

# 貯水池地すべりにおける高品質コアの X 線 CT スキャンを活用した すべり面判定の精度向上に関する試行事例

川崎地質㈱ ○原 勝宏, 石川 昌幹, 上野 紘太郎, 佐藤 祥昭, 近藤 勉

## 1. はじめに

ボーリングコア観察によるすべり面の判定は、細粒分を挟む破碎された部分の特徴や分布深度、地すべり移動体内の破碎の特徴などをふまえて総合的に行う必要がある。ただし、すべり面付近は攪乱された複雑な構造を呈し、すべり面の判定根拠を定量的に示すことは困難であるため、判定の精度は技術者の熟練度によるところが大きい。

しかし近年では、X 線 CT スキャンが非破壊で地質試料の内部構造を調査する手法として用いられつつあり、地すべり分野についても応用が期待されている<sup>1)</sup>。また、地すべりや断層等を含む地質の詳細な観察や的確な評価には、攪乱された地質構造が乱すことなく採取された高品質コアを用いることも重要な点として挙げられる<sup>2)</sup>。

そこで、高品質コアを用いて X 線 CT スキャンを活用したすべり面周囲の 3 次元的な構造の可視化や、破碎された角礫の粒度や基質量の割合等 (図-1) の定量化ができれば、すべり面判定の精度向上や、技術者間及び受発注者間の情報共有に寄与できると考えられる。

本論では貯水池地すべりにて採取した高品質コアを用いて X 線 CT スキャンを行い、すべり面判定の精度向上に向けた手法を検討した事例を報告する。

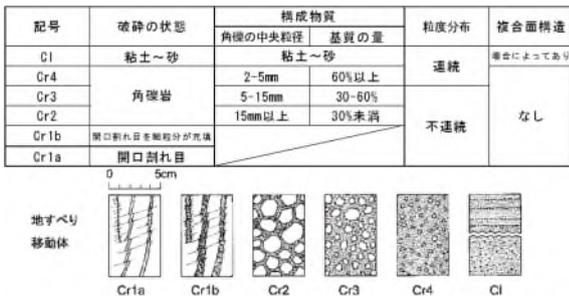


図-1 地すべり移動体の破碎度区分<sup>3)</sup>より引用・抜粋

## 2. X 線 CT スキャンデータの取得

### (1) X線CTスキャン試料の選定

既設 A ダムの貯水池斜面の地すべりブロックにおいてオールコアボーリングを行い、確実な不動地盤まで掘進して高品質コア試料を取得した。

この地域の基盤を構成する主な地質は花こう岩で、地表から GL-5.00～6.00m の表層部は古期崖錐堆積物が被覆している。コア観察による地質区分、地質の攪乱状況や破碎度区分の他、ポアホールスキャナ観測及び地形解析結果を踏まえて GL-6.20m 以深を地すべり移動体と判定し、GL-11.05m～11.17m 間にすべり面が分布すると推定した (図-1)。そこで、この区間を含む GL-11.00～12.00m

間を X 線 CT スキャン対象区間とした。

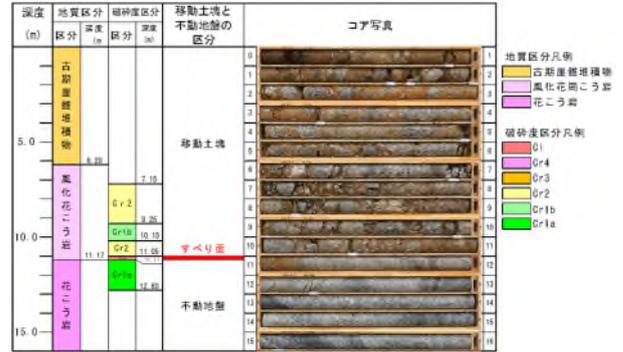


図-2 検討対象の地すべりボーリング結果概要と X 線 CT スキャン区間 (赤枠範囲)

### (2) X 線 CT スキャン実施方法

X 線 CT 装置 (SupriaGrande, 日立製作所製、産総研地質調査総合センター共同利用実験室) を用いて、スキャン対象区間のコア長 1m に対してスライス間隔 0.625mm で約 1700 枚の断面画像を撮影した。スキャン画像解析ソフトは OsiriX を使用した。これより円柱状のコアに対して任意方向の鉛直断面と、これに直交する断面を同時に表示させて 3 次元的に観察することができる (図-3)。

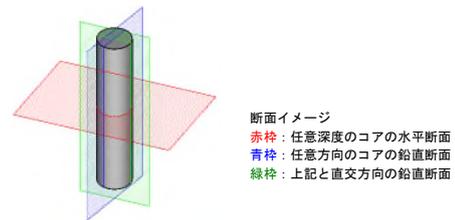
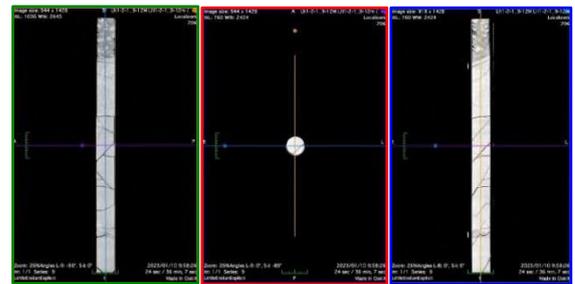


図-3 3 次元的なスキャン画像の表示例

## 3. 検討

地すべり移動方向と調和的であると考えられる風化花こう岩と硬質な花こう岩の境界面 (GL-11.17m) の最大傾斜方向の鉛直断面画像を抽出し、GL-11.00～11.20m 間の詳細観察及び画像解析を行うものとした (図-4①)。

### (1) 微細構造の観察

X 線 CT スキャン画像からは、コア観察で最も破碎度

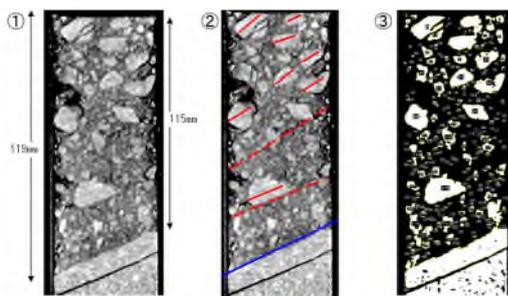
が高い Cr4として区分した区間において、面構造を示唆する以下の特徴が認められた(図-4②)。

- ・比較的大きな角礫の長軸方向が硬質な花こう岩との境界面の傾斜とほぼ平行に配列している。
- ・角礫の優勢な区間と細粒分が優勢な区間の境界も硬質な花こう岩との境界面に調和的である。

地すべり移動体内部では、地すべりの活動にともなうて破砕が進行していく過程において、Cr4までは面構造は生じないが、さらに破砕が進行してClに達すると面構造が形成される場合がある(図-1)。コア観察では面構造を識別できなかったため、破砕度区分をCr4として区分したが、X線CTスキャン結果よりCr4からさらに破砕が進行し、Clへと移行する段階に達していた可能性が示唆される。

(2) 破砕度区分要素の定量化

破砕度区分においてCr2~Cr4は図-1の模式図に示される破砕状況や、角礫の粒径及び基質の割合で区分するが、破砕度が短い区間で不規則に変化する場合は観察者によって違いが生じやすい。そこで、X線CTスキャン画像を用いた画像解析によって基質の割合、及び含まれる角礫の粒径の定量化を試みた。画像解析にはフリーソフトである imageJ<sup>4)</sup>を用いた。取得したX線CTスキャン画像を画像処理して自動的に角礫を抽出し(図-4③)、かつそれぞれの大きさ、形状等を測定した結果、250個の角礫に対するデータが得られた。これを集計した結果、基質の量は60%以上、礫径は概ね2~5mmの範囲であることが示されるため(表-1)、図-1と対比するとコア観察結果よりCr4と評価した破砕度区分は妥当であったと言える。



①: GL-11.00~11.20mの拡大画像。  
硬質な角礫や岩盤部は白色、細粒分が多い範囲は暗色で示される。  
②: ①の画像以下を表示。  
— 地質境界と調和的な角礫の長軸方向。  
- - 角礫優勢部と細粒分優勢部の境界。  
— 破砕された風化花崗岩と硬質な花崗岩の境界。  
③: ImageJによる画像処理イメージ。解析範囲より250個の角礫を抽出した。

図-4 X線CTスキャン画像を用いた検討一覧図

表-1 画像解析により抽出した角礫ごとのデータ一覧表

番号	面積 (mm <sup>2</sup> )	画像上の横軸距離 (mm)	画像上の縦軸距離 (mm)	礫の長さ (mm)	A: 礫の幅 (mm)	B: 礫の高さ (mm)	A, Bの平均値 (mm)
1	0.973	3.806	2.188	3.944	1.545	1.030	1.288
2	3.951	7.784	3.091	7.948	2.919	2.061	2.490
3	117.977	32.174	11.165	76.473	15.970	16.313	16.142
4	8.817	47.742	4.114	11.608	3.606	3.434	3.520
5	89.433	13.506	7.702	57.359	15.826	10.818	13.222
...	...	...	...	...	...	...	...
246	3.863	7.146	113.035	7.622	2.061	2.404	2.233
247	0.324	9.686	112.108	1.901	0.515	0.687	0.601
248	1.828	14.095	113.951	4.832	1.374	1.545	1.460
249	0.619	4.379	113.934	2.630	0.859	0.859	0.859
250	1.120	12.391	115.430	3.944	1.374	1.202	1.288
角礫の面積の合計 (mm <sup>2</sup> )	1958.35						礫径の平均値 (mm) 2.246

これより、基質の量 (%) = (1-A/B) × 100 = 76%  
A: 角礫の総面積 = 1958mm<sup>2</sup> B: 解析範囲の面積 = (119mm + 115mm) × 70mm / 2 = 8190mm<sup>2</sup>  
礫径の平均値 = 2.24mm

(3) 課題

以上のような手法によってコア観察では識別が難しい微細な構造の把握や、高い破砕度区間の礫径分布・基質量の定量化が可能となることで、すべり面の判定精度を向上させる根拠が得られることが期待できる。ただし、本検討のようにすべり面が古期崖錐堆積物と、地すべり性の破砕部を伴う風化岩の境界付近に存在する場合、すべり面判定における障害として以下の課題が挙げられる。

- 古期崖錐堆積物と地すべり性の破砕の進行によって角礫状化した風化岩が、類似した角礫の形状や粒度構成を呈す可能性があり判別しにくい。
- 崩積土砂が斜面に堆積していく過程で堆積性の面構造が形成され、地すべり性の破砕で形成される面構造との区別が困難となる可能性がある。

今後、古期崖錐堆積物と地すべり性の破砕部を伴う風化岩を明確に区分するため、両者の構成物質及びその形状・粒度・含有量等の特徴の観察時における整理方法とともに、定量的に評価するための解析方法を検討していきたいと考えている。

4. まとめ

高品質コアのX線CTスキャンにより、3次元的な観察が可能となるとともに、通常のコア観察では識別が困難な内部構造の特徴が見出された。高品質コアの観察に加えてX線CTスキャンを活用することは、微細な変形構造を把握してすべり面の有力な根拠を得る有効な手段になり得ると考えられる。

また、X線CTスキャン画像を用いて画像解析することで、基質の割合や含まれる角礫の径を定量化し、コア観察における破砕度区分の妥当性を評価した。X線CTスキャン画像を用いた画像解析によって、より容易に精度の高い破砕度区分が可能となり、すべり面判定の精度向上に寄与できる可能性がある。

《引用・参考文献》

- 独立行政法人土木研究所ほか (2013) : すべり層のサンプリングと認定方法に関する研究, 共同研究報告書 第449号
- 加賀匠, 宇都秀幸, 加藤智久 (2015) 地すべり地域における高品質ボーリング実施事例と高品質コアの品質管理への取り組みの紹介, 全地連技術フォーラム No. 2015\_113
- 脇坂安彦, 上妻睦男, 綿谷博之, 豊口佳之 (2012) : 地すべり移動体を特徴づける破砕岩—四万十帯の地すべりを例として—, 応用地質, 第52巻, 第6号, pp. 231~247
- Rasband, W. S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2012.