

那須工業高校 正員 ○大内 英二
 宇都宮大学 正員 横山 幸満
 “ 正員 日下部 治

1. はじめに

栃木県宇都宮市大谷町一帯で採石される大谷石（流紋岩質緑色凝灰岩）に関する研究は、足ら^らや遠藤、田中^らによってかなり詳しく行なわれてきた。しかしながら、その採石跡空洞の安全性を考えた場合に、用いた試料が原位置の状態を再現しているか、という点で不明瞭なところがある。そこで、本研究においては原位置の状態の再現に重点をおき、土質力学の分野で堆積軟岩に属する大谷石の力学的特性を明らかにすることにした。

2. 試料

一連の試験に用いた試料は、地上から約80 mの深さで採石された大谷石である。保存方法は乾燥による風化作用のために力学的挙動が変化することのないように、採取後室内試験を行なうまで終始浸水状態にした。物理的試験として比重試験の他にJIS A 5003（石材）に準拠して見掛け比重試験・吸水率試験も行なった。物理的諸量は表-1の通りである。

表-1 大谷石の物理的諸量

湿潤密度 γ_s (tf/m ³)	1.87
乾燥密度 γ_d (tf/m ³)	1.50
含水比 w (%)	25.50
土粒子比重 G_s	2.45
間隙比 e	0.62
間隙率 n (%)	38.27
見掛け比重	1.50
吸水率 (%)	18.06

3. 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験は、供試体寸法が①円柱 ($\phi=10\text{cm}$, $h=20\text{cm}$)、②円柱 ($\phi=7.5\text{cm}$, $h=15\text{cm}$)、③直方体 ($10 \times 10 \times 20\text{cm}$) の3通りについて、ひずみ制御 (0.4mm/min) で行なった。①については終始浸水させた状態と一度乾燥炉で強制乾燥させた後再び浸水させた状態との比較を行なった。②については、堆積面（厳密には水平面）からの切り出し角 $\beta=0^\circ$ （鉛直）、 60° および 90° （水平）の方向で供試体を作り強度異方性を調べた。③については、見掛け比重試験・吸水率試験に用いた試料で、一度乾燥炉で強制乾燥させた後再び浸水させたものを用いた。なお、①、②については、 $W/C=30\%$ の早強セメントで供試体両端面にキャッピングをしてから載荷した。

4. 圧裂（引張り）試験

JIS A 1113 コンクリートの引張り強さ試験法を終始浸水の状態の大谷石に適用した。供試体寸法は直径 15cm 、長さ 20cm とし、応力制御 ($4.0\text{kgf/cm}^2/\text{min}$) で行なった。

5. 三軸圧縮試験 (CU)

供試体が円柱 ($\phi=5\text{cm}$, $h=10\text{cm}$) である終始浸水の状態の大谷石を用いた。拘束圧は 2.0 、 4.0 、 7.0kgf/cm^2 の3通り、バックプレッシャーは 3.0kgf/cm^2 で、ひずみ制御 ($0.4\%/min$) による圧密非排水三軸圧縮試験を行なった。また、間隙水圧も同時に測定した。

6. 実験結果および考察

吸水率と時間との関係を図-1に示す。48時間後（JIS規格による）をみると試験前の含水量の80 %しか吸水していないことが分かる。従ってこの試料を用いて圧縮試験を行なった一軸圧縮強度を現位置の強度と見なすことは注意が必要である。また、大谷石は含水比が比較的高いことから、土質材料と同様に強度特性が間隙水の挙動に大きく影響を受けることが予想される。

一軸圧縮試験による応力-ひずみの関係を図-2、図-3に示す。浸水状態で保存した大谷石の一軸圧縮強度 q_{uw} に比べ一度強制乾燥させた後再び浸水した大谷石の q_{ud} が50 % ほど低下することが明らかになった。また、強度異方性は、鉛直方向 ($\beta=0^\circ$) が最も強度があり、 60° 、 90° が若干低いが、この試験結果のみでは、明らかに強度異方性があるとは言いがたい。

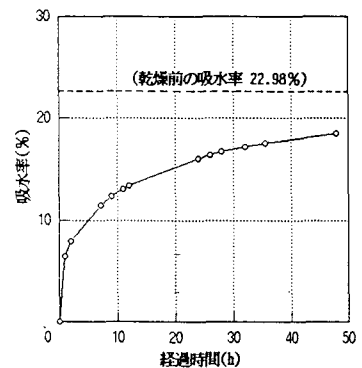


図-1 吸水率と経過時間との関係

圧裂試験より得られた引張り強度 σ_t は q_{uw} の1/10程度であるから、圧裂試験を引張り試験の代用とするのは有用である。試験結果を表-2にまとめて示す。

三軸圧縮試験(CU)による主応力差と軸ひずみ、間隙水圧と軸ひずみの関係、有効応力経路を図-4、図-5、図-6に示す。低拘束圧のもとでは、最大主応力差の手前で間隙水圧が減少していることから、せん断に伴うダイレイタンスが圧縮から膨張に変化していることが分かる。ピークに至るまでは、直線的な挙動を示しピーク以降は次第に残留応力状態に入ることが分かる。残留応力下では、間隙水圧も一定値に収束している。また、有効応力経路の形状は、過圧密土のそれに類似している。

7. まとめ

通常の岩石より比較的含水比が高いことや、破壊に至る過程で間隙水の影響を受けることから、土質力学の対象となる土と同様な評価方法で大谷石（堆積軟岩）を扱うことができる。材料（石材）としてのJISの試験方法で原位置における大谷石の力学的挙動を論じる時には含水比の差についての注意が必要である。

以上のことから大谷石は岩石学的アプローチの他に多孔隙堆積軟岩として土質力学のアプローチも有用であることが分かった。今後、さらに高拘束圧下の三軸圧縮試験を行なうことにより、原位置の応力状態での力学的特性を知ることが望まれる。

一参考文献一

- 1) 足立、小川; 堆積軟岩の力学特性と破壊基準、土木学会論文報告集 第295号、pp.51-63, 1980.
- 2) 遠藤、田中ら; 大谷石の採掘基準設定のための基礎的研究(早稲田大学理工学研究所受託研究報告書 第1, 2, 3号 1972.4~75.3)

表-2 一軸圧縮、圧裂試験結果

一軸圧縮強度 q_{uw} (kgf/cm ²) (水中保存)	135.00 〔0.078〕
一軸圧縮強度 q_{ud} (kgf/cm ²) (強制乾燥後水中保存)	59.08 〔0.106〕
引張り強度 σ_t (kgf/cm ²)	11.01 〔0.046〕
割線弾性係数 E_{so} ($\times 10^4$ kgf/cm ²) (水中保存)	2.15 〔0.172〕
割線弾性係数 E_{so} ($\times 10^4$ kgf/cm ²) (強制乾燥後水中保存)	0.86 〔0.106〕

〔 〕内は変動係数を示す

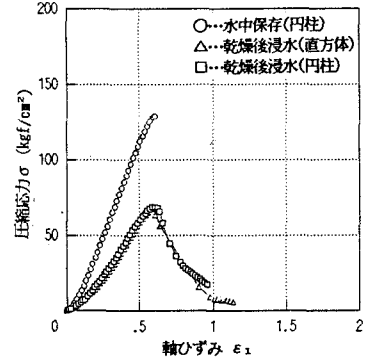


図-2 保存状態の違いによる
応力とひずみの関係

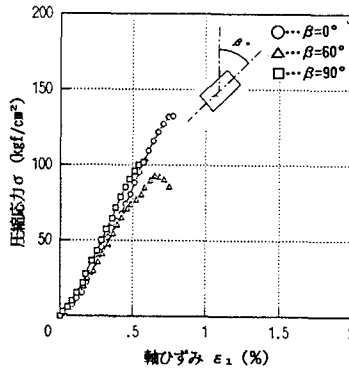


図-3 切り出し角 β の違い
による応力とひずみの関係

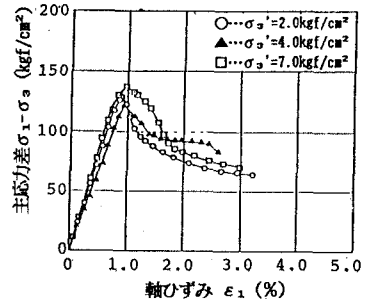


図-4 主応力差と軸ひずみの関係

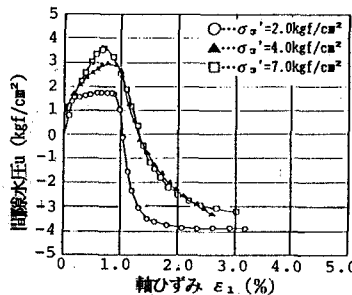


図-5 間隙水圧と軸ひずみの関係

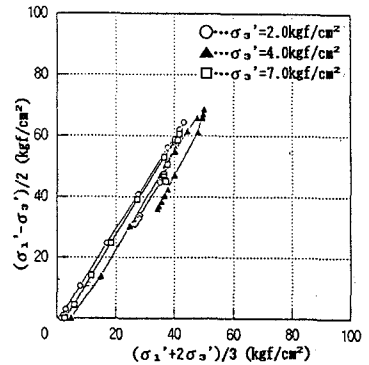


図-6 有効応力経路