

神戸大学大学院

学生員 ○岡野 誠二

神戸大学都市安全研究センター

正会員 川谷 健

神戸大学都市安全研究センター

正会員 齋藤 雅彦

1. はじめに

圧縮空気エネルギー貯蔵などの高圧ガス貯蔵が地下空洞を貯槽として実用化されようとしている。貯槽の気密性を地下水による水封方式で確保しようとする場合、我が国では地層構造が複雑なため、まず不均質地盤での気体侵入過程や水封効果を十分に把握する必要がある。その手段として数値シミュレーションは有効なものの一つと考えられるが、従来のシミュレーションは地盤が均質な場合を対象に実行されてきた。本研究では、地盤の不均質性をシミュレーションに導入する手法を検討したうえで、空気侵入過程を調べた。

2. 解析条件

解析対象の地盤モデルを図-1 に示す。底面中央に 1.8m の空気注入孔を設け、そこから飽和地盤中に一定圧 88.3kPa (=9.0m.H₂O) で空気を圧入する。地盤の不均質性は、固有透過度と不飽和浸透特性を考慮する。透過度の空間分布は齋藤ら¹⁾の手法を用いて与えた。不飽和浸透特性については、透過度の大小に関わらず全域で同一とした場合(Case-1)と、透過度と関係づけて不均質にした場合(Case-2)を設定し、両者の結果を比較、検討した。不飽和浸透特性は van Genuchten の式で与えた。このとき、有効飽和度を S_e 、毛管圧を

p_c とすると $S_e(p_c) = \left\{ 1 + (\alpha \cdot p_c)^n \right\}^{-m}$ である。ここに、 α, m, n : VG-パラメータである。

不飽和浸透特性が一定の場合(Case-1)は $\alpha = 0.075$ (1/kPa) とし、不均質な場合(Case-2)は $\alpha = 0.0375 \sim 0.15$ (1/kPa) の範囲で、 α の対数値が固有透過度(k)の対数値に比例するとした。いずれの場合も、 $n = 4$ 、 $m = 3/4$ とした。図-2 に、不飽和浸透特性を示す。図中、 k_{ra} と k_{rw} はそれぞれ相対透気係数と相対透水係数であり、 $\alpha_c = 0.075$ 、 $\alpha_{\min} = 0.0375$ 、 $\alpha_{\max} = 0.15$ である。

3. 解析結果

図-3 に、固有透過度の分布を示す。この図で、断面 A は固有透過度が比較的大きい断面、断面 B は小さい断面である。図-4 に、Case-1 と Case-2 の、空気侵入開始後 100 日目の、断面 A と B での飽和度、相対透気係数および不飽和透気係数の分布を示す。B 断面では、固有透過度の小さい領域 ($z = 4.8$ m 付近) で、Case-1 の飽和度の低下が著しく、したがって、そこでの相対透気係数は大きく、Case-2 の約 4 倍となっている。これと比べて、A 断面での飽和度の低下は、Case-1 であっても、それほど小さくなく、相対透気係数の分布幅も小さい。しかし詳細に調べると、Case-1 では、固有透過度が小さいほどそこでの飽和度が低くなり、したがって相対透気係数が大きくなっている傾向が認められた。このため、Case-1 では、不飽和透気係数の不均質性は固有透過度のそれより低くなり、地盤の不均質性がシミュレーションに適切に反映されない結果となった。これは、Case-1 では、一般に固有透過度の低い土は保水性が高いという事実が導入されていないためと考えられる。一方、固有透過度と保水性（不飽和特性）を関連づけた Case-2 では、不飽和透気係数にも固有透過度の不均質性が反映され、定性的には妥当な結果が得られた。

4. おわりに

不均質地盤への空気侵入の数値シミュレーションを行うにあたっては、固有透過度のみの不均質性を導入するのではなく、不飽和特性についても固有透過度と保水性（不飽和特性）を関連づけることで、その不均質性を導入することが必要である。今後、固有透過度と保水性の定量的な関連づけが必要と考えられる。

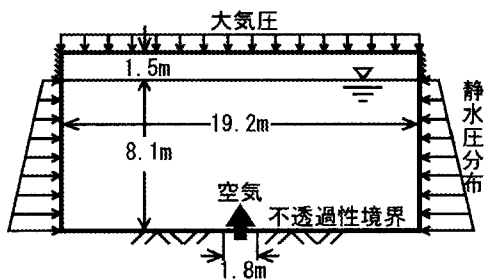


図-1 地盤モデル

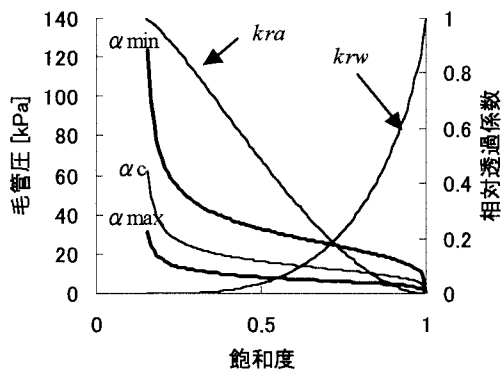


図-2 水分特性曲線

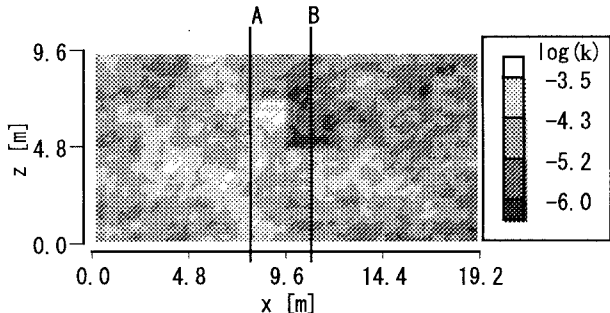
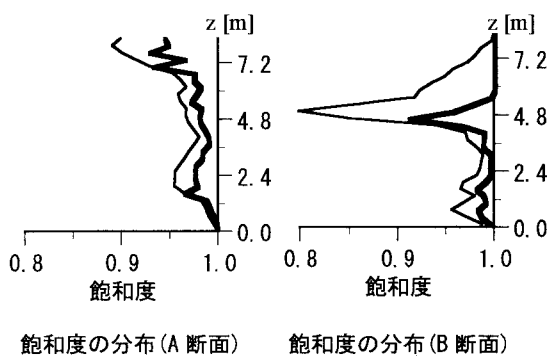
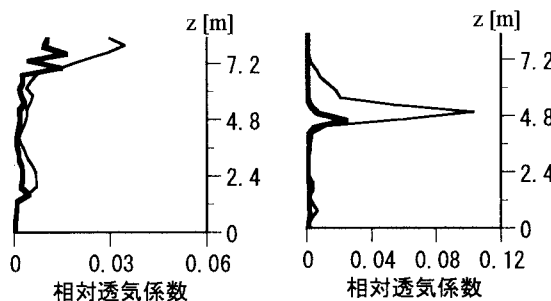


図-3 固有透過度の分布 (飽和透水係数に換算)



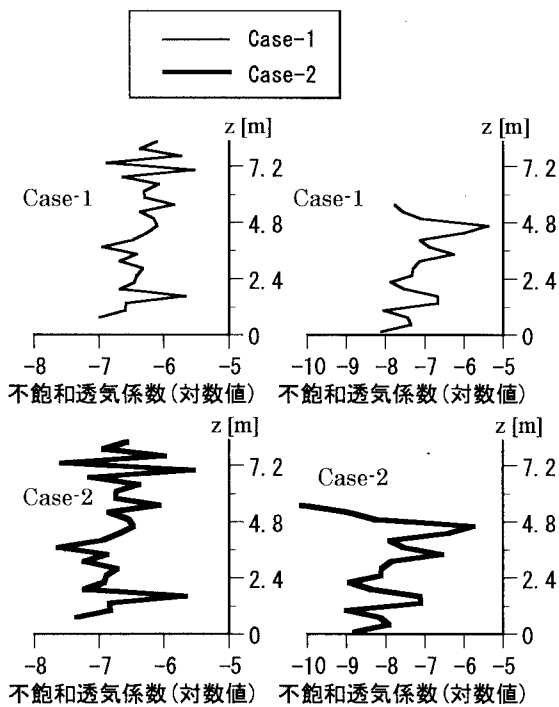
飽和度の分布 (A 断面)

飽和度の分布 (B 断面)



k_{ra} の分布 (A 断面)

k_{ra} の分布 (B 断面)



不飽和透気係数 (対数値)

不飽和透気係数 (対数値)

透気係数の分布 (A 断面)

透気係数の分布 (B 断面)

図-4 断面上の諸量の分布 (空気侵入開始後 100 日目)

参考文献

- 1) 齋藤 雅彦, 川谷 健: 透水係数の空間分布に関する理論的考察, 土木学会論文集, III-50, 2000. 3. (掲載予定)