µ線 CT を用いた形状が異なる補強材の引抜き実験と地盤内せん断ひずみの可視化

京都大学大学院	学生会員	○木村鴻志
京都大学大学院	正会員	澤村康生
京都大学大学院	学生会員	木戸隆之祐
京都大学大学院	正会員	木村 亮

1. はじめに

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作用を発揮する構造物であり、そ の機構上、変形追従性の高い柔な構造物である.よっ て、耐震性能等を議論する際には変形レベルに応じた 安定性の評価が必要である.そこで本研究では、補強 材引抜き時の地盤の変形に着目した引抜き抵抗力特性 の解明を目的に、等方圧力条件下で異なる突起形状を 有する補強材の引抜き実験とX線CT撮影を行った. また、抵抗力が大きく上昇する引抜き直後の地盤内部 を可視化したCT画像を用いて画像相関法¹⁾を行い、引 抜き抵抗力の発現と地盤の変形との関係を議論した.

2. 実験概要

本研究ではµX線 CT のワークテーブル上に設置可能 な三軸試験装置¹⁾を参考に,等方圧力条件下で補強材の 引抜きと CT 画像の撮影を並行して実施可能な実験装 置を開発した²⁾. 図1に実験装置の概要図および使用し た補強材模型の概要図を示す.本実験では 50 kPa の等 方圧力条件下で,補強材模型を供試体に敷設し引抜き 実験を行った.供試体はØ=70 mm,高さ140 mm,相対 密度 80%となるように豊浦気乾砂を突固めで充填する ことで作製した.また,引抜きは変位制御で行ってお り,0.5 mm/min で引抜きを行った.

3. 引抜き実験結果

図2に引抜き実験から得られた2種類の模型につい ての荷重-変位関係を示す.本実験では,写真1に示す ように60度の模型では引抜き変位2mm程度から供試 体全体が持ち上がり,下部では収縮する挙動を示した. よって今回は,引抜き抵抗力が大きく上昇する引抜き 1.0mmまでの地盤の変形に着目し,CT画像の撮影,画 像解析を実施した.引抜き1.0mmまでの荷重-変位関係 を図3に示す.この結果を見ると,引抜き0.6mm程度 までは60度,120度模型ともにほぼ同程度の荷重の上 昇傾向を示す.しかし,その後は60度の模型の方が若 干大きな引抜き抵抗力を示している.

4. 補強材引抜き時の地盤内部構造の変化

図4にCT画像取得時に得た荷重-変位関係を示す. 本実験におけるCT画像の撮影点は引抜き変位0.0mm, 0.25mm, 0.5mm, 1.0mmの4点である.撮影に伴い一時 停止を行うため応力緩和が見られたが,停止しない条 件での荷重-変位関係とほぼ同様の結果が得られた.図 5に60度,120度の模型を用いた実験で得た引抜き変 位0.0mm, 1.0mmでのCT画像を示す.両ケースとも, 引抜きの進行に伴い突起先端の周辺に黒い領域(低密 度領域)の拡大している.



キーワード: μX線 CT, 画像解析, 補強土壁 連絡先:〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-4-587 TEL 075-383-3193 FAX 075-383-3193

2)

5. 画像相関法による変位場の定量化

引抜き変位 0.0 mm の画像を基準に, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm の引抜き変位で得た CT 画像を用いてせん断ひ ずみ (偏差ひずみテンソルの第2不変量)を算出した. 両模型に対する画像解析結果を図 6 に示す. なお, 画 像解析は 3 次元で行っており, 図にはせん断ひずみ場 の2 次元鉛直断面を示している. 0.25 mm の引抜き段階 で生じたせん断ひずみは, 両ケースとも突起周辺や補 強材の周面にのみ若干のせん断ひずみが発生している. 0.5 mm の結果では, 両ケースとも突起の先端から引抜 き進行方向にせん断ひずみが放射状に発達している.

また,60度の模型においては後方においてもせん断ひ ずみの発生が確認できる.1.0 mmの結果では,両ケー スとも0.5 mm引抜いた時点からさらにせん断ひずみが 増加しており,発生範囲も広がっている.このとき60 度模型の方が若干せん断ひずみの広がりは大きいもの の,放射状に発達する形態や突起を起点にせん断ひず みが発生する傾向は類似している.図5に示すCT画像 と比較すると突起の先端に生じる低密度領域はせん断 ひずみが発達する起点と対応している.つまり,せん 断に伴う正のダイレイタンシーが低密度領域を生み出 していると考えられる.両ケース間に若干の差はある ものの,引抜き抵抗力の発現傾向やせん断ひずみの傾 向に相関関係が確認できることから,せん断ひずみが 生じている範囲での摩擦力が引抜き抵抗力に寄与する と考えられる.

6. 結論

50 kPa の等方圧力条件下で異なる突起形状の補強材 模型の引抜き実験を行い,同時に CT 撮影ならびに画像 解析を実施した.両ケース間で若干の差はあるものの, 引抜き抵抗力やせん断ひずみの発生傾向に相関がみら れることから,引抜き抵抗力に寄与する要因の一つに せん断に伴う土粒子間摩擦力があると考えられる.今 回の実験では突起先端が鋭利な模型において引抜きの 進行とともに供試体全体が持ち上げられ,より大きな 引抜き変位での議論はできなかった.今後,模型の再 検討等によって対処を行う.

謝辞

本研究は、みずほ学術振興財団の助成を受けて実施した.こ こに記して謝意を表す.

参考文献

 Higo et al.: 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.

木村ら: µX線 CTを用いた種々の等方圧力条件下における補強 材引抜き挙動の可視化,地盤工学研究発表会,2018



(c) 60 度模型(変位 1.0 mm)
(d) 120 度模型(変位 1.0 mm)
図 5 取得した CT 画像

