

補強材引抜き抵抗特性に与える地盤材料の粒度分布の影響と地盤変形挙動の可視化

京都大学大学院 学生会員
 京都大学大学院 正会員
 京都大学大学院 正会員
 京都大学大学院 フェロー会員

○田村 隆大郎
 木戸 隆之祐
 澤村 康生
 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引抜き抵抗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、常時や地震時の安定性に関する検討において、変位レベルに応じた引抜き抵抗特性を評価することが重要である。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性に与える影響の検討事例は少ない。

本研究では、粒度分布の異なる地盤材料を用いて補強材引抜き試験を行った。また、X線CTと画像相関法¹⁾を用いて地盤内の変形挙動を調べ、地盤材料の物理特性が引抜き抵抗特性に与える影響を検討した。

2. 試験概要

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で試験装置をX線マイクロCTのワークテーブル上に設置することで、引抜き試験とCT撮影を並行して行った。図1に試験装置²⁾、図2に補強材模型²⁾の概要図を示す。

図3に試料の粒径加積曲線を示す。本研究では、川砂(桂川流域砂)をJIS Z 8801-1規定の網ふるいにより粒度分布を調整した3種類の試料を用いた。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。試料A, B, Cの平均粒径はそれぞれ1.43 mm, 0.802 mm, 0.178 mmであり、試料Bは試料AとCを重量比で半分ずつ混合したものである。なお、試料A, Cの平均粒径は重量比が50%にあたる粒径と定義して算出し、試料Cの平均粒径は試料A, Bの平均粒径の中間値として算出した。

引抜き試験は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%となるように作成し、引抜き速度は1 mm/minとした。相対密度85%となる時の各試料の間隙比は試料A, B, Cの

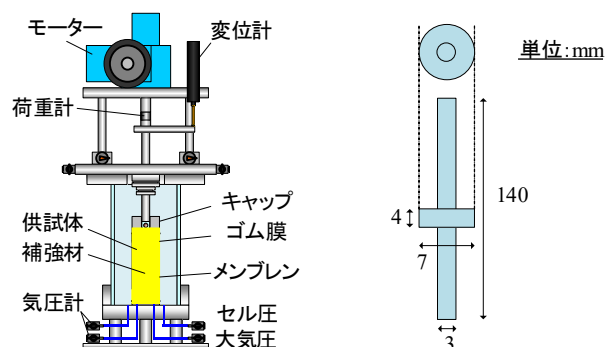


図1 試験装置の概要図 図2 補強材模型の概要図

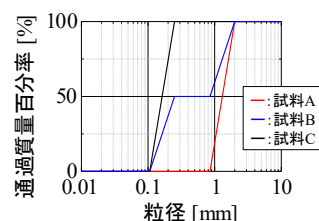


図3 粒径加積曲線

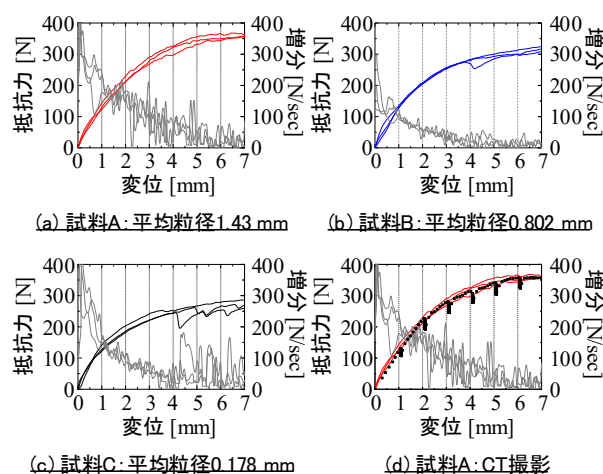


図4 引抜き抵抗-変位関係

順に 0.675, 0.478, 0.714 であり、試料Bが最も密に詰まった構造を取る。

3. 引抜き抵抗-変位関係

図4(a)～(c)に試料A, B, Cの引抜き抵抗-変位関係、図4(d)に引抜き試験中にCT撮影を実施した一例(試料A)を示す。赤、青および黒色の線は引抜き抵抗を、灰色の線は引抜き抵抗の増分を表す。増分

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

とは、1秒あたりの引抜き抵抗力の差である。また、図4(d)中の黒色のシンボルはCT撮影を伴った引抜き抵抗力を表す。図4より、平均粒径が大きな試料ほど高い引抜き抵抗力を示し、その差は引抜きにつれて大きくなることが分かる。つまり、平均粒径が大きい試料ほど大きな変位レベルにおいても高い引抜き抵抗力を示すといえる。

4. 補強材引抜き時の地盤内部構造の可視化

図4(d)に示す通り、CT撮影を行う際は補強材の引抜きを一時停止するため、各撮影点において応力緩和が生じているが、抵抗力の発現傾向はCT撮影を行わない場合のものと概ね一致している。なお、この傾向は他の試料でも確認している。本試験では、初期状態から1mm間隔でCT撮影を行った。例として、図5に引抜き変位3mm地点におけるCT画像を示す。試料CのCT画像について、突起直上では白色で示される高密度領域が、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る。これは豊浦砂を用いて引抜き過程を可視化した澤村ら²⁾の結果と一致している。

5. 画像相関法による変位場の定量化

取得したCT画像に画像相関法¹⁾を適用し、補強材引抜き中に発生した地盤内の変位場を定量化した。図6に各試料の地盤変位量の分布図をそれぞれ示す。

引抜き初期段階である図6中の引抜き変位0-1mm, 1-2mm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6中引抜き変位2-3mm, 3-4mmにおいて、地盤の変位は突起よりも上の領域で拡大しており、その変位量は突起直上の地盤ほど大きい傾向を示している。引抜き変位3-4mmでは、試料A, Cの地盤変位領域の大きさにはそれほど有意な差は見られないが、試料Bは試料A, Cに比べて変位領域が小さいことが分かる。つまり、地盤が密に詰まった構造を持つ場合には、地盤変位領域の大きさは抑えられる傾向を示すといえる。一方、引抜き抵抗力の大きさと地盤変位領域の大きさに明確な相関は見られない。

平均粒径が大きい試料ほど内部摩擦角が大きいと考えられ、それに起因したせん断抵抗が引抜き抵抗力の大きさに影響すると考えられる。この点については一面せん断試験を実施しそれらの関係を検討している。

6. 結論

地盤が「分級された」砂という条件下において、補

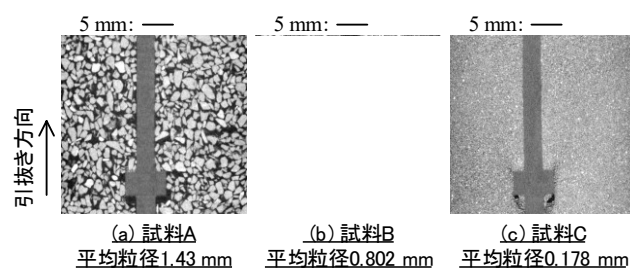


図5 引抜き変位3 mm地点でのCT画像

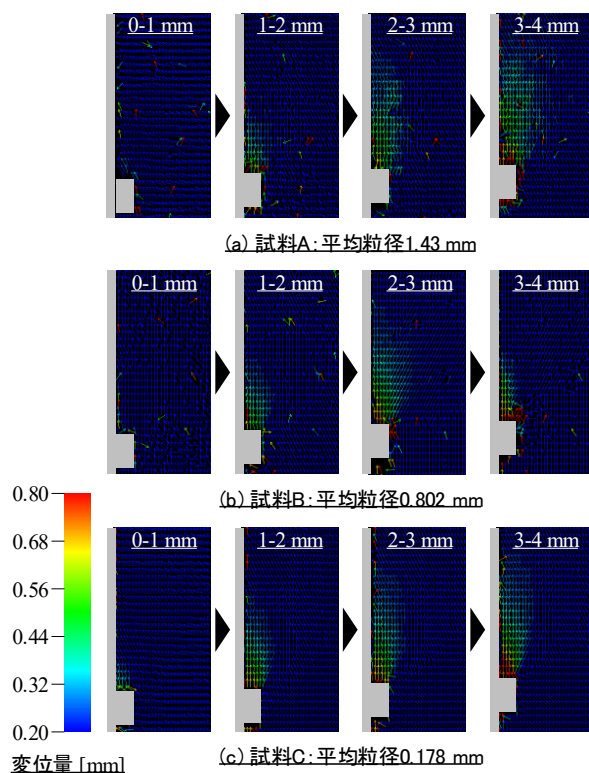


図6 地盤変位量の分布図

強材の引抜きとともに、平均粒径の大きい地盤材料ほど、高い引抜き抵抗力を発揮するという引抜き抵抗特性が明らかになった。また、密な構造を持つ地盤ほど、補強材の引抜きに伴って発現する地盤変位領域の大きさは抑えられることが分かった。一方で、平均粒径の大きな地盤は地盤変位領域が抑えられるわけではなく、密な構造を持つ地盤が高い引抜き抵抗力を発揮するわけではないことが分かった。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 澤村康生, 木村鴻志, 木戸隆之祐, 木村 亮: 突起傾斜角に着目した補強材引抜き実験と地盤内の可視化, 第54回地盤工学研究発表会, No.0743, pp.1485-1486, 2019.