

透水混凝土道路改良做法探析

杜好晨¹ 王泽刚^(通讯作者)¹ 陈鹏² 张远²

1. 济南市公园发展服务中心; 2. 峰景园林工程集团有限公司

摘要: 随着我国城市化水平不断提高, 城市建成区内原生态地表逐渐被混凝土、沥青等不透水材料铺装替代, 继而引发了诸如汛期峰值地表径流过大、地下水补给减少、噪声污染等, 城市的热岛效应日益显著。本文提出了一种透水混凝土道路的改良做法, 在基层和面层之间增加混凝土透水结构, 更好地实现消减径流、补给地下水等作用, 有效地解决传统透水混凝土道路存在的透水率下降、冻融降低道路使用寿命等问题。

关键词: 透水混凝土; 混凝土透水结构; 透水率; 冻融

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.054

一、透水混凝土概述

透水混凝土通常由单一规格或者间断级配粗骨料构成基本组成单元, 粗骨料之间的多孔结构形成接触点, 由水泥浆将粗骨料和掺合料进行连接从而形成的一种建筑材料。透水混凝土具有吸声降噪、存蓄降水、缓解城市热岛效应和改善道路及周边环境等功能, 得到了广泛的应用。最早由欧美和日本等国家开发使用, 用以解决城市化进程带来的诸如地下水过度开采、城市热岛效应、道路噪声污染等问题, 广泛应用于城市道路、人行道、公园游步道等处。当前国内对透水混凝土主要用于市政道路、园林绿化道路、广场和步行街等路面。

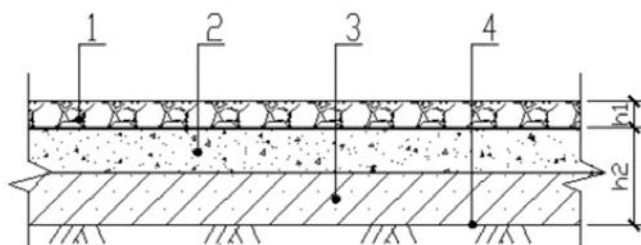
随着国家提出并深入贯彻可持续发展的要求, 透水混凝土的应用日益广泛, 带来显著的生态效益。它所具有的消解城市道路积水, 吸收车辆行驶噪声等作用, 在各地不同的自然环境和气候条件下均表现出良好的适用性。透水混凝土道路从生态角度上效用与天然草坪、地被和自然土壤类似, 对地上植物和微生物的生态环境营造起到良好的促进作用。与此同时, 透水混凝土道路满足城市交通所必需的硬化地面的使用功能要求, 较好地实现了可持续发展理念中的“与环境共生”这一原则。

近年来, 国内不少专家学者对透水混凝土道路进行了广泛而深入的研究, 多由强度、配合比、透水率、掺合料、冻融剥蚀、路面阻塞等方面入手, 对透水混凝土自身物理特性、力学特性进行科学论述, 取得了一系列成果。比如, 辛志鹏、朱亚光等人通过比较再生混合骨料透水混凝土的力学性能、透水性能及抗冻性能, 探究复掺粉煤灰和聚丙烯纤维对再生混合骨料透水混凝土性能的影响^[1]; 李崇智、任强伟等人通过正交试验方法研究了水胶比、骨料级配、硅灰掺量及聚合物乳液四种因素对透水混凝土抗压强度及透水系数的影响, 用以解决透水混凝土抗压强度及透水系数的平衡问题^[2]; 崔征、王达道等研究了传统化学外加剂、复掺矿物掺合料和化学外加剂、树脂类聚合物改性剂、增强增韧材料对透水混凝土性能的影响^[3], 等等。

二、透水混凝土道路

(一) 透水混凝土道路结构

根据中华人民共和国行业标准《透水水泥混凝土路面技术规程》(CJJ/T135-2009)并结合工程实践, 常见的透水混凝土道路的路面结构大致由以下组成: 面层、水泥稳定碎石基层、级配碎石/砂砾基层、素土路基。



图一 传统透水混凝土道路结构

1-透水混凝土路面面层; 2-多孔水泥稳定碎石基层; 3-级配碎石、级配砂砾基层; 4-素土路基

各路面结构作用简述如下:

(1) 素土路基, 是道路工程的基础, 路基的强度、整体性与稳定性会对路面的使用寿命和品质造成直接影响。

(2) 级配碎石、级配砂砾基层, 位于水泥稳定碎石基层和素土路基之间, 底部直接与素土相接, 其功能是改善素土路基的含水率和温度等, 保证道路面层和基层的强度、刚度、整体性和稳定性不受土基的影响。此外, 还可以将上层水泥稳定碎石基层传导下来的车辆荷载应力进行有效扩散, 从而起到减小素土层顶面压应力和竖向变形的作用。此外, 还能防止路基素土挤入基层, 避免破坏结构层整体稳定性。

(3) 多孔水泥稳定碎石基层, 位于面层之下, 主要用来承受行车荷载。与普通混凝土路面结构不同, 透水混凝土的面层不足以承担路面的行车荷载, 因此需基层与面层共同承担路面的荷载。

(4) 面层: 是路面结构暴露在最上面的一层, 直接承受行车荷载带来的垂直和水平作用力、承受振动冲击力, 同时直接接触大气降水, 受到外界温度和湿度变化等自然因素的直接影响。与其他结构层相比, 面层需要具备较高的强度、抗变形能力, 较好的温度稳定性, 良好的平整度、表面抗滑性和耐磨性。透水道路面层还需具备良好的透水性, 对透水混凝土的孔隙率有一定要求, 一般认为孔隙率在15%~25%左右较为适宜。

(二) 透水混凝土道路的施工工艺

透水混凝土道路在国内外有大量工程实例, 施工工艺较为成熟, 主要包括基础处理、混凝土搅拌运输、浇筑摊铺、养护、喷涂罩面漆等部分。

(1) 基础处理：对道路基础进行检查，注意高度、密实度等问题，对局部不符合要求的原状土进行处理。

(2) 混凝土搅拌运输：透水混凝土的搅拌、投料必须严格按设计配合比进行，材料投放顺序、用量均应严格控制并搅拌均匀。搅拌好的成品混凝土料出机后应用专用载具及时运到施工现场，气温较高时，特别是高于30℃时，混凝土必须采取保水措施，缩短运输过程中的水分蒸发，避免配合比变化影响施工质量。

(3) 浇筑摊铺施工

透水混凝土摊铺施工过程前，应提前确定结构层层缝的位置，按照设计及规范要求的尺寸做好标记，在摊铺过程中按照要求留置。摊铺混凝土应在松铺摊平后用低频平板夯等器具夯实，夯实后混凝土结构层应符合设计高程，做到密实、平整，以保证面层的施工厚度。滚平碾压后及时用混凝土磨光机械磨平，周边无法磨到的边角等位置可用人工抹平，要求做到表面平整、石子分布均匀，不得出现石子缺失或积浆现象。

(4) 养护

透水混凝土成型后的养护工作，是透水混凝土施工的重要环节。由于透水混凝土内添加了有机胶结材料，其早期强度增长较快，施工完成后需及时采取养护措施。通常来讲，宜采取塑料薄膜进行全覆盖保护，做到密闭完好，不留缝隙。一般情况下，透水混凝土的养护周期为两周左右，每天浇水养护必须保证两次以上，确保混凝土表面湿润为准。在养护期结束后，按照要求检测透水混凝土的强度，达到设计要求后可以拆除模板并进行切缝、填缝等施工。

(5) 路面喷漆罩面

一般情况下，路面喷漆材料为固化剂路面漆。喷漆时应采取覆膜等措施对成品和前道工序材料进行有效保护，避免污染。调漆时要保证配比一致，防止产生色差，喷漆施工时搭接度要保持一致。

(三) 透水混凝土道路存在的问题

(1) 孔隙堵塞、透水率降低

几乎所有道路都难免大量的灰尘与杂物。透水混凝土的透水原理是其拥有25%左右的孔隙，雨水通过孔隙渗入地下，如果灰尘、杂物将孔隙堵塞就会降低其透水效率。在工程实际应用当中，采取过多种方式解决上述问题，但仍然没有明显改善这种情况，目前比较有效的方法是定期清洗面层的孔隙。

(2) 冻融问题

因为透水混凝土拥有许多相连通的孔隙，雨水或者融化的雪水在严寒天气时流入孔隙，使得透水混凝土骨料水泥界面受到冻融介质结冰膨胀，同时结合周围环境产生的温度应力，共同造成裂缝及冻融剥蚀现象。如果透水路面经使用后孔隙发生淤堵，则容易使水分滞留，更容易发生冻害。

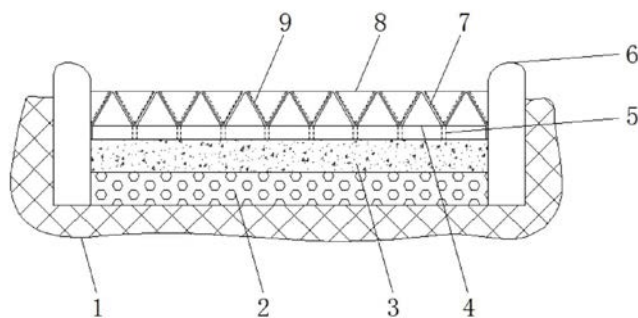
为使透水混凝土道路在减缓城市地表径流、地下水补给等方面起到更好的作用，在一定程度上解决透水混凝土道路存在的问题并拓展其适用性，本文提出一种透水混凝土道路的改良做法。

三、透水混凝土道路的改良做法

针对传统透水混凝土道路存在的孔隙堵塞导致透水率下降、冻融等问题，本文提出一种道路的改良做法，尤其适用于生态园林透水混凝土道路。

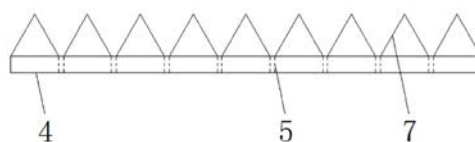
(一) 改良做法的基本构成

该做法的与传统透水混凝土道路不同之处是在透水面层和砂石基层之间增加混凝土板和混凝土条组合结构。从基本分类划分，该做法是一种复合式路面结构，将以混凝土为代表的刚性路面和以沥青为代表的柔性路面二者的优点相结合，不但能够突出混凝土强度高、承载力强的特点，又可以将透水沥青路面行车舒适的特点充分发挥。其基本构成包括：土层地基、石块地基、砂石地基、混凝土板、通孔、路牙、第一混凝土条、第二混凝土条、透水槽等组成部分（详见图二至图五）。



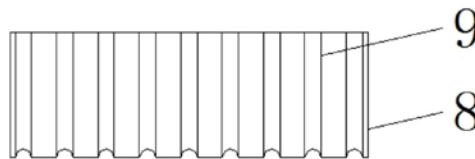
图二 道路结构层剖面图

- (1) 土层地基 (2) 石块地基 (3) 砂石地基
- (4) 混凝土板 (5) 通孔
- (6) 路牙 (7) 第一混凝土条 (8) 第二混凝土条
- (9) 透水槽



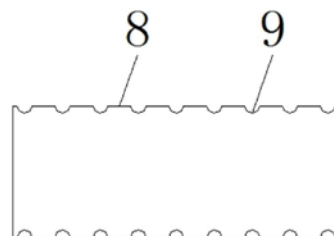
图三 混凝土板和第一混凝土条结构示意图

- (4) 混凝土板 (5) 通孔 (7) 第一混凝土条



图四 第二混凝土条侧视结构示意图

- (8) 第二混凝土条 (9) 透水槽



图五 第二混凝土条俯视结构示意图

- (8) 第二混凝土条 (9) 透水槽

结构说明:

1、原状土层地基经平整夯实后铺设石块地基,在石块地基的两端安装路牙石;

2、在石块地基之上铺设砂石地基,共同形成主要持力层;

3、在砂石地基之上设置混凝土板,混凝土板的上端等距固定第一混凝土条,混凝土板在两个相邻的第一混凝土条之间等距开设贯穿混凝土板的通孔;

4、在混凝土板的上端面设置第二混凝土条,混凝土条两侧等距设置透水槽;

5、砂石地基、混凝土板、第一混凝土条和第二混凝土条均位于两侧路牙石内侧。

(二) 改良做法的特点

通过对上述透水混凝土道路改良做法加以分析,可以把这种改良做法的特点做如下汇总:

(1) 石块地基、砂石地基、混凝土板、第一混凝土条和第二混凝土条等共同构成的结构层的高度之和小于路牙石的高度;石块地基的底面与路牙的下端位于同一标高。这种做法的意义在于通过设置路牙有效防止混凝土结构层和面层变形,保证结构层的整体性、稳定性。

(2) 第一混凝土条和第二混凝土条均呈三棱状,第一混凝土条和第二混凝土条的截面均呈等边三角形。路面雨水通过第一混凝土条和第二混凝土条的透水槽起到透水的作用。

(3) 路牙的顶面高于土层地基的表面。有效避免土壤流入到混凝土路面上造成空隙堵塞。

(4) 透水槽均呈圆弧状,透水槽的长度要求与第二混凝土条的边长相等。通过设置透水槽,更有利于路面上的雨水向下渗透,提升道路透水性。

(5) 混凝土板上的通孔呈圆柱状,通孔的位置与透水槽的位置要一一对应,使路面雨水快速由透水槽下渗至通孔,并经由通孔渗透至石块地基和砂石地基内。

(6) 结构层设置石块地基和砂石地基,通过使用不同粒径的双层材料更好地实现含水渗水的效果,使雨水在得到有效吸的同时更有效地向土层地基渗透,实现了雨水的生态循环。与此同时,石块地基和砂石地基可以更好地避免地基的不均匀沉降,提高了混凝土路面的稳定,避免路面裂缝的产生。

(三) 改良做法的优点

本文改良后透水混凝土道路是一种新的环保型、生态型的道路做法,具有良好的综合效益,能为城市园林区域环境带来良好的生态效应,对保持生态良性循环、提升城市建设尤其是城市园林建设的具有重大的意义,具有诸多优点。

(1) 减少孔隙堵塞,透水性更加优异。通过设置混凝土板、第一混凝土条和第二混凝土条,有利于提升路面雨水向下渗透的效果。将第二混凝土条等距放置在

两个第一混凝土条之间,路面的雨水可通过第二混凝土条两侧的透水槽向下过滤,且雨水可通过混凝土板上的通孔再次向下渗透。与传统结构层做法相比,其优点在于更加优良的透水性,能够更好地起到存、蓄、渗、透的作用,可以有效减少因孔隙堵塞造成的透水率下降等问题,在减缓城市路面雨水径流方面效果显著。

(2) 降低冻融破坏,提高耐久性。通过设置石块地基和砂石地基双层结构,实现更加优异的含水及渗水的效果,雨水通过通孔渗透到石块地基和砂石地基内,雨水的吸收以及向土层地基内渗透的效果更为明显,可以更好地实现雨水的生态循环利用。与此同时,道路渗透下来的雨水能够最大程度上避免存蓄在透水面层和混凝土板结构中,可以有效避免冬季冻融对道路的破坏,道路耐久性得到极大提高。

(3) 有效缩短工期,拓展适用性。传统透水混凝土道路施工有一显著特点是从土方路基、基层到面层均在同一空间逐层顺序作业,前一道工序完成后需要一定时间的成型养生过程,水泥稳定碎石、混凝土结构强度增长过程相对缓慢。对道路规模较小、封闭施工困难和有一定工期要求的项目来说,传统道路施工的做法容易造成道路基层和面层强度不足、缩短设计使用寿命等问题。本文所提的改良做法将部分道路结构(混凝土板)由现场浇筑调整为场外预制、现场组装,极大缩短了道路施工工期,且施工过程不受低温环境影响,极大拓展了道路施工的适用性。

四、展望及下一步研究方向

本文所述的透水混凝土道路是一种复合式路面结构,区别于传统做法的最显著特点是在基层之上设置混凝土板和混凝土条,在充分利用了混凝土和沥青二者优点的基础上,带来一种创新的实践做法,为透水混凝土道路施工提供了新的研究思路。

与此同时,刚柔复合式路面结构的透水混凝土道路在城市道路建设中往往比较容易容易出现一个普遍问题,即反射裂缝问题。如何有效防治反射裂缝、降低反射裂缝对道路结构层和面层带来的不利影响将成为后续研究的重要课题。此外,进一步优化道路各结构层厚度、优化混凝土板、混凝土条及透水槽尺寸规格,提升透水混凝土道路雨水渗透性能也将成为一个重要研究方向。

参考文献

[1] 辛志鹏,朱亚光,徐培蓁等.粉煤灰及聚丙烯纤维对再生透水混凝土性能的影响[J].混凝土,2023, No.399(01):73-77+81.

[2] 李崇智,任强伟,孙箫然等.C40透水混凝土配合比设计及性能研究[J].材料导报,2022,36(S2):209-213.

[3] 崔征,王达道,徐志峰等.外掺材料对透水混凝土性能影响的研究进展[J].混凝土与水泥制品,2020, No.295(11):83-86+91.