

山东省工程建设标准



DB37/T 5207—2021

J 16716—2021

透水混凝土检测技术标准

Technical standard for pervious concrete testing

2021—12—08 发布

2022—03—01 实施



统一书号：155160·2927
定 价： 40.00 元

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

联合发布

山东省工程建设标准

透水混凝土检测技术标准

Technical standard for pervious concrete testing

DB37/T 5207 — 2021

住房和城乡建设部备案号：J 16716 — 2021

中國建材工业出版社

2021 北京

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2019年山东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2019〕11号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内有关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分14章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 现场取样与试件制备；5. 表观密度；6. 连通孔隙率；7. 透水系数；8. 抗堵塞性；9. 抗压强度；10. 抗折强度；11. 抗剥蚀性；12. 抗冻性能。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东大学负责具体技术内容的解释。

若执行过程中对本标准有任何意见和建议，请寄送山东大学《透水混凝土检测技术标准》编制管理组（地址：济南市经十路17923号，邮编：250061，电话：0531-88393860，电子邮箱：jiongzhang@sdu.edu.cn），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：山东大学

本标准参编单位：山东华鉴工程检测有限公司

济南大学

中交一公局集团有限公司

山东宇通路桥集团有限公司

山东交通学院

山东大学-泰安固废综合利用研究院

本标准主要起草人员：张 炯 崔新壮 孙爱芬 卓秋林

王 琦 杨云全 孙亚刚 高建军

李 晋 金 青 刘国园 王京京

王炳雷	裴妍	胡念	夏霜
韩若楠	代朝霞	余蕊	孟博雯
谭怡然	明瑞平	马国栋	张中泽
褚凤明	姚文涛	王艺霖	李骏
张小宁	王洁茹	孙玉杰	孙华琛
王帅	卢途	苏俊伟	
丁尚辉	孙连勇	孙杰	郑明万
崔忠英	连峰	侯德国	巩文信
陈淑芬			

本标准主要审查人员：

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	现场取样与试件制备	4
4.1	现场取样	4
4.2	试件制备	4
4.3	现场取芯	5
4.4	预制件	5
4.5	试样要求	5
5	表观密度	6
6	连通孔隙率	7
7	透水系数	9
8	抗堵塞性.....	12
9	抗压强度.....	14
10	抗折强度	15
11	抗剥蚀性	16
12	抗冻性能	18
	本标准用词说明	19
	引用标准名录	20
	条文说明	21

1 总 则

1.0.1 为了规范透水混凝土检测试验方法，使透水混凝土性能检测技术更加规范化、标准化，便于科学管理，结合山东省实际情况，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于各类透水水泥混凝土的检测。

1.0.3 本标准规定了透水混凝土的表观密度、连通孔隙率、透水系数、抗堵塞性、抗压强度、抗折强度、抗剥蚀性、抗冻性能等性能的检测方法。

1.0.4 透水混凝土的检测除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行相关标准、规范的规定。

2 术 语

2.0.1 透水混凝土 pervious concrete

由粗集料及水泥基胶结料经拌合形成的具有连续孔隙结构的混凝土。

2.0.2 连通孔隙率 interconnected porosity

透水混凝土存在的连通孔隙的体积占透水混凝土总体积的百分比。

2.0.3 透水性能 permeability performance

水通过透水混凝土连通孔隙渗透出去的能力。一般用透水系数表征。

2.0.4 透水系数 permeability coefficient

在一定的水力坡度情况下，单位时间内通过单位面积透水混凝土的水量。

2.0.5 透水系数保持率 retention rate of permeability

使用一段时间后的透水混凝土，测得残存透水系数占初始透水系数的百分比。

3 基本规定

- 3.0.1** 试验设备应经过相应的检定或校准，并确认合格后使用。
- 3.0.2** 对同一块试样检测宜先进行非破坏性检测，后进行破坏性检测。

4 现场取样与试件制备

4.1 现场取样

4.1.1 同一组透水混凝土拌合物的取样，应在同一盘透水混凝土或同一车透水混凝土中三处分别取样，并人工搅拌均匀。

4.1.2 首次取样和最后一次取样的时间间隔不宜超过 15min，取样量应满足试验需要。

4.2 试件制备

4.2.1 制作透水混凝土试样时，所采用的搅拌机应符合现行行业标准《混凝土试验用搅拌机》（JG 244）的规定；试验宜使用钢制模具，且应符合现行行业标准《混凝土试模》（JG 237）的规定；电子天平的最大量程应为 10kg，分度值为 1g；电子秤的最大量程应为 50kg，分度值为 10g；振动台应符合现行行业标准《混凝土试验用振动台》（JG/T 245）的规定；捣棒应符合现行行业标准《混凝土坍落度仪》（JG/T 248）的规定。

4.2.2 拌合物取样后应在 30min 内完成试件成型。

4.2.3 透水混凝土试件成型应符合下列规定：

1 透水混凝土试件成型时，宜分三层装入模内，每层装料高度不超过试模高度的 1/2；

2 每层用捣棒均匀插捣，做到边、角、中心插密实。每层插捣次数按在 100cm²截面积内不得少于 12 次，插捣时捣棒应保持垂直，不得倾斜且保证有效插捣，装填插捣完毕后，物料略高出试模；

3 装料完成后，开启振动台，振动时间不宜超过 15s。振动时应防物料外溢。振动完成后，去除模具上口多余的拌合料，用抹刀将试件表面抹平。

4.2.4 试件成型后，应用薄膜覆盖表面，在 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的条件下养护 24h 后编号、拆模，拆模后立即放入标准养护室中养护至规定龄期。

4.3 现场取芯

4.3.1 当对已完成施工的透水混凝土项目进行检测时，宜采用现场取芯的方式。

4.3.2 现场取芯方式应符合现行行业标准《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450）的规定。

4.4 预 制 件

对满足养护要求的预制件，形状符合试验要求的，宜直接进行检测；对于形状不符合检测要求的，宜修整使其满足要求后进行检测。

4.5 试样要求

4.5.1 试样的性能应具有一致性和稳定性。

4.5.2 对试样应先检测其表观密度，表观密度偏差不大于 5% 的试样进行后续检测。

5 表观密度

5.0.1 试验设备应符合下列要求：钢直尺，分度值 1mm；电子天平的最大量程应为 10kg，分度值为 1g；烘箱的温度控制范围应为： $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

5.0.2 该试验应按照下列步骤进行：

- 1 量出试件的尺寸，并计算出试件的体积 V_0 ；
- 2 将试样放入烘箱中烘干至恒重，称取试样质量 m 。

5.0.3 透水混凝土拌合物的表观密度应按下式计算，精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$ ：

$$\rho = \frac{m}{V_0} \quad (5.0.3)$$

式中： ρ ——透水混凝土的表观密度 (kg/m^3)；

m ——试样质量 (kg)；

V_0 ——试样体积 (m^3)。

5.0.4 以 3 次测试值的算术平均值作为该组试件的试验结果。3 个计算值中的最大值或最小值中如有 1 个与中间值的差值超过中间值的 3% 时，则取中间值作为该组试件的试验结果；如最大值和最小值与中间值的差值均超过中间值的 3% 时，则该组试验结果无效。

6 连通孔隙率

6.0.1 试验设备应符合下列要求：静水天平，最大量程应为 10kg，分度值为 1g。

6.0.2 试验应采用尺寸为 150mm × 150mm × 150mm 的试件或 $\phi 100\text{mm}$ 的圆柱体试件的规定，在温度为室内养护 7d。

6.0.3 该试验应按

1 用直尺量出

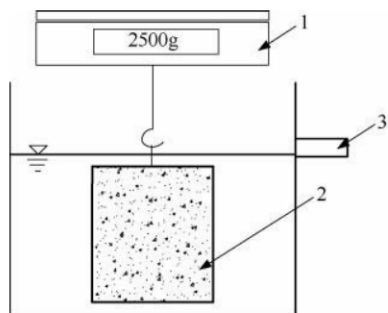
2 将试件在水

3 保持试样处

试件在水中的质量

4 取出试件，

底部无滴水时，称



1—电

6.0.4 连通孔隙率

$$p = \left[1 - \frac{m_{k2} - m_{k1}}{\rho_w V_0} \right] \times 100\% \quad (6.0.4)$$

式中： p ——透水混凝土连通孔隙率（%）；

m_{k1} ——试件在水中的质量（g）；

m_{k2} ——试件沥干后的质量（g）；

ρ_w ——水的密度（g/cm³）；

V_0 ——试件的体积（cm³）。

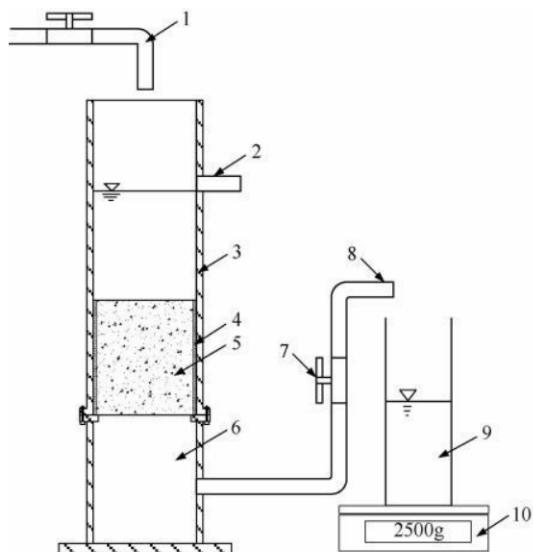
表 6.0.4 不同水温时水的密度

水温 (℃)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
水的密 度 ρ_w (g/cm ³)	0.99913	0.99897	0.99880	0.99862	0.99843	0.99822	0.99802	0.99779	0.99756	0.99733	0.99702

6.0.5 以 3 个试件测试值的算术平均值作为该组试件的试验结果。3 个计算值中的最大值或最小值中如有 1 个与中间值的差值超过中间值的 15% 时，则取中间值作为该组试件的试验结果；如最大值和最小值与中间值的差值均超过中间值的 15% 时，则该组试验结果无效。

7 透水系数

7.0.1 试验设备如图 7.0.1 所示，主要包括透水系数测定仪、试件侧面柔性密封材料、电子秤等。



1—进水管；2—

5—透水混凝

7.0.2 试验设备应

水口中心线的高差

最大量程应为 10k

分度值 0.1℃。

7.0.3 试验应采用

φ100mm 的圆柱体试件 3 个，试件成型方法应符合本标准第 4 章的规定，在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 95% 的标准养护室内养护 7d。

7.0.4 该试验应符合下列要求：

1 试件从养护地点取出后，置于操作台上，使试件成型面朝上。用钢直尺测量试件尺寸，分别在不同位置测量 3 次，取平均值，精确至 1mm。计算试样的上表面积 A ；

2 将试件放入水中，水位应高出试件上表面 100mm，试件浸泡 2h 后取出；

3 用柔性密封材料对试件进行侧面密封处理，保证试件侧面不渗水且密封材料不得进入试件孔隙；

4 将侧面密封好的试件成型面向上全部安装在透水系数测定仪套筒的下方，将试件紧固在套筒内，保持试件不下滑，将套筒用螺栓紧固于底座上；

5 关闭出水管阀门，开启进水管阀门，使无气水洒落在试件上表面，并调整进水流速，直到水头保持在溢流口，而多余水由溢流口流出，保持水位差稳定，溢流口水流平稳，等到不再有气泡从试样中溢出，打开出水管阀门，待套筒内的水头稳定时，记录套筒内水位与出水口的高度差 H 、水温 T 。在排水口放置容器接水，同时开启计时器，记录测试时间 t 内的出水量 M ，测试时间不宜少于 20s。

7.0.5 透水系数应按下式计算，试验结果以 3 次测量的平均值表示，计算精确至 $1.0 \times 10^{-2} \text{mm/s}$ ：

$$k_T = \frac{ML}{\rho t A H} \quad (7.0.5)$$

式中： k_T ——水温为 $T^{\circ}\text{C}$ 时试样的透水系数（mm/s）；

M ——时间 t 秒内的渗出水质量（g）；

ρ ——水温为 $T^{\circ}\text{C}$ 时水的密度（ g/mm^3 ）；

t ——测试时间（s）；

L ——试样的厚度（mm）；

A ——试样的上表面积 (mm^2);

H ——套筒内水位与出水口的高度差 (mm)。

7.0.6 本测试以 20°C 水温为标准温度, 标准温度下的透水系数应按下式计算:

$$k_{20} = k_T \frac{\eta_T}{\eta_{20}} \quad (7.0.6)$$

式中: k_{20} ——标准温度时试样的透水系数 (mm/s);

η_T —— $T^\circ\text{C}$ 时水的动力黏滞系数 ($\text{kPa} \cdot \text{s}$);

η_{20} —— 20°C 时水的动力黏滞系数 ($\text{kPa} \cdot \text{s}$)。

7.0.7 现场原位检测与计算方法应按现行标准 DB37/T 5125 的规定进行。

7.0.8 以 3 个试件测试值的算术平均值作为该组试件的试验结果。3 个计算值中的最大值或最小值中如有 1 个与中间值的差值超过中间值的 15% 时, 则取中间值作为该组试件的试验结果; 如最大值和最小值与中间值的差值均超过中间值的 15% 时, 则该组试验结果无效。

8 抗堵塞性

8.0.1 试验设备应符合本标准第 7 章的规定。

8.0.2 制备 $\phi 100\text{mm}$ 的圆柱体试件 3 个，试件成型方法应符合本标准第 4 章的规定，在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 95% 的标准养护室内养护 7d。

8.0.3 透水混凝土透水系数保持率试验应按照下列步骤进行：

1 按本标准第 7 章的方法测试试件的初始透水系数 k_0 ，之后放入 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干 4h，取出放在干燥器内冷却至室温；

2 按照表 8.0.3 配制堵塞颗粒；

表 8.0.3 堵塞砂土颗粒粒径分布

粒径 (mm)	筛子目数	质量比例 (%)
1.18 ~ 2.36	8 ~ 14	15
0.6 ~ 1.18	14 ~ 28	20
0.3 ~ 0.6	28 ~ 48	20
0.15 ~ 0.3	48 ~ 100	20
< 0.15	100 以上	25

3 将试件安装到透水系数测试设备上，然后在试件表面平铺上 200g 的堵塞砂土；

4 将 3L 的清水通过喷壶在 5min ~ 10min 之间喷淋在试件上，待水完全渗过试件后，小心地将试件从测试设备上取下，放入温度为 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干 4h，取出放在干燥器内冷却至室温；

5 用小毛刷轻轻地清扫试件上表面直至没有砂土扫落，此时记为试件经历了 1 次堵塞循环；

6 重复 步骤 3 ~5, 经历 10 次堵塞循环后, 测试该试件的透水系数 k_{10} 。

8.0.4 透水系数保持率应按下式计算, 精确到 0.1% :

$$P = \frac{k_{10}}{k_0} \times 100\% \quad (8.0.4)$$

式中: P ——透水混凝土透水系数保持率 (%);

k_0 ——透水混凝土试件的初始透水系数 (mm/s);

k_{10} ——10 次堵塞循环后, 透水混凝土试件的透水系数 (mm/s)。

8.0.5 以 3 个试件测试值的算术平均值作为该组试件的透水系数保持率试验结果。

9 抗压强度

9.0.1 试样制备的方法应符合本标准第 4 章的规定，在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 95% 的标准养护室内养护 28d 以上。在先行进行了透水系数测试之后，将表面水用湿布擦干。

9.0.2 透水混凝土立方体的抗压强度试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》（GB/T 50081）的规定。

10 抗折强度

10.0.1 试样制备的方法应符合本标准第4章的规定，在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于95%的标准养护室内养护28d以上。

10.0.2 透水混凝土抗折强度试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》（GB/T 50081）的规定。

11 抗剥蚀性

11.0.1 试验设备应符合下列要求：电子天平，最大量程应为 5kg，分度值 0.1g；钢直尺，分度值 1mm；试验筛应符合现行国家标准《试验筛 技术要求和检验 第 2 部分：金属穿孔板试验筛》（GB/T 6003.2）的规定；洛杉矶磨耗试验机应符合现行行业标准《公路工程集料试验规程》（JTG E42）的规定。

11.0.2 制备尺寸为 100mm × 200mm 的圆柱体试件 6 个，分为三组，试样制备的方法应符合本标准第 4 章的规定，在温度为 20℃ ± 2℃、相对湿度大于 95% 的标准养护室内养护 28d 以上。

11.0.3 该试验应按照下列步骤进行：

1 将试件从标准养护室取出，然后用湿毛巾将试件表面擦干；

2 称取一组饱和面干试件的初始质量 m_{b1} ，精确至 1g；

3 将 2 个试件放入洛杉矶磨耗试验机内，不加钢球，开启试验机，控制试验机转速为 30r/min ~ 33r/min，运行 500 转后停机；

4 取出洛杉矶磨耗试验机内所有的物料，放置在 25mm 试验筛上，进行筛分。称取筛子上混凝土的质量 m_{b2} ，精确至 1g。

11.0.4 透水混凝土的抗剥蚀性可用剥蚀质量损失率作为评定的依据。透水混凝土剥蚀质量损失率应按下式计算，精确至 0.1%：

$$B = \frac{m_{b1} - m_{b2}}{m_{b1}} \times 100\% \quad (11.0.4)$$

式中： B ——透水混凝土剥蚀质量损失率（%）；

m_{b1} ——透水混凝土试件的初始质量（g）；

m_{b2} ——剥蚀试验后筛上透水混凝土的质量（g）。

11.0.5 以 3 组试件测试值的算术平均值作为该组试件的试验结果。3 个计算值中的最大值或最小值中如有 1 个与中间值的差值超过中间值的 15% 时，则取中间值作为该组试件的试验结果；如最大值和最小值与中间值的差值均超过中间值的 15% 时，则该组试验结果无效。

12 抗冻性能

12.0.1 试样制备的方法应符合本标准第4章的规定，在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于95%的标准养护室内养护28d以上。

12.0.2 透水混凝土抗冻性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082）慢冻法的规定。

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应该这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件可以这样做的用词：

正面词采用“可”；反面词采用“不可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《电热干燥箱及电热鼓风干燥箱》 GB/T 30435
- 2 《试验筛 技术要求和检验 第2部分：金属穿孔板试验筛》 GB/T 6003.2
- 3 《无机地面材料耐磨性能试验方法》 GB/T 12988
- 4 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 5 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
- 6 《混凝土试验用搅拌机》 JG 244
- 7 《混凝土试验用振动台》 JG/T 245
- 8 《公路工程集料试验规程》 JTG E42
- 9 《城镇透水路面养护技术规程》 DB37/T 5125

山东省工程建设标准

透水混凝土检测技术标准

DB37/T 5207—2021

住房和城乡建设部备案号：J 16716—2021

条 文 说 明

目 次

1	总则.....	23
3	基本规定.....	24
4	现场取样与试件制备.....	25
5	表观密度.....	26
6	连通孔隙率.....	27
7	透水系数.....	28
8	抗堵塞性.....	32
11	抗剥蚀性	35
12	抗冻性能	36

1 总 则

透水混凝土是一种比较新颖的建筑材料，它的性能和工程上对它的要求都与传统混凝土有很大的区别，一方面要能透水，另一方面要兼具一定的强度。由于有大量连通孔隙的存在，透水混凝土的性能检测目标和技术方法都应该与传统混凝土存在较大的区别，然而目前国内缺乏专门的透水混凝土检测技术相关规范，各单位对于透水混凝土的检测方法不统一，数据难以互相对比。因此为实现检测技术的标准化，规范和引导相关工程材料性能检测工作而制定本标准。

本标准将结合我国透水混凝土近年来的研究、应用情况及国内透水混凝土的最新发展情况，并参考国内外透水混凝土检测技术标准来进行制定。制定本标准的目的是规范和统一山东省透水混凝土材料的检测试验方法，保障透水混凝土制品和工程施工的质量，减少维护成本，提高海绵城市建设的环境效益、社会效益和经济效益。

3 基本规定

3.0.2 由于透水混凝土的透水性能与力学性能具有负相关性，而力学性能检测对试样具有破坏性，做过透水性能等非破坏性检测的试件仍可以进行力学性能检测，因此，同一块试样先检测其透水性能，再检测其力学性能。

4 现场取样与试件制备

由于透水混凝土取样的时间可能有所不同，既有可能在拌制过程中，也有可能是已经铺设完成的透水混凝土，还有可能是机制的预制透水混凝土制品，因此取样方法也不一样：对于拌制过程中取样的，需要在取样后制作试件；对于已经铺设完成的透水混凝土，可以采取现场取芯；对于预制透水混凝土制品，可以切割成满足要求的形状后进行检测。

5 表观密度

5.0.1 表观密度的测定对于透水混凝土的后续试验结果至关重要。因为透水混凝土的强度与透水能力之间有反比关系，因此不排除有的厂家在提供试件的时候指定将胶结材料含量多的（即表观密度大的）试件用于测强度，而胶结材料含量少的（即表观密度小的）用于测透水能力。因此对于用于检测的试件首先需要检测所有试件的表观密度是否一致，当最大值和最小值与中间值的差值均超过中间值的3%时，则该组试件不能进行后续的强度等试验。

5.0.2 试件的尺寸可以使用直尺进行测量。

6 连通孔隙率

6.0.1 连通孔隙率的大小对透水混凝土的透水性能具有至关重要的作用。因为只有连通的孔隙才能让水从一侧运移到另一侧，而封闭的孔隙则不能，所以总孔隙率不能表明透水混凝土的透水性能。

6.0.2 之所以在水中浸泡 2h，是为了保证试件内的连通孔隙全部被水充斥。

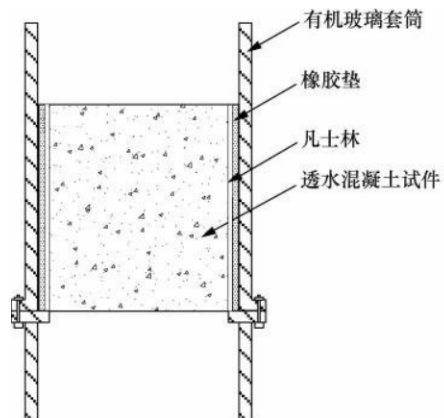
7 透水系数

7.0.1 透水系数是直接反映透水混凝土透水能力的指标。因此，准确测量透水系数至关重要。现有的透水系数测试方法比较多，大体上可以分为定水头和变水头两大类，有的方法需要借助专用的测量设备，而有的仅需要套筒和秒表，其实只要是利用同一种测试方法得到的透水系数均可以相互比较，而不同方法测得的透水系数的可比较性就比较差。本标准中给出了一种无需专业设备，并且操作相对简单的定水头测试方法。

不管何种方式都需要注意试件的侧壁渗漏问题。在实验室用试模制备的透水混凝土试件表面粗糙侧壁渗漏问题比较严重，与钻芯取样的试件不同（钻芯取样试件表面较光滑）。这是因为试模与透水混凝土粗骨料都是刚性的，所以试件侧壁表面会形成大量的开口孔隙，试件侧壁表面的孔隙率就会比试件内部的平均孔隙率大得多。在进行透水混凝土渗透试验时，透水混凝土试件侧壁表面的这些开口孔隙与套筒侧壁贯通形成开放通道。渗透试验时，这些开放通道的阻力要比试件内部小得多，水更容易从开放通道流出，从而改变渗流路径。侧壁渗漏导致试验测得的渗透系数比真实值明显偏大。依据大量试验，标准编写组设计了一种“防水涂抹（凡士林）-柔性橡胶垫—有机玻璃套筒”组合的复合侧壁结构（图1）。

在进行透水混凝土渗透试验前，用凡士林涂抹试件侧壁表面，以密封开口孔隙，再套上柔性橡胶垫，然后安装在有机玻璃套筒内，拧紧装配螺栓，这样试件与套筒间就由刚性连接变为柔性连接。试验测试发现这种复合侧壁结构（凡士林－橡胶垫－套筒）能够防止侧壁渗漏。

7.0.6 不同温度下的水的动力黏滞系数比，参见表1。



表

温度 (℃)	0	1								
0	1.783	1.723	1							
10	1.301	1.265	1							
20	1.000	0.976	0							
30	0.797	0.780	0							
40	0.653	0.641	0							

注：用线性插值法可求
代入式 (7.0.6)

7.0.7 一般试验和
数在 $2\text{mm/s} \sim 8\text{mm}$
比于土壤来说很快
低到 10^{-2}mm/s 量级
清扫等影响的变化
方法和时机，在进
据。因此，需要对

时间) 其透水系数的变化评估其透水能力。

虽然可以通过对路面表面积水情况进行目测的方式估计透水路面的透水性能,但这显然不能给出准确的定量数值。还可以通过测量现场取的芯样来得到其渗透系数,然而在取芯过程中会对透水路面造成一定的破坏,而且有可能改变芯样的渗透能力,而国内透水路面原位测试缺少标准,国外 NCAT 或 ASTM C1801 使用单环装置来进行原位测试时没有考虑水的侧向对测量精度的影响,因此,本标准参照《城镇透水路面养护技术规程》(DB37/T 5125—2018) 4.3 节及附录 A 或附录 B 的规定进行现场原位测试。

DB37/T 5125—2018 中 4.3 节规定:

- 1 透水性能检测应雨季前后各一次。
- 2 透水性能检测的评价单元应符合下列规定:
 - 1) 道路的每两个相邻交叉口之间的路段应作为一个单元,交叉口本身宜作为一个单元;当两个相邻交叉口之间的路段大于 500m 时,每 200m ~ 500m 作为一个单元,不足 200m 的按一个单元计。
 - 2) 每条道路应选择 30% 的单元进行检测和评价,应以所选单元的使用性能的平均状况代表该条道路路面的使用性能。当一条道路中各单元的使用性能状况差异大于两个技术等级时,则应逐个单元进行检测和评价。对总单元数小于 5 的道路,应进行全部检测和评价。
 - 3) 历次检测和评价所选取的单元应保持相对固定。
- 3 透水性能检测应符合下列规定:
 - 1) 对照透水路面资料卡的基本情况,根据附录 A 或附录 B 中的一种透水系数的原位试验方法,现场校核透水路面的透水性能数据。
 - 2) 检测透水能力下降情况,以透水系数剩余百分比(permeability remaining percentage, PRP, 它是当前渗透系数与竣工后初始渗透系数的比值,以百分号表

示)来表示,并判断孔隙堵塞原因,确定养护范围和方案。

DB37/T 5125—2018 附录 A 的方法需要在施工时安装一部分测试组件,即施工中预埋圆筒防止测量时侧向渗流对渗透系数的影响。通过代表性原位监测点可以反映该评价单元内路面的渗透性能。

DB37/T 5125—2018 附录 B 的方法不需要在施工时安装组件,实施起来更加方便。本方法采用双环法来进行原位测试。本渗透仪主要改进的地方包括:渗透仪外管的水由上而下渗流,对内管渗流起到隔离作用,能够有效防止内管的水向外渗透扩展,保证内管的水只能竖直向下渗,可以得到精确的渗透系数。测量时水位由上下水位传感器探头控制,分别控制内外管的进水流速,使内外管水位精确控制在 1cm 波动范围内,水位近似不变,所以可认为是一种常水头测试方法。

8 抗堵塞性

8.0.1 透水混凝土的孔隙易被砂土等各类固体污染物堵塞，尤其是表面开孔较大的透水混凝土，因此应对其抗堵塞性能进行检测。

8.0.3 这是基于大量试验数据而设计出的一种堵塞材料，这种级配是以城市区域非机动车道上路面收集的尘土通过筛分得到的粒径级配。

根据试验研究，大于 2.36mm 的颗粒基本分布于透水混凝土试件的表面，因此没有大于 2.36mm 的组分，而该材料的组成中细颗粒含量较大，经试验该材料可使透水混凝土快速完全堵塞。

其中较粗的砂会进入孔隙并堵塞较大的孔隙，并在孔隙中形成新的骨架结构，而细颗粒会填充骨架中较小的孔隙。因此，路面的渗透性将大大降低，而且这种堵塞结构较为稳定。

平铺 200g 堵塞砂土的计算：由 150mm × 150mm 的试件上表面面积，以及堵塞深度为 10mm、透水混凝土孔隙率为 30% 算出孔隙体积，全部填充满这些孔隙需要 170g 左右的砂土，故取堵塞砂土的质量为 200g。经测试，200g 堵塞砂土可以实现对透水混凝土路面最大限度的人工堵塞，并且保证了堵塞材料的超量供应。

为了模拟降雨对堵塞的影响，将 3L 的清水通过喷壶在 5min ~ 10min 之间喷淋，通过淋水将砂粒冲入路面的孔隙内部。这个喷淋速度相当于降雨强度在 13.3mm/min ~ 26.7mm/min 之间，超过暴雨等级的降雨强度。

由于堵塞材料含有大量的微颗粒，这些微粒的较大表面积使其具有强大的物理吸附能力，路面孔隙中的微颗粒在雨水径流的作用下会分散在水溶液中，由于静电的作用形成双电层结构。而

在雨水蒸发的过程中其表面的水膜厚度会趋向减少引起扩散层厚度降低，颗粒间吸引力变大，并逐渐凝聚成疏松的胶体，这种胶体进一步团聚，最终导致堵塞颗粒板结。因此需要借助毛刷的清扫来去除表面的板结颗粒。

本标准建议设为大于 10 次堵塞循环，理由为目前我国大城市每年的暴雨次数为 3 次 ~ 6 次，以 3 次计，抗 10 次堵塞循环可以保证 3 年内透水能力不失效。

8.0.5 我们利用本标准中所列的方法对透水混凝土的抗堵塞性能进行了试验，试验结果见表 2。

表 2 透水速率系数保持率试验结果

试件编号		1	3	5
初始透水系数 (cm/s)		0.4667	1.1084	1.3597
3 次循环后	透水系数 (cm/s)	0.3051	0.1615	0.4801
	保持率 (%)	65.37	14.57	35.31
6 次循环后	透水系数 (cm/s)	0.1167	0.1167	0.0763
	保持率 (%)	25.01	10.53	5.61
10 次循环后	透水系数 (cm/s)	0.0673	0.0628	0.0538
	保持率 (%)	14.42	5.67	3.96

根据表 2 可以看出，3 组试件的初始透水速率系数在 0.4667cm/s ~ 1.3597cm/s，而经过 10 次堵塞循环测试之后，渗透系数降至 0.0538cm/s ~ 0.0673cm/s，渗透系数保持率在 4% ~ 15% 之间。由此可以看出，泥沙的进入增大了水渗透的阻力，使势能更多地消耗在克服透水材料的阻力上。可以看出：

(1) 本标准中的堵塞测试方法可以在 10 次堵塞循环以内对试件造成比较强烈的堵塞效果，最大堵塞效果可以损耗其 96% 的渗透能力，因此可有效缩短测试周期。

(2) 不同组试件的最终透水速率系数保持率具有区分度，可对不同试件的保持能力进行有效区分。

(3) 如图 2 所示，通过对比发现：3、6、10 次循环后的透

水速率系数保持率逐步降低，但是 6 次 ~ 10 次循环的降低幅度相比 3 次 ~ 6 次循环的降低幅度大大减少，因此继续增加循环次数虽可以继续降低保持率，但是影响效果已不明显。

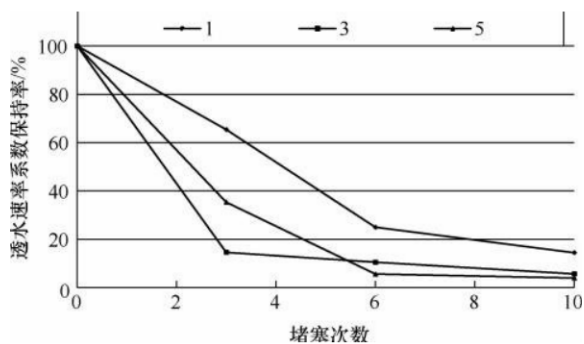


图 2 透

11 抗剥蚀性

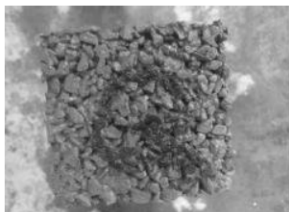
11.0.1 透水混凝土表面掉粒问题在实际应用中也很常见，因此通过这个检测项目来测试其抗剥蚀性能。

12 抗冻性能

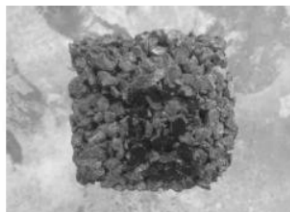
由于我国北方地区冬季气温低于零度，直接凝固在透水混凝土孔隙中的自由水体积膨胀，造成局部冻胀开裂，使透水混凝土的力学性能如抗压强度等显著降低，甚至直接造成其质量损失和结构破坏。参照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082）第4章抗冻试验的4.1慢冻法的规定，应以抗压强度损失率不超过25%以及质量损失率不超过5%时的最大冻融循环次数来表示透水混凝土的抗冻性能。由于透水混凝土天然含有大量的连通孔隙，因而不能使用动弹仪测量试件弹性模量，否则将造成结果极不稳定。

GB/T 50082 第4.1条中要求浸泡水面至少高出试件顶面20mm~30mm，这一点对于透水混凝土来说更为严格。正常情况下，降雨和融化后的雪水会迅速通过连通的孔隙进入路基及穿孔管排出，从而不会形成透水混凝土路面完全浸泡在水中的现象，但是也不排除个别施工项目中出现路基的透水能力比透水路面差而造成积水的极端情况，因此完全淹没的试验方法虽然严格，但可以反映透水混凝土在极端恶劣条件下的表现。

透水混凝土的冻融试验过程经历了表层粗骨料与水泥浆分离、粗骨料与水泥浆脱落、裂缝的产生与发展三个明显的宏观破坏过程（图3），即试件经过冻融循环后，表面骨料发生破损并开始出现疏松、剥落，且随着冻融次数的增加，情况逐渐加重，粗骨料与水泥浆产生分离，之后在粗骨料交界处出现可见的裂缝并不断发展导致最终断裂。由此可见，透水混凝土的破坏发展过程和破坏形式均与普通混凝土存在巨大差异。



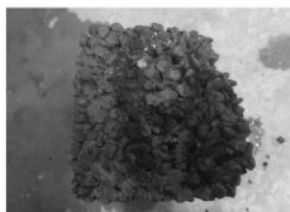
(a) 未冻融前



(b) 表层粗骨料与水泥浆分离



(c) 粗骨料与水泥浆脱落



(d) 贯穿裂缝的产生

图3 透水