

亀裂の発生と変形を伴う岩石の透水特性

埼玉大学 学生会員 ○遠藤 孝志

埼玉大学 正会員 山辺 正

埼玉大学 正会員 長田 昌彦

1. 目的

近年，放射性廃棄物の地層処分など地下空間の積極的な利用が具体化しつつあり，岩盤の力学的・水理学的性質を把握することが重要な課題となっている．その際，トンネルや坑道掘削後の応力解放に伴い掘削影響領域(EDZ)が形成され，亀裂の発生や開口などを伴う地盤のゆるみ現象や透水性の増大などが発生する可能性もあり，それらを的確に評価することは緊急の課題である．また，岩盤の安定性を論ずる上で力学的特性と透水現象は相互に密接な関係を有している．本研究では，一軸圧縮試験，圧裂試験により基本的な力学的特性を把握し，定水圧岩石透水試験により透水特性について検討する．これらをもとに応力-変形-透水の関係を連成問題として評価することを目的とした．

2. 一軸圧縮試験

田下凝灰岩，軽石凝灰岩，珪藻泥岩を用いて，一軸圧縮試験を実施した．試験に用いた岩石の主な物性値を表-1に示す．具体的な一軸圧縮試験にあたっては，供試体のほぼ中央に圧裂引張面(non-mating)を持つもの，岩石カッターによる sawcut 面を持つもの，および亀裂面を持たない3種類の供試体を用意し，それぞれ載荷速度 0.05mm/min で垂直応力—垂直変位関係を計測する．

計測した亀裂面の垂直応力—垂直変位関係が図-1となる．ここで亀裂面の垂直変位とは，亀裂面を持つ供試体の垂直変位から同一応力下での亀裂面を持たない供試体の垂直変位を引いたものとする．実験結果により，亀裂面の垂直変位は，初期の垂直応力下では大きく増加するが，応力の増大とともに変位増分は減少し最終的に収束する．これは亀裂の閉塞量が可能閉塞量に近づいたためだと考えられる．この傾向は図-1において実線で示す Bandis(1983)の

双曲線関数式-1を用いると精度よく表すことができる．ここで， δ は変位， σ は応力， a, b は実験的に決定される係数である．応力 σ が増大するとき，変位 δ は亀裂部の初期開口幅 a/b に収束する．

$$\delta = \frac{a\sigma}{b\sigma + 1} \quad \text{式-1}$$

表-1 物性値

岩石 \ 物性	間隙率 %	一軸強度 MPa	圧裂強度 MPa	ヤング率 MPa
田下凝灰岩	33	7.3	0.6	1300
軽石凝灰岩	58	2.0	0.2	390
珪藻泥岩	72	1.8	0.2	139

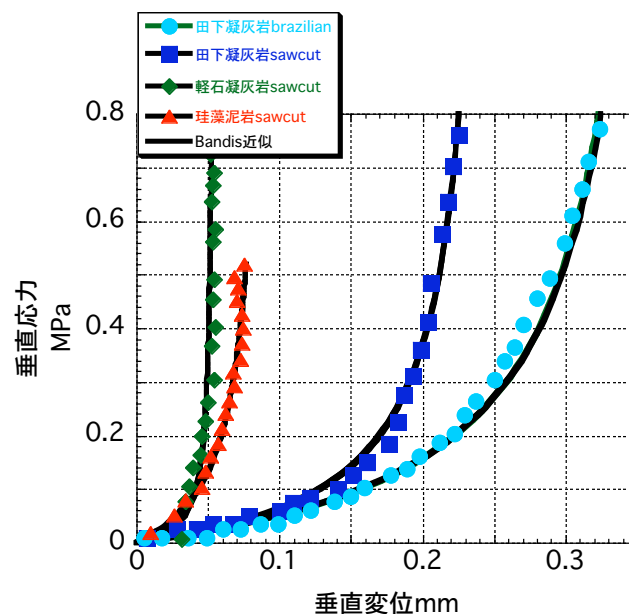


図-1 垂直応力—垂直変位

3. 定水圧岩石透水試験

三軸圧縮試験装置を用いて田下凝灰岩，珪藻泥岩において定水圧岩石透水試験を実施した．供試体には，圧裂引張面(mating)を持つもの，sawcut 面を持つものおよび亀裂を持たない供試体を準備した．透

キーワード 軟岩，亀裂性岩石，透水特性，応力依存性，
連絡先

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL048-858-3544

水压を 0.03MPa に固定し、拘束圧を徐々に増加させ各拘束圧で透水量を 30～60 分計測し透水係数を算出した。圧裂引張面(mating)を持つものを以後の図中では brazilian と表した。ダルシーの法則に則り断面を一樣に浸透すると仮定し透水係数を算出した。田下凝灰岩、珪藻泥岩の結果をそれぞれ図-2、図-3 に示す。ただし、田下凝灰岩の亀裂を持たない intact については文献を参考にした。どちらの岩石においても、亀裂を持つ場合には亀裂面が圧裂引張面(mating), sawcut 面に関わらず拘束圧の増加に伴う透水係数の減少が見て取れた。さらに、圧裂引張面(mating)を持つ供試体の方が拘束圧の増加に伴う透水係数の減少がより顕著に表れていることも分かる。一般的に拘束圧が上昇すると間隙が減少し透水係数も下がると考えられるが亀裂性岩石の透水の場合、拘束圧による亀裂部の閉塞が基質部の間隙の減少より大きく影響すると考えられる。ここで、亀裂性岩石の透水は主に亀裂部に集中すると考えられるので、供試体の全断面を一樣に浸透するという仮定は正しくなく巨視的なダルシー則を単純に適用することは好ましいとは言えない。つまり、亀裂部の閉塞を考慮した透水係数の推定として、一軸圧縮試験により求めた Bandis の式を利用して応力に依存する亀裂幅を求め、亀裂部断面を長方形と仮定し亀裂部の透水係数を求めた。田下凝灰岩、珪藻泥岩の結果をそれぞれ図-4、図-5 に示す。

これらの結果より、田下凝灰岩、珪藻泥岩ともに sawcut 面を持つ供試体については、亀裂部透水係数には減少がみられないことから、拘束圧の増大に伴う亀裂部の減少により透水量は減少するが、抵抗則としての透水係数はほぼ一定であると考えられる。一方、圧裂引張面(mating)を持つ供試体では、田下凝灰岩と珪藻泥岩の両方で拘束圧の増大に伴う亀裂部透水係数の減少がみてとれた。

4. まとめ

亀裂性岩石の透水特性は亀裂の状態に大きく影響を受ける。そのため基質部に対して大きな変形をおよぼす応力に達さなくとも亀裂に影響を及ぼす応力下では透水特性は大きく変化する。これらの傾向は自然の亀裂を対象にして透水係数の応力依存性を検討した Bernaix(1969)や Pratt(1977)らの研究成果と同様の傾向といえる。

5. 参考文献

- 1) S. C. Bandis, A. C. Lumsden, N. R. Barton: Fundamentals of Rock Joint Deformation, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 20, No. 6, pp. 249-268, 1983.
- 2) J. Bernaix: New Laboratory Methods of Studying The Mechanical Properties of Rocks, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Vol. 6, pp. 43-90, 1969.
- 3) H. R. Pratt, H. S. Swolfs, W. F. Brace, A. D. Black, J. W. Handin, : Elastic and Transport Properties of an In Situ Jointed Granite, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 14, pp. 35-45, 1977.

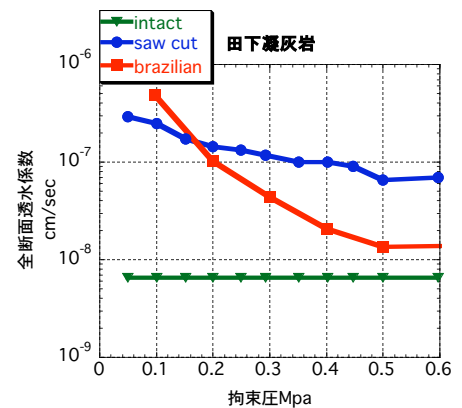


図-2 全断面透水係数（田下凝灰岩）

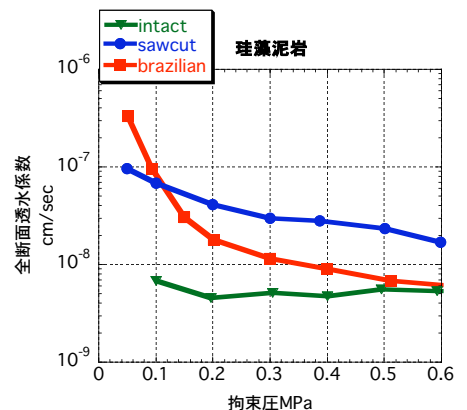


図-3 全断面透水係数（珪藻泥岩）

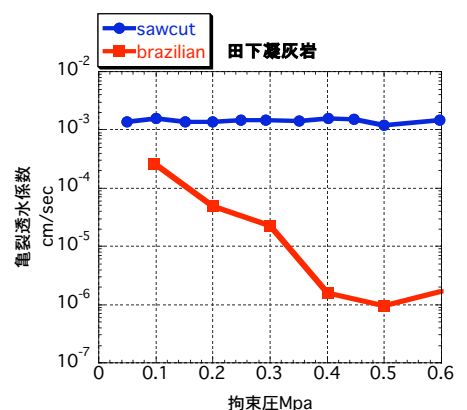


図-4 亀裂部透水係数（田下凝灰岩）

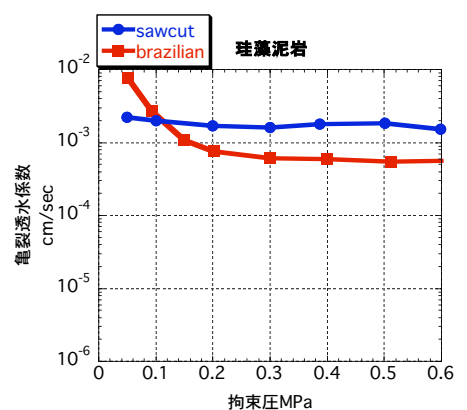


図-5 亀裂部透水係数（珪藻泥岩）