

斜面補強の抑止効果に小口径鋼管杭の配置が与える影響

九州大学大学院 学 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

地すべりや斜面崩壊といった自然災害が問題となっており，それらの対策工法として抑止工が開発されてきた．抑止工とは，杭やアンカー等の補強材により滑動を停止させる工法である．その中でも，鋼管杭工は径 300mm 以上の鋼管杭の持つ曲げ剛性により滑動を停止させ，鉄筋挿入工は小規模崩壊に対し径 29mm 以下の鉄筋の持つ引張抵抗により滑動を停止させる．これらの工法には問題点があり，鋼管杭工の場合は施工機械が大規模であるため急斜面への施工が困難であり，鉄筋挿入工の場合は十分な防錆が必要という点がある．これらの問題点を補うことが可能な小口径鋼管杭($\phi 100\text{mm} \sim 300\text{mm}$)を用いた工法が求められている．

小口径鋼管杭は鉄筋と鋼管杭の中間の杭径であるため，曲げ抵抗と引張抵抗力の両方を発揮される材料として期待されている．しかし，多列配置に関する補強効果や抑止メカニズムの解明がされておらず，設計手法が確立されていない．本研究では，小口径鋼管杭の効率的な杭配置を選定し，その補強効果や抑止メカニズムの解明のための基礎的データをを得ることを目的とした^{1),2)}．そのデータをを得るために，一面せん断試験装置を用いた模型実験によりせん断強度を測定し検討を行った．

2. 模型実験の概要及び試験方法

下部可動式のせん断箱の大きさ $W 200\text{ mm} \times L 400\text{ mm} \times H 300\text{ mm}$ の一面せん断試験装置を使用した．それにより補強効果や抑止メカニズムを検証できると考えた．各実験条件や配置条件は表-1 に示す．模型実験のスケールは，杭径の 1/10 を基準とし全体を調整した．小口径鋼管杭を模した模型杭は $W 10\text{ mm} \times L 10\text{ mm} \times H 260\text{ mm}$ ，肉厚 1 mm の中空アルミ角棒であり，杭の頭部拘束には肉厚 3mm のアルミ丸棒を使用した．千鳥型の場合は 3 mm のアルミ棒を使用した．また，そのせん断箱底に固定金具を用い模型杭を 1 列毎に 3 本，杭間を 75 mm に設定し，図 2 のように杭配置を変化させ実験を行った．本実験の地盤は，珪砂 7 号の相対密度を 80 %に調整した模擬地盤を用いた．一面せん断試験装置の拘束圧は 25 kN/m^2 ，せん断速度は 1 mm/min に設定し，それに伴うせん断強度を計測することで，せん断強度の比較により補強効果の検討を行った．

表-1 実験条件

ケース	列数	条件	模型杭		備考
			頭部拘束	打設角度($^{\circ}$)	
Case1	—	無補強	—	—	
Case2	1	Al	なし	0	Al: アルミニウム材 fix: 頭部拘束 inc: 斜め20度打設 inc(-): 斜め-20°打設 arch: 3mmアルミ棒の 千鳥配置
		Al_inc		20	
		Al_inc(+)_fix	あり	20	
		Al_inc(-)_fix		-20	
		Al_arch		0	
Case3	2	Al_fix	あり	0	
		Al_inc(+)_fix		20	
		Al_inc(-)_fix		-20	

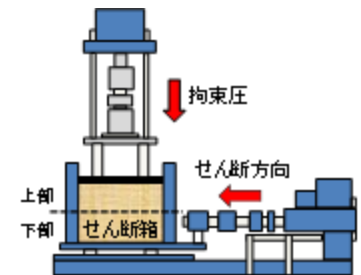
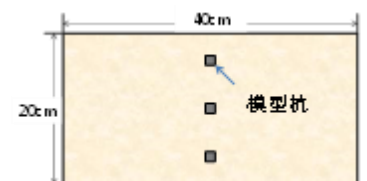
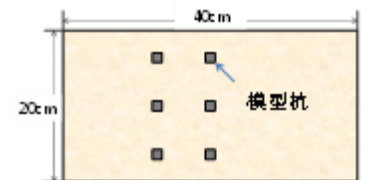


図 1 下部可動式一面せん断試験装置



(a) 一列配置



(b) 二列配置



(c) 千鳥型配置

図 2 条件別杭配置

3. 杭配置による補強効果に与える影響

補強効果の高低を比較するために、各 Case におけるせん断強度の比較を行った。図 3 は各 Case のせん断変位に対するせん断応力の関係を示している。図 3 より補強列数の変化によるせん断強度の比較から、列数が増えるにつれ補強効果の向上が確認できる。しかし、その向上率に線形的関係はなかった。

3.1 頭部拘束による補強効果に与える影響

図 3 から頭部拘束を行うことによりどの条件の場合もせん断強度が向上していることが確認できた。この向上率は一列より二列が向上率を高くする。このことから、頭部拘束により、杭の変形が安定し、力が杭全体に様に分散したためだと考察した。列数が増えることで補強効果が向上したことは、杭変形の安定度がより向上したためだと考察した。

3.2 打設角度の変化による補強効果に与える影響

図 3 (a) からせん断に対し断面的に鈍角をなす +20 度の傾きを与えることにより、初期剛性が向上すると共にせん断強度が向上していることがわかる。また、その逆向きである -20 度の傾きを与えることにより、初期剛性が低下しせん断強度が低下していることが確認できた。このことから、杭の打設角度は補強効果に与える影響は大きく、せん断方向に対し抵抗する形がより適切な打設角度となると考察した。また、図 3 (b) により垂直打設と斜め打設のせん断強度を比較すると、多列に斜め打設することにより著しいせん断強度の向上と補強効果の向上が確認できた。

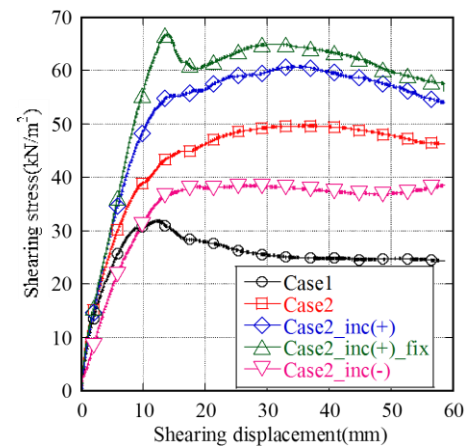
3.3 千鳥型の配置による補強効果に与える影響

効率的な杭配置の選定のために、千鳥型によるせん断強度の測定を行った。杭を並べて配置する場合、アーチ効果が期待できるため、そのアーチ効果を補助するための 3 mm アルミ棒を図 2 (c) の千鳥型で配置した。図 3 (c) からせん断強度の比較を行うとアーチ型によりせん断強度が上昇するが、初期剛性が低下することが確認できた。鉄筋のみによるせん断強度を考慮すると、鉄筋でのせん断強度の向上はほとんど確認できなかった。そのため、アーチ形成を補助するための鉄筋を打設することで、アーチ効果を効率的に発揮させたため補強効果を向上させたと考えられた。また、頭部拘束により初期剛性の低下を改善できることがわかった。

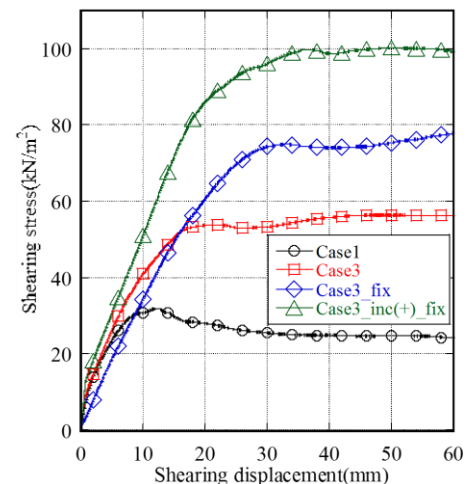
4. 結論

本研究から検討した結果を踏まえ考察する。小口径鋼管杭の頭部を連結することにより、杭変形を抑え、力が一様に分散するため補強効果の向上が期待できる。また、せん断に対し断面的に鈍角をなす角度で杭を打設することにより、せん断初期から杭の働きを発揮するため、せん断応力の初期剛性を向上させ、せん断強度を向上させる。千鳥アーチ型にすることにより、杭のアーチ効果を効率的に発揮したため、二列配置以上のせん断強度が得られるため効率的な杭配置である。

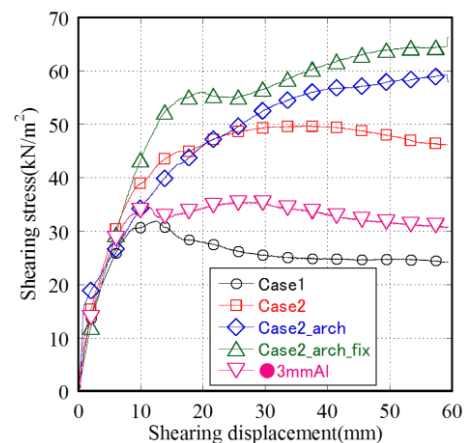
【参考文献】1) 梶井寛子, ハザリカヘマンタ, 渡邊直人: 模型試験による小口径鋼管杭の補強効果に関する研究, 平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会, pp. 419-420, 2011, 2) 青谷恵介, ハザリカヘマンタ, 安福規之, 石蔵良平, 渡邊直人: 小口径鋼管杭の曲げ剛性および配置の影響に関する研究, 平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会, pp. 423-424, 2013.



(a) 一列補強



(b) 二列補強



(c) アーチ型補強

図 3 条件別のせん断強度