

聚丙烯纤维网水泥混凝土桥面铺装层路用性能研究

王小明* 李森林* 刘斌** 栗荣宇***

(* 西安市市政管理委员会, 西安 710003)

(** 中铁十五局集团二公司, 西安 710016)

(*** 沈阳市市政设计院, 沈阳 110015)

摘要: 该文通过对西安市太白路立交工程桥面混凝土铺装层采用聚丙烯纤维网性能的研究, 分析了聚丙烯纤维网对桥面铺装混凝土的强度、脆性、抗渗性、耐磨性、干缩以及温度收缩与弹性模量等性能的影响, 探讨了聚丙烯纤维网改善桥面铺装混凝土的机理。试验结果表明桥面铺装混凝土中掺入聚丙烯纤维网能明显地降低混凝土的脆性, 提高混凝土的抗折强度、耐磨性和抗渗性, 可以取代防裂钢筋网(WWF)。

关键词: 立交桥 桥面铺装混凝土 聚丙烯纤维网 路用性能

西安市太白路立交工程是西安市 2003 年度重点市政工程项目, 总投资 1.29 亿元。本立交工程在西安地区首次采用 FMS 聚丙烯纤维网混凝土桥面铺装层结构。

桥面铺装层的早期破损已成为直接影响公路桥梁结构耐久性的一大病害, 并引起了人们的广泛关注。桥面铺装层直接受行车荷载和环境温度等因素的作用, 不仅参与桥面板的受力, 而且连接各主梁共同受力, 所以它既是保护层, 又是受力层, 提高其质量及延长其寿命非常重要。普通混凝土桥面铺装层因其脆性, 存在抗拉、抗弯强度低, 阻裂限缩能力差等问题。为解决这些问题, 20 世纪 80 年代初期, 美国为解决其军事工程的混凝土结构在炮弹、炸弹的轰击下不易破裂的问题, 研制和开发了聚丙烯纤维网混凝土, 比较成功地解决了普通混凝土的弯拉强度低、塑性收缩大等问题, 从而提高了混凝土的耐久性。

聚丙烯纤维网又称网状聚丙烯纤维, 其初始状态是网形束状, 束要规整, 否则会影响拌和的均匀性。与单丝状的聚丙烯相比它有握裹力高、分布均匀、更适用于骨料混凝土的特点, 20 世纪 90 年代在欧美就有用聚丙烯纤维网替代防裂钢筋网(WWF)进行桥面水泥层铺装的案例。

本工程在水泥混凝土层铺装中采用了纤维网混凝土技术, 从现场施工和后期效果来看, 这项技术施工极为简便, 解决了防裂钢筋网繁琐的捆扎工序, 提高了工程进度; 对混凝土抗裂、抗渗水、抗碎、韧性和

抗折均有提高。

本文通过太白路立交工程对聚丙烯纤维网混凝土路用性能的试验报告, 开展了聚丙烯纤维网改善桥面铺装层混凝土路用性能的研究, 为聚丙烯纤维网混凝土在桥面铺装方面的应用提供一定的参考依据。

1 原材料性质

水泥: 秦岭 42.5R 普通硅酸盐水泥;

碎石: 5~31.5mm 石灰岩, 级配良好;

砂: 霸河砂, 级配良好, 细度模数 2.82;

减水剂: WR-P 泵送剂, 掺量 1.2%;

聚丙烯纤维: 采用由陕西泛美施公司提供的聚丙烯纤维网, 掺量 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$, 其物理力学特征及化学性能见表 1。

表 1 聚丙烯纤维网物理力学特征及化学性能

项目	性能	项目	指标
材质	100%聚丙烯, 不含再生链烯烃	吸水性	无
颜色	白色(自然色)	密度	0.91
初始形态	集束形网状	长度(mm)	12~19
分布状态	不规则单丝	直径(μm)	约 100
导电性	无	熔点($^{\circ}\text{C}$)	160~170
导热性	极低	燃点($^{\circ}\text{C}$)	590
抗酸碱性	高	抗拉强度(MPa)	560~770
安全性	无毒, 无刺激	弹性模量(MPa)	3500

2 混凝土配合比

配合比按重交通量水泥混凝土路面设计, 设计抗折强度为 5.5MPa, 每立方米混凝土各种材料用量见表 2。

表 2 混凝土配合比

混凝土类型	kg/m ³						坍落度 (mm)
	水泥	砂	碎石	水	泵送剂	聚丙烯 纤维网	
普通混凝土	486	698	1046	185	5.85	0	180
聚丙烯纤维网混凝土	486	698	1046	185	5.85	0.9	175

3 聚丙烯纤维网混凝土路用性能评价

3.1 抗折强度与抗压强度

混凝土的强度试验是将养护到规定 28d 龄期的小梁试件(150mm×150mm×550mm)按三分点法测定其抗折强度,然后用立方体试件(150mm×150mm×150mm)进行抗压强度试验,结果见表 3。

表 3 两种混凝土 28d 强度试验结果

混凝土类型	抗折强度(MPa)	抗压强度(MPa)	压折比
普通混凝土	6.04	40.7	6.74
聚丙烯纤维网混凝土	7.04	42.3	6.01

试验结果表明,聚丙烯纤维网混凝土的强度比同配合比的普通混凝土强度有所提高,其中抗折强度增长了 16.56%,抗压强度增长了 3.93%,试验结果很明显地显示出聚丙烯纤维网能较大幅度地提高混凝土的抗折强度,使混凝土的脆性有所降低,但抗压强度基本未增加。

3.2 抗渗性

试验按 JTJ053—1994《公路工程水泥混凝土试验规程》中的 T0528—1994 规程进行,普通混凝土和聚丙烯纤维网混凝土成型试件尺寸为上口直径 175mm,下口直径 185mm,高 165mm,同条件养护至 28d。试验在 HS-40 型混凝土抗渗仪上进行,试验结果抗渗标号均为 S₁₂。抗渗试验结束后,对其试件进行劈裂并观察渗水深度,结果见图 1。很显然,聚丙

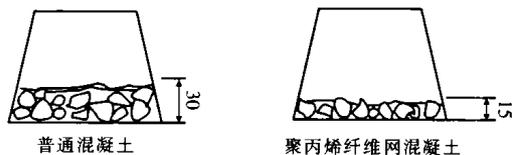


图 1 混凝土渗水深度试验结果比较

烯纤维网混凝土的抗渗性能优于普通混凝土,其抗渗标号尽管相同,但抗渗水能力提高了一倍,即聚丙烯纤维网混凝土的耐久性比普通混凝土有较大幅度提高。

3.3 耐磨性能

试验按 T0527—1994 的规程进行,试件尺寸为 150mm×150mm×70 mm。混凝土养护至 28d 进行试验,试验前首先将试件提前 1d 从养护室中取出,自

然干燥 12h,放入 60℃的烘箱中继续烘 12h;然后将试件放在带有花轮磨头的 TMS-04 型水泥胶砂耐磨试验机的水平转盘上,在 200N 的负荷下磨削 50r,并称量试验前后的质量,按下式计算单位面积的磨耗量。

$$G = [(M_0 - M_1) / 0.0125] \times 100$$

式中:G 为单位面积磨损量 (kg/m²);M₀ 为试件的原始质量(kg);M₁ 为试件磨削后的质量(kg);0.0125 为试件磨损面积(m²)。

试验计算结果:普通混凝土为 5.928kg/m²;聚丙烯纤维网混凝土为 4.648kg/m²。可见聚丙烯纤维网混凝土耐磨性优于普通混凝土,耐磨性能提高了 21.59%。

3.4 温度收缩系数

温度收缩系数的测定是在 28d 龄期、尺寸为 100mm×100mm×400mm 的混凝土小梁试件上进行的。在每个试件上安装具有精密传感器钢制固定框架,然后将其置于环境箱中,从 35℃开始降低温度,每降低 10℃保温 3h,当温度达到稳定状态时,利用传感器数据采集仪记录数据。测定的结果见表 4 和图 2。

表 4 两种混凝土的温缩性能

混凝土类型	-25~5℃	5~35℃	-25~35℃
普通混凝土	7.518	7.393	7.455
聚丙烯纤维网混凝土	7.370	6.776	7.073

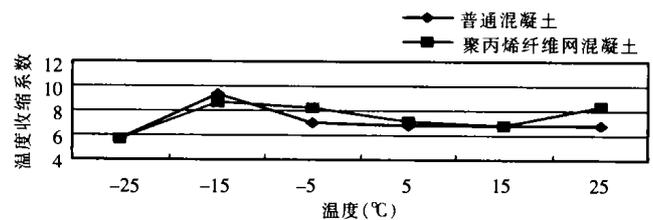


图 2 混凝土温度—温度收缩系数

由表 4 和图 2 可看出,聚丙烯纤维网混凝土的平均温度系数接近于普通混凝土,反映出聚丙烯纤维网混凝土在桥面铺装结构设计时可以与普通混凝土在伸缩缝方面同等考虑。

4 聚丙烯纤维网改善混凝土路用性能机理

纤维网是由聚丙烯合成的薄膜条带,加入到混凝土原材料中,在搅拌机的搅拌下,受到水泥、砂石料的冲击混合,成束的纤维会被撕裂成大量单独的纤维网,以三维方式均匀地无序分布在混凝土中。研究表明,当每立方米混凝土中掺入 0.9kg 的约 16mm 长的纤维,经搅拌机充分拌和,大约可分散成 710 万根独立纤维网,即平均每立方厘米有 7 根。这些无序

分布的纤维网将使得混凝土的性能有较大的改善。

混凝土在凝结硬化初期,由于泌水和沉降以及水泥—水系统最早期水化引起化学减缩,从而使混凝土产生塑性收缩。混凝土在塑性阶段的强度很低,当收缩遇到限制产生应力,不足抵抗收缩应力时,就可能产生裂纹。尤其是桥面铺装混凝土,当表面蒸发失水的速度过快,超过泌水的速率时,会造成毛细管负压,新拌混凝土的表面会迅速干燥而产生塑性收缩。此时,表面混凝土已相当稠硬,失去流动性,而强度却不足以抵抗塑性收缩受限制而产生的应力时,塑性收缩龟裂总是或多或少地早已潜伏于混凝土当中,从而影响桥面铺装混凝土的路用性能。掺入聚丙烯纤维后,大量均匀分布的纤维网限制了混凝土早期不同密度物质的相对运动,减少了混凝土的泌水与沉降,抑制了混凝土中毛细管通道的发展,阻止了塑性裂纹的引发,从而减少了裂缝源的数量,并使裂缝尺度变小,这就降低了裂缝尖端的应力强度因子,缓和了裂缝尖端受力集中程度;同时在受力过程中,又抑制了裂缝的引发与扩展,从而使混凝土的强度、抗渗性和耐磨性能提高。

另外,桥面铺装混凝土从无缺陷理想状态来讲,其抗压强度与抗折强度应同步增长,但实践中,混凝土

的抗压强度的增幅远大于抗折强度,原因主要在于混凝土内部存在不同尺度的微裂缝,而微裂缝对混凝土的脆性增大。但随聚丙烯纤维网的掺入,抑制了混凝土中微裂缝的引发和扩展,减小了裂缝尺度,从而使纤维混凝土的抗折强度提高幅度高于抗压强度,使混凝土的脆性有所降低。

5 结论

研究表明,与普通混凝土相比,聚丙烯纤维混凝土具有优良的物理力学性能:

1)与普通混凝土相比,掺加 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 聚丙烯纤维网混凝土不但具有较高的抗压强度,而且能较大幅度地提高抗折强度,使道路混凝土的脆性降低,同时聚丙烯纤维网的掺入使得混凝土的耐磨性及抗渗性能提高,耐久性进一步得到保证。

2)聚丙烯纤维网混凝土的温缩系数低于普通混凝土,因此在桥面铺装结构设计时可以与普通混凝土在伸缩缝方面等同考虑。

3)在桥面铺装混凝土层中可以使用聚丙烯纤维网混凝土技术替代防裂钢筋网(WWF),但应当控制纤维的质量。

(收到修改稿日期:2004—07—28)

(上接第 23 页)

二是环岛内左转车先放行一段时间,当另一方向直行车放行时彼此不会产生拥挤现象,可提高车速,减少延误;第三,由于左转车进入环岛是设计在直行车单独放行的后半段,从而灵活地减少了左转车二次停车的时间。

信号控制具体方案如下:

第一相位:市府路和机场大道间双向通行,机场大道至新城大道单向通行,机场大道至汤家桥南路(左转二次停车),市府路至汤家桥北路(左转二次停车),同时放行横穿汤家桥路的行人和非机动车。

第二相位:汤家桥路方向双向通行,汤家桥北路至市府路单向通行,第一相位中二次停车的车辆,汤家桥南路至新城大道(左转二次停车),汤家桥北路至机场大道(左转二次停车),同时放行横穿新城大道和机场大道的行人和非机动车。

第三相位:新城大道至机场大道方向双向通行,第二相位中二次停车的车辆,同时放行横穿市府路的行人和非机动车。

第四相位:左转至相邻道路(按逆时针方向)的车流在环岛内环形,同时各方向行人和非机动车根

据人行信号灯指示二次过街。

以上相位中须二次停车的车辆放行时间均略慢于该相位其他方向放行车辆。为使左转车辆在通过第一停车线后,不在其下游的环道内第二次停车,进口道信号灯同其下游的环道信号灯联动。右转车辆不受信号灯控制,但应注意避让过街的非机动车和行人。

考虑远期建设立交,近期方案不设置人行天桥,通过设置人行横道灯来组织人行交通。为减少过街延误,非机动车也通过人行横道横穿道路,并允许逆行。

方案实施过程中,左转及直行信号配时还可分别根据环岛上允许的左转车排队长度及实际交通量调整,进口车道划分也可调整,以提高绿灯信号期的通行能力,最大限度满足交通需要。

6 结语

温州汤家桥路—机场大道环形交叉口采用信号控制进行交通组织,解决了交通流交织现象严重的问题,充分利用周期时间,解决了左转车辆的冲突,不但大大提高了交叉口的通行能力,而且可以节约造价,不失为一种投资省、见效快的好办法。

(收到修改稿日期:2004—06—18)