

第Ⅲ部門

 μ X 線 CT を用いた補強材引抜き抵抗力和地盤内部構造変化の関係

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

近年、補強土壁の有する高い耐震性が改めて注目されている。一般に補強土壁では、支圧抵抗力や摩擦抵抗力を補強原理とする補強材が用いられており、設計では極限釣り合い法により補強材の長さや敷設間隔が決定される。しかし、本来、補強土壁は変形追従性の高い柔な構造物であり、その耐震性を議論する際には変形レベルに応じた引抜き抵抗力の評価が必要である。過去の研究では、種々の補強土壁に対して、現場および室内での引抜き試験¹⁾や、補強土壁全体を対象とした遠心力载荷実験²⁾が行われており、引抜き抵抗力発現メカニズムや補強土壁全体の安定性について検討が行われている。しかしながら、補強材引抜き時における地盤内部の構造変化に着目して引抜き抵抗力を議論した例は少ない。そこで本研究では、補強材の引抜き実験時に μ X 線 CT を用いて地盤内部を可視化し、引抜き抵抗力と地盤内部の構造変化の関係について検討を行った。

2. 実験概要

実験装置の概要図を図 1 に、補強材模型の概要図を図 2 に示す。本実験装置は CT 装置のワークテーブルに搭載が可能であり、任意の時点で引抜き試験を停止し、CT 撮影が可能である。供試体作製においては直径 70 mm の塩ビ管をモールドとして用い、豊浦乾燥砂を相対密度 90 %、高さ 100 mm となるように突き固めた。また、供試体上面に 1.72 kg (44 kPa) の上載荷重を载荷した。補強材模型にはアクリル材を用い、周面摩擦力のみが発生する条件として Case-1 の模型を、摩擦抵抗が最も大きくなる条件として Case-2 を、中間条件として Case-3 を作製した。補強材は変位制御で 0.1 mm/min の速度で引抜いた。

3. 実験結果

1) 引抜き試験の荷重-変位関係と CT 撮影点の決定

図 3 に引抜き試験における荷重-変位関係を示す。いずれのケースにおいても、引抜き開始直後は直線的に引抜き抵抗力が上昇し、その後、勾配が小さくなり、最大摩擦力に至るといふ挙動を示した。各ケースを比較すると引抜き抵抗力は補強材のリブ頂点の角度が小さいものほど大きくなる。また、リブの有無で最大摩擦力に至るまでの許容変位量が大きく変化することが分かる。

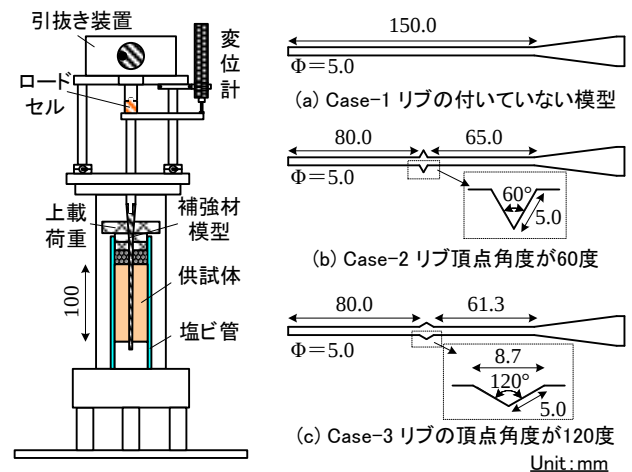


図1 実験装置の概要図

図2 補強材模型概要図

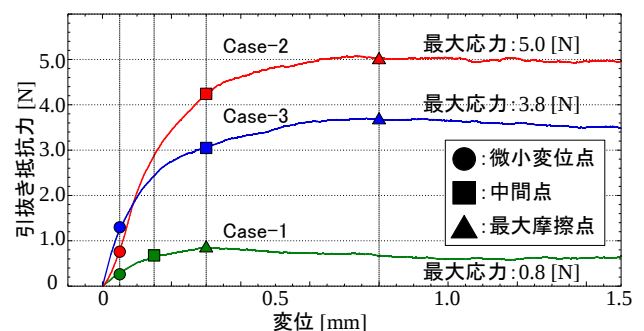


図3 荷重-変位関係

本研究では、図 3 の結果を基に、各ケースに対して微小変位点、荷重勾配が小さくなっていく領域の中間変位量（以下、中間点）、最大摩擦時の変位量（以下、最大摩擦点）を算出し、各点において CT 撮影を行った。

2) CT 画像

図 4 に各点における CT 画像および低密度領域の抽出を行った 3D 画像を示す。CT 画像では白色部分が高密度、黒色部分が低密度であり、3D 画像では黄色に着色された部分が低密度領域である。なお、Case-2、Case-3 では最大摩擦点からさらに引抜き、2.0 mm 引抜いたものも示している。Case-1 では、いずれの点においても CT 画像に変化はなく、3D 画像上でも黄色の部分の発生がみられない。このことから、補強材の引抜きを行っても地盤内部の構造に変化がないことが分かる。Case2 では、初期、微小変位点で引抜きによる地盤内部の構造変化はみられない。しかし、中間点ではリブの後方において低密度領域の発生がみられ、最大摩擦点では引抜き進行方向の前方にも発達しているのが分かる。2.0 mm 引抜いた点での画像で

は、引抜き進行方向の前方に発生する低密度領域がコーン状に発達している。これは、供試体がリブの移動によってせん断されることで発生するダイレイタンスーによるものと考えられる。Case-3 では、最大摩擦点に至って初めてリブ後方で低密度領域が確認できる。そして、2.0mm 引抜いた点において、ダイレイタンスーによる引抜き進行方向前方の低密度領域がわずかに発生している。

3) 空隙分布

Case-1~3 の各点において、撮影範囲内に存在している空隙体積量の分布を図5に示す。Case-1 では、4つ全てのグラフが一致しており、空隙の増加は確認されない。このことから、引抜きに伴う空隙は発生していないことが分かる。Case-2 では、各点のグラフを比較すると、引抜きの進行とともに空隙の発生体積および発生範囲が徐々に大きくなっていることが分かる。ダイレイタンスーによる低密度領域であるリブ前方での結果に注目すると、最大摩擦点で急激に空隙の発生体積、発生範囲ともに大きくなっていることが確認される。Case-3 でも、リブ前方においてCase-2と比較して空隙の発生体積量は小さいものの、同様の傾向を示している。これより、CT画像では捕捉しきれなかったが、Case-3においても引抜き進行方向前方にせん断によるダイレイタンスーが発生しているといえる。また、発生は小さいものの、その傾向はCase-2と類似していることが分かる。

4. 結論

補強材を引抜くとせん断が生じ、ダイレイタンスーによる低密度領域が発生する。この傾向は、補強材のリブ頂点の角度が小さいほど顕著であり、低密度領域の大きさと引抜き抵抗力の間には正の相関があることを確認した。また、低密度領域は最大摩擦点で急激に拡大する。これは地盤が限界に達し、一気にせん断が進み、大きなダイレイタンスーが発生するためと考えられる。

今回は塩ビ管を用いて上載圧のみを作用させた実験を行った。今後は空気圧を用いて供試体に等方的な拘束圧をかけ、実地盤をより再現した条件での実験を行う。

参考文献

- 1) 小川憲保：現場引抜き試験による帯鋼補強材と盛土材との摩擦特性，土木学会論文集，(568)，pp.221-226，1997.
- 2) 中島 進，榎本忠夫，佐々木哲也：模型実験・地震被害事例の解析による道路擁壁の耐震性の評価，土木技術資料，53 (5)，pp.38-41，2011.

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。

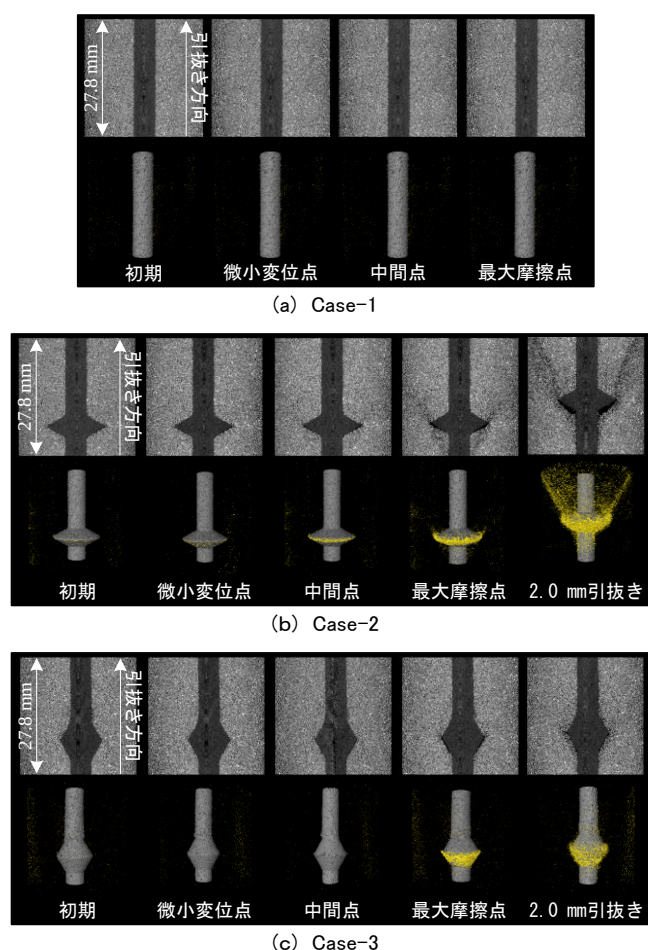


図4 CT画像および3D画像

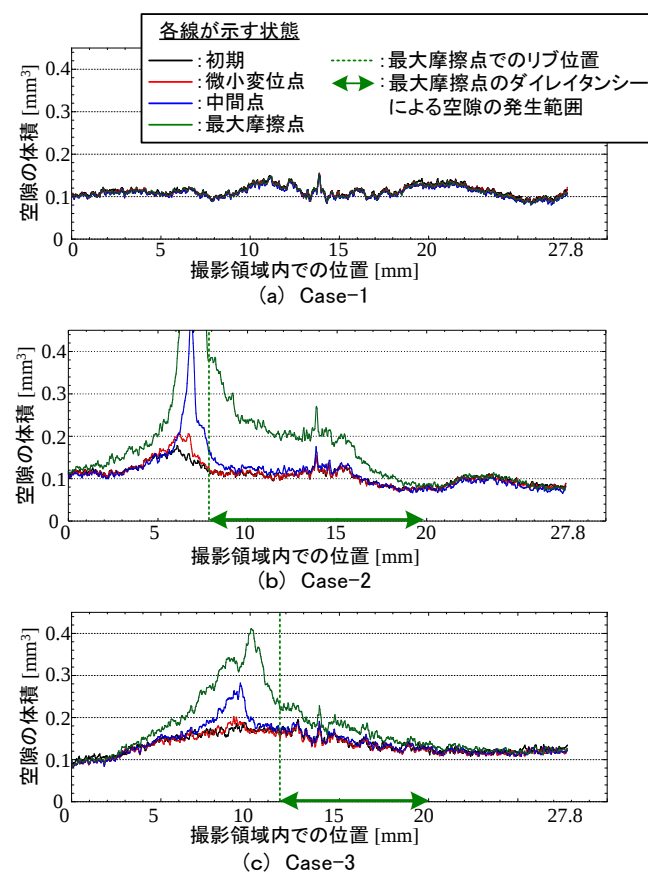


図5 空隙体積量グラフ