

新潟大学工学部建設学科 正 大川秀雄
 福田道路橋技術研究所 正 原 富男
 新潟大学工学部建設学科 学 ○杉本 敏
 新潟大学工学部建設学科 学 佐藤隆宏

1. まえがき

排水性舗装(ポーラスアスファルト)は、降雨を舗装体へ即時吸収することによりハイドロブレーニング現象や水しぶき・水はねがなくなり、またヘッドライトによる幻惑も少なくなることから走行車両やドライバーの安全が確保されやすい。さらには、路面とタイヤの摩擦によって発生する音も吸収するため騒音対策の観点からも排水性舗装の車道への適用が検討され始めている。本報告は排水性舗装が有する幾つかの特性のうち透水能力に着目し、舗装体より切り出された供試体を使いその透水係数を求め考察を加えた。

2. 試験概要

2-1. 試験目的 空隙率の異なる3種類の舗装体より切り出した供試体(円筒形)を用いて透水係数を求め、空隙率による透水係数の違いを調べた。更に、供試体の排水能力が時間とともに減少するという結果が報告されている¹⁾ので、その原因を試験に使用した水道水中に溶解している空気が供試体に付着し透水の流れを妨げているものと考え、水道水と脱気水を使いそれぞれの時間に伴う透水係数の変化を測定し、その原因を確認することも目的とした。

ここでは供試体の飽和状態での透水係数を求めたものであり、舗装体として現場で使用している状態での透水係数とは異なることを付記する。

2-2. 試験供試体 試験に使用した供試体は表-1に示す通りである。

2-3. 試験方法 先ず試験中に供試体の横方向から水が漏れるのを防ぐために側面の穴をバテで塞ぎ、更に試験中に透水試験器と供試体の隙間から水が漏れないようにバテで埋めた。定水位試験で数個の水頭差で測定を行った。その時に供試体中を通過した水量とそれに要する時間を計った。(図-1)

次に時間に伴う透水係数の変化を調べる試験では、水を供給する側にポリ容器を使用し、そのポリ容器にはガラス管の通ったゴム栓を蓋に使った。そのことにより蓋を閉めたときの水頭差は、ガラス管の下端と供試体を入れた容器の水面との高低差になる。(図-2)

3. 試験結果及び考察

3-1. 空隙率と透水係数の関係(図-3) 供試体の空隙率が大いほど透水係数も大きくなるということが確認でき、空隙率による値の違いも概略知ることができた。

3-2. 水頭差と透水係数の関係(図-3) 供試体の空隙率が大いため、水頭差が小さくても供試体中の透水は乱流となりDarcy則に当てはまらない。そのため透水係数は水頭差によって一定の値とはならず水頭差が小さくなるほど透水係数は大きくなる結果が得られた。

表-1 供試体諸量

供試体	空隙率	高さ	直径
A	23.2 %	4.87cm	9.99cm
B	20.3 %	4.78cm	9.99cm
C	15.0 %	5.00cm	9.96cm

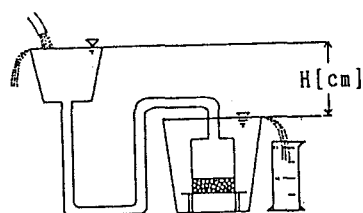


図-1 透水試験方法

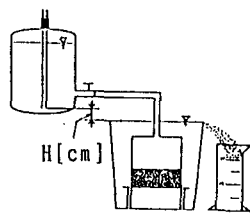


図-2 透水試験方法

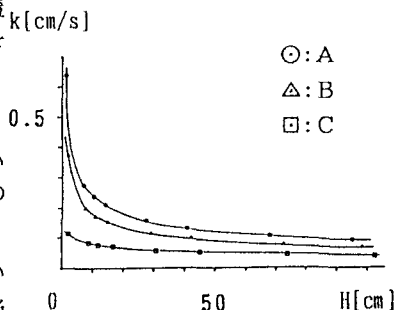


図-3 k-H曲線

3-3. 流速と透水係数の関係(図-4~6) 一般に、柱状体の砂の中の空隙(空隙率: λ)を流れる水(流量: Q)は、砂の粒径 d に比例する断面積 A の細い管の中を v/λ ($v = Q/A$) の速度で流れと考えられ、層流状態であれば Poiseuille の法則より動水勾配 $i = c \mu v / \rho g d^2$ (①式、 c : 定数、 ρ : 水の密度、 μ : 粘性係数)とならなければならない。このとき $v = k i$ (②式)より $k = \rho g d^2 / c \mu$ の関係があることになる。Darcy の法則は層流の範囲内で成立し、 k は土砂の性質と流体の粘性 μ に関係している。

ここで、砂を詰めた水平管内の水圧を p 、流れの方向に x をとると、動水勾配 i は管内の流れのように、 $i = -1/\rho g \cdot dp/dx = \zeta \cdot 2v^2/gd/2$ (③式)で表すことができる。層流の場合には①式と比較して $\zeta = c/2Re$ (④式、ただし $Re = vd/\nu$) が得られる。Lindquist の実験によれば、 $Re \zeta \sim Re$ の関係は $Re < 4$ では $Re \zeta = \text{const}$ 、つまり $\zeta \propto 1/Re$ で、流れが層流状態で Darcy 則が当てはまっている。 Re がある限界を越えると $Re \zeta = a + bRe$ (⑤式、 a, b : 定数) となっている²⁾。③式に代入して $i = 2\nu a/gd^2 \cdot v + 2b/gd \cdot v^2 = a'v + b'v^2$ (⑥式、 a', b' : 定数) の関係が得られる。以上の理論を排水性舗装体に適用して、その中を流れる水が乱流域でも $v = ki$ で透水係数を見積ろうとすると、 $1/k = a' + b'v$ すなわち $k = 1/(a' + b'v)$ (⑦式)なる関係が予想される。図-4~6 は、測定値と⑦式で求めた理論値(○: 測定値 ×: 理論値)であり、 $k-v$ 曲線はほぼ⑦式で近似できる。

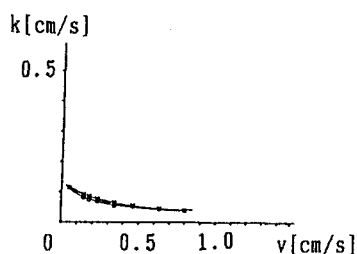
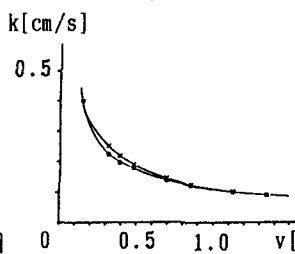
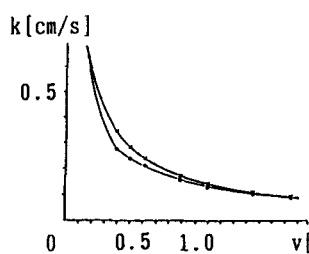


図-4 $k-v$ 曲線(空隙率23.2%) 図-5 $k-v$ 曲線(空隙率20.3%) 図-6 $k-v$ 曲線(空隙率15.0%)

3-4. 経過時間と透水係数の関係(表-2) 水道水は時間の経過と共に減っているが脱気水は一定している。この試験結果から透水係数が減少する原因は、水道水中に溶解していた空気が供試体内で気泡化し、透水の流れに影響を与えたと考えられる。水道水による今回の試験では減ってはいるものの25分での差が 0.003 cm/sec で小さかった。なお、水道水での試験中、容器の内側に気泡が付き、さらに試験後試験器の空気穴を開けたら泡が出た。このことから水道水中に空気が溶解していることが分かり、透水係数が減少する原因が溶解している空気と言える。ただし、本試験で表-2の透水係数の値が図-3に比べ小さくなった原因はポリ容器とガラス管を使用したため、ポリ容器内に負圧が生じ作用した水頭差が H より小さくなっていたからと考えられる。いずれにせよ実際の舗装体では、溶解した空気を多く含む雨が気温の変動を受けるため透水係数の時間による変化が無視できないであろう。

4. あとがき

今回の試験で得られた透水係数は飽和状態での値であり、現場の実際の舗装での自然状態では飽和度が低いことや、砂や舗装体の路肩側から生えた植物の根などによる目詰まり等が考えられこの値より小さくなると思われる。また、今回の供試体での透水試験は供試体中の鉛直方向の流れの透水係数を求めたもので、実際の条件に則した横方向の流れの透水係数をなんらかの方法で知る必要がある。

参考文献 1) 田口, 帆莉, 今井: 開粒度アスコンによる舗装体排水に関する研究(第2報) 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集 V-17, pp. 60-61, 1990. 2) 本間 仁: 水理学, 丸善株式会社, pp. 206-207, 1967.