第Ⅲ部門　　泥岩の内部構造が一軸圧縮試験の破壊形態に与える影響

京都大学工学部　学生員　○三好　航平
愛媛大学大学院理工学研究科　正会員　安原　英明
山口大学大学院創成科学研究科　正会員　中島伸一郎
大阪大学大学院工学研究科　正会員　緒方　奨
京都大学大学院工学研究科　正会員　岸田　潔

1.　はじめに

泥岩を含む堆積岩は，堆積層が脱水作用，粒子の移動，変形による空隙の減少，粒子の溶解，再結晶などの続成作用と呼ばれる作用を受けることによって形成される．堆積岩の形成後に発生する地殻応力による変形は，堆積物の種類により変形性が異なるため，層理面に沿って割れ目が発生しやすい[1]．本研究ではX線CT撮影により内部構造を観察した泥岩に対し，一軸圧縮試験を実施し，内部構造と破壊形態の関係を考察した．

2.　実験手法

まず，直径30 mm×高さ60 mmの円柱形供試体5本（U-1~U-5 とする）に対し，寸法および質量を計測したのち，層理面の傾斜角度ξを計測した（**表-1**）．本研究で用いた傾斜角度ξは層理面と水平面および載荷軸と垂直な面の角度である．つぎに，X線CT撮影機（TOSCANER　東芝ITコントロールシステム社製)を用いCT撮影を行った．X線CT撮影で得られた画像は，光線硬化と呼ばれる現象によって**図-1**(a)に示すように周辺部のCT値が高くなっており，白く見える．この光線硬化の程度を中島ら[2]の方法を参考に，供試体の高さ方向にある全スライス(U-4の場合は1457枚)のCT値を平均化した画像において，供試体中心部からの距離とCT値の関係の多項式近似を行った．供試体は平均的には均質であると仮定すると，最小値からのCT値の増分が光線硬化によるものであると考えられる（**図-2**）ため，この部分を撮影画像から除去した（**図-1**(b)）．CT撮影を行ったのちに，一軸圧縮試験を実施した．

3.　結果と考察

まず，一軸圧縮試験の結果を**表-2**に示す．ヤング率は一軸圧縮強さの50%付近の接線勾配から算出した．つぎに，破断面に垂直で供試体中心を通る鉛直断面のCT画像に破断面のおよその位置を書き加えた画像を，U-1については**図-3**に,U-4については**図-5**(b)に示す．

表-1　供試体の情報

供試体番号	高さ [cm]	直径 [cm]	質量 [g]	密度 [g/cm^3]	ξ [deg]
U-1	5.980	3.157	127.57	2.72	66
U-2	6.004	3.156	127.35	2.71	64
U-3	5.956	3.155	125.97	2.71	63
U-4	5.995	3.150	126.43	2.71	65
U-5	6.049	3.147	127.11	2.70	65

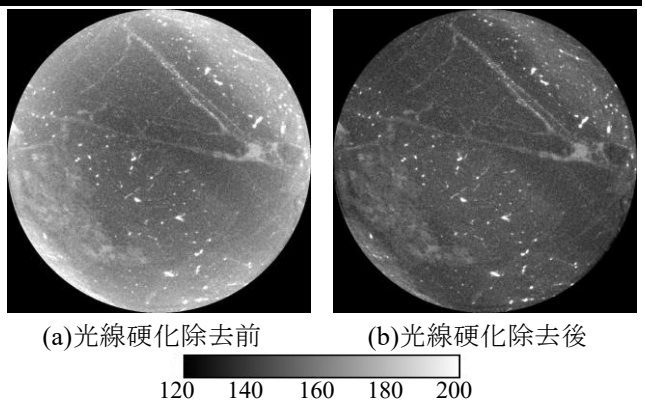


図-1　光線硬化の除去（供試体U-4）

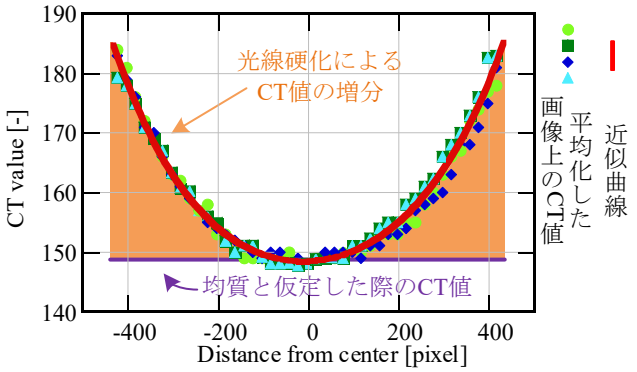


図-2　光線硬化によるCT値の増加

Kohei MIYOSHI, Hideaki YASUHARA, Shinichiro NAKASHIMA, Sho OGATA and Kiyoshi KISHIDA
miyoshi.kouhei.85r@st.kyoto-u.ac.jp

ここでは，代表例として供試体 U-1 と U-4 の破壊形態と内部構造の関係について考察する．U-1 については，**写真-1**(a)に示すように破断面は斜め方向に大きな破断面が 1 つ生じたほか，小さな方の供試体片を 2 つに分けるように小さな破断面が生じた．大きな破断面よりも小さな破断面のほうが表面の凹凸が大きくなっており，破壊の様子が異なった．小さな破断面の表面は圧裂引張試験の破断面と似たものとなっていた．大きな破断面の傾斜方位は，層理面の傾斜方位と 30°ほどのずれはあるものの，傾斜は層理面と近い傾斜に発生しており，線状の凹凸が見られた破断面に対する考察から，層理面に沿って発生したいくつかの微小な破壊がつながっていくことでこのような破断面が形成されたと考えられる．また，**図-3,4** に示すように小さな破断面は CT で撮影された密度の高い面に沿って発生しており，この面における強度がほかの部分に比べて小さいためにこのような破壊形態になったと考えられる．

比較的一軸圧縮強さが小さかった U-4 では供試体内部に層理面が他の供試体よりもよく発達しており，層理面と近い傾斜の破断面が複数確認された（**図-5**）．破断面は**図-5**(b)における密度の大きな部分と小さな部分の境界付近に多く形成されていた．破断面の傾斜方位は，U-1 と同様に層理面の傾斜方位と 30°ほどずれており，同様の過程で破断面が形成されたと考えられる．

4. おわりに

本研究では，X 線 CT 撮影で得られた内部構造と破壊形態の関係を考察した．破断面が層理面に沿って発生したいくつかの微小な破壊がつながっていくことで形成された可能性があることが分かった．また，一軸圧縮試験において，発生した小さな破断面については，CT 撮影により構造の特異性がみられた部分に沿って発生しており，内部構造が破壊の形態に影響を与えたことが分かった．内部構造において層理面がよく発達している供試体では一軸圧縮強さが小さくなった．

参考文献

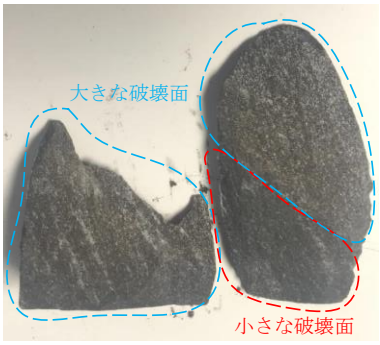
1) 古谷正和：土木技術者のための岩石・岩盤図鑑，鹿島出版会，1983.

2) 中島伸一郎，長谷川大貴，安原英明，岸田　潔：マイクロフォーカス X 線 CT による花崗岩のき裂形状および開口幅の評価：第 39 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，土木学会，2010 年 1 月，講演番号 51.

表-2　一軸圧縮試験の結果

	一軸圧縮強さ [MPa]	ヤング率 [GPa]	ポアソン比 [-]
U-1	116.51	72.49	0.18
U-2	114.16	114.27	0.03
U-3	91.10	59.16	0.14
U-4	90.15	66.53	0.17
U-5	113.06	60.04	0.10

(a)破壊の形態



(b)破断面の様子

写真-1　U-1 の 2 つの破断面

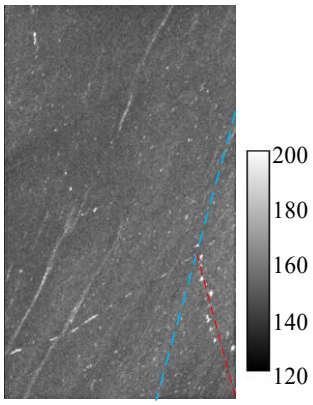


図-3　破断面のおよその位置(CT)

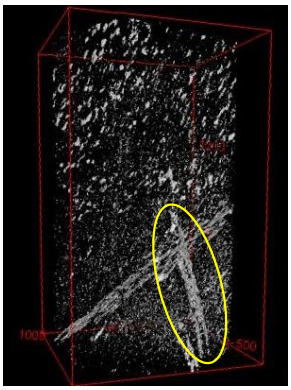
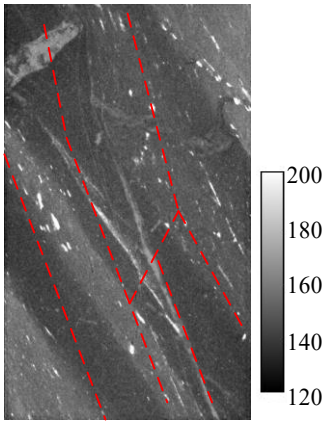


図-4　U-1 の密度の高い部分の 3D 表示(CT)

(a)供試体側面の様子



(b)破断面のおよその位置(CT)

図-5　U-4 の破壊形態と内部構造