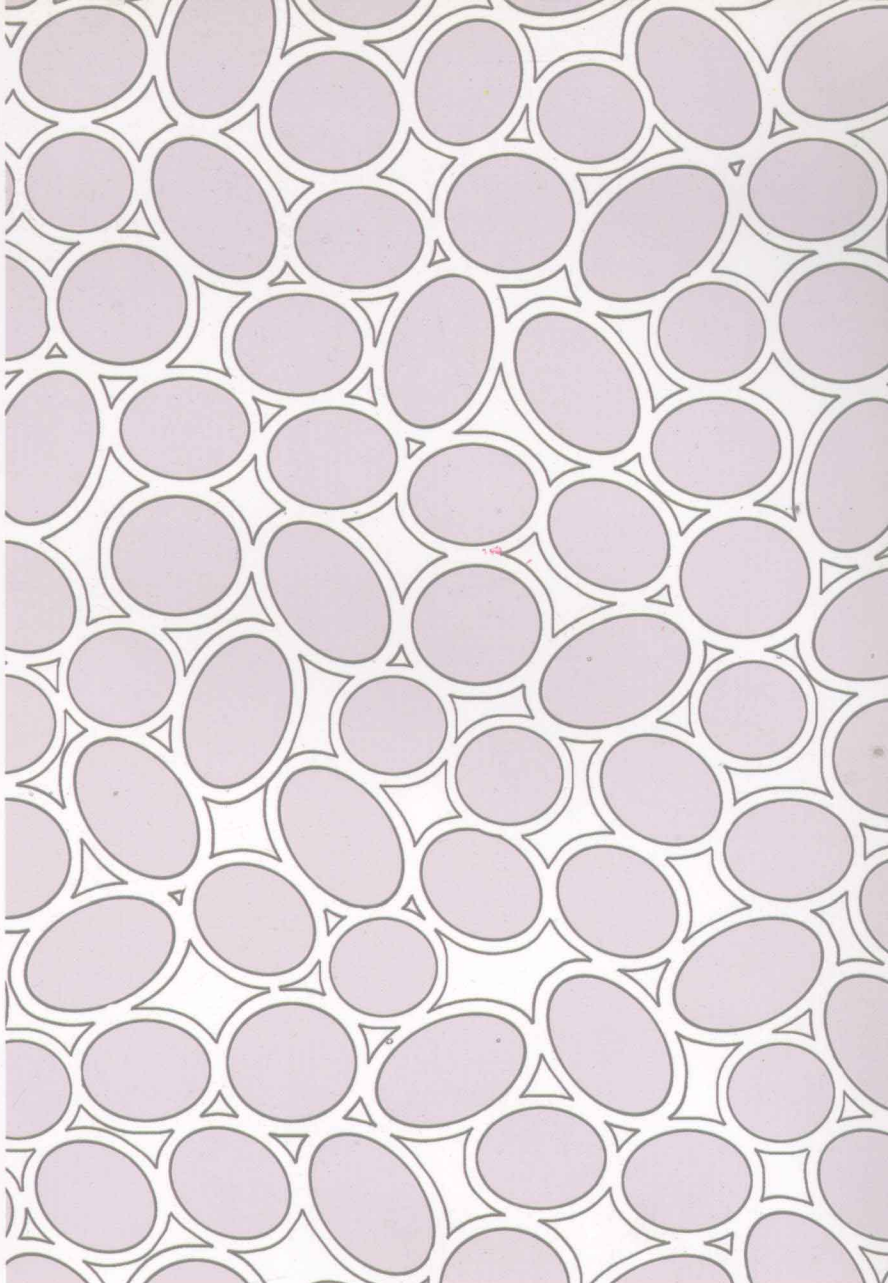




透水混凝土及其应用技术

宋中南 石云兴 等 编著

中国建筑工业出版社

透水混凝土及其应用技术

宋中南 石云兴 等 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

透水混凝土及其应用技术/宋中南, 石云兴等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-112-13166-2

I. ①透… II. ①宋…②石… III. ①高强混凝土 IV. ①TU528.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 064182 号

本书是一部关于透水混凝土的专著, 全书较为系统地阐述了透水混凝土的制备原理和方法、基本物理力学性能和耐久性、各类型透水混凝土路面的设计与施工技术以及试验与检测方法, 分析了透水混凝土铺装和环境友好性; 书中不仅介绍了多项透水混凝土产品, 而且还提出了透水混凝土路面雨水收集系统以及与人造湿地集成的技术途径, 为透水混凝土发挥更大的经济与环境效益开辟了新的思路。

本书可供透水混凝土的科研、设计、施工技术人员与相关管理人员作为参考书。

* * *

责任编辑: 刘瑞霞 王莉慧

责任设计: 李志立

责任校对: 陈晶晶 关 健

透水混凝土及其应用技术

宋中南 石云兴 等 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13 $\frac{3}{4}$ 字数: 330 千字

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月第一次印刷

定价: 39.00 元

ISBN 978-7-112-13166-2

(20585)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序

“水”是生命之源，是人类社会存在的根基之一，但如今水资源短缺已成为威胁人类发展的全球性问题。不久前闭幕的瑞士达沃斯年会的一份报告提出一个令人震惊的概念：地球可能面临“水破产”，不出 20 年，水资源将和石油一样成为投资市场上的产品。

中国水资源总量居世界第 6 位，但人均年占有水资源量为世界人均水平的 1/4。中国城市缺水从 20 世纪 60 年代开始，80 年代日趋尖锐，目前近半数的城市出现不同程度的缺水现象，其中严重缺水城市一百多个，每年因缺水造成的直接损失达上千亿元，许多地区出现了水土流失、地表水的水质恶化、河流断流和地表沉降的现象。

近年来，我国经济建设的快速发展导致地下水严重过采，同时迅速推进的城镇化进程每年也使大面积自然透水的地表变成不透水的硬化地面。高密实度的硬化地面使大量的雨水资源白白流入江河湖海，地下水得不到补给，加剧了水资源的危机。“透水混凝土”的出现正是缓解这个问题的有效措施之一，其透水透气性可以使雨水下渗，补充地下水资源；还可以将雨水收集、净化、重复利用，最大程度地节约了水资源，因此推进透水混凝土的研究和应用对于我国社会经济发展有十分重要的意义。

欧美和日本在 20 世纪 70 年代就开始了透水混凝土的研究，并已经有了大范围的工程应用。我国对该项技术的研究起步较晚，大多数成果仍停留在试验阶段，自主开发的技术和产品应用于实际工程中的还不很多，相关技术标准和技术书籍也比较缺乏，影响了这项技术在我国的应用。

《透水混凝土及其应用技术》的出版填补了这一空白。本书是我国第一部透水混凝土专著，对于我国透水混凝土行业的发展具有“里程碑”式的意义。本书的编者长期从事透水混凝土的研究开发及应用，积累了丰富的经验。本书翔实、深入、系统地介绍了透水混凝土的制备、基本性能、检测方法以及透水混凝土路面的设计和施工，分析了透水混凝土路面的环境友好性，首次提出了利用透水混凝土与人工湿地技术相结合的方法进行雨水处理的方案，为透水混凝土技术的应用开阔了思路。书中还列举了大量透水混凝土路面在实际工程中的应用实例，具有很高的参考价值。

相信本书的出版将会对透水混凝土事业的发展起到很好的推进作用。

谨此祝贺本书的出版！

陈宜明

2010 年 12 月 30 日

前 言

透水混凝土是一种环境友好型地面铺装，它可通过自身的贯通孔隙使天然降水渗入地下，有利于维持地下水资源的生态平衡；在雨天能减少地面积水，避免汽车行驶中引起的飞溅、滑移和眩光，能有效吸收环境噪声；能减少对太阳热辐射的反射，从而缓解城市“热岛效应”，有助于创造舒适和谐的生活环境；透水混凝土还可以作为植生混凝土用于河岸、水渠岸坡和路坡等。与普通混凝土不同的是，它在发挥其结构功能的同时，也为植物甚至动物创造了生存空间。我国是世界上水资源较为贫乏的国家之一，保护水资源有很大的紧迫性。在大力推进科学发展，促进节能减排，建设人与自然和谐发展社会的进程中，透水混凝土将会得到更为广泛的应用。

编者总结了在透水混凝土方面多年的研究成果，参考了大量国内外资料，并结合在工程实施中积累的经验，编写了这本专著。本书内容包括透水混凝土材性、制备技术、设计与施工、工程应用案例和环境生态效益等方面，不仅论述了作为路面材料的透水混凝土，还就其在植生混凝土和人工湿地等环境工程方面的应用进行了探讨，希望本书的出版能对我国透水混凝土的研究和应用贡献一份力量。

本书由宋中南、石云兴担任主编，负责总体策划，组织编写和全书统稿。各章执笔人具体分工如下：

第1章、第2章 石云兴；第3章 石云兴、戢文占；第4章 张涛、霍亮；第5章 罗兰、张涛；第6章 吴文伶；第7章 霍亮、戢文占；第8章 廖娟、冯建华、李艳稳。

冯建华、李艳稳和张东华承担了文字、图表的编辑工作；罗兰承担了CAD制图工作；吴月华、薛刚、孙鹏程和石敬斌对编写工作给予了大力支持。

目前，国内外在透水混凝土领域的技术资料还不够丰富，加上编者的水平所限，本书的不足之处在所难免，希望同行专家和广大读者给予批评指正。

本书编写过程中，多处引用了国内外相关论文和书籍的内容，在参考文献中都一一标明了出处，在此向各位相关作者深表谢意。

《透水混凝土及其应用技术》编写组

2010年10月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 透水混凝土的概念	1
1.1.1 水泥透水混凝土	1
1.1.2 沥青透水混凝土	2
1.1.3 聚合物透水混凝土	2
1.1.4 透水混凝土砖	2
1.1.5 常用的透水混凝土铺装	2
1.2 透水混凝土铺装的道路和城市环境中应用实例	3
1.2.1 用于轻交通路面	3
1.2.2 用于景观路面	3
1.2.3 用于承载路面	6
1.3 透水混凝土的生态环境效益	6
1.3.1 地面的透气透水性对树木和地表植物生存的重要性	6
1.3.2 在护岸护坡工程中的生态环境效益	7
1.3.3 对环境的降温作用	8
1.3.4 对环境的降噪作用	9
1.3.5 改善光环境及出行环境	10
1.3.6 透水路面对水资源的保护作用	11
1.3.7 透水路面对环境的美化作用	12
1.4 透水混凝土路面透水性的变化	12
1.5 国内外透水混凝土发展动态	13
1.5.1 国外研究与应用现状	13
1.5.2 国内研究与应用动态	16
第 2 章 透水混凝土的制备与基本性能	20
2.1 透水混凝土制备的原理	20
2.2 透水混凝土的原材料	20
2.2.1 骨料	20
2.2.2 胶结材料	21
2.3 混凝土的制备	21
2.3.1 配合比的计算	21
2.3.2 制备工艺	22
2.4 透水混凝土混合料的性能	23
2.4.1 搅拌方式对混合料工作性的影响	23
2.4.2 搅拌方式对浆体工作性的影响	24
2.4.3 透水混凝土中胶结材的分布状况	25

2.5 硬化透水混凝土基本物理力学性能	26
2.5.1 混凝土结构特点与破坏特征	26
2.5.2 透水混凝土强度的影响因素	29
2.5.3 抗压强度与劈裂强度和抗弯强度的相关性	36
2.5.4 抗压强度与孔隙率和透水系数的相关性	37
2.5.5 粗骨料的种类与粒径对透水混凝土性能的影响	38
2.5.6 收缩性能	39
2.6 透水混凝土的抗冻融性	42
第3章 透水混凝土的试验方法与相关研究	45
3.1 力学性能的检测	45
3.1.1 试件的成型方法	45
3.1.2 关于成型方法的研究	46
3.1.3 抗压强度的测定	48
3.1.4 抗折强度的试验方法研究	48
3.2 透水系数的检测	52
3.2.1 定水头法	52
3.2.2 落水头法	53
3.3 孔隙率的测定	54
3.3.1 体积法	55
3.3.2 重量法	55
3.4 表面密实度的测定	55
3.5 耐磨性的检测	57
3.5.1 磨坑长度的检测	57
3.5.2 耐磨度的检测	58
3.5.3 透水混凝土路面的耐磨性	59
3.6 耐久性的检测	59
3.6.1 抗冻性能检测	59
3.6.2 疲劳性能研究	60
3.7 吸声降噪性能的测试	61
3.7.1 驻波比法	62
3.7.2 传递函数法	62
3.7.3 混响室法	62
3.7.4 透水混凝土吸声率的测定方法	63
3.8 缓解热效应的测试	64
3.8.1 实验室模拟透水混凝土缓解热效应的测试	65
3.8.2 现场对透水混凝土缓解热效应的测试	65
3.9 沙尘对路面封堵的测试	66
第4章 透水混凝土的生态环境友好性	68
4.1 透水功能	68

4.1.1	透水混凝土透水原理	68
4.1.2	透水混凝土的透水能力	68
4.1.3	透水混凝土对城市的防涝作用	69
4.2	热工功能	70
4.2.1	地面铺装与城市热岛效应	70
4.2.2	透水性铺装改善城市热环境的机理	71
4.2.3	透水铺装的表面温度变化分析	73
4.2.4	透水铺装的蒸发强度变化分析	74
4.3	降噪功能	76
4.3.1	多孔透水性铺装改善声环境的机理	76
4.3.2	多孔透水混凝土的吸声性能	77
4.4	净化功能	78
4.4.1	多孔透水混凝土的净化机理	78
4.4.2	透水混凝土的净化功能	79
4.4.3	透水混凝土可再生、循环利用	80
第5章	透水混凝土路面设计	81
5.1	几何设计	81
5.1.1	透水混凝土路面几何设计总要求	81
5.1.2	几种功能的透水混凝土路面几何设计	81
5.2	承载力设计	83
5.3	结构设计	84
5.3.1	结构组合设计的基本原则	84
5.3.2	透水混凝土路面结构	85
5.3.3	透水路面结构层及其功能	85
5.3.4	透水混凝土路面的路基	86
5.3.5	透水混凝土路面的基层	89
5.3.6	结构组合的其他做法	91
5.4	透水、容水功能设计	92
5.4.1	透水、容水能力设计原则	92
5.4.2	透水、容水能力设计方法	93
5.4.3	下垫层透水性对路面透水、容水能力的影响	94
5.4.4	容水、排水设计	95
5.5	排水(集水)功能设计	97
5.5.1	排水(集水)、渗水设计原则	97
5.5.2	排水设计主要内容	98
5.5.3	设施	100
5.5.4	系统的选型	102
5.5.5	系统管网的设计	103
5.5.6	特殊场地的排水、集水构造设计	105
5.6	透水面层及其表面装饰效果设计	109
5.6.1	面层的基本类型	109

5.6.2	面层装饰设计的基本原则和方法	109
5.6.3	装饰面层设计的技术要求	110
5.6.4	面层装饰设计	111
5.7	透水混凝土铺装设计范例	119
5.7.1	设计流程	119
5.7.2	案例	120
第6章	透水混凝土-人工湿地雨水收集处理系统	132
6.1	透水混凝土雨水收集系统	132
6.1.1	透水混凝土收集雨水的优越性	132
6.1.2	透水混凝土雨水收集系统水力计算	132
6.1.3	透水混凝土雨水收集的管路设计	134
6.1.4	应用举例	135
6.2	人工湿地雨水处理系统	137
6.2.1	污水处理方法简介	137
6.2.2	人工湿地雨水净化机理和优越性	137
6.2.3	人工湿地雨水处理系统设计方法	142
6.3	透水混凝土-人工湿地成套技术	144
6.3.1	透水混凝土-人工湿地雨水收集处理系统的设计举例	145
6.3.2	应用展望	147
第7章	透水混凝土路面施工	148
7.1	路基施工	148
7.1.1	施工方法	148
7.1.2	施工内容	149
7.2	基层施工	149
7.2.1	级配碎(砾)石基层施工	149
7.2.2	透水水泥混凝土基层施工	150
7.2.3	不透水基层施工	150
7.3	透水混凝土的生产和运输	150
7.3.1	原材料	150
7.3.2	混凝土制备	152
7.4	模板	154
7.5	摊铺	155
7.6	成型	156
7.6.1	平板振动法	156
7.6.2	压路机法	156
7.6.3	碾压辊法	157
7.6.4	低频振动压实法	158
7.6.5	模板压印法	158
7.7	表面处理	160

7.8	养护	160
7.9	锯缝、填缝	161
7.10	普通混凝土加铺透水混凝土施工	161
7.11	露骨料透水混凝土路面施工	162
7.12	透水混凝土砖施工	163
7.13	特殊天气施工	164
7.13.1	雨天施工	164
7.13.2	冬期施工	164
7.13.3	夏季施工	165
7.14	质量检验和竣工验收	165
7.14.1	现浇透水混凝土面层	165
7.14.2	透水混凝土砖面层	166
第8章	透水混凝土路面工程应用	168
8.1	透水混凝土路面在国外的工程应用	168
8.1.1	德国透水混凝土应用现状	168
8.1.2	日本透水混凝土应用现状	169
8.1.3	美国透水混凝土应用现状	169
8.2	透水混凝土路面在国内的应用现状	170
8.3	透水混凝土工程应用领域	171
8.3.1	市政及交通工程方面的应用	171
8.3.2	园林工程方面的应用	173
8.3.3	房建配套工程方面的应用	174
8.4	露骨料透水混凝土路面工程应用	175
8.5	彩色透水混凝土路面工程应用	176
8.5.1	应用范围	176
8.5.2	彩色透水混凝土对原材料的要求	177
8.5.3	彩色透水混凝土着色技术	178
8.5.4	彩色透水混凝土路面工程特点及相关技术措施	179
8.6	压印透水混凝土路面工程应用	180
8.6.1	压印透水混凝土路面的特点	180
8.6.2	压印透水混凝土路面成型工艺	180
8.7	透水砖路面工程应用	180
8.7.1	透水砖的优点	181
8.7.2	透水砖的种类	181
8.7.3	透水砖的选用	182
8.7.4	透水砖的质量要求	182
8.7.5	透水砖路面铺砌形式和路面结构	183
8.7.6	透水砖路面铺装工艺	184
8.7.7	透水砖路面质量控制	185
8.8	透水混凝土路面工程案例	186

8.9 透水混凝土在隧道工程中的应用	203
8.9.1 隧道环境及其对路面的影响	204
8.9.2 隧道常用路面材料及其特点	204
8.9.3 透水混凝土应用于公路隧道的前景展望	205

第 1 章 绪 论

1.1 透水混凝土的概念

透水混凝土是多孔混凝土的一种,通常说的透水混凝土是指用于地面铺装,满足路面施工性能和路用要求的多孔混凝土。

透水路面通常含有 15%~25% 的贯通孔隙,采用透水混凝土进行地面铺装,一般情况下透水量可达到 $200\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$,从在生态和环境效益方面来看,它具有以下特点^[1]:

(1) 是一个十分有效的收集雨水或使其回渗到地下的方法,有利于维持地下水资源的生态平衡,防止地表沉降,而且创造舒适的车行和人行交通环境;

(2) 使多种生物,特别是以微生物为主体的动植物群更容易栖息生长,延续自然生物链,而硬化不透水地面(以下简称硬化地面)阻断了类似的生物链;

(3) 吸收汽车、交通以及环境的其他噪声,改善视觉环境;

(4) 吸收太阳热和环境其他热源放出的热量,在环境温度降低时又将热量放出,缓解“热岛效应”。

在英文文献中,透水混凝土有多种写法^{[2]~[12]},如: pervious concrete, porous concrete, no-fines concrete, gap-graded concrete 和 enhanced-porosity concrete。常用的透水混凝土按照组成材料分,有水泥透水混凝土、沥青透水混凝土、聚合物透水混凝土等;透水性铺装按照外观效果分为普通透水混凝土路面、彩色透水混凝土和露骨料透水混凝土路面等;按其使用功能可分为普通透水混凝土路面(指以使水通过为目的的路面)、景观透水混凝土路面、承载透水混凝土路面和透水混凝土砖路面等,但承载透水混凝土路面目前还在试用阶段。

日文文献中,对这类混凝土的称谓,虽然分得不是很严格,但常常把用于路面的,具有透水功能的称为透水混凝土,而用于其他用途(如植生、水质净化等)的有贯通孔隙的混凝土称为多孔混凝土^{[1],[13]~[19]}。按照这一含义,透水混凝土除了具有透水功能外,较其他多孔混凝土在物理力学和耐久性方面有更高的要求。

本书的内容以透水混凝土及其在路面的应用技术为主,兼论及在其他方面的应用,但统称为透水混凝土。

1.1.1 水泥透水混凝土

透水混凝土是由一系列相连通的孔隙和混凝土实体部分骨架构成的具有透气透水性的多孔结构的混凝土。从主要组成材料上看,与普通混凝土不同,透水混凝土仅有少量的细骨料或不含细骨料;从各相粘结来看,主要靠包裹在粗骨料表面的胶结材料浆体硬化后将骨料颗粒胶结在一起。

以水泥为胶结材的透水混凝土称为水泥透水混凝土,一般情况下简称透水混凝土。国内外应用的透水混凝土孔隙率一般为 15%~25%,抗压强度在 10~30MPa。

粗骨料一般采用单粒级或间断级配,细骨料可采用河砂、人工砂或工业废渣,胶结材以水泥为主,为降低成本和调整性能,可掺入一定比例的矿物掺合料,必要时也采用少量有机添加剂等。

透水混凝土路面是采用透水混凝土混合料,通过特定工艺铺装施工,形成的整体结构既有均匀分布的贯通性孔隙,又能满足路用强度和耐久性要求的路面铺装^[2]。

由于透水混凝土的配比和性能不同于普通混凝土,因此在路面施工时采用的工艺也有所不同。透水混凝土混合料的坍落度较低,一般不超过 50mm,为同时保证孔隙率和强度,不能采用强力振捣的普通混凝土密实成型方法,主要采用刮平、微振、碾压整平和表面修整等施工方法;由于坍落度较低,工作性损失快,从混凝土搅拌出料到现场摊铺间隔的时间尽可能短,夏天不宜超过 30min,冬天不宜超过 50min。

施工后的透水混凝土路面由于多孔结构失水较快,在铺装施工后的一周内,对其养护应比普通混凝土更及时和充分。

1.1.2 沥青透水混凝土

沥青透水混凝土是以沥青为胶结材,天然石子为粗骨料,并加入很少量的细骨料与沥青形成粘结性和稳定性的基材,将间断级配的粗骨料粘结在一起做成的多孔混凝土,主要用于道路和广场等的透水路面铺装。

沥青透水混凝土在美国自从 12 世纪中期就用于高速公路和机场跑道,以改进排水和安全性,20 世纪 50 年代先被用于马厩的排水,随后在 20 世纪 70 年代随着铺装施工技术的发展,逐渐用于路面铺装^[3]。

在沥青透水混凝土的组成材料中主要靠粗骨料形成骨架,同时掺用少量细骨料调整混合物的黏性,沥青包裹于骨料表面,形成粘结层,将骨料颗粒粘结在一起。

沥青透水混凝土路面最容易发生的问题是,在炎热的夏天路面会变得很热,这时表面的沥青会软化流淌一直到与下边的较冷的层面相遇,随后凝固,长期积累会逐渐造成路面的孔隙堵塞,使透水效果下降。

另一个问题是沥青路面受到阳光照射和空气的氧化作用,表面逐渐变脆,在受到轮胎的碾压、摩擦后脱落,这种路面材料强度高,成本也高,对温湿度变化敏感,耐候性差、易老化。

1.1.3 聚合物透水混凝土

聚合物透水混凝土是以树脂为胶结材,靠树脂聚合硬化将骨料胶结成的多孔混凝土,由于树脂对骨料的包裹层较薄,可以利用堆积空隙率较低的骨料,甚至用连续级配的骨料。树脂透水混凝土一般多用于景观广场,由于树脂透明,石子多用彩色石子,以显露石子本色,增加景观效果。但树脂透水混凝土硬化后较脆,耐冲击性能差,且容易老化。

1.1.4 透水混凝土砖

由水泥作为胶结材,天然石子作为骨料,必要时加入添加剂,经过工厂化生产的预制混凝土透水砖,在施工现场直接铺于透水基层上,形成透水性铺装。为增加装饰效果,还可以制做成各种形状、表面具有纹理和各种颜色的透水砖,便于拼图案,也称透水混凝土铺装砌块。

1.1.5 常用的透水混凝土铺装

采用透水混凝土混合物摊铺施工或以透水砖铺设的透水性路面称为透水混凝土路面铺

装,根据断面结构,透水性铺装可分为:

1. 直渗型透水混凝土铺装

将透过路面的雨水通过透水基层直接渗回地下的铺装结构,由透水面层、透水结构层和透水基层构成。

(1) 透水面层:是透水混凝土路面的表面层,作为承受荷载的主要结构之一,它不仅应具有装饰效果,而且应达到规定的平整度,具有较高的结构强度、抗变形能力和耐磨性能;

(2) 透水结构层:是透水面层和透水基层之间的路面结构层,是垂直荷载的主要承载层,它的另一个作用是将透过面层的水再透到基层;

(3) 透水基层:是在土基与透水结构层之间,主要由级配石子、再生混凝土集料或少胶结材的大孔混凝土等材料摊铺碾压而成的透水层,它的功能是作为透水混凝土层的排水通道或容水空间,并阻止土基土进入透水结构层(详见第5章)。

2. 导向渗透型(也称有组织排水型)

通过导向型结构把透过路面的水排到路基以外的部位再渗回地下的铺装结构。

以普通混凝土路面或沥青混凝土路面为基层(实际上是中间层,因其下面仍设有路基),铺设超过10cm厚的透水混凝土层,雨水通过中间层的表面排走,在离开路基、路床一定距离后渗回地下,避免雨水对路基、路床的浸透和侵蚀,例如路基为湿陷性黄土或是对既有道路修缮,在旧路面上加修一层透水混凝土面层的情况下可采用导向渗透型。

3. 雨水收集型

将透水混凝土路面和雨水收集利用系统集成,能够将透过路面的雨水进行收集、储存、净化和利用的透水混凝土路面系统(详见第5章)。

1.2 透水混凝土铺装的道路和城市环境中应用实例

1.2.1 用于轻交通路面

透水混凝土铺装用于城镇街道、小区内的路面、停车场等,这些场合主要是轻交通和人行道,一般采用普通透水混凝土,经济适用,图1.2-1是一些实例。

图1.2-1(a)是居民区街道内与住宅和绿茵相间分布的透水路面;图1.2-1(b)是日本某城区用透水混凝土铺装的街区的辅路;图1.2-1(c)是图(b)的细部形貌;图1.2-1(d)是国外的一个停车场和市区周围道路的透水性铺装,虽然场地被开辟利用,但由于铺装了透水路面,使这片场地仍然保持着与周围自然环境原有的热、水分和空气交换的生态平衡,体现了人与自然和谐共生的理念。

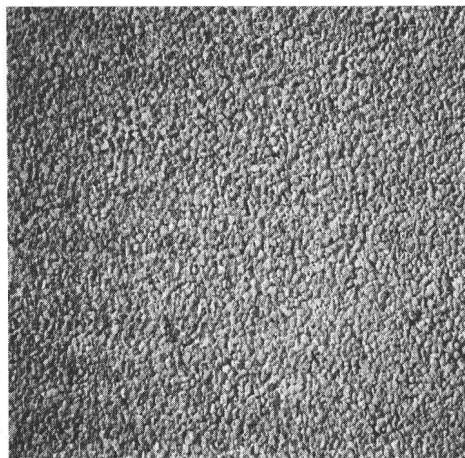
1.2.2 用于景观路面

透水路面经常被用于景区的地面铺装,这时要考虑环境的协调来设计透水混凝土,可采用彩色透水混凝土、露骨料透水混凝土、有表面纹理或图案的透水混凝土、树脂透水混凝土等。

图1.2-2(a)是日本琉球官府旧址(已有数百年以上的历史)观光地,红色宫殿为原有建筑,路面为近些年铺设,为了与红色建筑物相协调,路面设计成了红色地砖与透水混凝土相间的景观;图1.2-2(b)为用彩色透水混凝土砖铺设的某景区的路面;图1.2-2(c)为上海世博会广场景观透水混凝土;图1.2-2(d)为某会所的树脂透水混凝土景观路

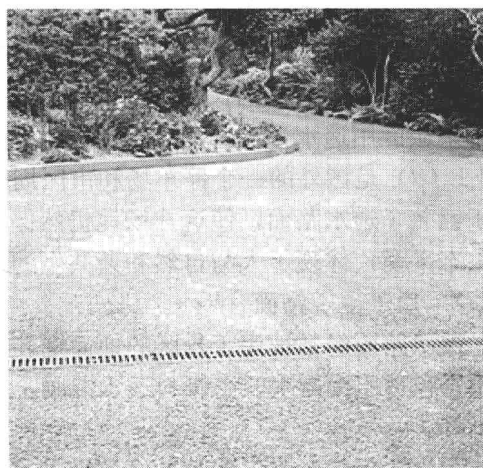
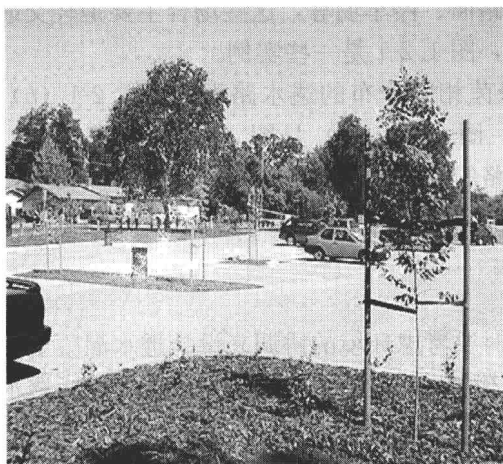


(a) 居民区街道的透水路面



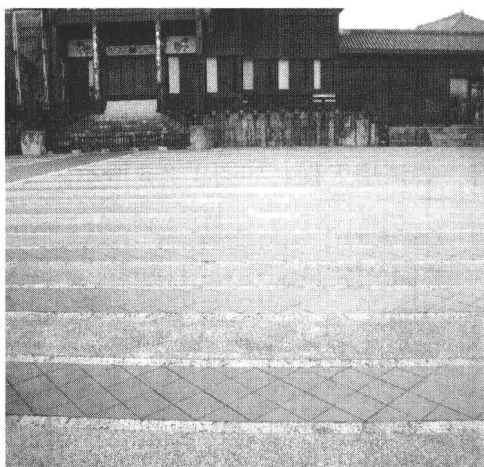
(b) 城区街道的人行道(日本)

(c) 图(b)的细部形貌



(d) 城区停车场和周围道路的透水性铺装

图 1.2-1 透水性铺装在城市环境中的应用



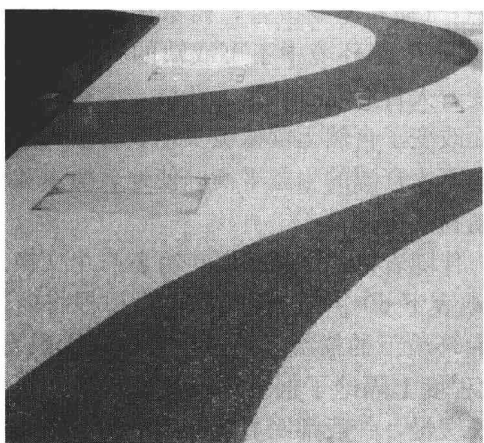
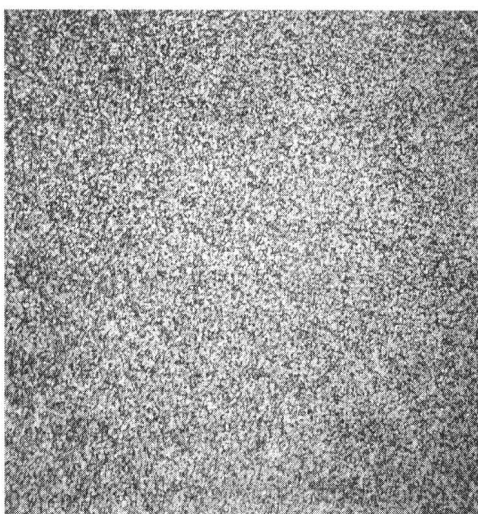
(a) 与红色地砖相间的透水铺装(旧官府的庭院)



(b) 某景区的彩色透水混凝土砖



(c) 上海世博会景观透水混凝土



(d) 树脂透水混凝土景观路面铺装



图 1.2-2 透水性铺装景观路面中的应用

面。可见,用于景观路面的透水混凝土除了要满足路用要求的物理力学性能指标外,还要满足环境生态方面的透水性要求,此外还要有与环境相协调的美学效果。

1.2.3 用于承载路面

作为承载路面材料,透水混凝土的力学性能目前还达不到普通混凝土的水平,大规模地应用于承载路面的还不太多,但在国外已经有一些试用工程,如图 1.2-3 所示。

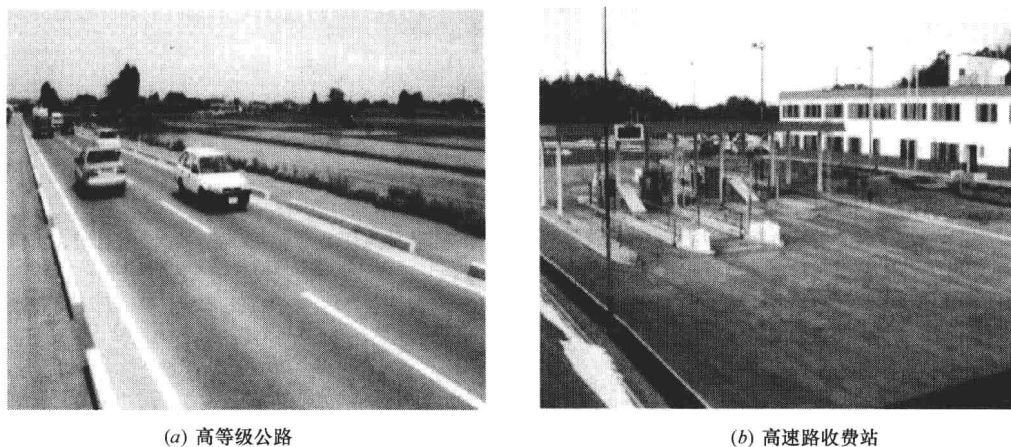


图 1.2-3 透水性铺装 in 承载路面中的应用 (日本)

图中的透水路面为 1991 年日本水泥协会和福井县合作修建的透水混凝土试验性路面的一部分,混凝土抗折强度大于 4.5MPa ,孔隙率大于 15% ,设计交通量 $100\sim 250$ 辆/(日·方向),使用三年后经检查,路面状态良好,各项性能指标正常。

1.3 透水混凝土的生态环境效益

1.3.1 地面的透气透水性对树木和地表植物生存的重要性

树木和地表的植物通过光合作用,吸收大气中的 CO_2 放出 O_2 ,还可以除去 SO_2 、 NO_2 、 CO 等有害气体,能显著地净化空气,使空气质量不断改善;树木和植被还能降低城市噪声,并且为鸟类和昆虫提供栖息地,是城市生态环境中不可或缺的一部分。近年来,城市建设在创造人类生活空间的同时也改变着大自然原有的生态环境,原有的天然植被不断被建筑物及非透水硬化地面所取代,从而改变了自然土壤植被及地表的天然可渗透属性,使天然降水不能回渗到地下,影响了地下水资源的生态平衡,使地表树木和植物赖以生存的生态环境恶化,严重地影响了地表植物的生存。

一棵树的生长需要一个大的根系空间范围,伴随着树的生长不断进行着三个交换:空气、水分和养分的交换,树根通常要扩展到距地表下 $60\sim 100\text{cm}$ 的深度。树根将向着氧气和水分最丰富的方向生长。而在密实硬化路面环境下的树坑,一般尺寸(边长或直径)不足 1m ,周围被硬化不透水的路面封闭,很大程度上隔绝了根系环境与外界空气、水分的交换,使树的生长受到很大阻碍,很多树生长缓慢,一般都明显比其实际树龄正常应达到的尺寸小,还有很多树木在几年缓慢的生长后逐渐枯萎死亡。图 1.3-1 是处于硬化地面环境的枫树在种植 7 年后枯萎死亡的实例^[2]。