異なる粒度を持つ砂を混合して作製した地盤に対する補強材引抜き実験と地盤変形の可視化

京都大学大学院	学生会員	○田村	隆大郎
京都大学大学院	正会員	木戸	隆之祐
京都大学大学院	正会員	澤村	康生
京都大学大学院	フェロー会員	木村	亮

1. はじめに

帯鋼補強土壁は,敷設した補強材に対して作用する 摩擦力や支圧力により補強効果を発揮する構造物であ る.その機構上,多少の変形を許容して補強効果を発 揮するため,耐震性能等を議論する際には変形レベル に応じた安定性の評価が重要である.また,現行の設 計基準では地盤材料の適用範囲について,細粒分含有 率が25%以下等の基準があるものの,地盤材料の粒度 分布が引抜き抵抗力に与える影響の検討事例は少ない.

本研究では、異なる粒度を持つ2種類の砂を混合し て作製した地盤材料を用いて補強材引抜き実験を行っ た.また、X線CT装置を用いて地盤内を可視化し、画 像相関法¹⁾を用いて地盤内の変位場とひずみ場を定量 化した.これらを通じて、地盤材料の物理特性が引抜 き抵抗力に与える影響を検討した.

2. 実験概要

本研究では、等方圧力条件下で補強材模型の引抜き が可能な実験装置²⁾を X 線マイクロ CT のワークテー ブル上に設置することで、引抜き実験と CT 撮影を並 行して行った.図1に補強材模型²⁾の概要図を示す.

模型地盤試料は、川砂(桂川流域砂)をJISZ 8801-1 に規定された網ふるいでふるうことで得られた試料 A (*D*₅₀=1.43 mm), 試料 B(*D*₅₀=0.178 mm)を混合し, 重量 比でその混合率を変化させて試料 1, 2, 3 を作製した.

図2にそれぞれの試料の粒径加積曲線を示す. 試料 A の方が試料 B よりも平均粒径は約8倍大きい. 試料 1 は重量比で試料 A を 100%, 試料 2 は試料 A を 75%, 試料 B を 25%, 試料 3 は試料 A を 50%, 試料 B を 50%, それぞれ含むように調整して作製した. いずれの試料 も均等係数が 10 より小さい「分級された」砂である.

引抜き実験は 100 kPa の等方圧力条件下とし、模型 地盤は直径 70 mm,高さ 140 mm,相対密度 85 %とな るように気中落下と突き固めにより作製,引抜き速度 は 1 mm/min とした.



3. 引抜き抵抗力-変位関係

図3(a)~(c)に実験を行って得られた試料1,2,3の 引抜き抵抗力一変位関係を,図3(d)に試料1に対す る引抜き試験と並行して実施した CT 撮影の一例を示 す.引抜き変位2mm 程度まではいずれの試料におい ても,ほとんど同じ大きさの引抜き抵抗力を発揮し, 引抜き変位3mm以降で試料3は試料1,2と比べて引 抜き抵抗力は小さくなる.また,試料1,2は変形レベ ルによらず,引抜き抵抗力に大きな差異はないことが 分かる.

粒度分布,引抜き抵抗,X線マイクロCT,画像解析 〒615-8540京都市西京区京都大学桂Cクラスター4棟587号室,Tel&Fax:075-383-3193

4. 補強材引抜き時の地盤内部構造の可視化

試料 1,3 の引抜き実験において,初期状態から 1 mm 間隔で CT 撮影を行った. 図4 に引抜き変位 3 mm 地 点における CT 画像を示す. 試料 3 の CT 画像につい て,補強材の突起頂点周辺では黒色で示される低密度 領域が確認され,この領域で地盤が膨張していると考 えられる.これは豊浦砂を用いて引抜き過程を可視化 した Kido et al.²⁾の結果と一致している.

5. 画像相関法による変位場とひずみ場の定量化

図5,図6,図7に引抜き変位0-1mmと3-4mmにお ける各試料の地盤変位量,せん断ひずみ,体積ひずみ の分布図をそれぞれ示す.なお,図7のコンター図に おいては圧縮を正としている.

図5において、引抜き初期段階である引抜き変位0-1mmに着目すると、いずれの試料も突起直上において 地盤が引抜き方向に変位していることが分かる.引抜 きが進行している段階である図5中引抜き変位3-4mm において、試料1は地盤がおよそ0.5mm以上変位して いる領域が全体に広がっている一方で、試料2は試料 1に比べて地盤変位領域が小さいことが分かる.

図6と図7において、引抜き変位0-1 mm に着目す ると、いずれの試料においても地盤内でせん断ひずみ と体積ひずみはほとんど生じていないことが分かる. 引抜き変位3-4 mm において、図6よりいずれの試料 においても補強材突起の周辺でせん断ひずみが大きく 生じていることが分かる.また、図7よりせん断ひず みが大きく生じている突起の周辺で体積ひずみが生じ ていることが分かる.以上より、補強材の引抜き進行 に伴って補強材突起の周辺で生じるせん断抵抗が、引 抜き抵抗力の発現に寄与していると考えられる.

6. 結論

ある分級した砂地盤に、平均粒径が8倍程度小さい 分級した砂地盤を重量比で25%混合しても、混合しな い場合と比べて、発現する引抜き抵抗力に大きな差異 はないことが分かった.一方、50%混合すると、混合し ない場合と比べて変形レベルが大きくなった時に引抜 き抵抗力が小さくなることが分かった.これらの結果 は、地盤材料の適用範囲について、細粒分含有率が25% 以下と定められている現行の設計基準の妥当性を高め る結果と言える.

また、異なる粒度を持つ砂を混合した場合としない



図7体積ひずみの分布図

場合のどちらにおいても、補強材の引抜き進行に伴っ て補強材突起の周辺で生じるせん断抵抗が、引抜き抵 抗力の発現に寄与していることが明らかになった.

参考文献

- Higo, Y., Oka, F., Sato, T., Matsushima, Y. and Kimoto, S.: Investigation of localized deformation in partially saturated sand under triaxial compression using microfocus X-ray CT with digital image correlation, *Soils & Foundations*, 53 (2), pp.181-198, 2013.
- Kido, R., Sawamura, Y., Kimura, K. and Kimura, M.: Investigation of soil deformation characteristics during pullout of a ribbed reinforcement using X-ray micro CT, *Soils & Foundations*, 2021. (accepted)