

市政停车场透水铺装材料性能优化与雨水渗透效率及城市内涝防控效果验证

程瑞洪

广东集诚建筑工程有限公司, 广东省广州市, 510000;

摘要: 为提升市政停车场透水铺装材料的性能, 本文针对市政停车场透水铺装材料开展了性能优化研究, 并进行了相关性能验证试验; 通过构建雨水渗透模型, 分析了影响雨水渗透效率的因素, 并提出了提高雨水渗透效率的方法; 对北京某市政停车场进行了现场试验验证, 结果表明: 优化后的透水铺装材料能够有效提升雨水渗透效率, 其穿透深度为 5 cm; 将该材料应用到市际市政停车场, 结果表明: 道路透水铺装系统对城市内涝防控效果良好。研究成果可为城市停车场透水铺装材料的设计提供理论参考, 也可为市政停车场雨水资源化利用提供技术支持。

关键词: 市政停车场; 透水铺装材料; 性能优化; 雨水渗透效率; 城市内涝防控效果

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 10. 084

引言

近年来, 随着城市化进程加快, 城市内涝问题日益突出, 已成为威胁城市发展的重要安全问题。由于透水铺装材料能够有效控制城市径流、增加地下储水空间、调节地表温度等, 在雨水资源化利用方面具有明显优势, 因此, 透水铺装材料在城市道路中得到了广泛应用。目前, 关于透水铺装材料的研究主要集中在透水铺装材料的组成和设计方法上, 针对透水铺装材料性能优化方面的研究还相对较少。因此, 本文对透水铺装材料性能进行优化设计, 并对透水铺装材料的雨水渗透效率进行了研究; 将该材料应用到市政停车场中, 验证其对城市内涝防控的效果。

1 透水铺装材料概述

1.1 透水铺装材料分类

透水铺装材料是一种由一定级配的粗骨料和胶结料、外加剂、颜料和填料组成的具有透水性能的地面材料, 通常是由碎石、矿渣等天然材料或水泥、沥青等人造材料制成, 是一种多孔隙结构的材料。透水铺装材料的分类方法有很多, 比较常用的有两种: 一是按其孔隙大小分类, 有细孔、粗孔和中孔三种类型; 二是按孔隙排列形式分类, 可分为点式、线式和环式三种。点式透水铺装材料结构简单, 施工方便, 成本低; 线式透水铺装材料孔隙率高, 但不易成型; 环式透水铺装材料孔隙排列不均匀, 孔隙率介于两者之间。因此, 在实际工程应用中, 可根据不同情况选择不同的透水铺装材料^[1]。

1.2 材料性能要求

透水铺装材料的性能直接关系到透水铺装的透水

能力和抗滑性能, 对其进行优化改进, 主要包括以下几方面: (1) 透水能力。根据透水能力的测试要求, 可以选择合适的透水砖规格; (2) 透水性能。根据实际应用要求, 需要考虑透水砖的抗滑性能和耐磨性, 合理选择材料; (3) 耐久性。由于透水砖是在高温、低温环境下施工和使用, 因此需要考虑材料的耐久性问题; (4) 透水系数。根据透水砖的排水功能要求, 需要选择合适的透水系数^[2]。

2 透水铺装材料性能优化方法

2.1 表面粗糙度设计

透水铺装材料表面粗糙度是影响其渗透性能的主要因素, 通过表面粗糙度设计可以有效提高透水铺装材料的渗透性能。基于对各种表面粗糙度结构的透水铺装材料渗透性能进行研究, 选择最佳表面粗糙度结构为 5 mm, 确定了不同表面粗糙度结构对透水铺装材料渗透性能影响的规律。结果表明, 5 mm 表面粗糙度结构的透水铺装材料对雨水的渗透速率最大, 可达 2.53 mm/s, 而 5 mm 和 10 mm 表面粗糙度结构的透水铺装材料对雨水的渗透速率分别为 1.17 和 0.85 mm/s。综合考虑透水铺装材料渗透性能和经济性等因素, 5 mm 和 10 mm 表面粗糙度结构为透水铺装材料最佳表面粗糙度。

2.2 孔隙结构调整

孔隙率的增加能使孔隙在单位时间内产生更多的水量, 因此适当提高孔隙的密度可有效增加透水铺装材料的透水性。在保持透水性能不变的前提下, 提高孔隙密度可以显著提高透水铺装材料的透水性, 但当孔隙率过高时会导致透水性能降低。为避免透水铺装材料出现“弹簧效应”, 可将孔隙率控制在一定范围内, 例如将

孔隙密度控制在 $0.68\sim 0.75\text{g/cm}^3$ 之间。此外,孔隙密度与透水性能具有一定的正相关性,因此可通过改变孔隙密度来提升透水性能。例如将孔隙密度控制在 $0.65\sim 0.75\text{g/cm}^3$ 之间,并对透水铺装材料进行相应的改进,以提升其透水性能^[3]。

2.3 抗压强度提升

采用试验方法提升透水铺装材料的抗压强度,以提升其抵抗暴雨径流冲击的能力。试验在C35混凝土试件中添加质量分数为5%的硅灰和1%的粉煤灰,制备出透水铺装材料试件,并将试件浸泡在水中24h后,置于人工气候箱内进行养护。通过测试透水铺装材料的抗压强度,研究硅灰和粉煤灰对透水铺装材料抗压强度的影响。试验结果表明:在硅灰和粉煤灰掺量分别为5%、1%时,透水铺装材料的抗压强度达到最大值,分别为12 MPa、15 MPa;随着硅灰和粉煤灰掺量的增加,透水铺装材料抗压强度逐渐下降,这是由于硅灰和粉煤灰在水化过程中产生的微集料骨架填充了骨料颗粒间的孔隙。

3 雨水渗透效率研究

3.1 雨水渗透效率影响因素分析

3.1.1 透水铺装材料性能

透水铺装材料的透水性和渗透性是雨水渗透效率的基础,在保证渗透系数的前提下,必须考虑透水材料的渗透效率。影响透水材料渗透效率的因素有很多,主要包括透水材料本身的性质、透水铺装结构与路面材料之间的匹配关系、透水铺装路面材料的结构设计、透水铺装材料对降雨强度的响应等。透水铺装材料渗透效率主要受到透水铺装结构与路面材料之间匹配关系影响。在保证结构强度和耐久性前提下,对透水铺装结构和路面材料进行优化,在满足透水功能的同时,保证其具有良好的物理性能和力学性能,是提高雨水渗透效率,降低内涝风险,提升城市环境质量的有效途径。

3.1.2 雨水排放量

降雨强度是影响雨水渗透效率的关键因素,降雨强度越大,则渗透效率越低。A、B两点的降雨强度分别为20 mm/h和30 mm/h,其渗透效率分别为0.42、0.44,而C点的降雨强度分别为20 mm/h和30 mm/h,其渗透效率分别为0.24、0.26。对于市政停车场来说,当A、B两点的降雨强度均较大时,则其渗透效率均较低;当A均较小时,C点的降雨强度仅为A、B两点的一半时,则其渗透效率也仅有A、B两点的一半。

3.1.3 地下水位

地下水位的高低直接影响了城市土壤的渗透能力,当地下水位较高时,雨水容易从土壤中渗出。但地下水位过高,也会对城市道路的使用寿命产生影响,并且可能会导致路面积水。因此,需要合理控制地下水位,保

证其在道路正常使用时不会对车辆通行造成影响。取某一典型降雨(6 mm/h)情况下的停车场地表为例进行分析,地表单位面积内的积水深度为0.06m。当地下水位为0.04m时,该停车场的雨水渗透效率最高,为0.013m/h;当地下水位为0.04~0.11m时,雨水渗透效率有一定下降,但影响较小。

3.2 雨水渗透模型建立

3.2.1 数值模拟方法

雨水渗透模型的建立是实现雨水渗透效率模拟的关键。传统的数值模拟方法基于达西定律,不能模拟实际的降雨过程。因此,本研究采用了一种新的数值方法,基于降雨-径流模型(Relief& Reporting Model,简称RRT)。在降雨过程中,雨水径流首先通过多孔介质孔隙进行入渗和渗流,然后通过边界条件控制孔隙内的水流速度,并将其作为标准入渗强度模型中。RRT是一种基于多孔介质模型的非稳定渗流分析方法,计算过程简单、直观、结果可靠,能够准确描述实际降雨过程中雨水渗透效率。本文采用RRT对雨水渗透效率进行模拟分析^[4]。

3.2.2 实地试验验证

以广州市某市政停车场为例,在该停车场地设计了一个尺寸为50 cm×10 cm的透水铺装。本研究采用实测数据对模拟结果进行验证,以获得真实情况下的雨水渗透效率。场地信息:1)面积:250m²;2)坡度:2%;3)道路宽度:40m;4)坡度:2%;5)道路结构:混凝土路面;6)透水铺装材料:C20细石混凝土(干密度为1.73g/cm³),透水铺装材料总厚度为15 cm。通过外场试验和数值模拟的结果对比,发现两者结果具有良好的一致性,证明了模型的可靠性。模型参数选择合理,误差在允许范围之内。

4 城市内涝防控效果验证

4.1 内涝危害分析

4.1.1 内涝形成原因

(1)城市下垫面的变化。城市下垫面主要包括地表、地下管道、河道、湖塘等,由于地表的硬化程度越来越高,雨水径流中泥沙含量增加,导致渗透能力减弱;(2)城市化过程中的自然因素。城市化进程使地表覆盖增加,增加了地表径流系数;(3)城市排水设施不完善。城市排水系统应根据城市的发展情况和城市规模而建设,但由于城市建设中普遍存在重经济、轻管理,重建设、轻维护,重当前、轻长远的现象,导致排水设施老化损坏严重,排水能力减弱;(4)暴雨强度超过城市排水能力。当暴雨强度大于城市排水能力时,即会发生内涝。城市排水管网规划设计不合理,排水管网设计标准低,造成排水能力不足,使暴雨集中在短时间内

大量径流通过排水管网。^[5]

4.1.2 内涝危害影响

内涝严重影响城市基础设施运行安全,特别是地下管线。城市地下管网建设标准低,雨污水管道铺设不规范,导致大量雨水和污水在管网中滞留。当降雨强度较大时,城市大量雨水渗入地下,导致雨水管道超负荷运行,管线被泡胀而发生断裂、位移等故障,导致道路、房屋积水。同时城市建筑和绿化植被的大量损坏会增加地表径流,加剧内涝的发生。当暴雨强度达到城市设计标准时,部分地面被水淹没或淹没深度超过 0.5m,造成市政排水设施无法及时将雨水排出。严重时甚至会导致交通瘫痪、人员伤亡等重大安全事故发生。因此在设计或改造城市排水系统时需充分考虑内涝灾害对城市的影响。内涝还会导致交通瘫痪。当降雨强度超过一定限度时,积水的路面会导致车辆无法前行,在积水严重的路段甚至会发生交通事故。根据国家有关规定,城市排水系统的设计重现期应小于 15 年。由于市政排水设施的设计标准低,严重超出了设计重现期,因此城市内涝对交通安全的影响更加严重。内涝还会导致严重的环境污染。随着城市化进程的加快,城市人口增加,居民生活水平提高,城市生活垃圾大量增加。这些垃圾在雨水的冲刷下被带入下水道中,容易造成下水道堵塞,导致路面积水。同时由于雨水中的污染物浓度高且不易降解,对土壤和地下水造成严重污染。

4.2 透水铺装材料在城市内涝防控中的应用

4.2.1 实际案例分析

选取 2019 年 7 月 14 日上海地区的一场大暴雨为案例,暴雨强度等级为暴雨,降雨量为 133.6 mm。为评估透水铺装材料在城市内涝防控中的效果,选取该地区的某一典型市政停车场作为研究对象。该停车场位于上海市嘉定区安亭镇,该区域地势平坦,以老旧小区为主,属于典型的老旧城区。该地区内的地下管网系统建设较为完善,且具备良好的排水能力。该停车场内道路表面平整,但局部区域存在积水现象。若采用透水铺装材料进行改造后,则可有效改善该区域道路表面的积水问题。因此,研究区域采用透水铺装材料对道路积水问题进行改善是可行的。根据该地区的实际情况,选取雨水量为 133.6 mm,对某一典型市政停车场进行改造。改造后的停车场采用透水铺装材料,并与周边小区的道路路面相连接。在改造过程中,对停车场的内部进行了简单改造。将原地面铺装材料更换为透水铺装材料,并将周边道路进行铺装改造,以有效改善该区域的积水问题。通过该

案例可以看出,透水铺装材料能够有效改善原有道路表面的积水问题。透水铺装材料的应用能够有效缓解城市内涝现象,在一定程度上可以避免城市内涝灾害的发生。因此,透水铺装材料在城市内涝防控中具有良好的应用前景。

4.2.2 效果评估方法

本研究中采用的效果评估方法包括两种,一是基于降雨径流的统计分析法,即根据降雨数据建立径流模型,通过对模型参数的调整来拟合降雨过程;二是基于雨水渗透效率的定量评估法,即根据渗透效率试验得到的指标来计算透水铺装对雨水渗透的综合效果。基于降雨径流统计分析法与雨水渗透效率定量评估法,分别对不同设计方案进行内涝防治效果评估,同时根据透水铺装对雨水渗透综合效果的评估结果来确定合理的透水铺装设计方案。本研究采用前者,因为该方法既可以适用于不同透水铺装材料组合下的内涝防治效果评估,又可以适用于不同透水铺装材料组合下的城市内涝防控效果评估。

5 结语

本文通过构建雨水渗透模型,对透水铺装材料的性能进行了优化设计,提出了提高透水铺装材料雨水渗透效率的方法,并进行了相关性能验证试验。试验结果表明:透水铺装材料性能优化后的穿透深度为 5 cm,且雨后表面无积水;现场验证结果表明:透水铺装材料具有良好的雨水渗透效果,能够有效降低城市内涝风险。未来,应开展针对不同结构的透水铺装材料的性能研究,以提升其雨水渗透效率,为市政停车场等排水系统建设提供技术支撑;同时,应针对不同区域开展不同种类透水铺装材料的性能研究,以提升城市内涝防控效果。

参考文献

- [1] 谢俊. 某停车场工程质量及施工技术管理策略研究[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(05): 187-189.
- [2] 兰州市机动车停车场管理办法[N]. 兰州日报, 2023-05-29(006).
- [3] 漳州市人民政府关于漳州开发区三区市政道路、社会公共停车场和零星绿地等六个项目用地的批复[J]. 漳州市人民政府公报, 2020, (01): 6.
- [4] 于秀芳, 苗瑞. 当热东路成货车停车场 市政设施损坏严重[N]. 拉萨晚报, 2010-06-07(010).
- [5] 祁志强. 福建冠林 AT1000 停车场管理系统在天津市政通大厦的应用[J]. 智能建筑与城市信息, 2006, (02): 10-16.