

凝灰岩（船生石）の水圧破碎実験について

京都大学工学部 正員 大西有三
滋賀県 〇西川政一

1. まえがき

水圧破碎法とは、地盤内の初期地圧を測定する方法とし、従来から一般的によく用いられてきた応力解放法、応力再現法の欠点を補う方法として提示されている。この方法は、調査孔壁面が水圧によって引張破壊する際の応力のつりあいから初期地圧を逆算するものである。この現場での測定法を室内実験として標準的な三軸セルに取り入れ実験を行った結果を報告する。本実験に用いた試料は凝灰岩の一種の船生石で、その物理諸量を表-1に示す。供試体は外径5cm、内径1cm、高さ9cmの中空円筒形である。

Dry density	rd = 1.373 g/cm ³
Wet density	rt = 2.157 g/cm ³
Void ratio	e = 0.406
Porosity	n = 28.9 %
Degree of saturation	sr = 95.0 ~ 100.0 %
Water content	W = 15.3 %
Specific gravity	Gs = 2.649

表-1 船生石の物理諸量

2. 実験方法

実験装置の三軸セルを図-1に示す。内圧測定は上部ヤズスタルから底板ヘッソフレックスチューブをのばし、ひずみゲージタイプの間隙水圧計を用いX-Yレコーダーに記録して行く。漏水防止のため供試体とヤズスタルは接着剤で密着した。実験方法は、軸圧(σ_v)、側圧(σ_r)、背圧(B.P)と載荷後、内圧(P_i)が背圧より大きい状態で供試体を飽和させるため、12時間以上放置し排水量が安定した後ニードルバルブを調節し内圧上昇率を一定に保ち内圧上昇率を上昇させて行くと同時に1分毎に排水量を計測し内圧が破壊水圧(Breakdown Pressure)に達したらニードルバルブを閉め内圧水の供給を止める。本実験では、既知として与えられる軸圧、側圧と内圧上昇率との関係から破壊水圧を求め、それぞれの既知応力との関係を調べるため次の三つのケースを考え実験を行った。

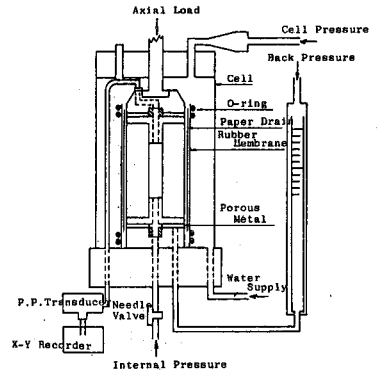


図-1 実験装置の三軸セル詳細図

Sample No.	Pressurization Rate (kgf/cm ²)/min	Breakdown Pressure kgf/cm ²	Degree of Penetration	Result
R-1	0.05	7.37	1.00	Vertical
R-2	0.1	7.40	1.00	Vertical
R-3	0.2	8.00	0.75	Both
R-4	0.3	7.77	0.84	Vertical
R-5	0.4	9.40	0.31	Vertical
R-6	0.5	9.00	0.42	Vertical
R-7	0.6	8.45	0.59	Vertical
R-8	0.7	8.29	0.65	Vertical
R-9	0.8	9.10	0.39	Vertical
R-10	0.9	7.03	-	Vertical
R-11	1.0	9.30	0.33	Vertical
R-12	2.0	10.20	0.12	Vertical

表-2

- 1). 軸圧と側圧を固定し、内圧上昇率を変化させる。
- 2). 軸圧と内圧上昇率を固定し、側圧を変化させる。
- 3). 側圧と内圧上昇率を固定し、軸圧を変化させる。

その他、破壊した供試体の破壊方向を調べ、水圧破碎引張強度 σ'_b と σ'_r との関係、排水量を計測し透水係数(α)を求め各応力との関係を調べた。

3. 実験結果

本実験で用いた透水性軟岩では、内圧上昇率がかなり大きい場合でも浸透現象が起り供試体内の間隙水圧の分布に時間的遅れが生ずるものと考えられる。この透水性の度合を表わす目安として「 α 」なるパラメータを導入し、これを「水の浸入係数」と呼んだ。供試体を弾性体と仮定し、中空円筒の軸対称として円孔壁での σ'_b と軸方向への応力として σ'_v を「境界面での補正係数」 β を用いて次式により求めることができる。

$$\sigma'_b = 2.083 \sigma'_r - 1.083 P'_i - 0.5678 \cdot \alpha \cdot P'_i \quad (\sigma'_r = \sigma_r - B.P \quad P'_i = P_i - B.P)$$

OHNISHI, YUZO NISHIKAWA, MASAKAZU

$$\sigma_v' = \sigma_v - \alpha \cdot P_i - \beta \cdot P_c'$$

軸圧を $1.0 \frac{(kgf/cm^2)}{min}$ に側圧を $1.5 \frac{kgf}{cm^2}$ に固定し、内圧上昇率を $0.05 \sim 2.0 \frac{(kgf/cm^2)}{min}$ の範囲で12段階変化させ実験した結果を表-2に示す。内圧上昇率が増すと破壊水圧も上昇する。しかし、本実験では前述のとおり透水軟岩であるため内圧水が供試体内へ浸透し、低い内圧上昇率のときには定常浸透状態と考えられるが、高い内圧上昇率の場合は非定常浸透となり、得られた破壊水圧をそのまま用いると過大評価する危険性がある。そこで α を内

圧上昇率 $0.1 \frac{(kgf/cm^2)}{min}$ の定常浸透状態で $\alpha = 1$ とし非定常浸透状態の α を求めると表-2のようになる。これを片対数紙上に内圧上昇率と α の関係を図-2に示す。この図から、内圧上昇率が上昇すると α が減少することがわかる。つまり、内圧上昇率 $0.1 \frac{(kgf/cm^2)}{min}$ 以下では $\alpha = 1$ 、 $0.1 \sim 3.0 \frac{(kgf/cm^2)}{min}$ では $1 < \alpha < 0$ となり、これ以上では $\alpha = 0$ となる。軸圧を $3.0 \frac{kgf}{cm^2}$ と $5.0 \frac{kgf}{cm^2}$ 、内圧上昇率を $0.1 \frac{(kgf/cm^2)}{min}$ に固定し側圧を $2.0 \sim 9.0 \frac{kgf}{cm^2}$ の範囲で5段階の実験をした結果を

図-3に示す。さらに側圧を $1.5 \frac{kgf}{cm^2}$ と内圧上昇率を $0.1 \frac{(kgf/cm^2)}{min}$ に固定し、軸圧を $1.0 \sim 10.0 \frac{kgf}{cm^2}$ の範囲で6段階実験した結果を図-4に示す。この2つの実験結果から破壊水圧は側圧の変化による影響を受けることがわかる。それぞれの実験の毎分時の排水量から、内圧上昇との関係を透水係数で片対数紙上に表わすと

図-5、図-6のようになる。この図は内圧上昇率と側圧変化させた場合の内圧と透水係数($\log k$)を示している。このことから、破壊時が近づくと曲線勾配が上昇して行くのがわかる。このことは実験中に透水状況を観測してゆけば破壊時の予想が可能であることを示している。破壊面のキ裂方向は表-2に示している。境界面での補正係数 β については、供試体番号R-2で面方破壊しているので、この結果すなわち、 $\sigma_v' = \sigma_v$ と考えられるため β を逆算し本実験固有の値 $\beta = 0.4881$ を求めることができる。

参考文献

- 1). 赤井港一 下面有三八島厚；透水軟岩の水圧破壊に関する実験的研究 日本材料学会誌 材料別冊オ31巻オ342号 P295~301 (1982)
- 2). 上田厚；透水軟岩の水圧破壊に関する室内実験について 京都大学工学部卒業論文 (1981)
- 3). ハ島厚；軟岩の水圧破壊と透水係数の応力依存性についての実験的研究 京都大学工学部卒業論文 (1980)

$$(\sigma_v' = \sigma_v - \beta \cdot P)$$

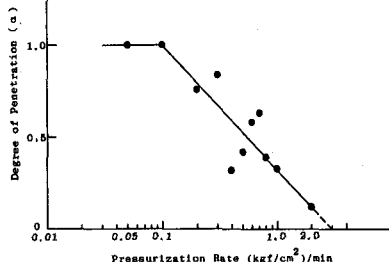


図-2 内圧上昇率と水の浸入係数(α)の関係

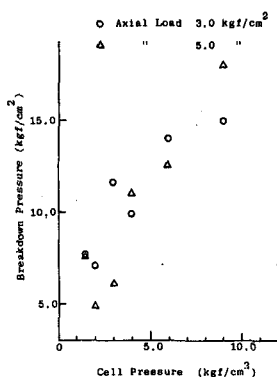


図-3 側圧と破壊水圧の関係

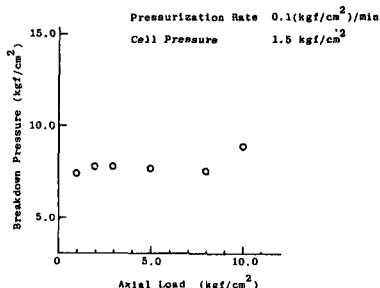


図-4 軸圧と破壊水圧の関係

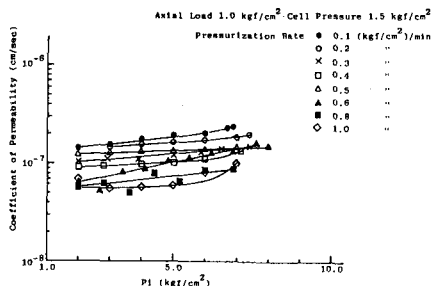


図-5 内圧と透水係数の関係

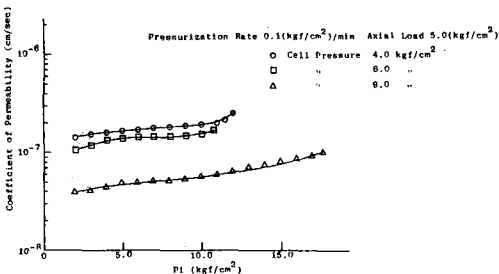


図-6 内圧と透水係数の関係