

浅谈透水混凝土在崇明东滩地区的应用

沈容啸

[上海公路桥梁(集团)有限公司,上海市 200433]

摘要:结合工程实例,从应用背景、工艺特点、实施效果、总结分析等几方面论述了透水混凝土在崇明东滩地区路面的应用情况,为后续类似工程施工提供借鉴,并作为崇明东滩地区慢行透水路面的样板加以推广。

关键词:透水混凝土;环境保护;材料配合比;强度

中图分类号: U214.1+8

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0287-04

0 引言

传统的城市道路、广场的硬化地面设计主要关注其耐久性等技术性能指标及视觉美观方面的要求,因而大量地使用非透水性铺装作为铺装结构。但是非透水性铺装存在明显的生态环境缺陷,形成大量的地表径流,加重地下管网的排涝压力^[1]。近年来在全国各地快速城市化的背景下,各大城市在强降雨季节内涝频发,就是这一弊端的集中体现。

作为“海绵城市”第二批试点城市,上海地区近年来逐渐加大了试点应用的力度。崇明东滩地区作为上海长江门户,又是崇明生态岛建设的重要部分,地区“生态、低碳、长寿”的建设理念与“海绵城市”十分吻合。在崇明东滩地区建设中,采用透水路面作为全生命周期过程的绿色道路技术之一进行试点应用,包括:机动车道的透水沥青混凝土路面、非机动车道的透水混凝土路面、人行道的透水砖路面。其中,非机动车道的透水混凝土为本文的讨论范围。

1 工程概述及工艺原理

1.1 工程概述

崇明东滩启动区市政道路一期工程共有 Z1(南段、北段)、Z2、S1、S2、S3 共计 6 条道路(见图 1),全长约 12 km,红线宽度 40 m,设计时速 40~50 km/h,按照 4 快 2 慢实施,工程建安费用 11.3 亿元。其中,非机动车道宽 3.5 m,采用 19 cm 透水混凝土结构层+15 cm CTPB 基层+5 cm 碎石垫层的结构形式,透水混凝土试点应用面积在 20 000 m² 左右。

收稿日期:2020-08-21

作者简介:沈容啸(1974—),男,工学学士,工程师,从事道路桥梁施工管理工作。



图1 工程总平面图

崇明东滩地区位于长江口,属于冲击平原,基本为 20 世纪 60~80 年代吹填而成,地层以砂质土层为主,土层渗透系数高,为设置透水路面的前提条件。根据区域情况,设计在工程非机动车道结构层采用了全透水型路面。作为其中重要一环的透水混凝土面层,既要求拥有足够的强度来承受车道荷载,足够耐久性来抵抗表面磨耗,还要有足够的渗透率来保证地表降水迅速渗入地下,还原地下水,增强地表排涝能力。

1.2 工艺设计原理

透水混凝土路面是指机构上具有一定强度和有效空隙率,路表面水流直接通过面层结构渗排的一种刚性路面结构,当雨量在一定范围内时,其排水完全异于重力式排水方式(见图 2)。



图2 透水混凝土空隙示意图

透水混凝土路面的透水透气性能取决于其内部的连通孔隙率及孔径大小;力学强度取决于集料强度、胶结层强度、胶结层与集料的界面黏结质量和黏结点数量、集料颗粒相互嵌挤形成的“拱架”结构的质量;表面粗糙度主要取决于集料粒径大小^[2](见图3)。

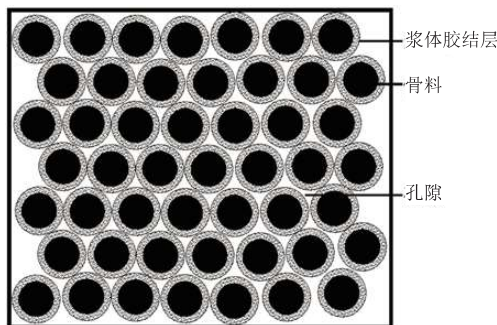


图3 透水混凝土结构示意图

透水混凝土路面最为重要的指标是透水率,骨料通过水泥等其他材料胶结后,结构上保留一定的孔隙,按照其透水功效可划分为有效孔隙、半有效孔隙和无效孔隙(见图4)。有效孔隙是指由面层到底层具有畅通通道的孔隙;半有效孔隙仅具有局部“凹坑”的存水功能而无法令水分继续下渗;无效孔隙在结构上是完全封闭的,无法与外部环境接触。

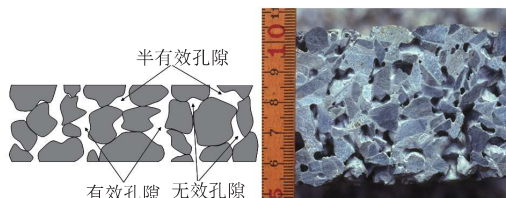


图4 透水混凝土空隙形式示意图

透水混凝土就是基于此原理通过调节配合比、施工工艺而使成品具有10%~15%的有效空隙率,从而确保路面具有良好的透水功能,同时在强度上也能达到设计要求。

2 现场应用

崇明东滩地区地处长江口,年降雨较大,气候潮湿,在地区开发过程中,成体系地采用了透水路面的形式。考虑到崇明东滩地区的特殊情况,在实施中需要研究解决如下的问题:

(1)路床土壤土层为松散填土,透水性大,如不经处理,是不适合采用透水混凝土路面的。

(2)东滩地区原址为大量农用地,市政道路建设后,部分机耕路将无法直接进入主路部分,需要借用部分非机动车道,届时将有部分载重车辆行驶在透水混凝土结构上,对结构强度提出了更高的要求。

(3)应避免非机动车道渗水影响到机动车道路床强度。

针对以上问题,该项目主要采取了以下措施:

(1)在路基设计上,该项目机动车道及非机动车道采用了HEC土体固结技术,使用HEC高强高耐水土体固结剂混合料作为路基。其特点是:无侧限抗压强度高,水稳定性好,可固结各类骨料。对固结体的技术要求不高(宽级配要求),HEC固结混合料具有较高整体刚度,在地下水位较高和土体较软弱地区作为路面底基层是一种理想的选择。

(2)在非机动车道HEC固结土路基顶部设置20 cm厚级配碎石层(见图5)。级配碎石透水性强,在底部HEC固结土透水性低的情况下,通过2%横坡的设置,将水引至机非分隔带侧,避免了路基路床泡水情况的出现。

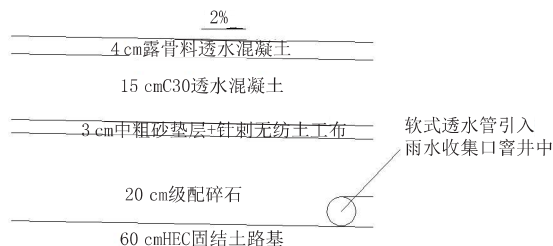


图5 非机动车道路结构示意图

(3)在级配碎石底部靠近机非分隔带纵向位置设置了软式透水管。通过此软式透水管吸收了级配碎石层的排水,再通过横向管将水排至雨水收集口窨井中,从而也避免了非机动车道排水影响到机动车道路床强度。

(4)透水混凝土采用42.5硅酸盐水泥,集料必须采用坚硬、耐久、密实的碎石料。其设计强度等级为C30,耐磨性即磨坑长度 ≤ 30 mm,可满足部分载重车辆的行驶要求。

透水混凝土的施工主要包括拌制、摊铺、成型、表面及接缝处理、养护等工序。

2.1 透水混凝土的拌制

透水混凝土的投料顺序采用先将水泥、掺合料、骨料投入搅拌机进行搅拌1 min,再加入外加剂和一半的水量搅拌1 min,最后投入剩余水量,搅拌均匀后出机^[3],适用于混凝土搅拌运输车运输(见图6)。

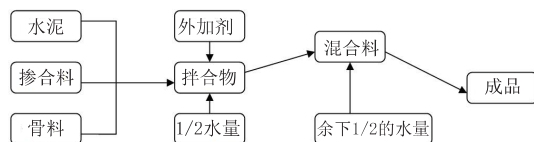


图6 透水混凝土生产工艺流程图

该透水混凝土位于非机动车道,设计强度为 30 MPa,胶结材料选用 42.5 硅酸盐水泥。

水泥用量的确定:

以设计提供的参考水泥掺量值(水泥与集料比 $C/A=11.6\%$)为中值,上下浮动 $\pm 2\%$, $\pm 4\%$,得到 5 种不同的水泥掺量进行试验。集料采用直径 5~15 mm 磨圆石子。水泥掺量分别为 7.6%、9.6%、11.6%、13.6%、15.6%,水灰比均为 0.4。根据集料、水泥的密度,采用上述调整的合成级配,计算透水混凝土的理论最大毛体积密度,以 20%孔隙率为目标计算每个试件应添加的集料质量,采用静压成型的方法分别成型五组试件,每组 6 个试件,测试试件的 7d 无侧限抗压强度。试验结果如表 1 所列。

表 1 不同水泥掺量下透水混凝土无侧限抗压强度试验结果表

水泥掺量	7 d 无侧限抗压强度 /MPa	代表值 /MPa
7.6%	2.4	1.9
9.6%	4.2	3.7
11.6%	5.0	4.3
13.6%	5.9	5.1
15.6%	6.9	5.7

根据试验结果,水泥用量(C/A)为 9.6%时,7 d 无侧限抗压强度满足设计要求(≥ 3 MPa)。此结果为试验室数据,考虑施工中材料质量的变异性,为保证施工质量,选定水泥用量为 10%。

2.2 透水混凝土的施工及成品保护

透水混凝土摊铺主要是控制铺面的平整度,保证形成设计纵横坡。同时,在该工程中,考虑到了东滩地区的铺面耐久度的问题,在铺面表面设置彩色涂装,由透水混凝土增强剂+无机色粉组成。

透水混凝土主要施工机具包括:透水混凝土振动夯、面层磨光机、铲车等。摊铺工艺包括:现场放样—摊铺粗平—振动压实—面层细平—修平—表面养护—切缝—再养护—表面喷漆。

(1)放样:根据垫层已经切好的横纵缝在模板外侧拉直线并做好标记,并将面层分层进行弹线标记。

(2)底层粗平:凡是在浇筑区域操作的施工人员必须穿上施工鞋。现场配备一名指挥人员负责粗平质量及安全,粗平工具使用铁锹或刮板(见图 7)。

(3)振动、压实:施工工具为振动机,从施工顶端开始振动压实,移动速度不宜过快,相邻振动面须搭接平板振动板长的 1/4 到 1/3,轨迹如图 8 所示。

面层摊铺需要严格控制好水灰比,防止因过干而离散的现象,过湿产生结浆影响透水率,并保持好



图 7 透水混凝土铺平作业之实景

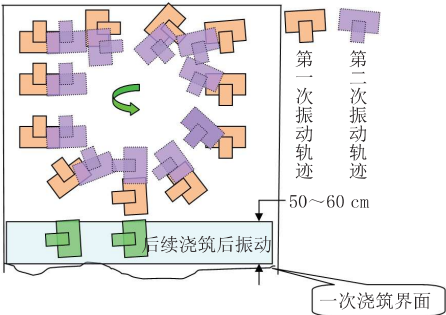


图 8 透水混凝土碾压顺序图

平整度和表面密度,特别控制好膨胀缝。

(4)面层细平:在道路两侧收边结束后进行细平,使用刮尺、抹子等进行细处理。边口处理时,用路缘石做参照,平放在砖顶面,让抹子找平时先高出压实面 2~3 mm,再用抹子压实、抹匀(见图 9、图 10 所示)。

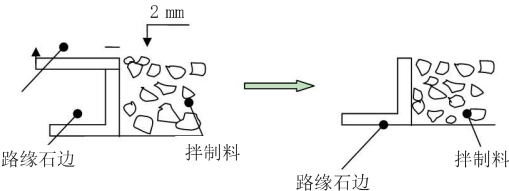


图 9 面层细平示意图



图 10 透水混凝土细平作业之实景

(5)修平:使用磨光机进行表面处理后,安排专人对缺陷处进行补缺。对于翻浆处,将该块翻挖再平整,并进行人工压实。

(6)表面养护:使用喷淋设施对表面进行湿润,之后进行薄膜覆盖,确保薄膜贴压密实,后用彩条布

覆盖在薄膜上方,周边用重物压住(见图 11)。



图 11 透水混凝土养护之实景

(7)切缝:混凝土终凝后按 25 m 设置一根胀缝,每 5 m 设纵向或横向收缩缝,缩缝间距为 5 m。缩缝顶部应锯切槽口,深度为面层厚度的 $1/3 \sim 1/2$,宽度为 3~8 mm,槽内填塞填缝材料。当透水混凝土面层施工长度超过 20~30 m(夏季为 50 m)或与其他构筑物连接处[如侧沟、建筑物、窨井或其他铺面(连锁砌块、沥青铺面等)]应设置胀缝。胀缝构造如图 12 下图所示。

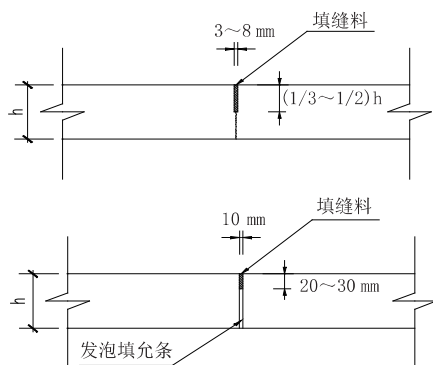


图 12 上图为缩缝构造图、下图为胀缝构造图

(8)再养护:切缝后,对表面进行清理,重新覆盖养护(见图 13)。



图 13 重新覆盖养护之实景

(9)喷漆:混凝土经过 15 d 养护,并无返碱现象后,可按设计要求进行喷漆处理。完工路面需要养护 2~3 d 方可上人通行。为保护路面不受污染,保护膜应在喷漆后重新覆盖,尽量保护到绿化覆土或者周边污染源施工结束后才去除,非机动车需要在完工

后 28 d 才准予通行。

2.3 实施检验

抗折强度是透水混凝土的重要指标^[4],设计要求 28 d 龄期的抗折强度 ≥ 3.5 MPa。现场实施时,每 400 m 取一组试块(3 个)检验其抗折强度。通过前期的配合比试验及之后的标准化实施,现场的透水混凝土抗折强度均满足设计要求,详见表 2 所列。

表 2 透水混凝土抗折强度检测汇总表

试块 /组	龄期 /d	平均强度 /MPa	折合标准试块 强度 /MPa	设计抗折 强度 /MPa	达到设计 强度 /%
1	28	4.36	3.71	3.5	106
2	28	4.50	3.82	3.5	109
3	28	4.39	3.73	3.5	107
4	28	4.40	3.74	3.5	107
5	28	4.58	3.89	3.5	111

3 结论及建议

崇明东滩市政道路一期工程的非机动车道透水混凝土,在建成后,从道路成型后的质量及后续使用情况来看,达到了设计预计的使用功能,施工结合现场情况具备可操作性,为后续推广创造了条件(见图 14)。但是受材料本身的特性及环境条件的制约,透水混凝土路面还是存在一定的问题,结合现场总结的经验,总结如下:

(1)透水混凝土在强度形成前十分脆弱,应严格限制设备车辆,甚至人员上路,否则除了在结构表面容易产生裂缝之外,由于透水混凝土的空隙结构特性,表面骨料在达到强度前极易离析剥落。后续开放交通后,也需要设置限载标志来限制重载车辆。

(2)透水混凝土目前只是应用于低等级道路、慢车道或者步道等区域。重载道路使用受到限制,需要进一步对透水混凝土的力学性能进行研究。

(3)透水混凝土的管养要求高。如管养不到位,透水混凝土在使用过程中,其排水性能会较快下降,后续应总结出一套行之有效的管养办法。

(4)透水混凝土的抗冻融性能比普通混凝土要差,涨缩率和普通混凝土有很大的差别,在东滩这类远郊日夜温差较大的地区,其耐久性需要进一步观察。



图 14 非机动车道建成后,其效果之实景

(下转第 302 页)