

透気試験による排水性舗装の透水係数評価の精度に関する検討

新潟大学工学部 学生会員 ○長谷川 知
新潟大学工学部 正会員 大川 秀雄
福田道路(株)技術研究所 正会員 今井 寿男
新潟大学工学部 正会員 神立 秀明

1. はじめに

排水性舗装の排水性能を表す際に最も基本的な値となるのが透水係数である¹⁾。現在行われている現場透水試験では、大量の水を必要とする不便がある。そこで、透水試験の代わりに空気透気性を測定する透気試験を行い、排水性能を評価することを検討した。本研究では、試験に影響を与える要因として温度変化に注目し、その影響を理論的に検証した。

2. 透気試験の方法²⁾

透気試験に用いる実験装置は図-1のような試作第4号機である。舗装面にシリコンゴムシートを敷き、その上に40cm四方の鉄盤を置く。その際、空気漏れを防ぐために22.6kg×4=90.4kgのおもりを載せた。鉄盤はホース結合部から舗装面に向かってラッパ状に穴があいている。その鉄盤と空気シリンダーをホースでつなぎ、空気シリンダーには縦幅30cmとなるようにテープを貼り、その間を蛇腹が落下する時間を計測する。1測定点につき10回、ストップウォッチで計測する。

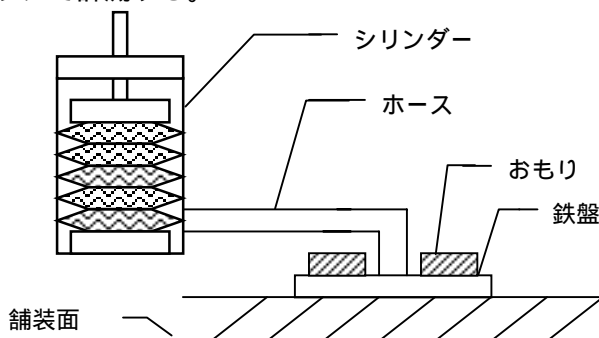


図-1 透気試験の実験装置

3. 透気試験の温度変化による影響の検討

鉄盤の中心を原点とする極座標(r, θ)をとり、鉄盤の穴の半径を a (=7.45cm)、鉄盤と面積が等しい円の半径を b (=22.57cm)とする。今回は、計算を簡便化するために次のような仮定を設けた。

- ・ 空気は液体と同様に非圧縮性であるとする。
- ・ $r=a$ と $r=b$ の間である $r=15\text{cm}$ の円筒断面をX断面とし、ここでの流速を平均流速 u とする。
- ・ 舗装内の空隙は全て直径 d の円管で作られている。
- ・ 空隙の長さ l は曲がり等を考慮し $l=2(b-a)$ とする。また、曲がりや分岐による損失係数をあわせて0.8程度とする。

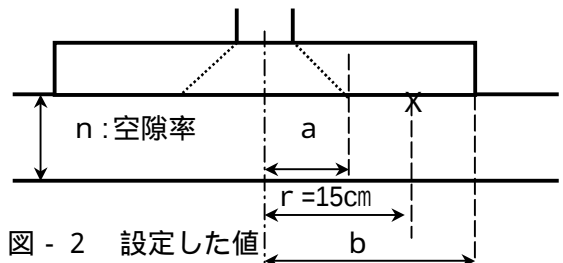


図-2 設定した値

シリンダーから送られる空気の体積 Q は、

$$Q = \pi S^2 \times 30 \quad (S: \text{蛇腹の半径})$$

X断面での空隙の面積 A は

$$A = 2\pi r D \cdot n \quad (D: \text{舗装厚}, n: \text{空隙率})$$

これを空隙1つの面積で割り、断面にある空隙の数 m を求め、これより空隙1つあたりに流れこむ流量 q と流速 u を決める。その流速 u よりレイノルズ数 Re と摩擦損失係数 f を求める。

次に、損失水頭 h_r を求め、これより流速 v を求める。損失水頭 h_r は

$$h_r = \frac{v_a^2}{2g} - \frac{v_b^2}{2g} \quad (v_a, v_b: r=a, b \text{ での流速})$$

また、

$$h_r = \left(f \frac{1}{d} + 0.8 \right) \frac{v^2}{2g} \quad (f: \text{摩擦損失係数})$$

$$v = \sqrt{\frac{2g h_r}{f \frac{1}{d} + 0.8}}$$

この v と u を比較することで影響の割合を検討する。

キーワード 排水性舗装 性能評価 透水係数 透気係数

連絡先 〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐2の町 8050 新潟大学工学部建設学科 TEL 025-262-6793

4. 透水試験の検討

透水試験の試験装置は図 - 3 のとおりである。

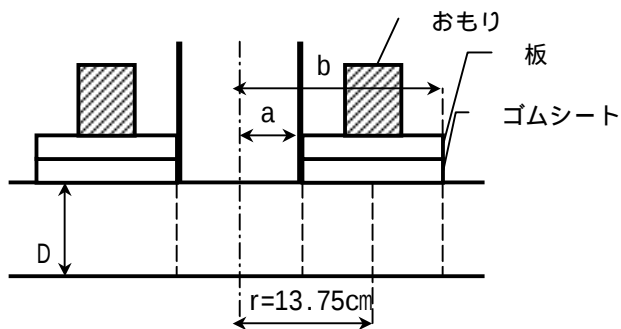


図 - 3 透水試験装置

円筒の中心を原点とする極座標(r, θ)をとり、透気試験の場合と同じように $r = a (=7.5\text{cm})$ と $r = b (=20\text{cm})$ の両断面の間である $r = 13.75\text{cm}$ の場所をとりあげる。また、舗装の空隙も直径 d の円管とし、3. で述べた方法で同様に考える。ただし $r = a$ と $r = b$ の両断面での損失水頭は

$$h_r = h_o - \frac{v_b^2}{2g} \quad (h_o: \text{円筒内の水位})$$

とする。

5. 考察

3. と 4. で述べたことを具体的な値を用いて考えてみる。ここでは舗装厚 4 cm、空隙率 20%、空隙を直径 $d = 4\text{mm}$ の円管とする。また、温度は 10、20、30 について考える。

5.1 透気試験について

蛇腹の半径 $S = 14.25\text{cm}$ より舗装に送られる流量 $Q = 19138.39\text{cm}^3$ となる。 $r = 15\text{cm}$ の断面での空隙の面積 $A = 75.40\text{cm}^2$ となるので、これを 1 つの円管の半径を 0.2cm と仮定して、その断面積 $\pi \times 0.2^2\text{cm}^2$ でわると、空隙の数 m は $m = 600$ 個あることになり、空隙 1 つあたりの流量 $q = 31.90\text{cm}^3$ となる。よって、流速 $u = 253.85\text{cm/sec}$ となる。この流速 u よりレイノルズ数 Re を求め、層流の場合損失係数 f を次式より求める。

$$Re = \frac{u d}{\nu}, \quad f = \frac{64}{Re} \quad (\nu: \text{動粘性係数})$$

これ以降は 3. で述べたことを求めていく。ただし、 $l = 30.24\text{cm}$ とする。結果は表 - 1 に示す。

5.2 透水試験について

円筒の半径 $a = 7.5\text{cm}$ より、舗装に送られる流量 $Q = 5301.44\text{cm}^3$ となる。 $r = 13.75\text{cm}$ の断面での空隙の面

表 - 1 透気試験の考察結果 ($l = 30.24\text{cm}$)

温度(°C)	10°C	20°C	30°C
ν (cm ² /sec)	0.141	0.150	0.159
ρ ($\times 10^{-3}\text{g/cm}^3$)	1.247	1.205	1.165
hr (cm)	118.62	118.62	118.62
Re	720.14	676.93	638.62
f	0.0889	0.0945	0.1002
v (cm/sec)	175.91	171.16	166.70
v/u	0.69	0.67	0.66

表 - 2 透水試験の考察結果 ($l = 25\text{cm}$)

温度(°C)	10°C	30°C
ν (cm ² /sec)	0.0131	0.0080
ρ ($\times 10^{-3}\text{g/cm}^3$)	0.99970	0.99564
hr (cm)	28.58	
Re	2342.3	3835.5
f	0.0561	
v (cm/sec)	143.36	

積 $A = 69.12\text{cm}^2$ となるので、これを透気試験の場合と同じ 1 つの円管の断面積でわると、空隙の数 m は $m = 550$ 個あることになり、空隙 1 つあたりの流量 $q = 9.64\text{cm}^3$ となる。よって、流速 $u = 76.71\text{cm/sec}$ となる。これ以降は 5.1 と同様に値を求めていく。ただし、 $l = 25\text{cm}$ とする。また、乱流の場合の摩擦損失係数 f は次式より求めた。

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.74 + 2.03 \log_{10} \frac{d}{2k} \quad (k: \text{管壁の粗さ})$$

今回は $k = 0.012\text{cm}$ とした。結果は表 - 2 に示す。透水試験では温度に関係なく一定の値となり、 u の 2 倍程度の値となった。

6. まとめ

今回計算を行った結果、どちらも値にずれが出たが、ほぼ同じ傾向となった。この値のずれの原因として、空気を非圧縮性と仮定したこと、空隙の大きさや損失係数の取り方があげられる。これらをうまく与えることができればより精度の高いモデルができあがる可能性が大いにある。

<参考文献>

- 1) 大川・佐藤・帆苅：排水性舗装の透水係数評価に関する研究，土木学会論文集，No. 478/V-21，(1993.11)
- 2) 大川，今井：透気試験による排水性舗装の統帥係数評価の検討，土木学会第 57 回年次学術講演会，第 部門，p 127～128
- 3) 吉川秀夫：水理学 講義と演習，技報堂出版