



某工程水泥混凝土路面升级改造技术与应用

王桃源, 韩冰

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 以湛江人民大道水泥混凝土路面升级改造为依托, 阐述了旧水泥混凝土路面检测与评定对合理选择加铺方案以及确定加铺沥青层厚度的重要性; 探讨了旧水泥混凝土路面评价指标应遵循的原则, 建立了一套适合旧水泥混凝土路面加铺层设计的评价指标体系; 分析如何运用旧路评价指标进行加铺层结构设计。

关键词: 旧水泥混凝土路面; 沥青混凝土罩面; 检测与评定; 病害处理; 加铺结构设计

中图分类号: U 416.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0168-04

Technologies and application of upgrading of cement concrete pavement in road project

WANG Tao-yuan, HAN Bing

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: Based on the cement concrete pavement upgrading of Renmin road in Zhanjiang city, this paper describes the importance of old cement concrete pavement testing and evaluation for choosing a reasonable overlay scheme and determining the thickness of asphalt overlay, discusses the principles for old cement concrete pavement evaluation, establishes an evaluation index system for the design of old cement concrete pavement overlay, and analyzes the way of using the old road evaluation index to determine an appropriate design scheme of overlay structure.

Key words: old cement concrete pavement; asphalt concrete overlay; testing and evaluation; damage treatment; structural design of overlay structure

在交通荷载和自然环境的综合作用下, 水泥混凝土路面会出现各种损坏现象, 路面使用性能会随之衰减, 为了不影响道路通行, 需要对水泥路面进行加铺改建。正确评估路面现状水平, 尤其是旧路结构稳定状况, 是选择经济合理改建方案的重要依据。本文结合许多旧水泥路面改造工程实践及旧水泥混凝土路面的特点, 以湛江人民大道水泥混凝土路面升级改造项目为依托, 提出了旧水泥混凝土路面的评价及各项指标确定方法, 以及如何运用这些指标进行加铺改建设计。

1 工程概况

湛江人民大道全长10.52 km, 是湛江市中心

城区赤坎-霞山片区主要的纵向通道。由于原水泥混凝土路面已通车20多年, 路面损坏程度较大, 已出现裂缝、错台、坑槽以及接缝破损等病害, 与城市交通发展不相适应, 为了提高通行能力、方便市民生活, 对人民大道进行升级改造。

2 路面升级改造关键技术

2.1 旧水泥混凝土路面检测与评定

2.1.1 路面损坏状况调查评定

按照CJJ 36—2006《城镇道路养护技术规范》^[1]的相关要求进行调查计算。通过路面破损状况的调查全面掌握路面出现的病害情况, 同时进行量化, 以路面状况指数PCI为评价指标:

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 王桃源(1982—), 女, 工程师, 主要从事公路与城市道路设计工作。

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m DP_{ij} W_{ij} \quad (1)$$

路面破损状况评价如表1所示。本项目采用徒步逐板调查法对旧路病害进行调查, 详细填写《路面破损情况调查详表》, 对病害分类, 分析并制定出相应处治措施。调查结果显示, 行车道水泥混凝土路面总体较好, 路面状况指数 PCI 为87, 评价等级为优良。

表1 路面破损状况评价标准

| 评价等级 | 优良 | 中 | 次 | 差 |
|--------------|-----------|-------|-------|--------|
| 路面状况指数 PCI | ≥ 85 | 70~85 | 60~70 | < 60 |

2.1.2 接缝传荷能力和板底脱空状况调查评定

1) 接缝传荷能力调查评定^[2]。

接缝是水泥混凝土路面的重要组成部分, 同时也是整个路面结构最薄弱的环节, 旧面层接缝处的弯沉值和弯沉差是引起加铺层出现反射裂缝的主要原因。采用接缝传荷系数评价旧路接缝传荷能力。

本工程的接缝传荷能力测定是采用FWD落锤式弯沉仪, 在临近接缝的路面表面施加标准轴载的一侧轮载(50 kN), 实测接缝两侧边缘的弯沉值。按下式计算接缝的传荷系数:

$$k_j = \left(\frac{W_u}{W_l} \right) \times 100 \quad (2)$$

式中: k_j 为接缝传荷系数(%); w_u 为未受荷板接缝边缘处的弯沉值; w_l 为受荷板接缝边缘处的弯沉值。接缝传荷能力分级见表2。

表2 接缝传荷能力分级标准

| 等级 | 优良 | 中 | 次 | 差 |
|--------|-----------|-------|-------|--------|
| 接缝传荷系数 | ≥ 80 | 60~80 | 40~60 | < 40 |

根据现场实测数据统计分析, 人民大道改造项目检测路段的接缝传荷能力评价结果见表3。

表3 路段FWD接缝传荷能力

| 位置 | 上下行 | 最大值 | 最小值 | 平均值 | 标准差 | 变异系数/% | 优良率/% |
|-----|-----|-------|------|------|-----|--------|-------|
| 超车道 | 南行 | 94.7 | 82.9 | 89.9 | 2.8 | 3.1 | 100.0 |
| | 北行 | 95.7 | 46.3 | 86.8 | 8.6 | 9.9 | 92.5 |
| 主车道 | 南行 | 102.4 | 37.3 | 87.4 | 7.9 | 9.0 | 94.6 |
| | 北行 | 97.1 | 75.0 | 89.0 | 3.1 | 3.5 | 99.2 |
| 重车道 | 南行 | 95.6 | 82.1 | 89.0 | 2.9 | 3.2 | 100.0 |
| | 北行 | 94.1 | 77.0 | 88.4 | 2.9 | 3.2 | 98.8 |
| 辅车道 | 南行 | 95.8 | 63.2 | 86.1 | 6.9 | 8.1 | 85.0 |
| | 北行 | 95.9 | 79.1 | 87.0 | 5.1 | 5.9 | 85.0 |

根据检测结果, 行车道混凝土接缝传荷能力均值在86~90, 接缝传荷评价结果为优良, 说明接缝传荷能力较好。

2) 板底脱空状况调查评定。

旧混凝土板块底部脱空病害对路面结构强度及使用寿命存在重要影响, 应采取有效的措施对原有混凝土板底脱空病害进行全面检测, 为进一步处治提供依据。板底脱空可采用对面层角隅处进行多级荷载弯沉测试, 并结合唧泥和错台发展程度以及接缝传荷能力进行判别, 也可采用雷达、声波检测仪器进行检测。为提高检测效率和精确性, 本项目采用声振法进行脱空判定, 按逐板4点(板角)的频率进行检测, 人民大道检测路段的脱空情况见表4。

表4 板底脱空情况

| 上下行 | 位置 | 总板数 | 板脱空率/% | 总点数 | 点脱空率/% | 断板率/% |
|-----|-----|-------|--------|--------|--------|-------|
| 南行 | 超车道 | 1 588 | 32 | 3 176 | 18.2 | 1.3 |
| | 主车道 | 1 588 | 47 | 6 352 | 16.7 | 6.6 |
| | 重车道 | 1 588 | 36 | 3 176 | 21.5 | 3.6 |
| 北行 | 超车道 | 1 567 | 24 | 3 134 | 13.6 | 1.0 |
| | 主车道 | 1 567 | 49 | 6 268 | 16.4 | 7.8 |
| | 重车道 | 1 567 | 33 | 3 134 | 19.6 | 2.8 |
| 总计 | | 9 465 | | 25 240 | | |

根据检测报告, 板底脱空总块数为9 465, 全线混凝土板脱空率平均为36.9%。

2.2 旧混凝土路面结构参数调查与确定

2.2.1 钻芯取样

在现状道路的左右两幅共抽取了27个芯样, 其中1个芯样断裂, 其余26个芯样检测。结果厚度范围为250~300 mm, 平均值为283 mm, 标准差22 mm。通过钻芯取样测定, 裂缝处钻芯显示混凝土裂缝多为贯通裂缝。本项目的旧混凝土面层厚度标准值为26 cm。

2.2.2 劈裂试验

通过劈裂试验测定结果得出面层的弯拉强度标准值:

$$f_r = 1.87 f_{sp}^{0.87} \quad (3)$$

$$f_{sp} = \overline{f_{sp}} - 1.04 s_{sp} \quad (4)$$

式中： f_r 为旧混凝土面层的弯拉强度标准值（MPa）； f_{sp} 为旧混凝土面层的劈裂强度标准值（MPa）； \bar{f}_{sp} 为旧混凝土面层的劈裂强度测定值的均值（MPa）； s_{sp} 为旧混凝土面层的劈裂强度测定值的标准差（MPa）。

26个芯样检测结果劈裂强度范围为1.6 ~ 4.2 MPa，平均值为3.0 MPa，标准差0.6 MPa。本项目旧混凝土面层的弯拉强度标准值为4.0 MPa。

2.2.3 水泥混凝土弯拉弹性模量标准值

水泥混凝土弯拉弹性模量标准值按下式计算：

$$E_c = \frac{10^4}{0.09 + \frac{0.96}{f_r}} \quad (5)$$

式中： E_c 为旧混凝土的弯拉弹性模量标准值（MPa）； f_r 为旧混凝土的弯拉强度标准值（MPa）。计算得到旧水泥混凝土弯拉弹性模量标准值为30 GPa。

2.2.4 旧混凝土路面基层顶面的当量回弹模量标准值

旧混凝土面层下的基层顶面当量回弹模量标准值是加铺层设计的重要参数之一，难以直接检测，混凝土路表弯沉是路面结构刚度特性的综合反映，因此，应用FWD实测路面弯沉，按弹性地基理论可反算基层顶面模量。

本项目采用落锤式弯沉仪检测，标准荷载100 kN。左右幅每个行车道每50 m检测1点弯沉，实际检测南行543点，北行499点，共计1 042点。根据路面检测结果，路面基层顶面当量回弹模量分段（1 km/段）均值最小值大于200 MPa。回弹模量较小的路段，其弯沉代表值也相对较大。

2.3 根据检测结果确定加铺方案

目前常用的旧水泥路面结构改建方案主要有以下3类：

1) 方案1：利用旧水泥混凝土面板，加铺沥青混合料面层。

在旧混凝土路面上铺设的加铺层，充分利用旧路面剩余强度，可在较长时间内恢复或提高路面使用性能，是一项有效技术措施。此方案施工速度快、经济，但此种加铺方案仅适用于老路路

面损坏状况及接缝传荷能力评价等级为优良或中等情况。

2) 方案2：对旧水泥板块进行碎石化或打裂压稳处理，再加铺结构层。

采用此种方案，碎石化或打裂压稳后的旧水泥板块可作为基层或底基层，施工技术成熟，板底脱空问题可一次性解决，工程质量能得到保证。但该方案碎化工程量较大，同时须保证碎石化质量，碎石化过程须尽量减轻对原路面结构的损坏；碎石化过程须注意路面排水，否则雨水进入路面结构后将影响原路基的稳定性；另外，采用冲击压实处治技术，还须考虑施工噪声对周围环境的影响。适用于老路路面路面损坏状况及接缝传荷能力评价等级为中或次等情况。

3) 方案3：旧水泥板块结构翻除后，重新铺装路面结构。

将老路路面面板结构全部翻除后，按新建路面基层和沥青面层结构实施，完全避免了反射裂缝的问题，但缺点是原有水泥板块资源得不到利用、废弃工程量大、造成浪费，且工程造价高。适用于老路路面损坏状况及接缝传荷能力评价等级为差等情况。

根据检测结果，本项目路面损坏状况及接缝传荷能力评价等级均为优良，考虑尽量减少对居民通行及周围环境的影响、经济合理等多方面因素，采用在原水泥混凝土路面上进行沥青混凝土罩面处理。

2.4 沥青混凝土加铺层结构设计^[3]

2.4.1 旧混凝土路面处理

沥青加铺层直接铺筑在旧水泥路面上，旧水泥路面已经或正在发生的病害将直接反映在加铺层上，因此，消除水泥路面已发生的病害及将来可能导致病害的因素十分关键。

1) 裂缝、接缝、破碎及断裂板处理。

结合旧水泥路面调查及检测结果，对破碎板进行整体更换；对缺边、断角板块进行切割处理，非贯通性断裂采用灌沥青砂或环氧树脂胶结；清除路面缩缝、胀缝、纵缝等接缝中的杂物，重新灌良好的填缝料。

2) 脱空板处治。

根据检测成果之《板底脱空检测结果》判定脱空的位置, 进行压浆补强处理。在旧混凝土板脱空点处采用小型施工机具钻孔, 钻孔后用压缩空气将孔中的混凝土碎屑、杂物清除干净, 采用压力灌浆机或压力泵灌注, 灌浆材料为水泥浆液, 使板底基层松散处得以填充密实、基层与面板脱空处能够联结密实。灌浆完成后, 采用M10水泥砂浆进行封孔, 灌浆压力1.5~2.0 MPa。

3) 补设传力杆恢复接缝传荷能力。

改善和保持接缝的传荷能力可以有效提高路面板的使用寿命, 鉴于传力杆对保持和提高接缝传荷能力有优异的功能, 本项目对传荷能力不足的横向缩缝处增补传力杆, 用FWD重新测试接缝传荷能力, 已达到80%以上。

经上述处理, 综合处治后的旧混凝土路面应满足接缝或裂缝处的板边弯沉 < 0.2 mm, 弯沉差 < 0.06 mm (在正常的基础支承状态下, 弯沉差为0.06 mm时所对应的传荷系数为75%), 错台 < 5 mm, 方可进行沥青混凝土面层加铺。

2.4.2 沥青混凝土加铺层结构设计

湛江人民大道是采用普通混凝土面层的城市主干道, 板长5 m, 纵缝为设拉杆平缝, 横缝采用未设传力杆假缝。人民大道始建于1984年, 1997年经过改建, 改建后水泥混凝土路面已使用12 a, 理论剩余设计寿命为18 a, 沥青路面设计使用寿命为15 a, 剩余设计基准期内设计车道标准荷载累计作用次数按照剩余设计寿命15 a计算, 剩余设计基准期内设计车道标准荷载累计作用次数为 $N_e = 588\ 691$ 次。

根据旧混凝土路面检测结果, 取弯拉强度标准值 $f_r = 4.0$ MPa, 路面厚度 $h = 26$ cm, 弯拉弹性模量标准值30 GPa, 基层顶面的当量回弹模量标准值200 MPa。初拟沥青混凝土加铺厚度为9 cm,

4 cmAC-13C细粒式SBS改性沥青混凝土+5 cmAC-20C中粒式SBS改性沥青混凝土。根据以往道路改造经验, 为保证路面工程质量, 减缓反射裂缝, 在沥青加铺层结构设计中, 加铺玻纤格栅。

本项目设计轴载 $P_s = 100$ kN, 最重轴载 $P_m = 200$ kN。结构极限状态校核: 计算设计轴载和极限轴载在旧水泥混凝土板临界荷位的荷载疲劳应力及温度疲劳应力, 考虑可靠度系数后旧混凝土面层综合疲劳应力为3.27 MPa (小于旧面层混凝土弯拉强度), 旧混凝土面层最大综合应力为3.95 MPa (小于旧面层混凝土弯拉强度)。

因而, 所选沥青加铺层厚度(9 cm), 使得旧混凝土面层不仅可以承受设计基准期内荷载应力和温度应力的综合疲劳作用, 也可以承受最终轴载在最大温度梯度时的一次作用。

3 结语

1) 水泥混凝土路面沥青加铺设计关键点是正确合理地对旧水泥路面进行状况评价, 选择合理的路面加铺改建方案。

2) 根据分项评价结论, 针对性地对旧水泥路面进行相应的病害处理。

3) 在各种基础资料调查的基础上, 根据旧水泥路面上加铺沥青路面结构设计的原则, 得出经济可行的沥青加铺结构。

参考文献:

- [1] CJJ 36—2006 城镇道路养护技术规范[S].
- [2] 单景松, 郭忠印. 旧水泥路面沥青加铺改造中弯沉指标研究[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2011, 39(4): 540-545.
- [3] 郑桂兰, 马庆雷, 潘秀华. 旧水泥混凝土路面沥青加铺层结构设计方法研究[J]. 山东大学学报: 工学版, 2007, 37(4): 93-97.

(本文编辑 武亚庆)