X線 CT 用一面せん断試験装置の開発

熊本大学大学院 学生会員 福重庄太郎

熊本大学大学院(日本学術振興会特別研究員 DC1) 学生会員 高野 大樹

熊本大学大学院 正会員 大谷 順

1.はじめに

山岳トンネル工法によりトンネルを掘削する場合には切羽の安定性の確保が重要であり、切羽が自立しない場合 には補助工法が適用される。この補助工法について模型実験、数値解析などを用いた様々な研究がなされているが、 補助工法の地山補強効果について定量的に評価した事例は少なく、その補強メカニズムには未解明な部分が多く残 されている。著者¹⁾らは、トンネル切羽の3次元的な崩壊機構の解明を目的に、産業用X線CTスキャナを用いてトン ネル切羽崩壊時における崩壊領域の3次元可視化を試みている。また、補助工法の一つである鏡ボルトの配置パタ ーンが、切羽崩壊機構に及ぼす影響についてもX線CTを用いた模型実験を実施し、考察を行っている²⁾。この結果、 鏡ボルトの打設ピッチを小さくすることにより、切羽の安定性が確保されることが確認できた。そこで本研究では、 より詳細な鏡ボルトと地盤との相互作用現象の解明を目的として、X線CT装置に搭載可能な一面せん断試験装置の開 発を行った。ここではこの装置の機能確認試験を行い、その有用性について確認する。

2.X線CT用一面せん断試験装置の概要と特徴

本研究で使用している産業用 X 線 CT スキャナの撮影室は、下記の特徴を持っている。

- 1) 試料台の最大積載重量が 980N までである。
- 2) 撮影中に、試料台が X 線源と検出器の間を並進及び移動回転する。
- 3) 最大撮影領域は、直径 400mm である。
- 4) 撮影中は、完全に遮蔽される。

これらは X 線 CT 撮影室内で一面せん断試験を行うための制約条件となり、これらの条件が従来型一面せん断試験 装置の適用の障害となっている。そこで、X 線 CT スキャナに搭載可能な一面せん断試験装置の開発が必要となる。 開発した試験装置を Photo.1 に示す。また、装置の仕様を Figure.1 に示す。せん断箱、載荷装置の支柱は X 線を通 過させるためにアルミを用いて作製した。せん断のためのモーターや計測装置は X 線を通過させないため、撮影領 域内にそれらが入らないようにせん断箱の下にもう一段箱を設置することで高さを調節した。CT の試料台の最大積 載重量を考慮し、装置の底には反力板を設け、試料台には装置の自重のみが作用する。さらに、本装置の X 線 CT 室への持ち運びについても、装置自体が解体でき、容易である。上段には直径 80mm の空洞、中段には内径 80mm、 深さ 40mm の円筒を設けており、さらに中段には、下段と接続し固定するための直径 80mm、高さ 15 mmの接続部を設 けている。これら上段と中段で直径 80mm、高さ 80mm の供試体を作製する。また、下段を駆動部で押込むことによ りせん断を行うため、下段底にはせん断時に反力板との摩擦を低減するためにスライドガイドを設置した。さらに、 せん断箱へ鉛直荷重を載荷するためのベロフラムシリンダーを装置上部に取り付ける。せん断箱のせん断変位は接 触式変位計、鉛直変位はレーザー変位計を用いて計測する。供試体をでも断させる駆動部が、せん断箱下段へ載荷 することにより供試体はせん断され、このときの荷重をロードセルで計測する。

3. 一面せん断試験

開発したX線CT用ー面せん断試験装置を用いて一面せん断試験を実施した。ここでは、装置の有用性について確認するとともに、せん断帯の形状について考察を行なう。また、供試体に補強材を設置した実験ケースを実施し、補強効果についても考察を行う。供試体は豊浦乾燥砂を使用し、空中落下法により相対密度約88%となるよう作成した。豊浦乾燥砂の物理特性をTable.1 に示す。

キーワード 鏡ボルト,X 線 CT スキャナ,X 線 CT 用一面せん断試験装置

連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科 TEL 096-342-3535

供試体断面図をFigure.2に示す。ここでは、無補強の供試体とポリプロピレン樹脂を用いて作成したボルト材で 補強された供試体を準備した。補強された供試体については、供試体中央を中心に縦横に等間隔で補強材を5本設 置した。次に、せん断強度 せん断変位関係をFigure.3に示す。補強した供試体は無補強の供試体と比較すると、 せん断強度が向上していることが確認できる。せん断後、供試体をCT撮影し、得られたCT画像を再構築すること で、地盤内挙動を把握する。Figure.4にせん断方向と垂直にせん断帯を可視化した画像を示す。ボルト材で供試体 を補強することにより、ボルト間でのせん断帯の拡がりを抑制できることが確認できた。以上より、本装置による X線CTを用いたせん断帯の可視化が可能であることが確認できた。

4.おわりに

今回の研究では、X線CT用一面せん断試験装置の開発・設計を行い、その有用性について確認した。今後は、この試験装置の改良を行うとともに、鏡ボルトと地盤系の相互作用の解明を目指す所存である.



Photo.1 X線CT用一面せん断試験装置







Table.1 豊浦乾燥砂の物理特性

最大乾燥密度	(t/m ³)	1.66
最小乾燥密度	(t/m ³)	1.34
比重		2.65
相対密度	(%)	88



Figure.4 せん断帯可視化画像 単位:mm

参考文献

1) 永谷英基,大谷順,高野大樹:トンネル切羽の3次元崩壊メカニズムの可視化,応用力学論文集,Vol.7,pp.553-560,2004.

 高野大樹,大谷順,永谷英基,福重庄太郎:鏡ボルトの配置パターンが切羽崩壊機構に及ぼす影響,平成17年度土木学 会西部支部研究発表会講演概要集, -38,pp.451-452.