模型試験による小口径鋼管杭の補強効果に関する研究

九州大学　学生会員　○　椿井寛子
九州大学大学院　正　ハザリカ・ヘマンタ
九州大学大学院　正　安福規之　大嶺聖　小林泰三
（株）ケー・エフ・シー　正　渡邊直人　奥野　稔

1. はじめに

鋼管杭を使用した抑止杭は、古くから地すべり対策工として用いられてきた工法の一つであり、その抑止機構に関する研究[1)]も数多くなされてきており、実際の設計に供される設計要領[2)]としてまとめられている。また、主に鉄筋を用いた斜面対策工（鉄筋補強土）においても、同じ待ち受け型の対策工として使用されることが多くなり、抑止杭と同様、研究成果[3)]も多く、設計要領[4)]としてまとめられている。このような中で、抑止杭（多くはφ300 以上）と鉄筋（多くはφ25 以下）の特徴を合わせ持つと期待される小口径鋼管（概ね、φ90～300、マイクロパイルとも定義される）は、近年、その施工方法の開発により、鉄筋補強土のように、簡便に斜面対策工としての利用が可能になってきている。

抑止杭の特徴は、概ね、外力方向に対し、鉛直・単列配置に打設し、そのせん断・曲げ抵抗によって抑止する、いわゆる線的対策工である。鉄筋補強土は、斜面に対し、斜方向すなわち、概ね、直交方向に打設し、地盤との一体化を保持し、その引き抜き抵抗によって抑止する、いわゆる面的対策工である。抑止杭においても、多段施工が試みられているが、その設計手法に確立されたものは無く、抑止機構も未解明な点が多く残されている。

本研究の目的は、抑止杭と鉄筋補強土の中間に位置する小口径鋼管を多段配置した場合、すなわち面的対策工としての抑止機構を解明し、設計法を確立することにあり、今回は、その基礎資料を得るため、直接せん断試験機のせん断箱内にアルミ棒を配置し、せん断試験を行い、せん断変形に伴うアルミ棒の抑止効果の変化や地盤状態に与える影響について検討したものである。

2. 実験方法

図 1 は、直接せん断試験装置（下部可動型）を示しており、せん断箱の寸法は、400mm(長さ)×200mm（幅）×300mm（高さ）である。実験では珪砂 7 号を試料として使用した。供試体は、相対密度は、Dr=30%と 80%となるように、調製し作成をした。実験は、アルミ棒を設置しない場合（無補強:Case 1）と、図 2 に示すように中空で、□10mm、厚さ 1mm のアルミ棒を杭間及び列間 75mm ピッチで、1 列に 3 本(Case 2)・2 列 6 本(Case 3)・3 列 9 本(Case 4)と並べた計 4 ケースを実施した。上載圧は 25 kPa とし、せん断変位は、1mm /分の一定の変位制御によって行った。なお、せん断箱内壁には、摩擦を防止するためにシリコングリスを塗布しメンブレンを貼付した。

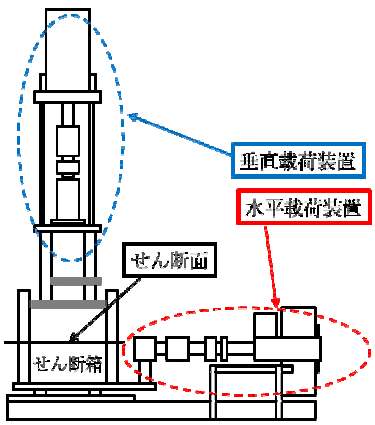

図 1　直接せん断試験機

(a)断面図　(b)Case 2（1 列補強）　(c)Case 3（2 列補強）　(d)Case 4（3 列補強）

図 2　実験概要図

3. 実験結果

図 3 に、せん断応力とせん断変位の関係を示す。相対密度 30%の場合、相対密度 80%の場合と比較して、補強効果は明瞭ではない。相対密度 80%の場合、せん断変位が 20mm 以下の場合、1 列補強の方が、2 列、3 列補強よりも補強効果は上回っている傾向にある。せん断変位が 20mm を超えた段階から、1 列補強は、補強効果が増大しないが、2・3 列補強は、補強効果が増大し続ける傾向にある。

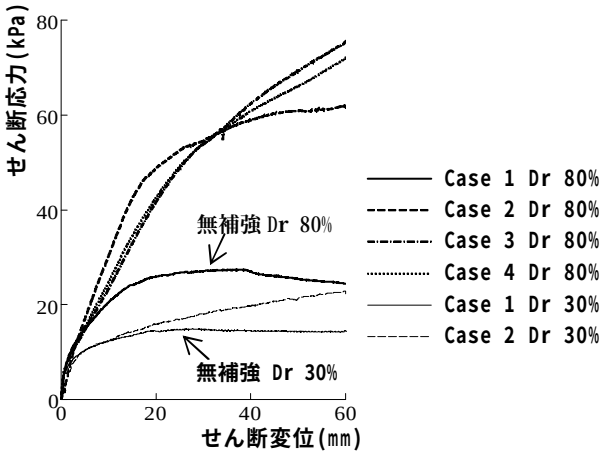

図 3　せん断応力とせん断変位の関係

図 4 に相対密度 80%、1 列補強時のせん断変位 10～50mm に対応するせん断箱、補強材背面土圧及び補強材前面土圧の深度別分布を示す。補強材背面土圧は、上方に向かって土圧が大きくなっていくが、前面土圧は、せん断面より上、50mm 付近ではほとんど土圧が作用しない。せん断面より上 10mm の位置で、10～20mm のせん断変位で上昇するが、40mm 以上では、ほぼ土圧がゼロとなる。代わりに、せん断面下 30mm の位置の土圧がせん断変位 20mm を超えた時点から上昇している。これは、せん断面上方 10mm 付近の土圧によって、支えられていた外力が、せん断変位 20～30mm にかけての土圧の消失によって、外力の負担は、せん断面下 30mm 付近にシフトしたことを示している。

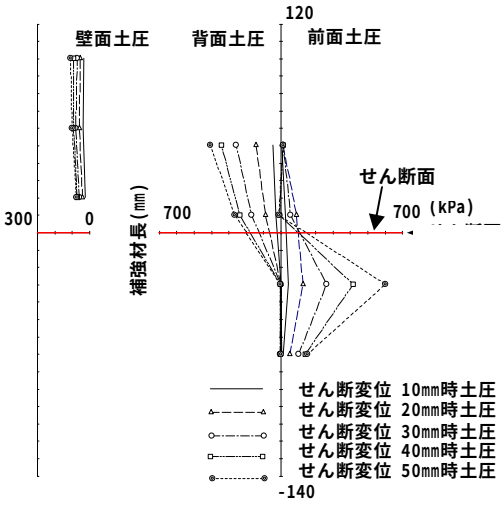

図 4　壁面土圧とせん断変位の関係

[Case 2 Dr 80%]

図 5 に曲げモーメント・軸力の関係を示す。相対密度 80%、1 列補強(case 2)の場合、頭部に、軸力、曲げモーメントの著しい増加が認められる。せん断面付近においては、軸力の変化は少なく、曲げモーメントの変化が大となっている。これは、頭部自由端としているため、杭の変形にともなって軸力が大きくなることを示している。

4. 結論

1)相対密度 80%に比べ、30%の場合、補強材による抑止効果は明瞭ではない。

2)1 列補強(Case2)のように、補強材の抑止効果は、杭が変形する余裕（空間）が存在するときに明確な効果として発現するが、すべり面付近の補強材前面土圧の消失により、その効果が減じる。

3)2、3 列補強(Case 3,4)のように、その間の土砂が拘束される場合、せん断変位とともにせん断応力が増加するが、列数による明瞭な違いがない。

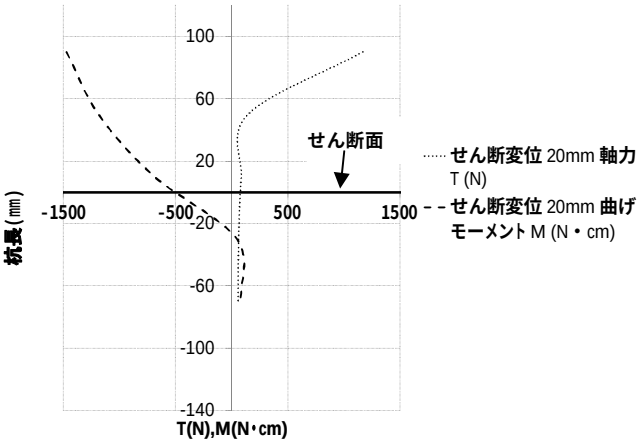

図 5　せん断変位 20mm における軸力と曲げモーメント図　[Case 2 Dr 80%]

5. 参考文献

1)山本ら：大型一面せん断試験装置を用いた抑止杭のせん断試験，第 28 回土質工学研究発表会，平成 5 年 6 月

2) (社)地すべり対策技術協会：地すべり鋼管杭設計要領，　2003

3)Jewell, R.A. & Wroth, C.P.：Direct shear tests on reinforced soil, Geotechnique, Vol.37, No.1, pp.53-68, 1987

4) NEXCO 総研　土工研究室：切土補強土工法設計・施工要領，平成 19 年 1 月