

## 第Ⅲ部門

## 粒径の異なる地盤材料を用いた補強材の引抜き試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 正会員 木村 亮

## 1. はじめに

帯鋼補強土壁は敷設したリブ付きストリップに対して作用する引抜き抵抗により、多少の変形を許容して補強効果を発揮する柔な構造物である。そのため、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、地盤材料の粒径や粒度分布が引抜き抵抗に与える影響とそのメカニズムの検討事例は少ない。

そこで本研究では、粒径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<sup>1)</sup>を用いて地盤内の変形挙動を調べ、地盤材料の粒径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な試験装置を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<sup>2)</sup>、図2に補強材模型<sup>2)</sup>の概要図を示す。

模型地盤試料は、川砂（桂川流域砂）をJIS Z 8801-1に規定された網ふるいでふるい、1つのふるいに残留した試料を用いて作成した。図3に試料の粒径加積曲線を示す。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。また、引抜き試験に先立って実施した一面せん断試験より得られた内部摩擦角と平均粒径の関係を図4に示す。これより、内部摩擦角と平均粒径との間には正の相関があることが分かる。なお、平均粒径は重量比が50%にあたる粒径と定義し、試料A、B、C、Dの平均粒径はそれぞれ1.43 mm、0.638 mm、0.338 mm、0.178 mmである。

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。

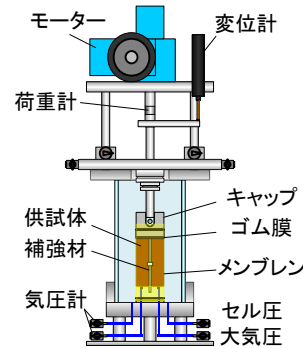


図1 試験装置の概要図

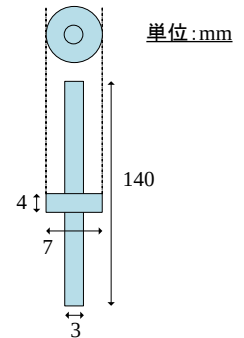


図2 補強材模型の概要図

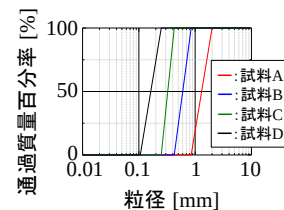


図3 粒径加積曲線

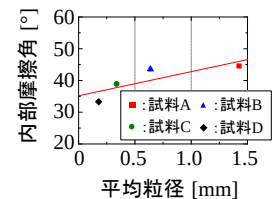


図4 内部摩擦角-平均粒径の関係

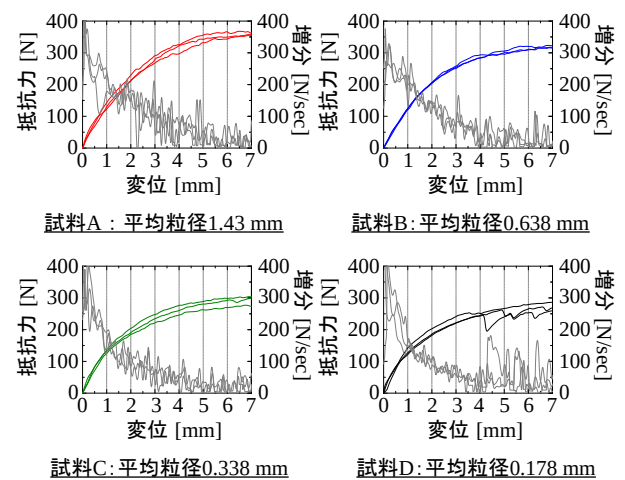


図5 引抜き抵抗力-変位関係

## 3. 引抜き抵抗力-変位関係

図5に得られた引抜き抵抗力-変位関係を示す。図5中の赤、青、緑および黒色の線は引抜き抵抗力を、灰色の線は引抜き抵抗力の増分を表す。増分とは、1秒あたりの引抜き抵抗力の差を表す。図5より、平均粒径が大きい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から分かる。つまり、平均

粒径が大きい試料は大きな変位レベルでも高い抵抗力を発揮するといえる。

#### 4. 補強材引抜き時の地盤内部構造の可視化

試料A, Dの引抜き試験において, 初期状態から1mm間隔でCT撮影を行った。例として, 図6に引抜き変位3mm地点におけるCT画像を示す。試料D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<sup>2)</sup>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

取得したCT画像に画像相関法<sup>1)</sup>を適用し, 補強材引抜き中に発生した地盤内の変位場とひずみ場を定量化した。図7, 図8に地盤変位量とせん断ひずみの分布図をそれぞれ示す。

図7に着目すると, 試料A, Dともに, 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(図7中引抜き変位0-1mm, 1-2mm)。引抜きが進行するにつれて, 地盤の変位はリブよりも上の領域で拡大しており, その変位量はリブ直上の地盤ほど大きい傾向を示している(図7中引抜き変位2-3mm, 3-4mm)。また, 試料Aは試料Dと比べて, 地盤の変位領域が拡大するのは遅い傾向にあるが, 変位領域の大きさにはそれほど有意な差は見られない。

図8のせん断ひずみ図より, 試料A, Dともに引抜きの進行につれて, 突起直上付近でせん断ひずみが発生していることが分かる。その発生範囲は両試料とも類似し, 地盤の変位領域と概ね一致している。なお, 試料Aについて, 突起直上付近以外でひずみが大きく算出されている領域が点在しているが, これは画像解析における計算精度が低い領域であると考えられる。

以上の結果と図4の結果を考慮すると, 平均粒径が大きな試料ほど内部摩擦角が大きい性質に起因して, 補強材引抜き時に生じる地盤のせん断摩擦も大きくなる。その結果, 図5のように, 大きな粒径の試料ほど高い引抜き抵抗力を発揮すると考えられる。

#### 6. まとめ

地盤が「分級された」砂という条件下において, 補強材の引抜きとともに, 平均粒径の大きい地盤材料ほど大きな内部摩擦角に起因したせん断摩擦を発揮し, 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。

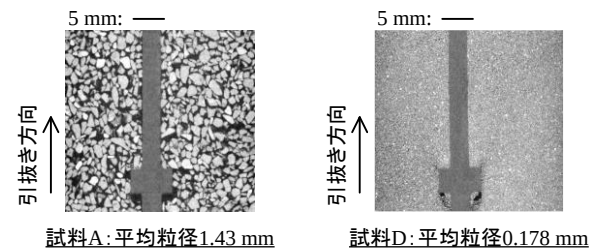


図6 引抜き変位3 mm地点でのCT画像

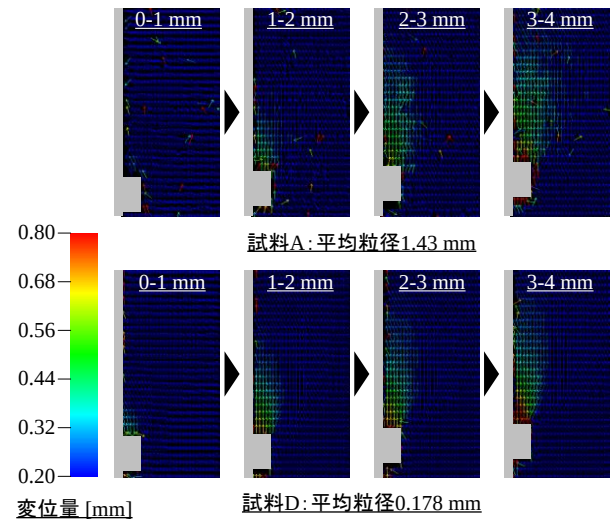


図7 地盤変位量の分布図

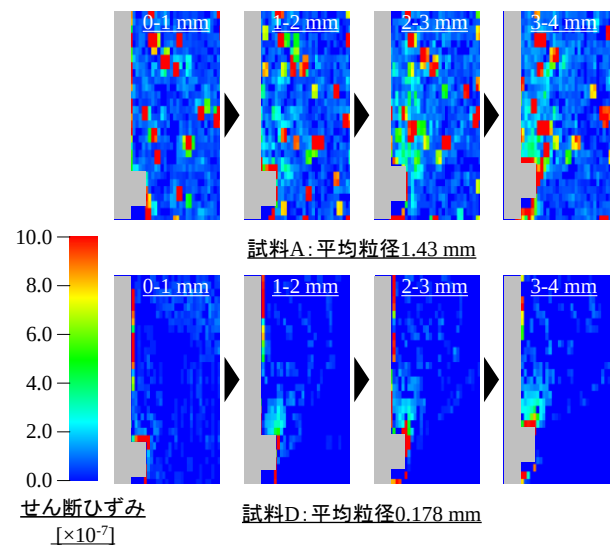


図8 せん断ひずみの分布図

#### 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.