

无砂大孔透水混凝土实验研究

王琼夏, 沈明兴, 余国华

(上海江桥建筑工程有限公司, 上海市 201803)

摘要: 透水混凝土具有良好的透气性和透水性, 用于铺筑路面工程, 对于改善环境、降低路面噪音和提高行车舒适性均具有良好的效果, 属于一种环保型绿色的建筑材料。该文采用间断级配的粗集料, 构建强度达到 27 MPa、透水系数为 6 ml/min 的高性能透水混凝土。试验表明: 对于间断级配的无砂大孔透水混凝土, 具有一个最佳用水泥浆用量。集料粒径越小, 其强度越大, 透水系数越小; 集料粒径越大, 则反之。因此, 为满足两方面需求, 设计中应选择一个合适的集料粒径。

关键词: 透水混凝土; 间断级配; 透水系数

中图分类号: TU528.37 文献标识码: A 文章编号: 1009-7716(2006)06-0154-03

0 前言

城市道路、人行道、广场等城市设施无论是在设计还是在施工上, 历来都强调要求混凝土密实、不透水。这种观念在我国诸多建设领域被广泛接受, 殊不知这种不透水地面会给城市环境带来很多危害, 其中最为典型的是造成了城市的“热岛效应”。在一些高速公路中, 由于基本采用了不透水性水泥或沥青混凝土路面, 雨水一时难以排除, 容易积水, 造成路面湿滑和反光, 进而造成交通事故。因此, 开发一种适合于路面工程的透水混凝土显得尤为重要和紧迫。使用透水混凝土铺设路面, 能扩大城市的透水、透气面积, 增加行人、行车的舒适性和安全性, 减少交通噪声, 对调节城市空气的温度和湿度, 维持地下土壤的水位和生态平衡具有重要作用。

本文旨在以间断级配的粗集料构建混凝土强度骨架, 以一定量水泥浆作为包敷润滑材料, 使间断级配的粗集料形成整体, 彼此间存在相互连通的孔隙, 从而使其强度足够, 并具有良好的透水、透气性。

1 透水混凝土结构特征与发展现状

普通的混凝土主要由粗细集料、胶凝材料及水按一定配比经充分拌和, 浇注凝结硬化后而成, 其结构致密, 通常是不透水的。因此, 透水性混凝土在材料组成及结构特征上与普通混凝土完全不同: 透水混凝土的配比特点是采用单粒径粗骨料作为骨架, 水泥净浆或加入少量细骨料的砂浆薄层包裹在粗骨料颗粒的表面, 作为骨料颗粒之间的胶结层, 形成骨架-孔隙结构的多孔混凝土材

料, 其结构模型如图 1 所示。由图 1 可以看出, 透水性混凝土是粗骨料颗粒间通过硬化的水泥浆薄层胶结而成的多孔堆聚结构, 内部含有较多的孔隙, 且多为直径超过 1 mm 的大孔, 因此具有良好的透水性, 但同时强度比普通混凝土低很多。

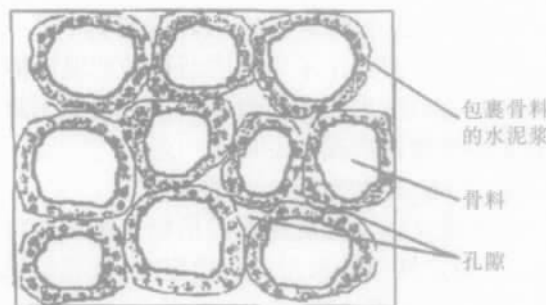


图 1 透水性混凝土结构模型

与普通密实水泥混凝土不同, 透水混凝土的结构具有以下特性:

(1) 水泥的凝结硬化, 将集料胶结成一个整体, 由于集料级配特殊, 形成了蜂窝状结构, 或称为米花糖结构。

(2) 由于不掺砂或者掺少量的砂, 致使混凝土的级配不连续。因此可把此混凝土看作是由净浆包裹的一颗颗的粗集料相互堆积嵌挤而成的。

(3) 与普通混凝土不同的是, 透水混凝土的孔隙都是肉眼能够看见的, 且孔隙的直径大多都超过了 1 mm。

(4) 由于原料的特性, 透水混凝土制品的表面都相当粗糙。

20 世纪 70 年代以来, 世界各国开始研究开发透水性混凝土, 并将其应用于广场、步行街道两侧和中央隔离带、公园内道路及停车场等, 以增加城市的透水、透气空间, 调节城市气候、保持生态平衡, 效果良好。其中日本在 1973 年便开始进行透水性路面的铺设, 到 1999 年时, 全日本已经

收稿日期: 2006-09-23

作者简介: 王琼夏 (1964-), 男, 上海人, 总工程师, 从事建筑工程施工作业。

铺设了 1 000 万 m^2 以上的路面。为了减缓都市热岛效应,达到水资源永久性利用的目的,日本投入很大的精力进行此方面的研究,并取得了显著的成效。其它的如英国、韩国、德国和美国,也在此方面进行了大量的研究工作。国内早在 20 世纪 50 年代初,即开始这方面的研究工作,但配制的混凝土只有 10 MPa 以下,20 世纪 70 年代,陕西省一些科研单位对多孔混凝土滤水管进行过对比试验,提出了提高其强度的工艺措施。随着大孔隙混凝土在现代建筑工程中的进一步应用,其配方不合理、工艺成型和养护不适当等问题急待进一步研究。特别是大孔隙透水性混凝土作为一种新的环保型、生态型的道路材料,日益受到人们的重视。但国内研究者对透水性混凝土材料已做的一些研究还处于研究、开发的起步阶段,有关透水性混凝土各方面的技术还不太成熟,要达到广泛应用,特别是在道路上的应用,还需要做大量的工作。

2 试验原材料及方法

2.1 试验材料

(1) 水泥:上海水泥厂生产的海螺牌普通硅酸盐水泥,强度等级 42.5。

(2) 粗集料选用了两种间断级配的碎石,分别为 10~16 mm 和 16~21 mm,测得其紧密堆积密度分别为 1 350 kg/m^3 和 1 360 kg/m^3 。

(3) 水:自来水。

2.2 试验配比

为了实现以粗集料构建透水性混凝土强度骨架,在试验的配比设计过程中,单位体积中粗集料用量以紧密堆积密度来计算,通过调整单位体积水泥的用量及水灰比来改善和提高混凝土强度,其具体配合比见表 1。

表 1 透水性混凝土配合比

序号	粗集料 kg/m^3		水泥 kg/m^3	水 kg/m^3	水灰比
	10~16 mm	16~21 mm			
1	1350		571	200	0.35
2	1350		628	220	0.35
3	1350		500	200	0.40
4	1350		550	220	0.40
5		1360	571	200	0.35
6		1360	628	220	0.35
7		1360	500	200	0.40
8		1360	550	220	0.40

2.3 试样制作与养护

称取规定重量的水泥、粗集料和量取所需的水,按以下工序进行搅拌成型:

(1) 将粗集料与水泥加入搅拌锅,进行干搅拌 30 s。

(2) 量取所需用水量的 40% 加入搅拌锅进行搅拌,搅拌时间 60 s。

(3) 将剩余水加入搅拌锅进行搅拌,搅拌时间 120 s,待搅拌均匀,将其从搅拌锅中卸出,并迅速装入不同试模。

(4) 装入试模后,进行人工插捣,使其均匀密实。

(5) 在自然条件下养护 24 h 后脱模,置于自然条件下养护至规定龄期取出进行性能测试。

2.4 试样测试

(1) 抗压强度测试,参照国家标准 GB50081-2002,每组 3 块,测试速度为测试速度为 0.3~0.5 MPa/s,测试龄期为 28 d。

(2) 透水性测试,参照行业标准 JTJ 059-95。其具体步骤如下:

a. 将仪器按要求装配好;

b. 在直径为 185 mm 的截面上按照底座直径大小,先在圆周上抹一圈薄层腻子;

c. 将底座放在赋子上,用力压紧;

d. 按要求将水注入量筒中,至规定的高度;

e. 打开旋钮,并启动秒表,每 30 s 记录一次水位高度至 3 min;

f. 按以下公式进行计算:

$$\text{透水系数} = \frac{\text{第 3 分钟渗水量} - \text{第 1 分钟渗水量}}{2}$$

3 试验结果与讨论

3.1 抗压强度

试样 28 d 抗压强度测试结果如表 2 所示。

表 2 28 d 抗压试样测试结果汇总

序号	破坏荷载 /kN			强度 MPa	折算标准强度 MPa
	试样 1	试样 2	试样 3		
1	208	222	172	20.1	19.1
2	289	287	302	29.3	27.8
3	259	219	199	22.6	21.5
4	164	190	153	16.9	16.1
5	160	129	205	16.5	15.7
6	180	296	167	21.4	20.3
7	229	193	143	18.8	17.9
8	92	157	129	14.3	14.3

3.1.1 水泥浆用量对抗压强度的影响

图 2 给出了水灰比为 0.35 时,单位体积水泥浆用量对透水混凝土 28 d 抗压强度的影响。从图 2 中可见,当水灰比控制在 0.35 时,随着水泥浆用量的增大,其 28 d 天抗压强度增大。图 3 给出了水灰比为 0.40 时,单位体积水泥浆用量对透水混凝土 28 d 抗压强度的影响。从图 3 中可见,当水

灰比控制在 0.40 时, 随着水泥浆用量的增大, 其 28 d 抗压强度却出现下降, 与水灰比为 0.35 时相反。这表明: 对于给定的水灰比条件下, 其单位体积的水泥浆用量对透水混凝土的强度影响具有一个最佳用量, 同时也表明, 在由间断级配粗集料构成的透水性混凝土中, 其强度主要有粗集料构成, 而水泥浆更重要的则是使这些粗集料相互粘结构成一个整体, 且水泥浆用量要确保在粗集料表面形成一个包裹层, 从而使得所配制的透水性混凝土具备足够的强度, 以满足工程的需求。

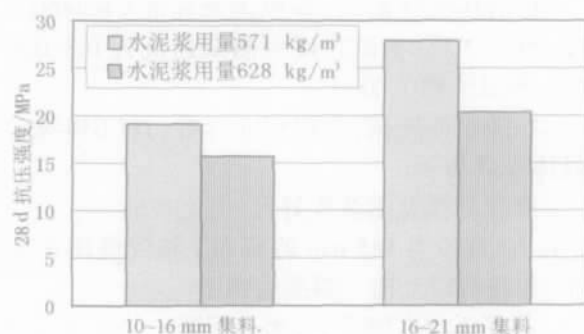


图2 水泥浆用量对 28 d 抗压强度影响 (w/c=0.35)

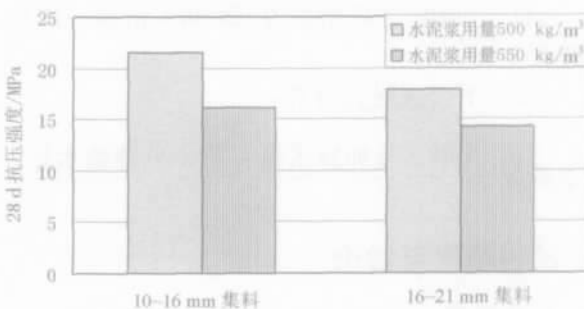


图3 水泥浆用量对 28 d 抗压强度影响 (w/c=0.40)

3.1.2 集料粒径对抗压强度的影响

从表 3 中可见, 对于相同水泥浆用量和相同水灰比条件下的透水性混凝土 28 d 抗压强度来说, 集料粒径为 10~16 mm 的透水性混凝土, 其 28 d 抗压强度较集料粒径为 16~21 mm 的透水性混凝土要高。如水灰比均为 0.35, 水泥浆用量控制在 628 kg/m³ 的透水性混凝土, 粒径为 10~16 mm 较粒径为 16~21 mm 的要高近 36%。可见, 对于大孔无砂间断级配的透水性混凝土, 集料粒径的大小对其力学性能的影响非常显著。限于研究时间的限制, 未能对更多不同粒径范围的粗集料对透水性混凝土强度的影响开展工作。

3.2 透水性

表 3 给出了透水性测试试验结果。

从表 3 中可见, 集料粒径越大, 其透水系数越大, 表明混凝土内部的孔隙越多, 从而其透水性越能满足工程的需求, 但同时应该看到混凝土强度

表 3 透水性测试结果

序号	水渗透读数 /ml									透水系数 ml/min
	0.5 min	1.0 min	1.5 min	2.0 min	2.5 min	3.0 min	4.0 min	5.0 min	6.0 min	
1	50	55	56	56	57	60	65	72	76	6.5
2	50	55	58	60	62	69	72	80	82	8.0
3	50	55	59	62	67	73	81	89	98	12.0
4	50	55	58	61	66	71	78	85	93	10.75
5	50	65	80	96	105	118	123	136	160	27.5
6	50	61	73	82	93	104	117	128	140	22.5
7	50	67	84	98	111	125	139	153	168	28.25
8	50	65	81	94	108	122	136	149	165	28.75

也相应地出现大幅度的下降。因此, 在进行材料设计和选用时, 应充分考虑到两者的相互影响, 以达到符合两种性能的共同要求。

图 4 给出了单位体积水泥浆用量对其透水系数的影响。从图 4 中可见, 随着单位体积水泥浆用量的增大, 其透水系数降低, 表明透水性混凝土的透水性性能下降。这主要是因为水泥浆在透水性混凝土内部主要起密实粘结作用, 其用量越大, 则所形成的混凝土愈加密实, 其内部的孔隙越少, 因此, 混凝土的透水性越差。采用无细集料间断级配的粗集料配制透水混凝土, 在保证工程需求的强度条件下, 尽可能地降低水泥浆的用量, 以达到良好的透水性效果。

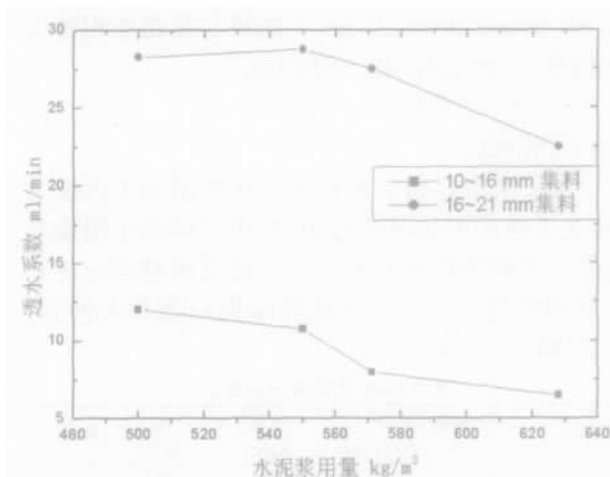


图4 单位体积水泥浆用量对透水系数的影响

4 结论

本文通过试验研究, 得出了以下结论: 采用间断级配的粗集料能够制备出符合工程需求的透水性混凝土, 其 28 d 抗压强度达到 27 MPa, 透水系数达到 8.0 ml/min。对于间断级配的无砂大孔透水混凝土, 其单位体积的水泥浆用量具有一个最佳用量, 以满足将粗集料包裹住并形成一层包敷粘结层而构成一个整体。对于间断级配的无砂大孔透水混凝土, 集料粒径越小, 其强度越大, 而透水

海工高性能混凝土试验研究

阎 喆, 戴 平

(上海市市政公路工程质量监督站, 上海市 200023)

摘 要: 通过室内试验研究和混凝土的物理力学参数分析, 论证了海工高性能混凝土在海洋工程中应用的可行性和优越性。

关键词: 海工混凝土; 配合比; 抗压强度; 弹性模量

中图分类号: TU528 文献标识码: A 文章编号: 1009-7716(2006)06-0157-02

1 概述

根据海工混凝土建筑物的使用年限的调查表明, 多数仅为 30~40 a, 寿命最短的不到 10 a。与陆地不同, 海洋环境较为恶劣。海水中约含 3.5% 的盐, 其中主要有钠离子、镁离子、氯离子和硫酸根离子。除了这些可溶性盐外, 悬浮在海水表面或溶解于海水中的氧气也促进了混凝土内部的化学反应和电化学反应, 并对混凝土结构中的钢筋产生严重的腐蚀作用。海水中的可溶性二氧化碳和硫化氢 (主要来自于海洋中的腐烂有机物) 等酸性物质将导致混凝土中性化, 从而破坏混凝土内部钢筋的钝化膜。海水的上下温差不仅在混凝土结构内部产生温度应力, 而且还促进了混凝土内部化学和电化学反应的速率。海洋环境下混凝土的耐久性长期观察结果表明, 在较热的气候条件下, 混凝土内部钢筋的电化学腐蚀速率加快。人们付出沉重代价后才逐渐意识到海水温度梯度对海工混凝土结构的巨大影响。海水的静水压力随深度的增加成线性增加, 使化学介质向混凝土内部迁移的渗透压力也大幅度增加。根据东海大桥工程

设计寿命 100 a 的要求, 设计了几个混凝土配合比, 通过室内试验对其性能进行研究。

2 试验方案

本次试验对 3 种不同混凝土配合比的试件进行力学性能和耐久性能试验, 对比分析试验结果, 研究设计配合比在海工工程中使用的可行性及优越性。

试件成型分 3 次 (2004 年 5 月 31 日、6 月 3 日、6 月 11 日) 在东海大桥现场试验室完成。

其配合比及海水浸泡时间见表 1。

表 1 试件配合比

编号	配合比 (kg/m ³)							海水浸泡时间
	水泥	掺合料	水	砂	碎石	外加剂	砂率 水胶比	
H1	172	258	152	726	1091	4.3	40% 0.35	2004 年 7 月 1 日
H2	164	246	131	706	1153	4.9	38% 0.32	2004 年 7 月 9 日
H3	205	184	131	706	1153	4.9	38% 0.32	2004 年 6 月 28 日

表 1 中, H1、H2、H3 均使用中砂; 5 mm~25 mm 连续级配碎石; 其中配比 H1、H2、使用工地现场用胶凝材料 (掺合料 +P.I 52.5 水泥), 配比 H3 的胶凝材料由嘉新 52.5 级水泥, 宝田 S95 矿渣、埃肯硅粉组成; H2、H3 中外加剂由同济大学提供, H3 中添加 1% 合成纤维和 21 kg/m³ 的硅。

收稿日期: 2006-08-14

作者简介: 阎 喆 (1968-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 工程师, 从事道桥工程质量监督工作。

系数越小; 集料粒径越大, 则反之。因此, 为满足两者需求, 应选择一个合适的集料粒径。有关透水性混凝土性能方面研究还有大量的工作需要进一步开展。

参考文献

- [1] 张志国. 大空隙率透水沥青铺面应用的探讨[J]. 内蒙古公路与运输, 2002, (3): 20-21.
- [2] 张洪清, 郭秀兰, 陈淑香. 大孔隙无砂混凝土透水性试验研究[J]. 华北水利水电学院学报, 1994, (2): 84-89.
- [3] 霍亮, 高建明. 透水性混凝土透水系数的试验研究[J]. 混凝土与

水泥制品, 2004, (1): 44-46.

- [4] 石元坤, 张学亮. 粉煤灰透水混凝土的试制研究[J]. 粉煤灰综合利用, 2002, (1): 39-40.
- [5] 李耀龙. 透水性混凝土及其性能[J]. 天津建设科技, 2002, (2): 21-22.
- [6] 杨静, 蒋国梁. 透水性混凝土路面材料强度的研究[J]. 混凝土, 2000, (10): 27-32.
- [7] 李学军, 王明祥. 无砂多孔混凝土试验研究[J]. 西北水资源与水利工程, 1997, 8(4): 28-31.
- [8] 武祥. 透水混凝土强度的研究[J]. 中国建材科技, 1997, 6(3): 25-28.
- [9] 许贤敏, 张昊. 无砂透水路路面混凝土[J]. 吉林建材, 2003, (2): 48-56.

cle sets forth the control methods of the cost management by stages from four stages of the cost management, and emphasizes the significance of the control by levels of the cost management.

Keywords: construction enterprise, cost management, control by stages, control by levels

STUDY ON SCIENCE & TECHNOLOGY

Study of Relation between Country Rock Stress and Crackle Spread in Tunnel Lu Wei, Nai Le(148)

Abstract: The article takes Longgang Tunnel from Jingyu to Huinan as an example for study, utilizes the finite element method to analyze the stress distribution characteristics of the country rock in tunnel, and applies Gleafeisi criterion to analyze the crackle spread laws within the country rock. The study makes clearly that the crackle spreads are easily produced in the perimeter tension stress area and the area with the high stress central level of the caves. In this project, the positions producing the tension stress are mainly near the center at the cave bed, and the stress central area is distributed at the cave shoulder and the arch corner. So the crackle spread is easily produced at the cave bed, cave shoulder and arch corner.

Keywords: finite element method, stress central, Gleafeisi Theory, crackle

Study of Influence of Raw Material Feature on Road Performance of Asphalt Mixture Xue Jian, Xiao Jingjing, Guo Zhaofeng(151)

Abstract: The article uses the different asphalts and the different aggregates crossly to match into three asphalt mixtures, and carries out the contrast tests of the mixture road performances, and deeply analyzes the influence of the asphalt and aggregate on the mixture road performances.

Keywords: asphalt feature, aggregate feature, asphalt mixture, road performance

Experiment Study of Unsanded Macrovoid Pervious Concrete Wang Qionxia, Shen Mingxing, She Gudua(154)

Abstract: The pervious concrete has the good air permeability and water permeability, which is used for paving the pavement works. It has the good results for improving the environment, reducing the pavement noise and enhancing the driving comfortability. It belongs to an environmental protective green building material. The article uses the high-performance pervious concrete of the gap-graded coarse aggregate. Its constructional strength reaches 27 MPa and the pervious coefficient is 6 ml/min. The experiment makes clearly that the gap-graded unsanded macrovoid concrete should have an optimum cement mortar usage. The smaller the aggregate grain is, the higher its strength is; the smaller the pervious coefficient is, the larger the aggregate grain is. Therefore, in order to meet the requirements of two aspects, a suitable aggregate grain should be selected in the design.

Keywords: pervious concrete, gap-graded, pervious coefficient

Experimental Study of Marine Engineering High-performance Concrete.....Yan Zhe, Dai Ping(157)

Abstract: Through the indoor experiment study and the concrete physical mechanics parameter analysis, the article proves the feasibility and superiority of the marine engineering high-performance concrete applied in the marine engineering.

Keywords: marine engineering concrete, mixture ratio, compressive strength, modulus of elasticity

Feasibility Study and Establishment of Engineering Project..... Long Xiang(159)

Abstract: The article briefly introduces the main contents of the feasibility study and the basic con-