

Ⅲ-A318

岩盤亀裂の不規則性を考慮した圧縮空気貯蔵施設の漏気性解析

神戸大学工学部

正会員 齋藤 雅彦

神戸大学都市安全研究センター

正会員 川谷 健

1. はじめに

岩盤内に高压空気を貯蔵するとき、適切な漏気対策を施す上で、空気と地下水の挙動を把握することが必要となるが、そのための数値解析手法はこれまでにいくつか提案されている。^{1), 2)}

岩盤内における空気や水の流れを解析する場合、岩盤は多孔質媒体として取り扱われることが多い。一方で、実際には岩盤内の流れは亀裂性状に大きく左右され、多孔質媒体内の流れとは異なる流況を示すことも確認されている。³⁾

本研究では、大規模な亀裂や破碎帯等が不規則に存在する岩盤内に設置された圧縮空気貯蔵施設の漏気性を、1次元および2次元の気液2相流有限要素解析により検討した。

2. 解析手法

図-1に示すように、一定の透過度を持つ2次元面内に透過度の大きい亀裂が存在する場合、異方性を持つ等価な透水・透気テンソルを与えることによって、均質な多孔質媒体として取り扱うことができる。ただし、その場合は亀裂内の局所的な流れを考慮することができない。そこで本研究では、有限要素解析の際に、亀裂を1次元要素と考え、等方性・均質の2次元要素に亀裂を表す1次元要素を加えることによって亀裂内の局所的な流れを評価した。

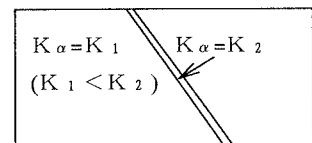


図-1 2次元面内の亀裂

3. 解析条件

解析領域は、(X = 1800m) × (Z = 600m) の鉛直面内で、初期の地下水面は地表面 (Z = 600m) とする。地下空洞は、幅 20m × 高さ 25m で、下端は地表面下 400m である (図-2)。境界条件は、X = 0.0m および X = 1800m で静水圧、Z = 600m (地表面) で大気圧 (= 0.1 MPa)、Z = 0.0m で不透気かつ不透水性、空洞内は空気圧 (= 4.02 MPa ≒ 410 m · H₂O) とした。

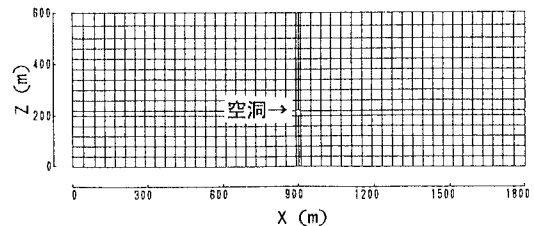
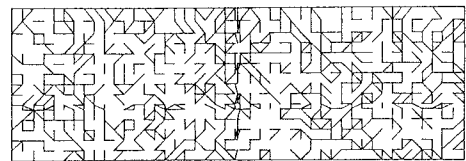
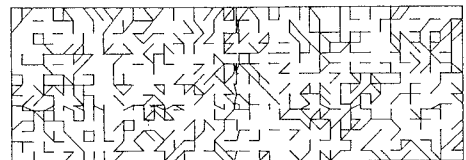


図-2 解析領域

地盤の透過度は、等方性均質と見なした岩盤内に、乱数を用いて一定の開口幅を持つ透過度の大きい亀裂を不規則に分布させる。Case-1 ではこれら亀裂を含む概ね等価な透過度を持つ均質な媒体とし、Case-2 および Case-3 は、亀裂を1次元要素として取り扱った。また、Case-2 と Case-3 では亀裂密度が異なっている (図-3)。



(a) Case-2



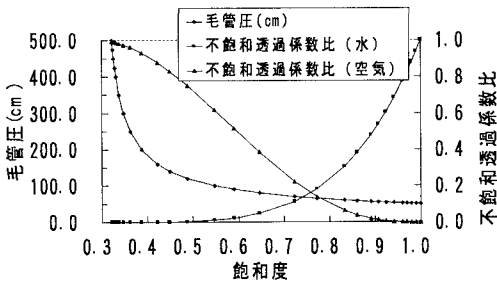
(b) Case-3

図-3 亀裂分布

地盤の水分特性曲線 (図-4) は、Brooks & Corey 式で与え、その他の物性値は表-1に示す。

キーワード：圧縮空気貯蔵、二相流解析、岩盤亀裂系、漏気、有限要素法

〒657-0013 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL: 078-803-1233 FAX: 078-803-1234


図-4 水分特性曲線 ($\lambda=1.5$, $S_r=0.3$)

4. 解析結果と考察

図-5に、単位時間あたりの漏気量（空洞から岩盤内に侵入する量）の時間変化、図-6に4000日後の飽和度分布を示す。

図-5より、初期の段階では、亀裂密度の小さいCase-3の漏気量が最も大きく、Case-1が最も小さい。しかし、最終的にはこの関係が逆転し、Case-1が最大となり、Case-3が最小となった。これは、亀裂密度が小さい場合、各亀裂間の連結性が悪く、限られた亀裂内に空気が集中するため、最も早く地表面に到達するが、逆にCase-1では、空気の流れが均等に拡散するため地表面に達する時間が遅れるためと考えられる。

また、図-6より、Case-1ではおもに地下水面の上部の飽和度が大きく低下し、概ね連続的に変化しているのに対して、その他のケースでは局所的に飽和領域が現れている。このような飽和度の分布は、空気が透過性の高い亀裂内を選択して流れる状態を表しているものとおもわれる。

5. おわりに

本研究により得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 有限要素解析を実施する際に、亀裂系を1次元要素と見なすことによって、亀裂内の局所的な流れを表現することが可能。
- 2) 貯蔵開始後の初期の段階では、岩盤を均質な多孔質媒体と見なした場合、漏気量を過小に評価する可能性がある。

表-1 物性値

	Case-1	Case-2,3
間隙率	0.4	0.4
固有透過度（2次元）(m^2)	2.25×10^{-14}	1.00×10^{-14}
固有透過度（1次元）(m^2)	—	5.00×10^{-12}
水の粘性係数 ($\text{MPa} \cdot \text{s}$)	1.15×10^{-9}	1.15×10^{-9}
空気の粘性係数 ($\text{MPa} \cdot \text{s}$)	1.80×10^{-11}	1.80×10^{-11}
亀裂開口幅 (m)	—	0.1

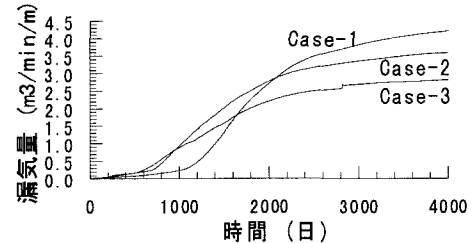


図-5 単位時間あたりの漏気量の時間変化

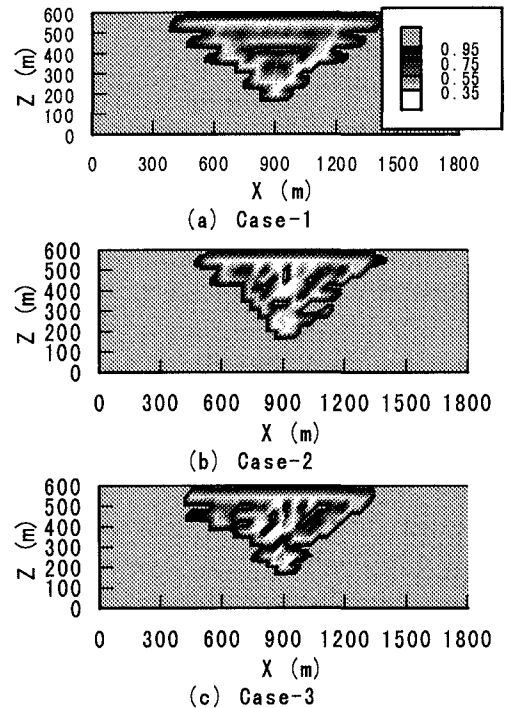


図-6 飽和度の分布（4000日経過後）

参考文献

- 1) Meiri, D. :Two-phase flow simulation of air storage in an aquifer, Water Resources Research, Vol.17, No.5, pp.1360-1366, 1981.
- 2) 中川, 駒田, 宮下, 村田: 岩盤内圧縮空気貯蔵空洞からの漏気防止条件, 土木学会論文集, 第370号/Ⅲ-5, pp.233-241, 1986.
- 3) 川谷, 久保, 高本: 岩盤亀裂系への高圧空気侵入と裂か水流動の数値解析的研究, 水工学論文集, 第39巻, pp.311-316, 1995.