

缝隙透水型路面关键设计参数及透水功能研究

郑晓光, 陈亚杰

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 针对传统透水砖路面透水功能耐久性差、强度不足的缺陷, 借鉴欧洲、北美的成功建设经验, 结合国内建设条件, 试验研究了缝隙透水型路面的关键设计参数、透水功能测试方法和耐久性。试验结果表明, 缝隙透水型路面具有良好的透水功能和力学性能, 缝隙率宜大于 7.5%, 采用 ASTM C1787M 方法测试透水系数是有效的。

关键词: 海绵城市; 透水路面; 设计参数; 缝隙透水型路面砖

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)01-0161-04

0 引言

党的十八大以来, 党和国家高度重视生态文明建设, 其中海绵城市建设是新型城镇化建设的重要抓手。“十三五”期间, 海绵城市建设在全国许多城市陆续展开, 不仅大幅缓解了城市内涝现象, 还有效改善了城市人居环境, 在我国取得了巨大的生态效益。

在海绵城市建设体系中, 透水铺装是最重要的技术措施之一, 其中在人行道、广场、停车场中透水砖路面的应用最为广泛。传统的透水砖路面通过砖体中存在的孔隙进行透水, 在实践中发现, 这种砖体的孔隙易被粉尘堵塞, 同时由于砖体内部孔隙的存在, 其材料强度相对较低, 抗冻性差。

近些年, 欧洲、北美等地区在步行街、停车场等区域也建设了大量的透水铺装, 其采用的面层材料砖体不透水, 雨水通过砖体间连锁支撑结构形成的缝隙向下渗透, 这就是缝隙透水型路面, 设计形式如图 1 所示。由于砖体间缝隙较大, 因此透水有保证, 而且缝隙堵塞容易清理。同时, 由于砖体本身没有孔隙存在, 因此其强度高、耐久性好, 故而是一种值得推广的新型透水路面, 如图 2 所示。

目前缝隙透水型路面在国内被逐渐推广应用, 但是研究较少, 本文针对该类型路面的设计要点及透水功能测试方法进行分析。

1 缝隙透水型路面关键设计参数

缝隙透水型路面由面层、找平层、基层和垫层组

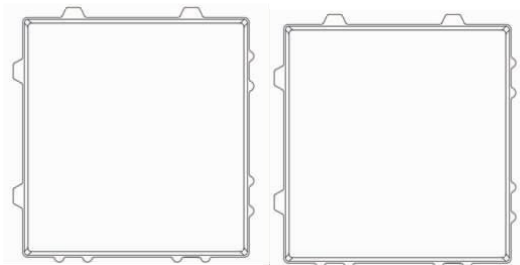


图 1 缝隙透水型路面砖平面设计示意图



图 2 缝隙透水型路面

成。面层采用缝隙透水型路面砖铺筑, 找平层、基层和垫层均采用透水材料, 使雨水能够通过透水性能良好的路面结构, 直接渗入路基土或由边缘排水系统排出。

为保证径流控制效果及面层的稳定性, 砖体上设置连锁结构。对于以行人为主的道路, 缝隙透水型路面砖的厚度不应小于 6 cm; 对于有停车需求的道路, 其厚度不应小于 8 cm。缝隙宽度是该类型路面的重要设计参数, 砖体之间连锁结构拼接而成的缝隙宽度不应小于 5 mm, 并应根据面层砖尺寸的不同设计缝隙宽度, 以满足渗流要求。同时, 路面砖之间的缝隙不能留空, 缝隙采用填缝料填充, 填充要均匀、饱满。填缝料应采用细骨料碎石, 粒径小于 3 mm。不

收稿日期: 2020-09-09

基金项目: 水体污染控制与治理国家科技重大专项 (2017ZX07205003)

作者简介: 郑晓光(1978—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 主要研究方向为海绵城市、绿色道路。

能用砂子代替碎石,砂子透水系数小,难以保证透水路面的整体渗流需求,且易随雨水径流迁移到找平层及透水基层,造成其他层透水材料的堵塞(见图3、图4)。



图3 填缝料被冲刷迁移



图4 填缝料迁移堵塞找平层

与传统的透水路面采用孔隙率作为关键设计指标控制透水功能不同,该类型路面采用缝隙率作为关键设计指标。缝隙透水型路面砖铺砌完成后单位面积内缝隙所占比例即为缝隙率,其值宜在7%~13%之间。

缝隙透水型路面砖与基层间设置找平层,厚度宜为30~40 mm,采用的碎石级配应符合表1的要求。

表1 找平层集料级配

筛孔尺寸/mm	通过质量百分率/%
9.50	100
4.75	85~100
2.36	10~40
1.18	0~10
0.30	0~5

缝隙透水型路面基层材料根据荷载及交通量的不同可选用级配碎石、骨架空隙型水泥稳定碎石或透水水泥混凝土,其性能应满足现行国家和行业规范的技术要求。

当缝隙透水型路面土基为黏性土时,需要设置垫层;当土基为砂性土或底基层为级配碎砾石时,可以不设置垫层。土基顶面回弹模量值不宜小于

20 MPa,土质路基压实应采用重型击实标准控制,压实度不应低于90%,全透式路面的路基压实度不宜大于93%。

根据渗流计算,在设计降雨强度条件下,路面有产生径流风险时,应设置路面内部排水系统,其设计方法见图5、图6。

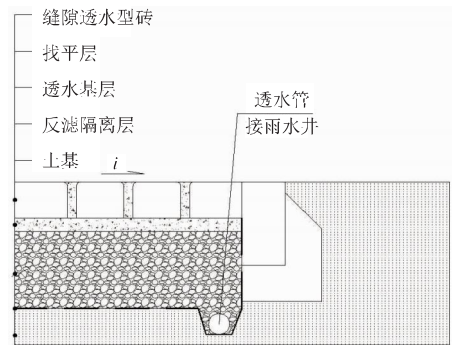


图5 全透式路面内部排水系统

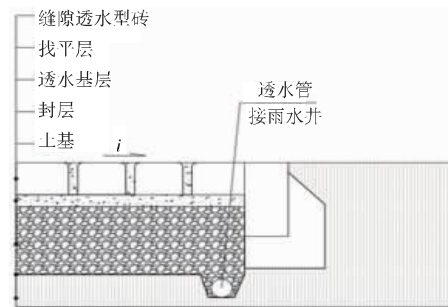


图6 半透式路面内部排水系统

2 透水功能测试方案设计

透水功能是透水路面最重要的技术指标之一,国内常采用《透水砖路面技术规程》(CJJ/T 188—2012)^[1]及《透水水泥混凝土路面技术规程》(CJJ/T 135—2009)^[2]规定的方法进行测试。但《透水水泥混凝土路面技术规程》(CJJ/T 135—2009)^[2]规定的方法主要用于透水水泥混凝土在试验室的测试,无法实现在透水路面现场进行快速、直观检测。

美国材料与试验协会提出的《连锁混凝土路面结构系统的渗透率测试方法》(ASTM C1781/1787M—2015)^[3]是一种单环定水头测试方法,适用于透水路面现场进行透水系数测试,操作简单、数据准确。

本次研究采用《透水砖路面技术规程》(CJJ/T 188—2012)^[1]的透水系数测试方法及《连锁混凝土路面结构系统的渗透率测试方法》(ASTM C1781/1787M—2015)^[3]的方法对缝隙透水型路面透水功能进行评价。

2.1 试验方法

《透水砖路面技术规程》(CJJ/T 188—2012)^[1]的透水系数测试方法详见其规程附录A。《连锁混凝土

路面结构系统的渗透率测试方法》(ASTM C1781/1787M—2015)^[3]的测试方法如下。

(1) 主要仪器

一个由透明有机玻璃制成的渗透环,内腔直径为300 mm,高度为100 mm,离环底10 mm和15 mm高处有粗刻度线(见图7)。

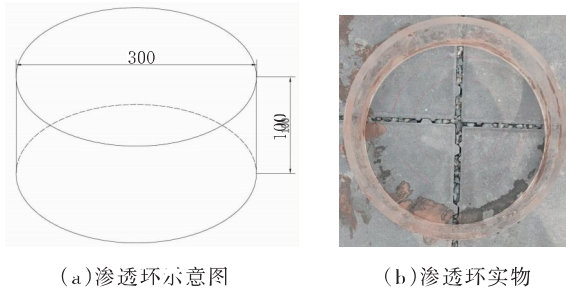


图7 渗透环

(2) 测试步骤

测试前首先对测试点区域的路面表面进行清扫,不能有垃圾、碎片等材料黏附在路表面。以砖块拼接的一个交叉缝处作为圆心,将渗透环置于路面表面的测点上。用密封材料对环状密封区域进行密封处理。将3.6 kg的水倒入渗透环内进行预湿,倒入的速度保证水位达到环内两个刻度之间。倒水时应尽量将水冲落于砖块表面,避免水流将填缝材料带走,出水口的高度为150 mm左右。从水接触路面开始计时,路表无水时停止计时。完成预湿后开始正式测试:若预湿时间小于30 s,则需要加入18.00 kg的水;若预湿时间大于或等于30 s,则需要使用3.60 kg的水。

(3) 透水系数的计算按下式计算:

$$I = \frac{KM}{D^2t} \quad (1)$$

式中: I 为透水系数, mm/s; M 为测试用水量, kg; D 为渗透环内径, mm; t 为时间, s; K 为常数, 1 273 240。

2.2 试验路参数设计

为研究砖体尺寸与不同缝隙宽度对透水系数的影响,本次试验在苏州某停车场铺设了不同尺寸砖块及缝隙宽度的缝隙透水型路面进行透水功能测试。透水路面结构为:6 cm 缝隙透水型路面砖+3 cm 找平层+30 cm 级配碎石,其中嵌缝料与找平层的材料符合表1的要求。本次研究铺筑了7种常见类型的缝隙透水型路面,具体设计参数见表2。

3 透水功能试验分析

按《透水砖路面技术规程》(CJJ/T 188—2012)^[1]附录A的方法对7段试验路进行透水系数测试(见图8),不同缝隙率与透水系数关系见图9。

表2 不同试验路设计参数

编号	缝隙透水型路面砖平面尺寸 /cm	缝隙宽度 /mm	缝隙率 /%
1	30 × 30	8	5.1
2	30 × 30	10	6.3
3	20 × 20	8	7.5
4	12.5 × 12.5	6	8.9
5	20 × 20	10	9.2
6	20 × 10	8	10.9
7	20 × 10	10	13.3

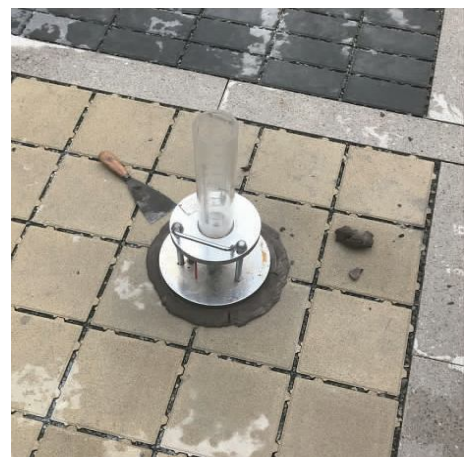


图8 现场透水系数测试

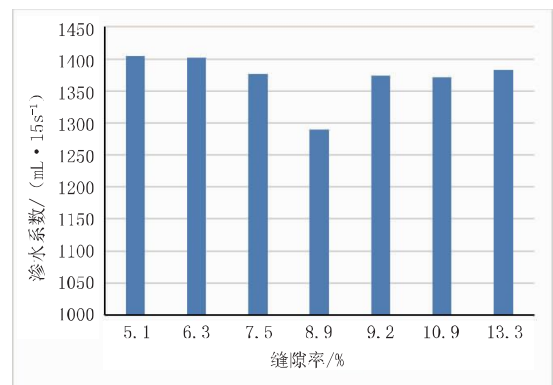


图9 不同缝隙率与透水系数关系

由以上数据可见,不同缝隙率与透水系数无明显相关关系,数值均在1 300 s~1 400 mL/15 s之间。考虑到渗水仪的阀门直径仅为1 cm,本次试验将两组渗水仪架空后测试其无材料阻挡条件下的透水系数,其数值分别为1 200 mL/15 s和1 400 mL/15 s。可见该试验方法极易由于仪器阀门流速限制而无法测出缝隙透水型路面的真实透水系数,严重影响试验数据的准确性,故该测试方法无法有效表征缝隙透水型路面的透水功能。

按照《连锁混凝土路面结构系统的渗透率测试方法》(ASTM C1781/1787M—2015)^[3]的方法对7段

试验路进行透水系数测试(见图10),不同缝隙率与透水系数关系见图11。



图10 现场透水系数测试

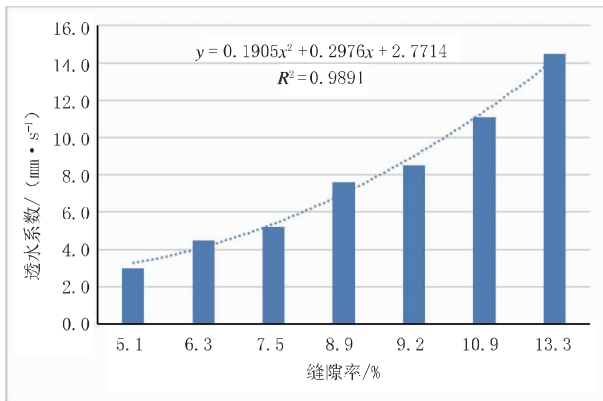


图11 不同缝隙率与透水系数关系

试验结果显示《连锁混凝土路面结构系统的渗透率测试方法》(ASTM C1781/1787M—2015)^[3]的测试方法可以很好地反映不同缝隙率缝隙透水型路面的透水系数变化情况(见图12)。随着缝隙率的增大,透水系数呈正相关关系,。参照美国的技术要求,该类型路面表面渗透系数可达1 000 in/h (7.1 mm/s),结合本次试验结果分析,可以确定缝隙透水型路面的缝隙率宜大于7.5%。

对不同设计参数缝隙透水型路面的透水系数进行跟踪测试,实践发现6个月的运行对该类型路面透

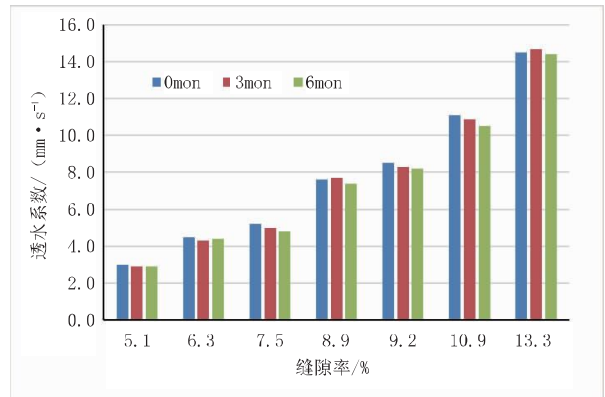


图12 缝隙透水型路面透水系数衰变

水系数无明显影响,同时铺装表面也无结构性损坏,即该类型路面的透水性能和力学性能耐久性良好。

4 结论

根据试验分析,确定了缝隙透水型路面的关键设计参数和透水功能,主要结论如下:

(1)缝隙透水型路面砖之间的缝隙不能留空,应采用符合级配要求的碎石进行填充,填充要均匀、饱满。

(2)采用常规的渗水仪测试透水系数无法有效表征缝隙透水型路面的透水功能,《连锁混凝土路面结构系统的渗透率测试方法》(ASTM C1781/1787M—2015)^[3]的测试方法对该类型路面是有效的。

(3)缝隙率可以有效反映缝隙透水型路面的透水性能,为实现良好的渗透功能,缝隙率宜大于7.5%。

(4)缝隙透水型路面具有良好的透水功能耐久性,且该类型路面由于面层砖体不透水、强度高,故其耐久性也有很大的优势。

参考文献:

[1] CJJ/T 188—2012,透水砖路面技术规程[S].
 [2] CJJ/T 135—2009,透水水泥混凝土路面技术规程[S].
 [3] ASTM C1781/1787M—2015,连锁混凝土路面结构系统的渗透率测试方法[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

电话:021-55008850 投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 联系邮箱: cdq@smedi.com