

文章编号:2095-7386(2016)03-0056-04

DOI:10.3969/j.issn.2095-7386.2016.03.010

粉煤灰改性透水混凝土路面性能的模型试验研究

刘肖凡,白晓辉,李继祥

(武汉轻工大学 土木工程与建筑学院,湖北 武汉 430023)

摘要:为研究粉煤灰改性透水混凝土材料作为道路面层的路用性能以及降雨条件下透水混凝土面层渗水对土基层稳定性的影响,实验室中制作了两组粉煤灰改性透水混凝土模拟路面,通过对路面在干燥及水饱和状态下的加载试验,得到粉煤灰改性透水混凝土作为面层的承载力分别为3.65 MPa和2.82 MPa,可以满足轻型荷载道路铺装的要求;土基层在水饱和状态下承载会导致整体路面的下沉和局部不均匀沉降;对于超出结构层容水能力的透水混凝土路面宜设置有效排水设施,避免土基层在应力-渗流条件下变形进而影响整体路段稳定性。

关键词:透水混凝土;粉煤灰改性;模型试验;承载力;稳定性

中图分类号: TU 528.572

文献标识码: A

Experimental research on pavement model of permeable concrete with fly ash

LIU Xiao-fan, BAI Xiao-hui, LI Ji-xiang

(School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023 China)

Abstract: In order to study the pavement performance of permeable concrete with fly ash, and the effect to the stability of soil subgrade while raining, two pavement models, one is dry and the other is saturated of water, are tested. Experiments show that the carrying capacity of dry and saturated permeable concrete with fly ash reaches to 3.65 MPa and 2.82 MPa, which could meet the demands of the light load Road. The saturated soil subgrade bared load will result in uneven sink of the road. When the rainfall exceed the water holding capacity of the road structural layer, drainage facilities should be placed to the permeable concrete to avoid affect the stability of the road.

Key words: permeable concrete; fly ash; model test; bearing capacity; stability

1 引言

透水混凝土是由特定级配的骨料和粘结剂形成的连续孔隙结构材料^[1],用其铺设的混凝土路面具有良好的透水、透气性,将其应用于广场、小区路面、

公园道路及停车场等,对提高行人和行车舒适度、缓解城市热岛效应、保持生态平衡具有良好的效果^[2]。然而多孔的结构使得传统透水混凝土材料的强度较低,只能用于轻型荷载道路。王婷^[3]、Baoshan Huang^[4]、Weiguo Shen^[5]、Miguel Angel Pin-

收稿日期:2016-08-10.

作者简介:刘肖凡(1981-),男,博士,副教授,E-mail:hnsfine@163.com.

基金项目:湖北省教育厅科技计划项目(Q20131702).

dado^[6]等人采用掺加聚合纤维增强透水混凝土的强度和抗裂韧性,P. Chindaprasit^[7]、Tawatchai Thoin^[8]、Alwattin Kilic^[9]等人研究了掺加粘结剂和矿物添加剂对透水混凝土强度和渗透性能的影响。这些研究都在不同程度上提高了透水混凝土的强度和渗透性能,但主要集中在透水混凝土材料本身的性能,缺少将研究成果应用于路段的验证。透水混凝土铺筑于路面后,与下部碎石垫层、土基层形成整体共同受力,受到环境温度、降雨、车辆荷载等外部因素的影响,其使用性能与体积较小的试件有较大不同。为此,该项研究结合课题组前期成果选取透水混凝土最佳配合比制作了两组粉煤灰改性透水混凝土模拟路面,通过对比路面在干燥及水饱和状态下的加载试验,研究粉煤灰改性透水混凝土铺筑道路面层的性能以及降雨条件下透水混凝土面层渗水对土基层稳定性的影响。

2 模型路段制作及试验方法

选取课题前期研究所得透水混凝土最佳配合比作为模拟路面的面层,即水灰比为 0.3,骨灰比为 3.5,骨料粒径为 5—10 mm,粉煤灰等量替代水泥掺量为 20%,对应透水混凝土立方体抗压强度为 20.67 MPa^[10],满足基层为全透水结构的面层强度要求^[11]。根据文献[12]的研究综合考虑尺寸对模型路段的影响,选取模型长×宽×厚为 1.6 m×1.2 m×0.3 m,利用建筑模板制作了同等尺寸的面层未封闭盒子作为试模。首先装入粘土并压实形成 100 mm 厚的土基层;再将不同粒径的瓜子石按照细沙:碎石(粒径 2.5—10 mm):碎石(粒径 5—10 mm):碎石(粒径 15—20 mm)为 4:8:2:1 的比例混合^[13],均匀铺摊在土基层上,形成 120 mm 厚的碎石垫层;最后将搅拌好的透水混凝土在碎石层上从一侧向另一侧逐步铺摊,同时用振捣棒振捣,面层整体平整之后用小型振动机压实,形成 80 mm 厚的面层和结构层,如图 1 所示。路段模型成型后在 95% 湿度条件下养护 28d 后进行性能测试。

3 试验过程及结果分析

3.1 透水混凝土结构层孔隙率及渗透性能测定

用钻芯机在透水混凝土面层钻取直径 4.5 cm 高为 7 cm 的圆柱体试块进行孔隙率测定,如图 2 所示。测得其孔隙率为 19%,满足规范要求^[13]。

选用降水头法测定透水混凝土面层的渗透系数。在透水混凝土面层表面放置带刻度的容器,底部和面

层之间用橡皮泥密封,如图 3 所示,从容器顶部加水并记录水下渗的高度和所用时间,最后根据达西定律计算其渗透系数为 2.95 cm/s,满足规范要求^[13]。



图 1 透水混凝土模型路段



图 2 透水混凝土面层钻芯取样



图 3 面层渗透系数测定

3.2 透水混凝土结构层承载力测定

3.2.1 试验装置

参照文献[14]中车载加载方式,在模型路面中心放置边长为 100 mm 的正方形铁片作为接触面,模拟对应车轮与地面的接触,铁片上放置一型钢支座,其上放置千斤顶和压力传感器。在模型每一

边中点处放置一个百分表测定压力作用下的位移变化,试验装置及模型如图 4、图 5 所示。

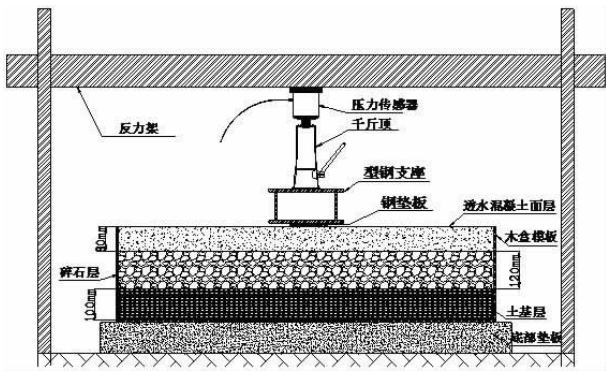


图 4 加载装置正面图

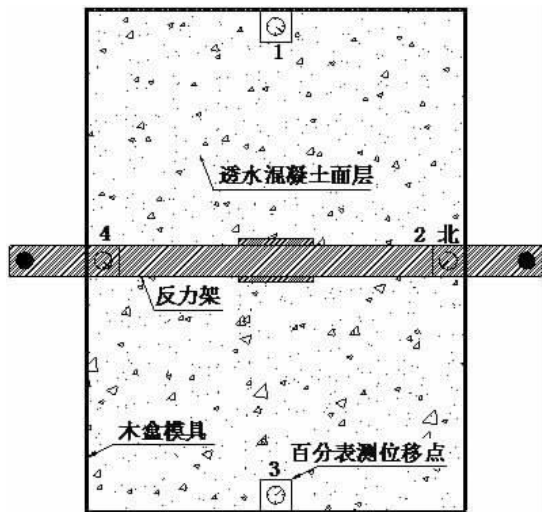


图 5 加载装置俯视图

3.2.2 试验过程分析

对于土基层干燥状态下的路面加载,以 5.3 kN/min 的速度逐级加载到 36.5 kN,透水混凝土面层开始出现细微裂缝,面层整体有下降但是相对较小。此后荷载不能继续增加,裂缝逐渐扩展;当荷载回落到 33.4 kN 时,整个面层沿着中心线的裂缝突然断裂,形成了一条连接两端穿过中心点的贯穿裂缝,最大宽度为 4 cm,面层各个测量点已经有明显的翘起,失去了承载能力,如图 6 所示。面层加载最后破坏如图 7 所示。土基层干燥状态下的透水混凝土路面的承载能力折算强度为 3.65 MPa,满足规范对应弯拉强度不低于 2.5 MPa 的要求^[11]。

对于土基层水饱和状态下路面加载,由于土层塑性大,所施加的荷载不易被保持。当荷载增加到 10.5 kN 时,路面沿着中心加载点出现了一条裂缝,中心加压点沉降,四边角点均开始向上拱起;加载到 28.2 kN 时荷载不能继续增加,观察到面层混凝土

产生的裂缝迅速扩展,并贯通至施加荷载中心,并出现其他两条裂缝,均延伸到加压中心点位置,最终导致透水混凝土面层的整体破坏,如图 8 所示。土基层水饱和状态下的透水混凝土路面的承载能力折算强度为 2.82 MPa,满足规范对应弯拉强度不低于 2.5 MPa 的要求^[11]。



图 6 透水混凝土模型加载破坏形态



图 7 干燥土基层透水混凝土面层裂缝形态



图 8 水饱和土基层透水混凝土面层裂缝形态

按照图 5 所示加载装置和百分表的布置方式,选取其中的第 2 点作为分析点,记录该点在荷载作用下

的位移量,绘制荷载-位移曲线如图9、图10所示。两组图均表现为随着荷载的增大,位移先下降后增长。软土基层第2点位移最大为4.5 cm,坚实土基层第2点最大位移为4.6 cm,说明坚实土基层具有稳定的应力传递作用,为面层提供了良好的支撑,使得透水混凝土面层能够充分发挥材料的性能。透水混凝土本身具有的渗透性对土基层的含水量有较大影响,而土基层的稳定性影响了透水混凝土面层的承载能力,因此透水混凝土路面的设计在使其具有较高的透水性和容水能力的同时,应设置有效排水设施,以免土基层湿陷对透水混凝土面层的承载力造成影响。

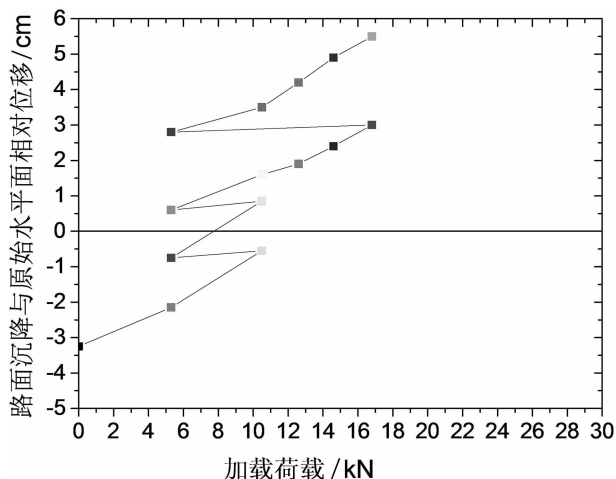


图9 软土基透水混凝土2测点荷载位移

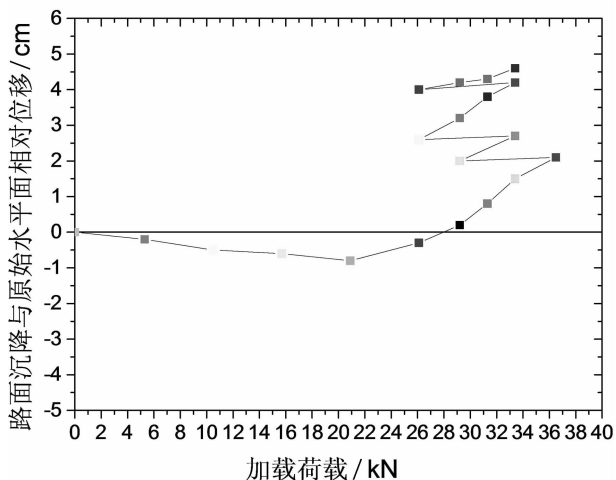


图10 坚实土基透水混凝土2测点荷载位移

4 结论

(1)粉煤灰透水混凝土作为路面面层,实测孔隙率达到19%,渗透系数达到2.95 cm/s,具备良好的渗透性能。

(2)粉煤灰透水混凝土面层的最大承载力为

3.65 MPa,土基层水饱和状态下承载力为2.82 MPa,均满足规范中的要求,验证了粉煤灰改性透水混凝土路面应用于轻交通路面的可行性。

(3)粉煤灰透水混凝土良好的渗透性对土基层的含水量有较大影响,进而降低了透水混凝土面层的承载能力,应设置有效排水设施,以免土基层因雨水入渗沉降影响整体路段稳定性。

参考文献:

- [1] 张贤超,尹健,池漪. 透水混凝土性能研究综述[J]. 混凝土,2010(12):47-50.
- [2] 杨善顺. 环境友好型混凝土-透水混凝土[J]. 广东建材,2004(10):36-39.
- [3] 王婷,刘肖凡,李继祥刚性聚合纤维对透水混凝土改性的试验研究[J]. 混凝土,2012(12):117-119.
- [4] Baoshan Huang, Hao Wu, Xiang Shu, et al. Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete[J]. Concrete and Building Materials, 2010(24):818-823.
- [5] Weiguo Shen, Lai Shan, Tao Zhang, et al. Investigation on polymer-rubber aggregate modified porous concrete[J]. Construction and Building Materials, 2014(38):667-674.
- [6] Miguel Angel Pindado, Antonio Aguado, Alejandro Josa. Fatigue behavior of polymer-modified porous concrete[J]. Cement and Concrete Research, 1999(29):1077-1083.
- [7] Chindaprasirt P, Hatanaka S, Mishima N, et al. Effects of binder strength and aggregate size on the compressive strength and void ratio of porous concrete[J]. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, 2009(6):714-719.
- [8] Tawatchai Tho-in, Vanchai Sata, Prinya Chindaprasirt, et al. Pervious high-calcium fly ash geopolymer concrete[J]. Construction and Building Materials, 2012(30):366-371.
- [9] Alaettin Kilic, Cengiz Duran Atis, et al. High-strength lightweight concrete made with scoria aggregate containing mineral admixtures[J]. Cement and Concrete Research, 2003(33):1595-1599.

(下转第76页)

导致皮神经发生炎症而致本病的发生。梅花针属多针浅刺的一种治法,通过梅花针叩刺患处皮肤,可活血通络、消除病痛,还可调节局部皮神经功能、促进局部血液循环、改善局部的营养环境达到康复的目的。本组治疗中,绝大多数患者取得了较满意的效果,对老年病程较长患者,单纯梅花针治疗效果欠佳,可以结合临床采用综合治疗的方法,如口服一些营养神经的药物如维生素 B₁₂、B₁、B₆、神经生长因子等药物,另外,超短波透热,红外线照射等也可使用。病情能否控制和康复,尽早进行正规治疗非常关键。作为医生有责任引导病人去接受更节约、更迅速和更有效的治疗方法^[4-7],使其达到痊愈之目的。

参考文献:

[1] 巩小丽. 梅花针叩刺在皮肤病的临床应用

[J]. 甘肃医学, 2014, 33: 6.

[2] 赵吉平, 王燕平. 针灸学图表解[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002, 191-192.

[3] 马士琳. 梅花针治疗皮肤病[J]. 新中医, 2002, 34(12): 12.

[4] 刘福臣. 股外侧皮神经炎中西医治疗方法比较[J]. 浙江创伤外科 2008, 01: 5.

[5] 万霄倩. 扬刺法治疗股外侧皮神经痛 40 例[J]. 实用医学杂志, 2003, 19(6): 313.

[6] 刘瑞华. 扬刺治疗股外侧皮神经痛 15 例[J]. 湖南中医杂志, 2005, 21(5): 51.

[7] 张棚, 王晓琼. 梅花针配合闪光火罐治疗股外侧皮神经炎 26 例[J]. 湖南中医杂志, 2014, 30(4): 96-97.

(上接第 59 页)

[10] 刘肖凡, 白晓辉, 王展展. 粉煤灰改性透水混凝土试验研究[J]. 粉煤灰与水泥制品, 2014(1): 20-24.

[11] 胡伦坚. CJJ/T135—2009, 透水水泥混凝土路面技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

[12] 段正君. 水泥混凝土路面板合理平面尺寸研究[D]. 西安: 长安大学, 2007.

[13] 袁峻, 邵敏华, 黄晓明. 级配碎石的级配选择[J]. 公路, 2005(12): 140-145.

[14] 马晋. 土工格室加固碎石基层承载能力试验研究[D]. 西安: 长安大学, 2013.

(上接第 63 页)

[3] 覃飞. 一类求解箱式约束优化问题的自适应引力搜索算法[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(1): 273-276.

[4] 杨青, 张金格, 吉孟然. 万有引力搜索算法改进及仿真验证[J]. 沈阳理工大学学报, 2015, 34(6): 66-71.

[5] 董新燕, 丁学明, 王健. 基于改进的引力搜索算法的 T-S 模型辨识[J]. 电子科技, 2015, 28(11): 16-20.

[6] Tizhoosh H R. Opposition-based learning: a new

scheme for machine intelligence[C]. Int. Conf. on Computational Intelligence for Modeling Control and Automation-CIMCA 2005. Vienna, Austria, 2005, (1): 695-701.

[7] 张维平, 任雪飞, 李国强, 等. 改进的万有引力搜索算法在函数优化中的作用[J]. 计算机应用, 2013, 33(5): 1317-1320.

[8] 马力, 刘丽涛. 万有引力搜索算法的分析与改进[J]. 微电子学与计算机, 2015, 32(9): 76-80.