高低により補強効果の検討を行った。実験条件をCase別に表-1にまとめた。

表-1 実験条件

Case名	列数	角度(°)	列間距離(mm)	頭部拘束	Case名	列数	角度(°)	列間距離(mm)	頭部拘束
Case1	0	—	—	なし	Case5	2	0	150	なし
Case2	1	0	—	なし	Case6	1	20	—	なし
Case3	2	0	75	なし	Case7	2	0	75	あり
Case4	3	0	75	なし	Case8	2	20	75	あり

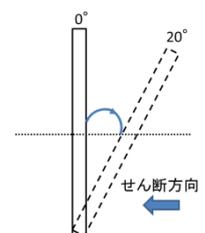


図3 斜め打設角度

3. 実験結果

垂直補強時と斜め補強時のせん断変位に対する土圧とせん断応力を図 4 に示す。Case2 と Case6 では、Case6 はせん断変位早期からせん断応力が発現していることがわかる。せん断面直上部の土圧計 3 を比較すると、Case6 は前面土圧が背面土圧を上回っており、せん断方向に杭が傾いた状態にあると、補強材の変形に地盤が追従しやすくなり、杭の変形による地盤の乱れが防止され結果的に大きな地盤反力が得られ、せん断抵抗力が早期に上昇する傾向にあるものと思われる。この効果は 2 列補強である Case7 と Case8

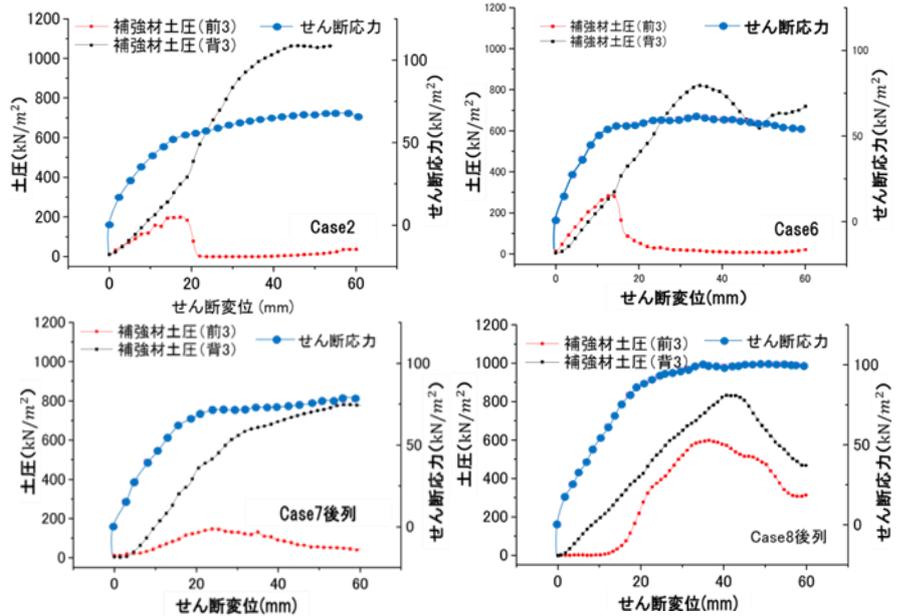


図 4 せん断変位に対する土圧とせん断応力 (土圧計: 3)

である Case7 と Case8 で顕著となり、斜補強の Case8 では後列の前面側で土圧が長期的に維持され、前杭間の土塊の拘束を一層強力とし、せん断応力を著しく増大させているものと考えられる。

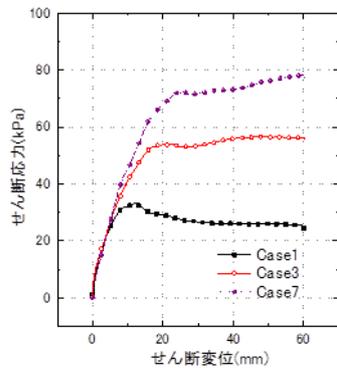


図 5 杭頭拘束によるせん断応力の変化

頭部拘束をすることにより、補強効果が向上することがわかっている (図 5)。図 6、図 7 は Case3 と Case7 のせん断変位 20mm における土圧分布と軸ひずみを示している。補強前面の土圧を比較すると、頭部拘束がある場合はかかる土圧が平均化されていることがわかる。また、軸ひずみは頭部拘束ありの場合は均一な値を示している。このことから、頭部拘束をすることにより、全ての杭が一樣に変形し、せん断抵抗力が上昇したと考えられる。

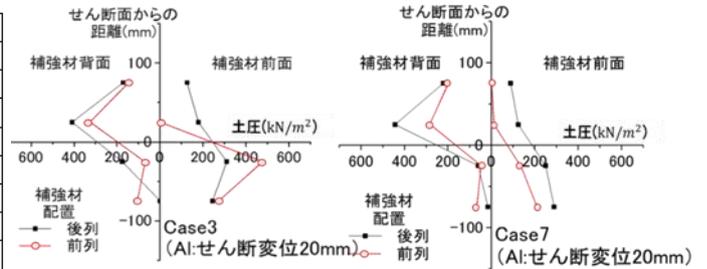


図 6 せん断変位 20mm における土圧分布

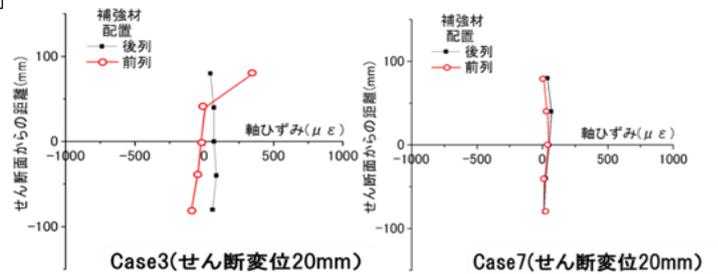


図 7 せん断変位 20mm における軸ひずみ

4. 結論

本研究から、杭をせん断面に対し抵抗する形で斜めに打設することにより、垂直時に比べ、早期からせん断応力が発揮されていることがわかった。また、斜めに打設した杭を多段配置することにより、列間の土塊の拘束を強くし、補強効果を著しく向上させることがわかった。頭部拘束をすることにより、全ての杭が一樣に変形し、杭にかかる土圧が平均化されることで、補強効果が向上するものと考えられる。このことから、せん断面に対し抵抗する形で斜めに杭を多段配置し、頭部拘束をすることにより、効果的な補強効果が得られると考えられる。

【参考文献】1) 渡邊直人, 井上武, ハザリカヘマンタ, 藤澤秀樹: 杭先端改良型回転貫入杭の載荷試験, 土木学会第 64 回年次学術講演, pp. 135-136, 2009, 2) 梶井寛子, ハザリカヘマンタ, 渡邊直人: 模型試験による小口径鋼管杭の補強効果に関する研究, 平成 22 年度 土木学会西部支部研究発表会, pp. 419-420, 2011, 3) 青谷恵介, ハザリカヘマンタ, 安福規之, 石蔵良平, 渡邊直人: 小口径鋼管杭の曲げ剛性および配置の影響に関する研究, 平成 24 年度 土木学会西部支部研究発表会, pp. 423-424, 2013.