

# 微膨胀聚丙烯纤维混凝土在巴东长江公路大桥桥面铺装中的应用

单俊鸿<sup>1,2</sup>, 周明凯<sup>2</sup>, 李北星<sup>3</sup>

(1. 河北工程学院, 河北 邯郸 056038; 2. 武汉理工大学 硅酸盐材料工程教育部重点实验室, 湖北 武汉 430070; 3. 武汉大学, 湖北 武汉 430072)

**【摘要】** 根据巴东长江大桥桥面铺装层的设计要求, 对厚 100 mm 的 C40 防水混凝土进行了微膨胀聚丙烯纤维混凝土的配合比设计、性能试验和桥面铺装施工措施研究. 结果显示, 采用聚丙烯纤维和 UEA-I 膨胀剂补偿收缩的混凝土具有优良的抗裂、抗渗、耐磨、抗冲击、抗疲劳等性能. 选定的微膨胀聚丙烯纤维混凝土配合比在巴东长江大桥桥面铺装层中进行了全面施工应用, 效果十分理想.

**【关键词】** 桥面; 聚丙烯纤维混凝土; 膨胀剂; 配合比; 施工

中图分类号: TV431.3

文献标识码: B

文章编号: 1000-0860(2005)03-0044-03

## Application of micro-expansion polypropylene fiber concrete to the deck pavement of Badong Highway Bridge on Yangtze River

SHAN Jun-hong<sup>1,2</sup>, ZHOU Ming-kai<sup>2</sup>, LI Bei-xing<sup>3</sup>

(1. Hebei University of Engineering, Handan 056038, Hebei, China; 2. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, Hubei, China; 3. Wuhan University, Wuhan 430072, Hubei, China)

**Abstract:** In accordance with the design of the requirement for the deck pavement of Badong Highway Bridge on Yangtze River, the study on the mix design for the micro-expansion polypropylene fiber concrete (a concrete with minute-expansion agents), the performance experiment and the construction measures of the pavement on the bridge deck is made for the C40 waterproof concrete with the thickness of 100 mm concerned. The result shows that the concrete mixed with polypropylene fiber and UEA-I expansion agent has the excellent properties against permeation, cracking, wearing, impact, fatigue and freeze-thaw etc. Through the study, the selected mixing ratio of the micro-expansion polypropylene fiber concrete is applied to the concrete for the pavement on the deck of the bridge and the effect is perfect as well.

**Key words:** deck pavement; polypropylene fiber concrete; expansion agent; mixing ratio; construction

## 1 引言

巴东长江公路大桥是国道 209 线在湖北省西部巴东县境内、处于三峡水利工程库区内长江主河道上跨越长江的一座建设规模宏大、结构新颖、造型美观、结构受力复杂的特大型桥梁, 属交通部和湖北省交通基本建设重点工程. 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, 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, 双向四车道, 车行道宽 16 m, 两侧各设 1.5 m 人行道. 该桥桥面铺装层设计采用 100 mm 厚 C40 防水混凝土浇筑.

通常, 普通混凝土桥面铺装层由于设计厚度较薄(80~150 mm), 脆性大, 在行车过程中, 在弯拉荷载、冲击疲劳荷载以及温度和湿度变形等因素的作用下,

收稿日期: 2004-11-09

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, 博士研究生.

易导致普通混凝土桥面铺装层开裂、破坏,防水失效等。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,它是用于桥面铺装的一种比较理想的材料。因此,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 膨胀剂,以补偿收缩,延长桥面接缝间距,进一步提高混凝土的抗裂、防渗能力。

## 2 实验

### 2.1 原材料

主要原材料如下:(1)水泥采用葛洲坝水泥厂生产的 425 号普通硅酸盐水泥,强度为:3 d 抗折 5.3 MPa、抗压 27.2 MPa;28 d 抗折 9.8 MPa、抗压 58.3 MPa。(2)掺合料为湖北阳逻电厂 I 级粉煤灰。(3)外加剂采用武钢浩源外加剂厂 FDN-9000 缓凝高效减水剂(粉剂)。(4)粗集料为宜昌石灰岩碎石,5~25 mm 连续级配。(5)细集料为岳阳中粗河砂,细度模数 2.85。(6)膨胀剂采用武汉三源特种建材有限责任公司生产的低碱 UEA-I 型膨胀剂。(7)纤维采用深圳市建必特实业发展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  $0.91 \text{ g/cm}^3$ 、熔点  $165 \text{ }^\circ\text{C}$ 、燃点  $590 \text{ }^\circ\text{C}$ 、吸水性无、毒性无、抗拉强度  $560 \sim 770 \text{ MPa}$ 、拉伸极限 15%、弹性模量  $3\ 500 \text{ MPa}$ 、纤维长度 19 mm。

### 2.2 实验用混凝土配合比

混凝土设计要求:混凝土拌和物坍落度 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  $\geq 48 \text{ MPa}$ ,抗渗等级 W22 以上。根据设计要求,经大量试验,我们选定了表 1 所列 3 个配合比进行进一步的对比实验。

表 1 混凝土配合比

编号	各材料用量/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$							
	水泥	粉煤灰	膨胀剂	水	河砂	碎石	外加剂	纤维
1	420	0	0	160	710	1160	4.2	0
2	385	0	35	160	710	1160	4.2	1.35
3	335	50	35	160	710	1160	4.2	1.35

表 2 混凝土性能试验结果

编号	坍落度/ $\text{mm}$	抗压强度/ $\text{MPa}$			抗折强度/ $\text{MPa}$	冲击韧性/ $\text{N} \cdot \text{m}$	抗渗等级	渗透系数/ $10^{-10} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$	耐磨强度/ $\text{Pa}$
		3 d	7 d	28 d	28 d	28 d	28 d	28 d	28 d
1	165	35.4	43.2	58.4	7.09	12.77	> W22	1.05	35.7
2	60	28.0	36.5	53.9	8.35	18.68	> W22	0.57	22.8
3	80	23.1	30.4	49.0	6.60	16.83	> W22	0.33	24.0

### 2.3 实验方法

混凝土抗压强度试验采用尺寸为  $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$  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<sup>[1]</sup>。

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,按照文献[1]进行试验。

混凝土耐磨强度试验采用尺寸为  $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$  的混凝土试件,按照文献[1]进行。

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”进行<sup>[2,3]</sup>。

混凝土抗折强度试验采用尺寸为  $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$  的小梁混凝土试件,按文献[1]在意大利 Controls 公司生产的 50-C0066/S01 型万能压力试验机上进行。

## 3 实验结果与分析

混凝土各项性能试验结果见表 2。从混凝土拌和物坍落度来看,2 号配合比与 1 号配合比相比,在掺入胶凝材料质量 8.3% 的 UEA-I 膨胀剂和 0.148% 体积掺量的聚丙烯纤维后,由于聚丙烯纤维的“承托”作用和膨胀剂快速水化反应形成钙矾石的原因,混凝土拌和物坍落度降低很大(100 mm 左右),而用 12% 的粉煤灰等量替代水泥后(即 3 号配合比),坍落度又有所增加。从混凝土强度和抗渗结果来看,三种配合比均达到 C40 配制强度和 W22 抗渗等级的设计要求,其中 1 号配合比抗压强度最高。在抗折强度、冲击韧性和耐磨强度等其他力学性能方面,2 号配合比更佳,其次是 3 号配合比,特别是 3 号配合比的渗透系数小,掺有粉煤灰后更有利于混凝土干缩性能的改善。

在混凝土中掺入膨胀剂和聚丙烯纤维的主要作用是:适量膨胀剂,可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抗渗性的作用。掺加聚丙烯纤维,可以提高混凝土的抗塑性收缩和干燥收缩开裂能力,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。当然,膨胀剂与聚丙烯纤维在混凝土中的阻裂机理是完全不同的:膨胀剂主要是通过化学反应生成膨胀性的 AFt 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;而聚丙烯纤维则是通过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,抑制了裂缝的扩展<sup>[3]</sup>。

## 4 施工

巴东长江大桥桥面铺装混凝土全部采用了 2 号配合比进行施工。桥面铺装施工工序为:桥面凿毛并清洗干净→钢筋网安装→桥面润湿、喷涂无机界面剂→微膨胀聚丙烯纤维混凝土浇筑→混凝土整平饰面→覆盖养护→锯缝。混凝土浇筑分四幅进行,前三幅每次浇筑 4.05 m(其中多的 5 cm 为切缝及凿毛工作宽度),最后一幅浇筑 4.0 m。

施工中主要采用了以下措施来保证桥面铺装层的质量:(1)凿毛、润湿。进行桥面铺装前,桥面充分凿毛并清洗干净,否则,易引起桥面铺装层空鼓。混凝土浇筑前,桥面再用水充分润湿,但不见明水。(2)喷涂无机界面剂。为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,采用了一种无机界面粘结剂(IAC)。喷涂界面剂时,应注意将界面剂喷涂均匀,厚度控制在 1.5 mm 左右,并在界面剂初凝之前将混凝土摊铺到位<sup>[4]</sup>。(3)延长混凝土搅拌时间。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均匀分散,搅拌时间应比普通混凝土适当延长 30~60 s。(4)夜间施工。桥面铺装施工在 5~6 月份,桥面施工现场气温达到 27~36℃,为避免混凝土开裂,以夜间浇筑混凝土为主。(5)加强整平饰面。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。(6)加强混凝土养护。大桥横跨长江,风较大,为避免塑性收缩开裂,抹面后及时采用塑料薄膜进行覆盖以防水分蒸发。补偿收缩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,因此待

混凝土终凝时立即用麻袋替换薄膜进行覆盖潮湿养护,潮湿环境下的养护时间 10~14 d。(7)聚丙烯纤维混凝土压纹效果很差,压纹时纤维易从表层混凝土中带出,影响外观质量。因此,改为用刻痕机刻痕。刻痕深度 3~4 mm。施工时,混凝土坍落度在 60~70 mm 范围内,现场留样混凝土的 28 d 抗压强度检测结果为 49.3~51.4 MPa,均大于配制强度 48 MPa,抗渗等级 > W22,这些结果完全满足设计要求。

## 5 结论

根据室内试验和施工实践可以得出以下结论:(1)聚丙烯纤维和膨胀剂掺入混凝土,明显降低了坍落度 80~100 mm。为保证混凝土的工作和强度,微膨胀聚丙烯纤维混凝土宜适量增加减水剂的掺量。(2)聚丙烯纤维和膨胀剂掺入混凝土后,其密度也下降 30~50 kg/m<sup>3</sup>,减轻了桥面铺装层的重量。(3)为保证聚丙烯纤维等在混凝土中的均匀分散,应适当延长混凝土搅拌时间 30~60 s。(4)聚丙烯纤维掺量较低( $V_f = 0.15\%$ ),混凝土成本增加不大,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<sup>[5]</sup>,可以大力推广应用。(5)为保证微膨胀聚丙烯纤维混凝土桥面铺装层的质量,应严格施工措施,不能因为掺入了聚丙烯纤维而放松对施工质量的控制。

## 参考文献:

- [1] JTJ 053—94,公路工程水泥混凝土试验规程[S].
- [2] Li Shien, Wei Guihui, Yao Lining. Proceedings of the International Conference on Fiber Reinforced Concrete [M]. 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, 116-227.
- [4] 单俊鸿,周明凯. 水泥混凝土桥面破损原因及预防处理技术[J]. 河北建筑科技学院学报(自然科学版),2004, 21(2): 51-53.
- [5] 单俊鸿,周明凯,张美强. 聚丙烯纤维混凝土在路桥中的应用[J]. 新型建筑材料,2004, (8): 20-22.

(责任编辑 陈小敏)

## · 简 讯 ·

# 关于举办中国水利学会 2005 学术年会的通知

中国水利学会 2005 学术年会定于 2005 年 10 月底至 11 月初在山东省青岛市召开,具体时间、地点将在报到通知中明确。现在开始报名组织及征文工作。年会主题:水利与可持续发展。年会宗旨:认真贯彻落实党的十六大、十六届三中全会和四中全会精神,牢固树立和落实科学发展观,按照中央水利工作方针,努力推进可持续发展水利,充分发挥中国水利学会在组织开展学术交流方面的主渠道作用,通过举办高水平、多学科、跨

领域的学术活动,展示中国水利科技发展水平,激励广大水利科技工作者的积极性和创造性,为全面建设小康社会做出贡献。

联系地址:北京白广路二条 2 号 中国水利学会,100053

联系人:赵洁群 电话:63202171, 传真:63202154

E-mail:jqzhao@mwr.gov.cn

(摘自“中国水利 国际合作与科技网”2005 年 2 月 21 日)