

Ⅲ-A289

粘土・砂混合土の透気特性室内実験（その2）－ 土の飽和度と透気特性の関係 －

鹿島 技術研究所 正会員 藤澤 理 深澤榮造

1. はじめに

地盤中の透気浸透問題の解明について、シールド圧気工法、放射性廃棄物埋設施設等の分野において研究が行われている¹⁾²⁾など。筆者らは、地盤中をガスが移行する機構の解明をすることを目的として透気実験を行い、土の種類・ガス圧力の昇圧の大きさ等と土の透気特性の関係の検討を行っている³⁾。

今回は、粘土と砂の混合土の飽和度を変化させた透気実験を行い、粘土・砂混合土の透気係数、ガス移行が開始される圧力（以下、この圧力を初動圧 P_c と呼称する）、透気係数を調べた。実験結果より、飽和度の異なる地盤内にガスが移行する状況と土質性状の関係についての知見を得たので、これらの結果について報告する。

2. 使用材料と実験方法

実験は、木節粘土 N と豊浦標準砂 S を表-1 に示す混合比率で混合した 5 種類の試料を用い、各混合土の飽和試料と不飽和試料 ($S_r=70, 30\%$) について実施した。実験装置を図-1 に、実験フローを図-2 に示す。

透気実験は、i) まず、供試体下方からガス圧力をわずからず（1 時間に 4.9kPa）高めていき、ii) 供試体上面から排水が開始された時の圧力を初動圧 P_c として記録し、iii) その後はガス圧力を一定に保ち、供試体からの排気量がほぼ一定になった時点で透気係数を求める流れで行った。透気係数の算定式を式-1 に示す。

$$k_a = \frac{\rho_a g K_a}{\mu_a}, \quad K_a = \frac{2qL\mu_a p_2}{A(p_1^2 - p_2^2)} \quad \text{..... (式-1)}$$

k_a : 透気係数 (m/s), ρ_a : 空気密度^{*)}; 1.2 (kg/m³), g : 重力加速度 (m/s²), K_a : 透過度 (m²), μ_a : 空気の粘性係数^{*)}; 18.2×10^{-6} (Pa·s), q : 単位透気量 (m³/s), L : 供試体長さ (m), p_1 : 透気圧 (入力側 Pa), p_2 : 大気圧 (出力側 Pa), ^{*)}20℃, 1atm の値

3. 実験結果と結果の検討

水で飽和した土試料の供試体下方からガスを透過した時、ガスが土中を移行していく状況を図-3 に示すように考えた。各状態の変化点の状況は次のとおりである。

①は水で完全に飽和された状態を示す。②はガスの段階的な昇圧に伴って、土中の間隙水が動き出した時点を示す。この時点が初動圧 P_c の確認時点である。③はガス圧力を一定に保った状態で、供試体上面から土中水の排出が急激に行われている状態であり、④の状況になって、供試体上面からガス噴発が発生する。⑤で土中の間隙水はガス移行に伴って徐々に排出され、最終的に間隙水が完全に排出された⑥の状態になり、試料はほぼ乾燥状態になる。

図-4 に透気実験結果の代表例を示す。同図は、土質性状の異なる 3 種類の試料と No.4 の試料の飽和度 S_r を $S_r=100, 70, 30\%$ に変化させた実験について、ガス透過時間と設定ガス圧力、排出水量、排出ガス量の関係を測定した結果を示した。図中、②、④、⑥は、図-3 のガス透過の状況に各々相当する。

- ・土の性状と②、④、⑥の発生時点の関係をみると、粘土混合量が多いほど、また、飽和度が高いものほど、②の初動圧 P_c 確認時点が遅くなり、④、⑥の確認にも長い時間を要した。
- ・初動圧 P_c の絶対値は、粘土混合量が多いほど、また、飽和度が高いほど、大きくなる傾向を示した。これらの挙動は、粘土混合量が増すに従って、土中の間隙水を保持する力が大きくなること、不飽和試料 ($S_r=90, 30\%$) は、土中を浸透する空気を阻害する間隙水が減り、水を押出すために必要なガス圧力が小さくすむことによるものであると考える。

表-1 混合土の物性

No.	S ^{*)} (%)	N ^{*)} (%)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	I_p
1	100	0	1.535	NP
2	70	30	1.710	19
3	50	50	1.570	26
4	30	70	1.443	36
5	0	100	1.266	50

*)乾燥土重量比

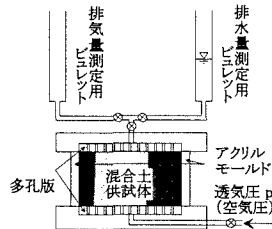


図-1 実験装置

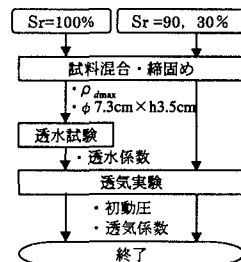


図-2 実験フロー

キーワード：圧気工法、放射性廃棄物処分場、透気試験、飽和、不飽和

連絡先：鹿島建設技術研究所 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL.0424-89-7071 FAX.0424-89-7073

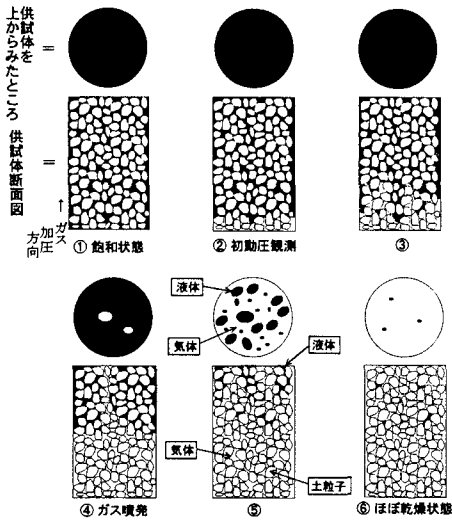


図-3 飽和試料のガス移行状況説明図

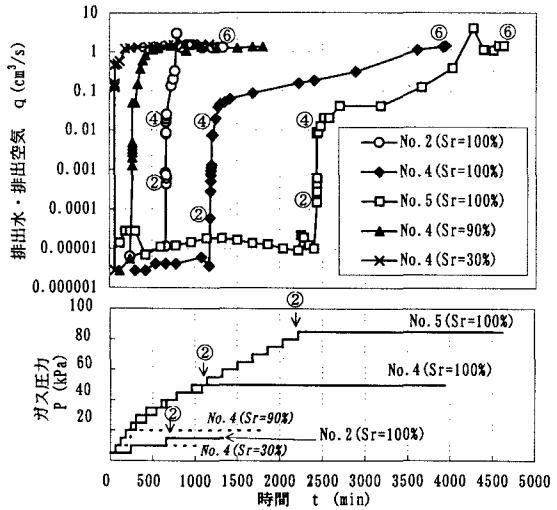


図-4 透気実験結果例

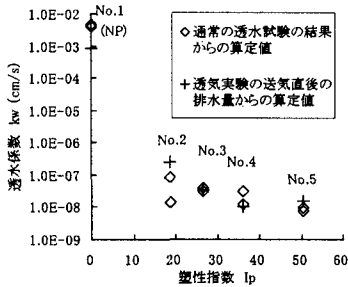


図-5 透水係数と塑性指数の関係

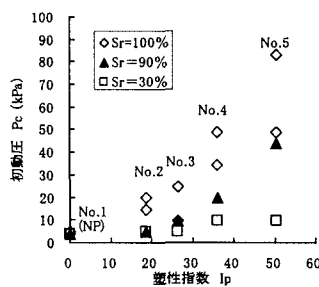


図-6 初動圧と塑性指数の関係

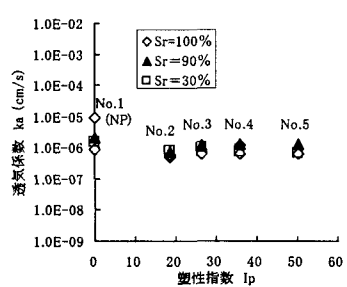


図-7 透気係数と塑性指数の関係

実験結果を土の塑性指数 I_p で整理したものを図-5～図-7 に示す。図-5 は透水係数 k_w と I_p の関係、図-6 は初動圧 P_c と I_p の関係、図-7 は試料がほぼ乾燥状態(図-3の⑥)における透気係数 k_a と I_p の関係を示している。図-5、図-6 より、透水係数 k_w 、初動圧 P_c は土の性状と相関が認められ、土の塑性指数 I_p が大きくなるほど(土の保水ポテンシャルが大きく、高塑性の土になる程)、 k_w は小さくなり、 P_c は大きくなった。ここで、透水係数は通常の透水試験で得られた値と、透気実験のガス圧力荷重当初に排出された水の量から算定した値を示した。両者は、ほぼ同等の値であった。初動圧 P_c と土の飽和度の関係(図-6)をみると、土の種類が同じ(塑性指数が同じ)でも、飽和度が高い時ほど初動圧は大きくなる傾向を示した。また、図-7 より、供試体がほぼ乾燥の状態における透気係数は、土の種類、試料の最初の飽和度によらず、ほぼ一定の値($k_a=10^{-6}$ cm/s 程度)であった。

4. まとめ

地盤中のガス移行の状況と、土の飽和度との関係を把握する実験を実施し、次の知見を得た。

- 飽和した土の内部をガスが移行していく状況(図-3)において、②初動圧確認、④ガス噴発、⑥ほぼ乾燥状態の各状態の発生時期は土の性状と相関があり、粘土混合量が多く、飽和度の高い試料ほど長時間を要する(図-4)。
- 透水係数 k_w の絶対値は、土の I_p が大きいほど大きくなる。また、水で飽和した試料($S_r=100\%$)に送気を開始した当初に排出される水量から算出した値と、通常の透水試験で得られる値はほぼ同等である(図-5)。
- 初動圧 P_c の絶対値は、土の性状と強い相関があり、土の I_p が大きいほど大きくなる。また、土の飽和度が高い土ほど初動圧は大きくなる(図-6)。
- ほぼ乾燥状態における土の透気係数は、土の種類、試料の初期の飽和度によらず一定となる(図-7)。

参考文献 1) 木島詩郎：シールド工事における現場透気試験について(その2)、鹿島建設技術研究所年報第20号、1972、pp.83-99. 2) 棚井憲治：圧縮ベントナイト中の水素ガス挙動、動燃技報 No.102、1997.6、pp.15-20. 3) 藤澤 理、深澤栄造：粘土・砂混合土の透気特性室内実験、土木学会第26回関東支部技術研究発表会、1999、pp.404-405.