

聚丙烯纤维混凝土在桥面铺装中的应用

单俊鸿^{1,2}, 周明凯², 李北星³

(1. 河北工程学院, 河北 邯郸 050038; 2. 武汉理工大学, 湖北 武汉 430070; 3. 武汉大学, 湖北 武汉 430072)

摘要: 聚丙烯纤维混凝土具有优良的抗渗、抗裂、耐磨、抗冲击和抗疲劳性能。针对巴东长江公路大桥桥面铺装层的设计要求: 80 mm 厚 C40 防水混凝土, 通过大量试验研究, 决定采用聚丙烯纤维混凝土。选定的聚丙烯纤维混凝土在巴东长江大桥桥面铺装层中进行了全面施工应用, 效果非常理想。

关键词: 桥面铺装层; 聚丙烯纤维混凝土; 配合比; 施工

中图分类号: TQ 342.61; U443.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9815 (2004) 06-0020-04

前言

巴东长江公路大桥(位于湖北省巴东县)是我国实施西部开发战略的一项重要工程,是全国第36座、湖北省第13座跨越长江的一座特大型桥梁,属交通部和湖北省重点交通工程。该桥为双塔双索面预应力混凝土漂浮体系斜拉桥,其主跨长388 m,主塔高212 m,目前为同类型桥梁亚洲第一高度。北岸引桥为简支梁式桥。桥型布置为简支T型梁(4×40)m+PC斜拉梁桥(40+130+388+130+40)m。桥梁全长900.5 m,桥面宽19 m,双向4车道,车行道宽16 m,两侧各设1.5 m人行道。桥面铺装层设计为80 mm厚C40防水混凝土浇筑。

由于桥面普通混凝土铺装层设计厚度较薄(80~150 mm),脆性大,在行车过程中弯拉荷载、冲击疲劳荷载以及温度和湿度变形等因素的作用下,易导致混凝土面板开裂破坏,使防水失效。聚丙烯纤维可以增强混凝土的抗疲劳、抗冲击、耐磨损和抗裂、阻裂能力,以及提高韧性和抗渗性,可以有效阻止混凝土内部和表面裂缝的扩展或延缓裂缝的出现,用于桥面铺装是一种比

较理想的材料。本次桥面铺装混凝土材料设计采用聚丙烯纤维混凝土,同时加入UEA-I型膨胀剂,以补偿收缩,进一步提高混凝土的抗裂和防渗能力。

1 实验

1.1 实验原材料

水泥: 葛洲坝水泥厂生产的42.5普通硅酸盐水泥,强度为:3d抗折5.33 MPa,28d抗折9.80 MPa;3d抗压27.2 MPa,28d抗压58.3 MPa。

掺合料: 湖北某电厂的I级粉煤灰。

外加剂: 武汉某厂的FDN-9000高效减水剂(粉剂)。

粗集料: 宜昌石灰岩碎石,5~25 mm连续级配。

细集料: 岳阳中粗河砂,细度模数2.8。

膨胀剂: 武汉某厂的UEA-I型膨胀剂。

纤维: 深圳市某公司生产的聚丙烯单丝纤维,其主要物理力学性能参数如下:密度0.91 g/cm³,熔点165℃,燃点590℃,无吸水性,无毒性,抗拉强度560~770 MPa,拉伸极限15%,

收稿日期:2004-10-14;修定日期:2004-11-20

基金项目:西部交通建设科技项目(200131881193)

作者简介:单俊鸿(1964-),男,江苏镇江人,副教授,在读博士,主要从事无机非金属材料的研究与教学。

弹性模量 3 500 MPa, 纤维长度 19 mm。

1.2 实验用混凝土配合比

混凝土设计要求: 混凝土拌合物坍落度 50 mm 左右, 粘聚性和保水性满足施工要求; 混凝土强度等级 C40, 配制强度 ≥ 48 MPa, 抗渗等级 S22 以上。根据设计要求, 经大量试验, 我们选定表 1 所示几个配合比进行对比实验。

1.3 实验方法

混凝土抗压强度试验采用尺寸为 150 mm \times 150 mm \times 150 mm 的立方体混凝土试件, 按照 JTJ 053-94 公路工程水泥混凝土试验规程进行^[1]。

混凝土抗渗强度试验采用顶面直径为 175 mm, 底面直径为 185 mm, 高度为 150 mm 的圆台体混凝土试件, 按照 JTJ 053-94 公路工程水泥混凝土试验规程进行。

混凝土耐磨强度试验采用尺寸为 150 mm \times 150 mm \times 150 mm 的混凝土试件, 按照 JTJ 053-94 公路工程水泥混凝土试验规程进行。按公式 (1) 计算每一试件的磨损量, 以单位面积的磨损量来表示, 计算精确至 0.001 kg/m²:

$$G = (m_1 - m_2) / 0.0125 \quad (1)$$

式中 G —单位面积的磨损量 (kg/m²);

m_1 —试件的原始质量 (kg);

m_2 —试件磨损后的质量 (kg);

0.0125—试件的磨损面积 (m²)。

混凝土抗冲击强度试验采用直径为 150 mm,

厚为 64 mm 的圆饼状混凝土试件, 按照 ACI544 委员会推荐的“落重法”方法^{[2][3]}进行。混凝土的抗冲击韧性按公式 (2) 计算:

$$W = Nmgh \quad (2)$$

式中 W —抗冲击韧性 (N \cdot m);

N —破坏时冲击次数;

m —钢球质量 (4.54 kg);

h —冲击锤下落高度 (457 mm);

g —重力加速度 (9.81 m/s²)。

混凝土抗折强度试验采用尺寸为 150 mm \times 150 mm \times 550 mm 的小梁混凝土试件, 按照 JTJ 053-94 公路工程水泥混凝土试验规程, 在意大利 controls 公司生产的 50-C0066/S01 型万能压力试验机进行。

2 试验结果与分析

混凝土各项性能试验结果见表 2。

从表 2 的混凝土性能试验结果可知, 2 号聚丙烯纤维混凝土的 28 d 抗压强度为 53.9 MPa, > 48 MPa; 抗渗等级 S > 22; 坍落度 60 mm, 这一结果完全满足设计要求。3 号混凝土也基本能满足设计要求。

掺加适量的高效减水剂 (1%), 尽可能降低水灰比, 以提高混凝土强度, 改善混凝土孔结构和抗渗性。

表 1 混凝土配合比

编号	各材料用量							kg/m ³
	水泥	粉煤灰	膨胀剂	水	河砂	碎石	外加剂	纤维
1	420	0	0	160	710	1 160	3.8	0
2	385	0	35	160	710	1 160	4.2	1.35
3	335	50	35	160	710	1 160	4.2	1.35

表 2 混凝土性能试验结果

编号	抗压强度 / MPa			28d 抗折强度 / MPa	28d 抗冲击韧性 / (N \cdot m)	28d 抗渗等级	28d 抗渗参数 / (10 ⁻¹⁰ cm \cdot s ⁻¹)	28d 耐磨强度 / (kg \cdot m ⁻²)	坍落度 / mm
	3d	7d	28d						
1	35.4	43.2	58.4	7.09	12.77	>22	1.05	3.57	165
2	28.0	36.5	53.9	8.35	18.68	>22	0.57	2.28	60
3	23.1	30.4	49.0	6.60	16.83	>22	0.33	2.40	80

表 3 施工配合比

						kg/m ³
水	水泥	河砂	碎石	膨胀剂	减水剂	纤维
160	385	710	1 160	35	4.2	1.35

掺加适量膨胀剂(8%),以补偿混凝土的收缩,提高混凝土的密实性,由此起到防裂和提高混凝土的抗渗性作用。

掺加聚丙烯纤维,以提高混凝土的抗塑性收缩和干缩开裂能力,同时提高混凝土的抗冲击韧性、抗渗性、抗冻性和耐磨性。这对桥面铺装层的经久耐用非常有好处。

在混凝土中掺膨胀剂与聚丙烯纤维的阻裂机理是不同的。膨胀剂主要是通过化学反应生成膨胀性的晶体,以膨胀受约束而产生的压应力抵消了部分因干缩而产生的拉应力;聚丙烯纤维则是由于大量分散于混凝土基体中的微细纤维,使混凝土收缩时产生的拉应力被分散,制止了裂缝的扩展^[1]。

3 施工

考虑到粉煤灰运距较远而且用量又不大,从实际出发,推荐 2 号配合比,如表 3。

施工现场对聚丙烯纤维混凝土的 28 d 抗压强度检测结果为 49.3~51.4 MPa,均 > 48 MPa;抗渗等级 S > 22;坍落度 60~70 mm,这一结果完全满足设计要求。

桥面铺装施工顺序为:桥面凿毛并清洗干净→钢筋安装→喷涂界面剂→聚丙烯纤维混凝土浇筑→混凝土抹面→混凝土抹平→覆盖养护→刻纹、锯缝。

混凝土浇筑分 4 幅进行,前 3 幅每次浇筑 4.05 m(其中多的 5 mm 为切缝及凿毛工作宽度),最后 1 幅浇筑 4.0 m。

施工中要注意以下几点:

(1) 进行桥面铺装前,必须保证桥面凿毛并清洗干净,否则,易引起桥面铺装层空鼓。

(2) 喷涂界面剂,以保证桥面铺装层与梁板之间的粘结,提高界面粘结剪切强度。喷涂界面剂时,应注意将界面剂均匀喷涂,并在界面剂未干前浇筑拌制好的混凝土^[4]。

(3) 由于掺入了聚丙烯纤维、膨胀剂、减水剂

等组分,为保证它们在混凝土中的分散性,搅拌时间应比普通混凝土适当延长 30~60 s。

(4) 聚丙烯纤维的加入,使得抹面比普通混凝土困难些,因此,要适当增加抹面、抹平人员。

(5) 混凝土养护:掺膨胀剂的混凝土要充分发挥膨胀剂的补偿收缩作用,必须使膨胀剂充分参与水化反应;加上大桥横跨长江,风较大,潮湿养护工作一定要注重。一般潮湿养护时间不要低于 10 d,干燥或炎热气候下潮湿养护时间以 14 d 为好。

(6) 聚丙烯纤维混凝土压纹效果很差,几乎压不出纹路,因此,改为用刻纹机刻纹。

4 结 论

根据室内试验和施工现场观察,可以得出以下结论:

(1) 聚丙烯纤维混凝土价格低廉(每 m³ 混凝土掺 1.35 kg 聚丙烯纤维,成本增加 50 元左右),但它具有很好的阻裂、抗渗、耐磨、抗冲击和增韧作用,是一种理想的桥面铺装材料,应该大力推广。

(2) 聚丙烯纤维加入混凝土,可明显降低坍落度 100 mm 左右。这可能是由于聚丙烯纤维的“承托”作用所致。

(3) 聚丙烯纤维混凝土的密度比普通混凝土低(30~50 kg/m³),这可能是由于聚丙烯纤维的加入,增加了混凝土中的含气量,使得混凝土的容重下降。

(4) 为保证聚丙烯纤维在混凝土中的均匀分散,应适当延长 30~60 s 的搅拌时间。

参考文献:

- [1] JTJ 053-94. 公路工程水泥混凝土试验规程[S].
- [2] SHIEN LI, GUIHUI WEI, LINING YAO. Proceedings of the international conference on fiber reinforced concrete[J]. Guangzhou:Guangdong Science and Technology Press, 1997, 27~33.

- [3] 龚益, 沈荣熹, 李清海. 杜拉纤维在土建工程中的应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002. 理技术[J]. 河北建筑科技学院学报(自然科学版), 2004, 21(2): 51-53.
- [4] 单俊鸿, 周明凯. 水泥混凝土桥面破损原因及预防处

Application of polypropylene fiber concrete in the bridge deck pavement

SHAN Jun-hong^{1,2}, ZHOU Ming-kai², LI Bei-xing³

(1. Hebei University of Engineering, Handan 050038 China; 2. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070 China; 3. Wuhan University, Wuhan 430072 China)

Abstract: polypropylene fiber concrete has the excellent properties against permeation, cracking, wearing, impact and fatigue, etc. The bridge deck pavement of Badong Yangtze River Bridge for Highway is designed to apply 80 mm thickness C40 waterproof concrete. We decided to adopt and apply polypropylene fiber concrete after plentiful experiments, the result was very perfect.

Key words: bridge deck pavement; polypropylene fiber concrete; mixing proportion; construction

(上接 15 页)

和水蒸汽, 不是过热水蒸汽, 也不是过饱和水蒸汽。在这温湿的水蒸汽介质中可实现均匀的塑化牵伸。

(5) 牵伸张力一般为 0.53~1.06 cN/dtex, 牵伸倍率为 2~4 倍。具体的牵伸张力大小和牵伸多少应根据纺丝液的基本参数而定。

(6) 牵伸倍率应与纺丝液的相对分子质量、相对分子质量分布和固含质量分数相匹配, 也与离浴牵伸、热水牵伸相匹配, 统筹考虑, 综合设计, 使其更合理, 以制得高强度、高模量、高取向度、高结晶度和细特化原丝。

4 展 望

经过 30 多年的研究与开发, 我国研制高性能

碳纤维原丝已有了很好的基础, 也具备了冲击这类核心技术和关键设备的能力。独立自主、自力更生的攻坚精神必然开创一片新的天地。除此以外, 别无选择, 特别是在国际大环境中和激烈的市场竞争中, 技术的创新仍是竞争的核心之一。

参考文献:

- [1] 贺福. 碳纤维及其应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 中山岛敦, 滨田荣一, 枝松通介. アクリル系重合体糸条の加圧スチーム延伸装置[P]. 日本专利: 特开平 5-44132, 1993.

Precursors for high performance carbon fibers and drawing machine with pressurized steam

HE Fu

(Institute of coal Chemistry, Chinese Academy of Science, Taiyuan 030001 China)

Abstract: Drawing machine under pressurized steam is key equipment for preparation high quaity PAN precursors. It has excellent tensile strength and high degree of orientation.

Key words: PAN precursor; drawing machine under pressurized steam