

CRCP+AC 复合式路面在市政道路工程的应用

葛倩如 宋 玥 潘晟赞

(浙江数智交院科技股份有限公司 杭州 310030)

[摘 要] 为探讨高强长寿命 CRCP+AC (连续配筋混凝土路面+沥青罩面) 复合式路面在市政道路工程中的应用前景, 将连续配筋混凝土复合式路面的结构设计、施工工艺以及质量控制要点等研究成果应用于嘉兴干窑镇区道路改造提升项目中; 并对运营使用中的路用性能与问题进行分析, 发现 CRCP+AC 复合式路面结构能够较好地满足杭嘉湖软土地区重载交通道路的路用性能要求, 从全寿命周期建设投资角度而言具有较高的推广价值。

[关键词] 复合式路面; 连续配筋混凝土路面 (CRCP); 市政道路

1 应用背景

连续配筋混凝土路面 (CRCP) 通过配置钢筋网以抵抗混凝土收缩作用的路面结构形式。由于基本取消了横向接缝, 混凝土板连续, 也减少了由此导致的病害发生, 增加了行车舒适性, 使用寿命长。在面板上加铺沥青混凝土 (AC) 层形成复合式路面, 刚柔相济, 便于养护, 成为国内外应用较广的路面结构形式。随着长三角、珠三角经济带的快速发展, 各大产业集聚区与城镇道路交通量日益剧增, 对于高强度长寿命路面结构需求迫切。本文以嘉兴干窑镇区道路改造项目为依托工程, 探讨 CRCP+AC 复合式路面在市政工程中的应用前景与问题。

2 工程概况

干窑镇地处浙北嘉善县域中部杭嘉湖平原区, 位于长江三角洲的中心地带。中心镇区现状建设用地主要为居住用地和工业用地, 道路体系性不足, 且镇区内大型货车进出较多, 客货交混, 车行效率低下。

表 1 OD 调查车辆构成情况表

车种	小客车	大客车	小货车	中货车	大货车	拖挂车	集装箱
比例	65.5%	8.1%	3.87%	1.75%	9.14%	7.86%	3.78%

三仙路初始年断面交通量为 5473pcu/d, 镇

西路初始年断面交通量为 5760pcu/d, 交通量年增长率为 2.56%。

2016 年镇区开展了环线提升改造工程, 其中三仙路 (K0+340~K1+440)、镇西路 (K0+000~K0+680) 作为镇区重要干道, 提升为城市主干路, 时速 50km/h, 总长约 1.78km, 对原有老路进行两侧拓宽, 扩宽后为双向四车道 24m 断面, 路面进行白改黑提升改造。



图 1 工程地理位置图

3 设计思路

项目施工期间由于施工单位交通组织措施未及时到位, 路面挖除后重车通行, 造成局部路段路基损害。考虑到项目工期紧张, 挖除原有路基重新填筑需外采土方已无条件; 在对损害路基局部进行碾压处理后, 设计调整采用了 CRCP+AC 复合式路面, 以增强道路基层强度,

收稿日期: 2021-07-01

作者简介: 葛倩如 (1990-), 女, 工程师, 主要从事道路工程工作。

延长路面使用寿命。路面结构为：4cmSMA-13 改性沥青混凝土+6cmAC-20C 中粒式改性沥青混凝土+橡胶沥青应力吸收层（AR-SAMI）+

24cm 水泥混凝土连续配筋面层+22cm 水泥稳定碎石基层。



图2 路基施工现场照片

3.1 配筋设计

钢筋采用直径 16mmHRB400 螺纹钢，纵向筋间距 10cm，横向筋间距 50cm，纵向配筋率为 0.80%。混凝土设计弯拉强度 5.0MPa，设计抗压强度 40MPa。

CRCP 设计以 CRC 板（连续配筋面层板）在设计基准期内，在行车荷载和温度梯度综合作用下，不产生疲劳断裂作为设计标准，并以最重轴载和最大温度梯度综合作用下，不产生极限断裂作为验算标准。纵向钢筋配筋率需满足裂缝平均间距不超过 1.8m，缝隙平均宽度不大于 0.5mm。CRCP+AC 复合式路面还需考虑沥青上面对荷载应力与温度应力的削减效应。根据计算，CRC 板厚度与钢筋网配筋率满足设计要求。

边缘干钢筋至纵缝或自由边的距离为 15cm。横向钢筋斜向设置，其与纵向钢筋的夹角 60°，且横向钢筋位于纵向钢筋下。钢筋与钢筋采用绑扎连接，搭接长度为 35d，钢筋宜用环氧树脂涂层或防锈漆涂层等进行保护。

3.2 接缝设计

CRC 板设置纵向缩缝，纵缝拉杆由板内横向钢筋延伸穿过接缝代替。一般路段 CRC 板按照 4.5m 进行划分，边缘板块 4.1m，纵缝应与路线中线平行。在路面等宽的路段内或路面变宽度的等宽部分，纵缝的间距和形式保持一致。在路面变宽段的加宽部分与等宽部分之间，应以纵向施工缝隔开。

每日施工结束或因临时原因中断施工时，设置横向施工缝，采用直径 30mm HPB300 光圆钢传力杆。交叉口、公交车站渐变段板块划分，设置横向接缝，采用不设传力杆假缝。邻近桥梁构造物处，桥头搭板与连续配筋混凝土层间设置传力杆胀缝，顶部应锯切槽口 0.5cm。

3.3 端部设计

CRC 板具有热胀冷缩变形的特性，当与其他类型路面或构造物相连接时应设置端部处理结构，以约束消除或调节纵向位移。如果两端没有约束，CRC 板会发生整体性的移动，会给两端相连的其他类型路面或桥梁、涵洞等构造物造成极大的推力。目前使用较多的端部结构有：钢筋混凝土梁锚固结构、宽翼缘工字钢梁、桥梁伸缩缝等。本项目在三仙路与镇西路交叉口路以及项目起终点不同路面结构衔接路段，采用 GQF-C-40 型桥台伸缩缝进行过渡，施工按桥梁伸缩缝中毛勒缝的施工工艺进行施工。

4 施工工艺控制要点



图3 CRC 混凝土板施工工序图

(1) 滑模机械铺筑时需配备辅助模板用于纵缝拉杆安放时进行稳固边缘。采用其他铺筑方式

时需安放固定模板。模板中部的穿孔间距应根据横向钢筋的直径与间距确定；横向施工缝端模板应按图纸规定的纵向钢筋直径和间距开槽，以利纵向剪力钢筋穿过。连续配筋混凝土路面的施工模板必须采用刚度足够的钢模板。

(2) 纵横向筋应先架设安装在支架座上，两端绑扎固定。一般用活动支架，支架不得锚入下层中。钢筋支座纵横向配置间距为 30cm×60cm。

(3) 由于钢筋网的影响，混凝土摊铺时采取切实可行的横向布料方式，常用的布料机械有：侧向上料的布料机、侧向上料的供料机、带侧向上料机构的滑模摊铺机、挖掘机加料斗侧向供料、吊车加短便桥钢凳，车辆直接卸料等方式。宜采用侧向进料方式，在没有侧向布料机的情况下，可采取挖掘机加料和混凝土搅拌运输车配人工布料。在人工辅助摊铺时，不对混合料进行抛掷和耢耙，以防离析。

(4) 混凝土摊铺和振捣期间，钢筋的排列和间距应保持和控制正确的位置。混凝土摊铺前，对安设好的钢筋进行仔细检查。钢筋网应平直，不得有贴地、变形、移位、松脱和开焊等现象。

5 全寿命费用分析

为了从经济性角度分析 CRCP 的推广意义，收集本项目三仙路、镇西路以及镇区内采用常规沥青路面结构形式的镇北路、俞曹路工程的相关资料，进行全寿命周期费用对比分析。全寿命周期费用一般包含建设初期投入、养护投入、专项工程投入以及年交通收益等方面。本次计算费用组成以及相关费率取值如下：

(1) 初期投入采用工程建安费；(2) 专项工程投入无；(3) 由于市政道路不进行用户收费，因此交通收益忽略不计；(4) 根据收集得到路段养护费用资料，将其与初期投入费用一并折算到每车道每公里中的养护费用；(5) 分析采用现值法，折现率取 6%，分析年限为建成后 5 年与 15 年（即 2016 通车至今的使用期与设计使用年限年末）；(6) 建成后 15 年末考虑道路结构性大修或重建，路面残值取零。

根据以上条件，可得到每车道每公里 5 年与 15 年寿命期内的成本现值如表 2 所示。

表 2 镇区内新建市政道路每车道公里全寿命周期内的成本现值（2016）

路段名称	长度	建安费	每公里单车道建安费 (万元)	每公里单车道年养护费 (万元)	成本现值 (5 年) 万元	成本现值 (15 年) 万元
镇北路	0.37	706	477.0	2.5/5	487.56	525.59
俞曹路	0.59	1140	483.1	2.5/5	493.58	531.61
三仙路	1.44	3160	548.6	0.75/1.5	551.74	560.72
镇西路	0.67	1406	524.7	0.75/1.5	527.89	536.87

注：每公里单车道平均年养护费分为 5 年期（调研数据）/15 年期（预测数据）。

6 结论及建议

(1) 经过 5 年通车运营，除三仙路与镇西路交叉口出现反射裂缝外，其余连续配筋路段暂时未见明显路基路面病害。沥青反射裂缝产生主要推断为，交叉口划分的大混凝土板块在荷载与温度共同作用下胀缩引起，属于传统复合式水泥路面常见病害。现有路况反映出 CRCP+AC 复合式路面结构能够较好地满足杭嘉湖软土地区重载交通道路的路用性能。



图4 改造后路面运营状况现场照片 (2021.6)

(2) 从成本现值计算结果来看,运营前期 CRCP+AC 路面成本略高于常规沥青路面;但随着运营时间增加,常规沥青路面年平均养护费用增加较快,CRCP+AC 路面养护优势逐渐凸显,在设计使用期末基本与常规路面成本费用持平,且低频次养护也减少了运营期间的车辆延误及运行费用。因此,从全寿命周期建设投资角度而言,CRCP+AC 复合式路面在市政道路建设中具有积极的推广意义。

(3) 现场调查发现,镇西路西侧非机动车道范围正在进行污水管道施工,原有混凝土板块挖除钢筋裸露,后续恢复困难。市政道路地下构筑物复杂,采用 CRCP 路面结构时应提前预留布设空间,钢筋布设或避开慢行系统范围,以便后期实施改造。

(4) CRCP+AC 复合式路面结构常用于隧道下穿等特殊结构物路段,由于造价、施工等方面限制,多年以来尚未形成大规模推广使用。在借鉴吸收已有项目施工经验的基础上,可以从路面结构,组合设计、路面排水系统、原材

料质量控制和大型机械化施工等方面提高,充分发挥 CRCP+AC 复合式路面的长期使用性能,增加在我国各类道路建设项目中的应用。

参考文献

- [1] 李盛,刘朝晖等. CRC+AC 复合式路面结构层厚度对温度效应及车辙变形的影响 [J]. 中国公路学报, 2012, 01: 21-28.
- [2] 高立明,王广建. AC+CRCP 复合式路面施工技术 [J]. 中国港湾建设, 2009, 01: 56-59.
- [3] 王鹏飞. 连续配筋混凝土刚柔复合式长寿沥青路面研究 [J]. 交通标准化, 2011, 01: 139-141.
- [4] 李文科. 连续配筋混凝土复合式路面 (CRC+AC) 层间结合与施工关键技术研究 [D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009.
- [5] 李汝凯. 重载条件下复合式路面防反技术研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2015.
- [6] 陈涛,洪盛祥等. 重载交通高速公路大中修养护方案经济性分析 [J]. 现代交通技术, 2021, 04: 9-15.
- [7] JTG D40-2011, 公路水泥混凝土路面设计规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.