

水密性アスファルトコンクリートの透水特性に関する研究

九州大学工学部 学生員 ○石蔵 良平 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩 九州大学大学院 非会員 竹田 幹郎
九州電力 正会員 笹田 俊治

1. はじめに

今日、土木材料としてのアスファルト混合物の用途は多様化しており、様々な特性を有するアスファルト混合物が利用されている。ダムや廃棄物最終処分場の遮水工にもアスファルト混合物は利用されるが、この場合、その特性として水密性が重視される。水密性の指標には透水係数が用いられ、透水係数が 10^{-7} cm/s 以下であれば水密性が十分にあるとされるが、その正確な評価は難しい。本研究では、水密性アスファルトコンクリートに対して難透過性材料に適するフローポンプ透水試験および透気試験の適用を図り、その水密性の定量的な評価を試みる。

2. 水密性の評価方法

一般に、水密性アスファルトコンクリートの透水性は定水圧透水試験により評価されるが、透水係数が 10^{-8} cm/s 程度の場合、通水を確認することが困難であり透水係数の正確な評価は難しい。 10^{-7} cm/s 以下の透水係数を高精度に評価できる透水試験法として、近年、フローポンプ法などが考案されている。フローポンプ法は試験体の一端から水を一定微流量で注入し、試験体間に生じる水頭差を計測し、透水係数を算出する。また、水と比較して粘性の低い気体を透過流体として用いる透気試験も難透過性の評価に適する。主な透気試験法には、試験体の一端に一定圧で気体を注入し、他端からの気体の流出量を計測し、透気係数を算出する圧力制御法と、試験体の一端から気体を一定微流量で注入し、試験体間に生じる圧力差を計測し、透気係数を算出する流量制御法がある。難透過性材料を対象とする場合、流量制御法では定常状態までに長時間を要するのに対して、圧力制御法は比較的短時間で難透過性の評価が可能である。本研究では、水密性アスファルトコンクリートの透水性を評価するために、フローポンプ透水試験および圧力制御法による透気試験を実施する。

3. 透水および透気試験の評価方法

3. 1 フローポンプ透水試験

注入流量と定常状態における試験体間の水頭差から以下の Darcy 式により透水係数 K (cm/s) を評価する。

$$K = -\frac{qL}{A\Delta H}$$

ここで、 q : フローポンプの定流量(μ l/min), A : 試験体の断面積(cm^2), ΔH : 定常状態における試験体端面間の差圧(cmH_2O), L : 試験体の長さ(cm)。

フローポンプ法では試験体内部における水頭増加が穏やかであり、試験体内部に発生する動水勾配も低く抑えられることが特徴として挙げられる。

3. 2 圧力制御法による透気試験

気体の注入圧と定常状態において試験体から流出する気体の流量から以下の式¹⁾により固有浸透率を評価する。

$$k = \frac{2Q_g \mu_g P_l}{A} \frac{l}{P_0^2 - P_l^2}$$

ここで、 k : 固有浸透率(m^2), Q_g : 気体の流出量(m^3/s), μ_g : 気体の粘性係数($\text{Pa} \cdot \text{s}$), P_0 : 気体の注入圧(Pa), P_l : 流出気体の絶対圧力(Pa)。なお、固有浸透率は流体の粘性および密度を考慮することにより、透水係数への換算が可能である²⁾。

4. 実験概要

実験装置 本研究で試作した試験装置の概要を Fig.1 に示す。大別すると、試験体セル、差圧計、計測記録装置、透水試験に用いるシリンジポンプ、貯留容器、透気試験に用いるコンプレッサー、注入圧制御装置、流出量計測目盛チューブなどから構成される。

試験体 空隙率が約 0.8%, 直径 9.98cm, 高さ 3.11cm の円柱型水密性アスファルトコンクリート試験体を用いる。アスファルトコンクリートは作成時に高温で熱せられるため、試験体はほぼ絶乾状態にある。また、アスファルトコンクリートは剛性が非常に低く、試験時にはこれを考慮した条件設定が肝要となる。試験体を試験体セルに設置し、試験体とセルの間には不透水性のマスチックを充填する。な

お、マスチックによるシーリングでリークがないことは試験体表面をマスチックで覆った試験を行い確認している。

試験手順及び条件

透気試験 定常状態での計測を行うために試験体にガス圧を加え始めてから十分な時間が経過した後に測定を開始する。なお、気体には空気を用いる。試験条件を Table 1 に示す。

透水試験 透気試験と同じ試験体に対して透水試験を実施する。あらかじめ真空ポンプにより試験体、配管などを飽和・脱気し、試験を実施する。試験体間の水頭差を短時間で生じさせるために、最初に、比較的大きな流量で注入し、水頭差が十分に増加した時点で流量を変更し、定常状態に達するまで水頭差を計測する。なお、試験は他の力学試験などの基準と同様に 5.0℃に制御された恒温室内で実施する。

5. 試験結果及び考察

Table 1 に圧力制御法による透気試験の結果を示す。透水係数としての評価結果は 3.08E-9~5.27E-9(cm/s)であった。透水係数の値にばらつきがあるのは、アスファルトコンクリートの剛性を考慮し、注入圧を低く設定したため、流出量が小さくなり、正確な計測が行えなかったことに起因する。Table 2 にフローポンプ透水試験の結果を示す。水頭差は Fig.2 に示す注入直前と定常状態との差とした。透水試験より得られた透水係数は、透気試験の結果と比較して、約1オーダー小さい値となった。これは透気試験では試験体が絶乾状態で空気が流れ易いのに対し透水試験では試験体の飽和、脱気が完全ではなく、間隙に残存する気体により水が流れにくいためと考えられる。

6. まとめ

本研究では、アスファルトコンクリートの水密性評価のため、フローポンプ法、圧力制御法による透気試験を実施した。透水試験では、試験体の完全な飽和、脱気が難しく、飽和透水係数の正確な評価は困難であったが透気試験より約1オーダー小さい値が得られた。また、透気試験では試験体の強度特性から注入圧を大きく設定できず、正確な計測が困難であった。今後は、低圧力勾配下でも、より正確な計測が可能な流量制御法を開発する計画である。

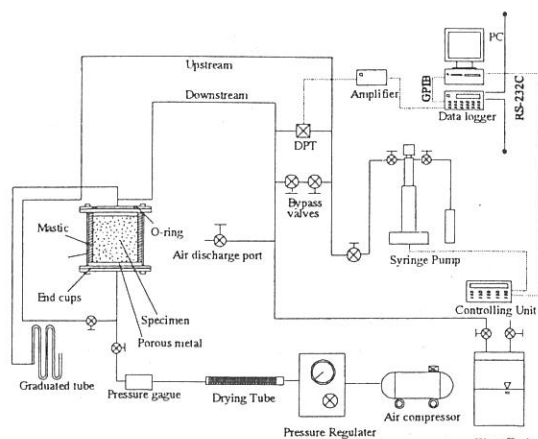


Fig. 1 Schematic of the water and gas permeability test system.

Table 1 Conditions and Results of gas permeability test.

Test No.	Time (hr)	Entrance pressure (kgf/cm ²)	Intrinsic permeability (m ²)	Hydraulic conductivity (cm/s)
Case 1	2	0.2	4.76E-18	3.08E-09
Case 2	1.5	0.2	8.16E-18	5.27E-09
Case 3	2	0.2	7.48E-18	4.81E-09

Table 2 Conditions and result of water permeability test.

Temperature (°C)	Flow rate (μl/min)	Hydraulic Head (cmH ₂ O)	Hydraulic conductivity (cm/s)
5.0	3.0⇒0.01	49.2	1.35E-10

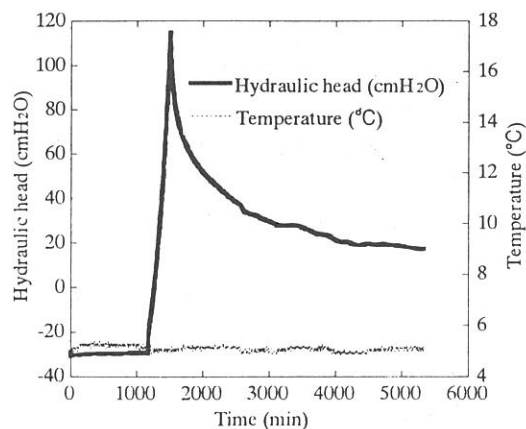


Fig. 2 Hydraulic head and change of temperature during flow-pump.

参考文献

- 1) Muskat.M.:The Flow of Homogeneous Fluids through Porous Media, McGraw-Hill New York, pp.69-74,(1937).
- 2) ASTM :Standard Test Method for Permeability of Rocks by Flowing Air (D4525),Annual Books of ASTM Standards, Vol.04.08,pp.670-673,(2000).