

海绵城市改造工程的路面透水砖性能比选与应用研究

翁邦正¹, 李亮², 马竞², 蒲伟¹, 张耀¹

(1. 中国建筑第二工程局有限公司, 北京 100160; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘要: 依托玉溪市海绵城市试点区路面工程项目,对砂基透水砖、混凝土透水砖、钢渣透水砖、石材透水砖和陶瓷透水砖性能进行了对比分析。结合项目所在区域气候特征及相应参数,对不同透水砖性能进行了比选,并对陶瓷透水砖性能进行了优化,开发出了高强陶瓷透水砖,还介绍了高强度透水砖的施工工艺及应用效果。

关键词: 海绵城市; 透水性能; 方案比选; 陶瓷透水砖

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)12-0019-04

Performance Comparison and Application of Permeable Bricks in Sponge City Projects

WENG Bang-zheng¹, LI Liang², MA Jing², PU Wei¹, ZHANG Yao¹

(1. China Construction Second Engineering Bureau Ltd., Beijing 100160, China; 2. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: The performance of permeable bricks made of sand, concrete, steel slag, stone and ceramic were compared and selected according to local climate characteristics and relevant parameters of the sponge city demonstration pavement projects in Yuxi. The performance of ceramic permeable brick was optimized so as to develop high strength ceramic permeable brick. The construction technology and application effect of high strength permeable brick were introduced.

Key words: sponge city; permeability performance; scheme comparison; ceramic permeable brick

海绵城市因其在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的弹性空间而得到广泛认可^[1-2]。海绵城市在降雨时,能够通过“渗、滞、蓄”等手段将雨水收集,干旱时供给城市使用;能够从源头上有效减少雨水径流,降低市区内涝的发生概率。在海绵城市的建设和改造过程中,路面透水铺装占据重要地位。

研究发现,国内目前广泛应用的硬质化路面会阻碍雨水渗透,导致市政排水超载,从而增大市区内涝的发生概率,而透水性铺装可以解决硬质化路面产生的这些问题,降低市区内涝灾害发生的风险,降低城市噪声污染,提高使用舒适性^[3-4]。随着海绵

城市建设的不断发展,透水砖、透水混凝土、透水沥青、低影响开发(LID)设施等材料、工艺逐步提出,应用透水砖代替传统的景观烧结砖作为广场和小区内铺装已成为一种必然趋势^[5]。

1 工程背景

玉溪市的气候具有明显的时间特征,其降雨时间集中在每年的5月—10月,大雨及暴雨多集中在6月—8月,年平均降水日为137.1 d,全年风速较小,降雨范围小,强度大的单点暴雨发生频率较高(见表1)。雨季降雨占全年85.0%以上,多年平均降雨量为909.0 mm,最大降雨量为1 294.3 mm,最小降雨量为682.7 mm。

表1 玉溪市1971年—2017年基本气候数据统计

Tab.1 Basic climate statistics of Yuxi from 1971 to 2017

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均降水量/mm	16.1	18.3	19.1	81.2	86.7	138.8	177.6	186.2	107.9	78.5	51.2	11.4
降水天数/d	4.4	4.4	5.5	8.0	12.4	16.6	20.2	19.2	15.8	18.2	7.9	4.5
平均风速/(m·s ⁻¹)	1.7	2.0	2.1	2.2	2.1	1.6	1.3	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2

随着城市化速度加快,不透水地表面积增大,雨水滞留时间增长,下渗速率降低,因此导致地表径流增大,出现了严重的市区内涝灾害,其中2017年市区内涝灾害造成经济损失约1 127万元,2016年约538万元,2015年约2 674万元,平均年经济损失为444万元。

当玉溪市城区雨水被充分利用后,市区内涝概率也会相应降低,由市区内涝带来的经济损失也会

降低。因此,选用透水性路面来进行玉溪市海绵城市工程项目的改造,可以产生可观的经济效益。

2 透水砖性能比选

按照透水砖的材料组成,主要可分为砂基透水砖、石材透水砖、混凝土透水砖、钢渣透水砖、陶瓷透水砖,这五种透水砖在工程中的应用频率较高、应用广泛。

上述5种材质透水砖的基本性能指标见表2。

表2 5种透水砖性能指标

Tab.2 Performance indicators of five kinds of permeable brick

透水砖种类	抗压强度/MPa		抗拉强度/MPa		抗冻性/次	耐磨性/mm	透水系数/(10 ⁻² cm·s ⁻¹)
	平均值	最小值	平均值	最小值			
砂基透水砖	38	36	3.6	3.3	35	34	2.3
石材透水砖	42	39	4.3	3.8	75	36	1.8
混凝土透水砖	42	40	3.9	3.6	35	40	2.2
钢渣透水砖	45	40	3.9	3.6	40	35	1.9
陶瓷透水砖	46	45	4.3	3.8	29	35	2.3

由表2可知,石材透水砖透水性能较差,砂基透水砖和陶瓷透水砖透水系数较高,透水性能良好。陶瓷透水砖的透水系数与砂基透水系数一致,但是陶瓷透水砖的抗压强度、抗拉强度及耐磨性均优于砂基透水砖。与砂基透水砖相比,陶瓷透水砖的抗冻性能较差,考虑到玉溪市局域性气候,抗冻性要求较低。同时综合产品产地、造价、工艺、成熟性等因素,在学校、广场等公共建筑项目中透水铺装较多选用陶瓷透水砖。

3 陶瓷透水砖性能优化

陶瓷透水砖主要以废弃改性陶粒、长石粉、纤维素、木屑为原料烧结而成。在高温烧结时,废弃改性陶粒表面熔融后相互粘结,成为多孔陶瓷透水砖的主体。长石粉的加入有利于坯体在1 000℃以上的废弃改性陶粒表面熔融,并填充其空间,提高产品的强度。纤维素主要作用于坯体的成型及低温阶段的粘结。木屑的作用在于高温时燃成灰烬,在砖体内留下大量的空隙,从而大大提高产品的透水率和呼吸性。

通过改变原料质量分数配比及烧成温度进行了

9组优化试验,试验过程技术路线如图1所示,试验工况及结果如表3所示。

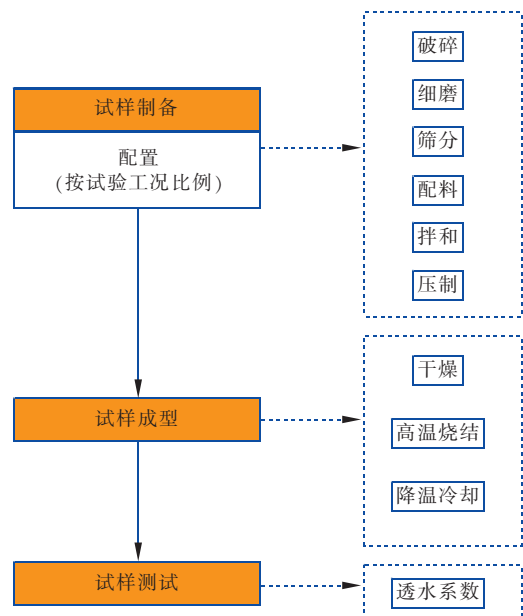


图1 试验过程技术路线

Fig.1 Technology route of experiment process

表3 试样工况及测试结果

Tab.3 Indicators and results of working conditions

试样 工况	陶粒/ %	长石 粉/%	纤维 素/%	木屑/ %	烧成温 度/℃	透水系数/ ($10^{-2} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
S1	50	5	35	10	1 000	2.33
S2	60	5	25	10	1 000	2.37
S3	70	5	15	10	1 000	2.41
S4	50	5	35	10	1 050	2.44
S5	60	5	25	10	1 050	2.46
S6	70	5	15	10	1 050	2.49
S7	50	5	35	10	1 100	2.35
S8	60	5	25	10	1 100	2.39
S9	70	5	15	10	1 100	2.40

由表3可知,试样中随着陶粒在配合比中质量的增加,透水系数出现增大的趋势。透水系数并不是随着烧成温度的升高而一直增大,推测其原因是烧成温度达到试样中其他材料液化温度时,试样中液相也增多,形成粘滞流,从而导致部分气孔被液相填充,导致样品更加致密,透水系数降低,但是其抗压强度会相应增加。通过配合比试验,对陶瓷透水砖配合比进行了改良,选取了陶粒配合比最高的试样制备高强陶瓷透水砖,并根据表3结果,选取1 050℃为烧成温度。玉溪市海绵城市项目工程改造中所用的高强陶瓷透水砖如图2所示,铺装设计如图3所示。



图2 陶瓷透水砖样品

Fig.2 Ceramic pervious bricks



图3 陶瓷透水砖铺装设计

Fig.3 Design of ceramic permeable brick paving

4 陶瓷透水砖施工及应用效果

陶瓷透水砖铺装分为透水砖面层及透水基层。该工程主要在人行道铺装,主要施工顺序:定位放线→原路面破除、开挖、清运→基层素土夯实→级配碎石铺设→透水混凝土基层→无砂透水混凝土粘接层、透水砖层面施工。

施工节点大样如图4所示。陶瓷透水砖铺装平面如图5所示。

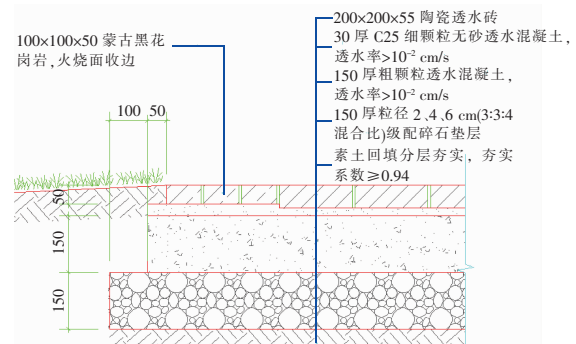


图4 路基铺装大样图

Fig.4 Detail of roadbed paving

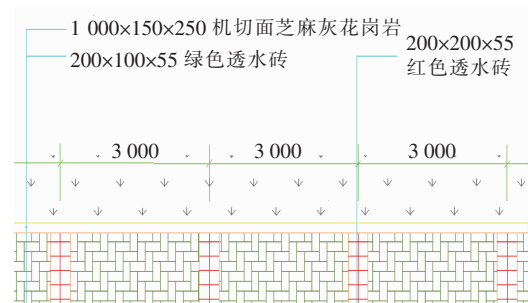


图5 高强陶瓷透水砖铺装平面图

Fig.5 Layout paving of high-strength ceramic permeable bricks

透水砖面层铺装前根据实际场地进行深化排版,施工过程中按照5.0 m×5.0 m进行分格,通过透水砖两侧的卡条严密拼接在一起,中间自然留设有宽度一致的缝,能有效地控制成型质量,提高美观度。透水混凝土粘接层的水泥、骨料和水按照1:5:0.3的比例进行现场搅拌,搅拌出料后在20 min内进行面层铺贴,以防止透水混凝土初凝后,透水砖无法粘接牢固。每次施工面积均少于30.0 m²,透水砖施工完成后用彩条布或塑料布进行覆盖,防止污染,施工完成铺装且强度达标后用中粗砂或石英砂进行扫缝。

图6给出了东风广场陶瓷透水砖在雨中的透水效果。由图6可知,陶瓷透水砖能够让雨水迅速渗

入,保持路面良好性能。经高强透水砖改造的区域,能保证路面雨水快速地通过孔隙排出,进而流入多孔水泥混凝土基层,由渗水路基汇入地下,能够较好地消除传统硬质化路面排水不畅导致的水膜。陶瓷透水砖能够使雨水迅速地渗入地表,其具有较大的孔隙并与土壤相通,能积蓄较多的热量和水分,有利于调节城市的生态环境,缓解热岛效应。在经历玉溪市多个集中降雨期间的极端天气时,高强透水砖改造路面均未出现内涝现象,并可达到正常降雨路面不积水,暴雨后 30 min 内将所有雨水排尽的效果。研究与应用结果表明,以新型改性陶粒为原材料的高强陶瓷透水砖,不仅能够有效解决玉溪市内涝问题,还能够将废弃物资源化,显著改善城市地表土壤生态环境。



图6 雨中的陶瓷透水砖

Fig.6 Ceramic permeable bricks in the rain

5 结论

① 对5种不同类型的透水砖进行性能比选,认为陶瓷透水砖更适合降雨时间集中、降雨量大的地区使用。

② 陶瓷透水砖的透水性能随着陶粒在配合比中质量的增加出现增大的趋势,但透水系数并不是随着烧成温度的升高而一直增大。

③ 高强陶瓷透水砖可有效解决玉溪市集中降雨带来的市区内涝问题,其具体施工工艺和应用效果可为相关降雨量大、降雨时间集中、内涝严重的城市进行海绵城市改造提供参考。

参考文献:

[1] 姜勇,陈雄志,洪月菊. 武汉市建设项目的海绵城市规

划管控方法与技术探索[J]. 中国给水排水,2018,34(2):1-6.

Jiang Yong, Chen Xiongzi, Hong Yueju. Sponge city planning control method and technology exploration in Wuhan[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(2): 1-6 (in Chinese).

[2] 李俊奇,王文亮,车伍,等. 海绵城市建设指南解读之降雨径流总量控制目标区域划分[J]. 中国给水排水, 2015, 31(8): 6-12.

Li Junqi, Wang Wenliang, Che Wu, et al. Explanation of *Sponge City Development Technical Guide*: Regional division for total rainfall runoff volume capture target[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(8): 6-12 (in Chinese).

[3] 王文亮,李俊奇,车伍,等. 雨水径流总量控制目标确定与落地的若干问题探讨[J]. 给水排水, 2016, 42(10): 61-69.

Wang Wenliang, Li Junqi, Che Wu, et al. Discussion on some problems in the determination and realization of total rainfall runoff flow rate control[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(10): 61-69 (in Chinese).

[4] Muthanna T M, Viklander M, Thorolfsson S T. Seasonal climatic effects on the hydrology of a rain garden[J]. Hydrol Process, 2010, 22(11): 1640-1649.

[5] Luo M. Application of porous road materials in sponge city construction[J]. Chem Eng Trans, 2017, 62: 163-168.



作者简介:翁邦正(1985-),男,重庆人,本科学历,工程师,主要从事施工技术研究工作。

E-mail: 1048971099@qq.com

收稿日期:2018-10-22