

凝灰角礫岩内の空洞の安定解析のための岩盤物性評価について

名城大学大学院	学生会員	辻野 洋
名城大学大学院	学生会員	山本 直樹
名城大学理工学部	正会員	清水 泰弘
琉球大学工学部	正会員	渡嘉敷 直彦

1.はじめに

昨年、資源採掘跡空洞上部の陥没が発生した。この山を構成する岩盤は石垣や墓石に使われる良質の凝灰角礫岩で、数十年前まで採掘が行われてきた。この近辺の地下には現在も採掘跡空洞が存在している。また以前にもこのような陥没が発生しており、今後も陥没の危険が考えられる。推測される陥没の原因としては空洞の天盤の落盤によるものと考えられる。図-1 は空洞内を撮影したもので幅 30~40cm の帯状に続く断層破碎部が見られる。また岩盤中には採掘職人がキズと呼ぶ不連続面が存在しており、この不連続面も陥没に関係していると考えられる。本研究では、この凝灰角礫岩内の空洞をもつ地盤の数値解析等、安全性について検討することが目的である。解析手法としては落盤箇所周辺を対象とした 2 次元平面ひずみ状態の一部不連続要素を含む有限要素法による連続体解析を進める考えである。

ここでは安定解析に必要な材料特性を得るために、この凝灰角礫岩についてせん断試験など各種試験を行ったのでその試験結果について主に報告する。

2.現地調査

実施した調査は、採掘跡空洞のレーザー距離計を用いた測量と岩層上面露頭の不連続面間隔、不連続面方向、シュミットハンマー試験等を行った。また、不連続面のせん断試験や表面形状測定を行うために石膏を使用して現場の露頭より不連続面の型取りも実施した。

3.物性試験

室内試験では比重試験、X 線回析、一軸圧縮強度試験、引張強度試験、超音波試験、曲げ強度試験、AE 計測、せん断強度試験、不連続面せん断試験等を実施した。本試験に使用する供試体は、この採掘地で産出された風化および未風化の凝灰角礫岩を使用した。

一軸圧縮試験、引張試験等の強度試験に使用する供試体は岩塊を石の目の方向に対して直角方向にコアリングして直径 50mm、長さ100mm の円柱体の供試体を作成



図-1 現場地下付近の空洞内の写真

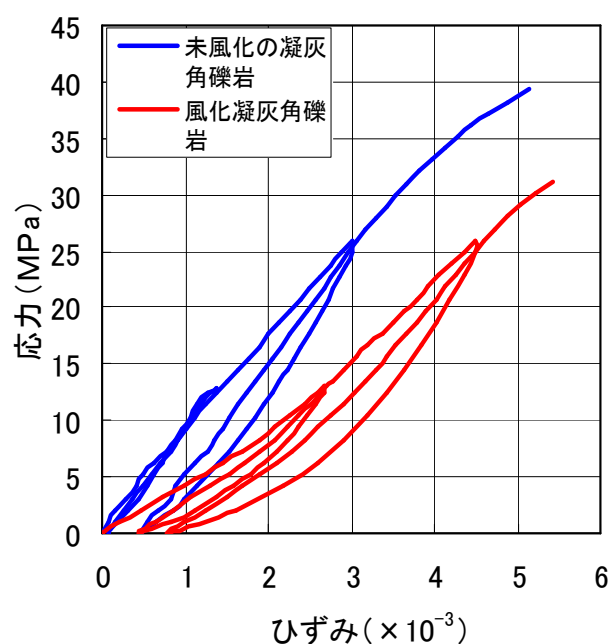


図-2 凝灰角礫岩供試体の応力-ひずみ曲

した。各種試験結果では、一軸圧縮強度 q_u は平均 33.4Mpa、引張強度 σ_t は平均 4.1Mpa、一軸圧縮試験から得た弾性係数 E は平均 7.8Gpa、ポアソン比 ν は 0.15 であった。図-2 は一軸圧縮試験結果より描かれた応力-ひずみ曲線であり、風化した岩と未風化の岩では挙動に違いがあることが分かる。また、採掘場所による物性の違いも強度試験より明らかとなった。表-2 は凝灰角礫岩の各種の試験結果を示したものである。同表には比較のため同じ凝灰岩である大谷石の物性¹⁾ も示した。これより大谷石よりは強度的に優れていることがわかる。

曲げ載荷試験は 150×150×500mm の供試体を作成し石の目に対し直角方向から二点支持、二点載荷で曲げ試験を行った。なお曲げ載荷試験を行った理由は地下空洞の天盤厚が薄く土被りによる荷重（自重）によって、曲げ破壊が発生することも考えられるためである。曲げ試験の結果、最大曲げ応力度 f_b は平均 43.57N/mm² と得られた。

せん断試験に用いる寸法は、縦100mm、横100mm、高さ 100mm の立方体である。本試験では拘束圧を 2.0Mpa、3.8Mpa、5.9Mpa、7.8Mpa、9.8Mpa の 5 通りに設定してせん断を行った。せん断試験は、一定変位まで測定を行い、せん断強度および、ダイラタンシの計測も行った。図-3、図-4 はせん断試験結果を拘束圧別にまとめたものである。図-3 では拘束圧の増加に伴うせん断応力の増加や残留応力の変化がわかる。図-4 からは拘束圧の違いによるダイラタンシの変化は一様でないと考えられる。

不連続面のせん断試験は現在実施中である。方法としては石膏を用いて現場で岩盤表面の形を取り、再度エポキシパテで何度も使用できるように型取りした。不連続面の供試体はモルタルによって作成し、拘束圧を変えてせん断試験を行う。

4.おわりに

本報告では、主に凝灰角礫岩の物性試験結果について記述した。今後は数値解析において必要となる不連続要素の物性を得るために不連続面のせん断試験や各試験より得られた材料特性を使用して岩盤空洞の数値解析を進める。

5.参考文献

- 1) 伊東孝、アイダン・オメル、赤木知之：岩石の変形と電位発生挙動に関する研究、岩盤力学に関するシンポジウム論文集、第 33 回、土木学会、pp223-227, 2004.1

表-2 凝灰角礫岩の諸物性¹⁾

物性	単位	大谷石	未風化	風化
単位堆積重量	g/cm ³	1.79	1.99	1.94
一軸圧縮強度	Mpa	25	38.4	31.7
引張強度	Mpa	1	4.2	3.9
粘着力	Mpa	3.4	8.68	
内部摩擦角	°	18	40	
弾性係数	Gpa	2.2	7.8	3.6
ポアソン比		0.2	0.15	0.19
曲げ応力度	N/mm ²		43.6	

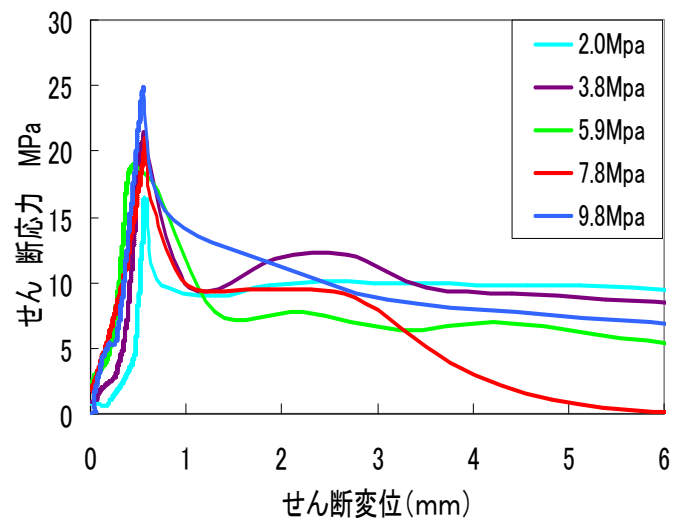


図-3 未風化凝灰角礫岩のせん断変位-せん断応力図

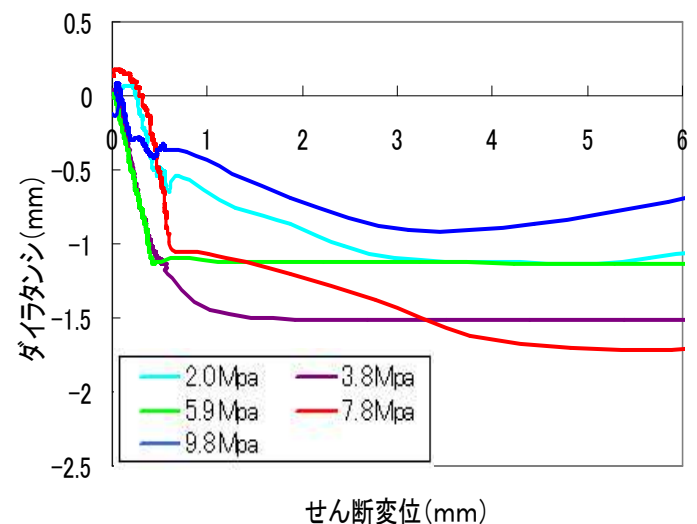


図-4 未風化凝灰角礫岩のダイラタンシ拘束圧別比較