

すべり面を含むボーリングコアのX線CTによる分析について

(独) 土木研究所 ○杉本宏之、神山嬢子、千田容嗣、本間宏樹、宇都忠和、武士俊也

1. はじめに

すべり面位置の特定や地すべり土塊の特性等の調査においては、ボーリングコアの観察や分析から得られる情報は重要な手がかりとなる。従来はすべり面粘土や破碎された地すべり土塊を乱さずにボーリングすることは難しかったが、近年の技術の進歩により、ほぼ乱すことなく採取することが可能になってきている。そのため、品質の良いボーリングコアの詳細な観察等によってすべり面や地すべり土塊の構造や特徴を明らかにし、すべり面の調査技術や特定精度を高めることが必要である。

一方、X線CTが地質系試料の内部構造を調査する手法として近年使用されつつある¹⁻³⁾。地すべり分野においても、すべり面を含むボーリングコアを非破壊でその内部構造・立体構造を把握するための手法として応用できるものと期待される。本報告では、高品質なボーリングコアのX線CTによってすべり面や地すべり土塊の構造を把握するための適用性について検討を行った。なお、本研究は、土木研究所で実施している共同研究「すべり層のサンプリングと認定方法に関する研究」の一環として実施したものである。

2. 調査方法

2.1 X線CTの概要

X線CT(Computed Tomography)は試料内部のX線吸収係数の三次元分布を可視化するものであり、X線CTスキャナには、主に医療用、産業用があり、産業用は大きな試料の撮影に適したミニフォーカス型と小さな試料の微細な構造の撮影に適したマイクロフォーカス型がある¹⁻³⁾。

2.2 分析試料

試料A：活動中の地すべり地における径86mmのボーリングコアから、地すべり土塊と考えられる礫混じり土砂の層と基岩の最上部と考えられる破碎された堆積岩の境界部分を採取して試料とした。近隣の孔内傾斜計観測による想定すべり面深度及び本ボーリングコアの観察から、この境界部分がすべり面である可能性が高いと考えている。礫混じり土砂層や破碎された基岩は脆いことから、透明な樹脂によって表面を固化させ、断面を観察するためにカッターで地すべりの移動方向に沿って切断し、切断面も樹脂で固化させた。試料の大きさは幅7cm、奥行き3.5cm、高さ10cmである(図1)。

試料B：地すべり地における径86mmのボーリングコアのすべり面付近の礫混じり土砂層から、粘土の薄層を挟む亀裂を含む部分を採取して試料とした。この亀裂はすべり面と判断できる確かな証拠がないため、すべり面であるかは断定できない。試料の大きさは幅7cm、奥行き3.5cm、高さ13cmである。試料の処理は試料Aと同様である。

2.3 X線CT分析方法

島津製作所製製のマイクロフォーカスCTスキャナで試料A及びBを撮影し、X,Y,Z方向の白黒の連続二次元画像のデータセットとして整理した。このデータセットから、三次元のイメージとして構成することが可能である。更に、試料BについてはNVS社製の亀裂解析ソフト(NVS社製VGStudioMAX2.0, DefectAnalysis)を使って、上記で取得した画像データから亀裂の抽出解析を行った。

3. X線CTによる分析の適用性の評価

3.1 亀裂の分析について

写真1は、X線CTによって得られた試料Aの断面画像である。今回の撮影条件では、1pixelは0.18mmである。暗い色は密度の低い領域、明るい色は密度が高い領域である。すべり面とみられる礫混じり土砂層と基岩のすべり

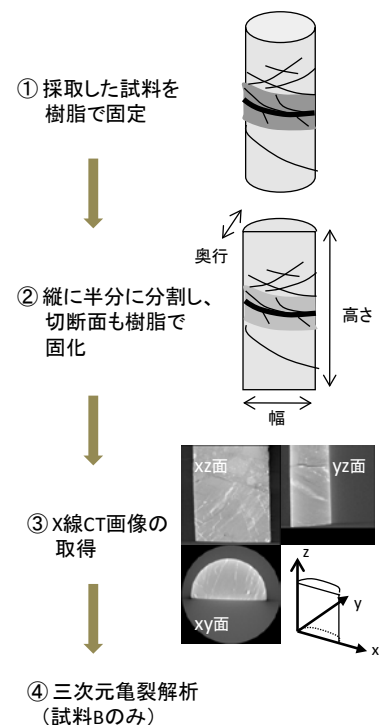


図1 試料処理と分析の流れ

面の亀裂だけでなく、基岩に内部に生じている亀裂まで鮮明に捉えることが出来ている。これらの亀裂から判断すると、連続性が良くかつ密度差が大きければ 1pixel (0.18mm)程度までの亀裂を確認できることが分かった。

写真1のxz面画像を比較すると、すべり面及び基岩内部の亀裂の変化の様子を観察できる。5mmの観察断面の位置の違いで、すべり面が連続的であったり、分離した層を伴う不連続的な面になったりとミクロな構造が位置によって変化している様子が捉えられている。

また、基岩内部の亀裂の変化を追跡すると、すべり面に平行な亀裂も斜行する亀裂も、観察断面が異なると形状が変化していることから、あまり連続性が高くないことが見て取れる。また、写真1のyz面画像を比較することで、移動方向に直交する断面ですべり面の変化の様子を観察できる。連続的なすべり面であったり、分離した層を伴う不連続的なすべり面であったり、この方向でも複雑な形状であることがわかる。

3.2 土塊に含まれる礫の分析について

写真1で礫混じり土砂層に着目すると、最小で 2pixel (0.36mm)程度の礫までは存在が確認できる。しかし、礫の形状まで分析しようとする、形状にもよるが 5~10pixel (0.9~1.8mm)以上の大きさでないと、礫形状や長軸・短軸の方向まで判断することは難しい。

3.3 亀裂の連続性の解析について

連続性の良い亀裂を持つ試料 B について、一連の亀裂を着色して抽出した結果を写真 2,3 に示す。このような連続性の良い亀裂であれば、X線CTによって亀裂面の立体形状を非破壊で捉えることが可能である。亀裂面のうねりの様子や凹凸のある形状を明瞭に捉えることができています。

4. まとめ

X線CTによってすべり面を含むボーリングコアを観察することによって、非破壊ですべり面等の詳細な内部構造を立体的に捉えることが可能であることが明らかになった。今後は、すべり面の判定につながる解析手法について検討を進めたい。末筆ながら、試料採取及び分析にご協力いただいた関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 土山明・上杉健太郎・中野司(2000):高分解能 X 線 CT 法による岩石・鉱物の 3 次元構造の研究— 太陽系初期物質とコンドリュール—地学雑誌,109, 845-858
- 2) 中島善人(2005): X 線 CT で岩石中の空隙をイメージングする. 地学雑誌,114, 1032-1043
- 3) 西澤修・中野司・野呂春文・稲崎富士(1995):X 線 CT による地球科学試料の内部構造分析技術の最近の進歩について.地質調査所月報,46,565-571

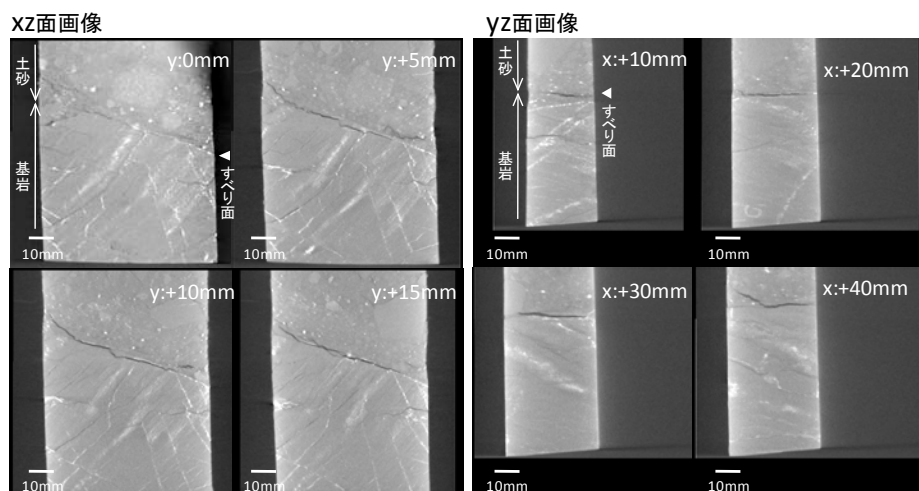


写真1 試料AのX線CT画像

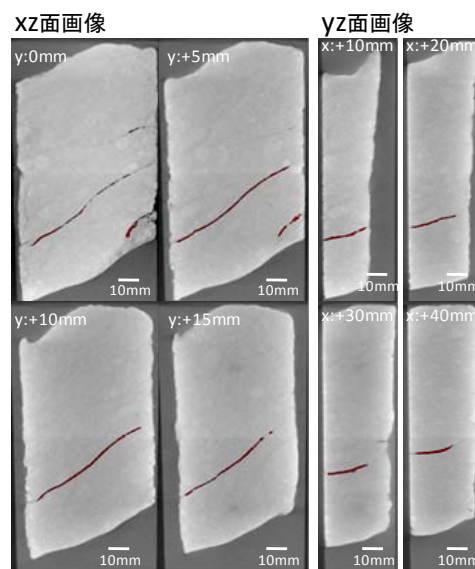


写真2 試料BのX線CT画像

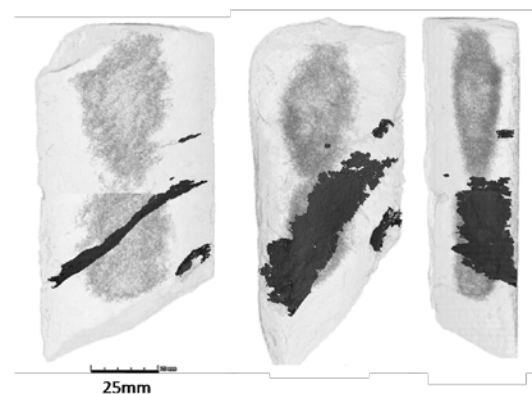


写真3 試料Bの立体画像（回転画像）