

水泥砼路面典型损坏形成机理及检测评价研究^{*}牛晓霞^{1,2}, 展宏图^{1,2}, 许新权^{1,2}

(1.公路交通安全与应急保障技术及装备交通运输行业研发中心, 广东 广州 510420;

2.广东华路交通科技有限公司, 广东 广州 510420)

摘要: 针对水泥砼路面损坏类型多、形成机理复杂和评价指标少的现状,通过文献调研,结合水泥砼路面损坏检测评价经验,归纳和总结了水泥砼路面典型损坏形式,分析了其形成机理,探讨了现行水泥砼路面检测评价体系存在的问题和不足;提出了多个反映水泥砼路面实际养护需求状况的评价指标,并针对水泥砼路面破损检测方法的缺失,提出了水泥砼路面破损检测方法。

关键词: 公路;水泥砼路面;路面损坏;路面检测;形成机理;评价指标

中图分类号:U416.216

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)01-0098-03

中国目前常用的路面结构类型主要包括沥青路面和水泥砼路面。水泥砼路面主要指以水泥砼作面层(配筋或不配筋)的路面。按照是否配筋,可分为普通砼路面、钢筋砼路面、连续配筋砼路面和钢纤维砼路面等;根据基层形式的不同,可分为半刚性基层水泥砼路面和刚性基层水泥砼路面。高速公路常采用半刚性基层水泥砼路面。按照设计规范要求,高速公路水泥砼路面的使用年限为 30 年。但纵观国内的高速公路,水泥砼路面经常是在使用初期便出现不同程度的病害,如裂缝、断板等结构性破坏。为防止或减少路面损坏,需调查病害产生的具体原因

即路面损坏形成机理,指导水泥路面养护和处治。

1 水泥砼路面损坏形式及机理分析

对广东省 4 条高速公路水泥砼路面病害进行钻芯、开挖、室内试验等,同时参考部分文献资料,分析水泥砼路面主要损坏形式及形成机理。

1.1 水泥砼路面常见损坏形式

广东省 4 条高速公路水泥砼路面破损情况调查结果见表 1。从中可见,水泥砼路面常见病害有纵向裂缝、交叉断裂破碎、角隅断裂、错台和沉降(见图 1),崩边、填缝料损坏、胀起等病害较少。

表 1 广东省高速公路水泥砼路面常见病害形式

| 高速公路 路编号 | 长度/ km | 通车 年份 | 调查 年份 | 设计板 厚/cm | 各类病害数量/块 | | | | |
|-------------|-----------|----------|----------|-------------|----------|-----|-------|-----|----|
| | | | | | 裂缝板 | 破碎板 | 角隅断裂板 | 错台 | 沉降 |
| 高速 1 | 32.19 | 1993 | 2006 | 25 | 894 | 540 | 142 | 55 | 68 |
| 高速 2 | 33.80 | 1996 | 2009 | 26 | 1 206 | 693 | 126 | 117 | 92 |
| 高速 3 | 9.40 | 2002 | 2014 | 26 | 943 | 255 | 94 | 66 | 26 |
| 高速 4 | 33.07 | 2001 | 2008 | 26 | 835 | 316 | 101 | 31 | 12 |



(a) 典型裂缝板



(b) 典型破碎板



(c) 角隅断裂及错台板



(d) 脱空、唧浆

图 1 广东省高速公路水泥砼路面常见病害

* 基金项目: 广东省交通运输厅科技项目(科技-2014-03-002)

1.2 水泥砼路面损坏机理

(1) 重载和超载车的作用。路面设计的一个重要依据是标准轴载的疲劳作用次数,但中国目前公路车辆中有很大大一部分车辆的实际荷载超出了公路设计标准,车辆超载严重,而轴载对路面的损坏影响随轴载级别的提高呈指数速率递增。因此,超载必将造成路面断裂破坏,尤其是对存在脱空现象的水泥砼面板,超载后直接导致唧泥、角隅断裂及严重的断板。

(2) 早期水泥路面设计标准偏低。对广东省内4条高速公路水泥砼路面病害位置进行钻芯,发现早期设计的水泥砼路面面层厚度一般为24~26 cm,个别的仅20 cm,路面结构层总厚一般在63 cm左右,同时部分道路横向缩缝位置没有设置传力杆,在当前重车及超载车多的情况下,厚度显然偏薄,难以担当“重任”。设计标准相对偏低,在行车荷载和其他因素的作用下易使面板产生开裂。

(3) 水的影响。早期铺筑的水泥砼路面排水系统设置极不完善,基层顶面几乎没有任何防、排水措施,且随着通车年限的增长,填缝料脱落严重,路面板上裂缝越来越多,若养护不及时,雨水容易沿接缝和裂缝下渗到基层,滞留在基层与面层之间,层间水在连续高速行车荷载作用下会产生压力很大的冲刷作用,导致基层材料软化冲刷,引起接缝或裂缝处唧泥和板底脱空,并进一步导致路面板开裂和板角断裂等病害。还有部分高速行车道和路肩的路面结构不一致,在路肩位置未设置排水层和盲沟,雨水进入行车道路面结构内部后无法排出,致使水泥砼面板处于“水槽”之中,在重载车的作用下易发生脱空及面板断裂。

(4) 施工质量的影响。底基层和基层是保证水泥面板具有均匀稳定的支承,防止出现错台和唧泥,延长水泥路面使用寿命的重要层位。从几条高速公路水泥砼路面的现场观测和取芯结果来看,部分路基施工质量不佳,通车后路基出现不均匀沉降,基层强度过低的位置易出现松散,基层强度过高的位置收缩性过大,导致基层出现开裂;基层和底基层厚度变异性也较大,部分位置受唧泥和脱空的影响,基层端部松散,底基层取不出完整芯样,说明底基层状况不佳,未能有效起到半刚性底基层的作用。

1.3 新换水泥砼板损坏原因分析

调查发现部分新更换的水泥砼板块在施工完成不久又出现裂缝,甚至很快发展成破碎板,比周围的

旧板其破坏速度更快。分析其原因,主要有:

(1) 施工环境的影响。换板施工时只封闭了一条车道,另一侧车道依旧通车,由于原路面设计有拉杆,在新浇筑砼没有初凝前,另一侧车道行驶的车辆通过拉杆会不停地对新板造成扰动,导致新板稳定性下降,砼板块凝固后底面出现不同程度的脱空。脱空的存在,是板块产生裂缝和破碎的根源。

(2) 排水不畅的影响。更换之前,新旧砼面板要么破碎,要么重裂,基层顶面也会有不同程度的松散(现场钻芯可以看出),在不更换基层的情况下,新换的板块厚度会比原来的板块稍大,若新板周围没有设置纵向或横向盲沟,一旦填缝材料老化缺失,就会有水从缝隙中渗入基层,使新板处在“水槽”中,从而加速新板的损坏。

(3) 混合料拌和和运输的影响。由于修补时所用砼数量不多,考虑到施工成本,一般不会采用现场大型设备拌和。若采用小型设备拌和,则拌和质量不佳,从而影响新铺砼的质量;若采用商品砼,则要远距离运输,虽然运输过程中可以采用砼搅拌车不停搅拌,但也避免不了砼产生离析,也会对新板质量产生不利影响。

2 水泥路面评价标准研究

2.1 评价标准的差异性分析

目前,现行国内评价公路水泥砼路面损坏的规范及标准有JTJ 073.1—2001《公路水泥路面养护技术规范》(简称《技术规范》)和JTG H20—2007《公路技术状况评定标准》(简称《评定标准》),其对水泥砼路面破损检测的内容及评定指标有所差异,主要反映在对水泥砼路面的破损分类方面。

(1) 《评定标准》中关于水泥路面破损的定义与分类有较大变动。《技术规范》中的部分水泥砼路面病害(如起皮、纹裂、网裂及磨损等)随着水泥路面修筑技术水平的提高及养护的及时有效将基本不再出现,故《评定标准》中将这类病害删除,更符合水泥路面的实际损坏状况。

(2) 《评定标准》中更加明确和细化了破损的定义,加强了对路面典型破损的养护要求,同时部分考虑了路面修补的影响。《评定标准》对路面破损病害界限作出了改进,将部分病害界限具体化,并有抽象描述,有助于检测人员进行病害统计时有更直观的认识;明确将“修补”病害计入水泥砼路面病害中,并乘以0.2 m的影响系数将其换算为面积,将其权

重系数定为0.1。

2.2 评价标准在使用中存在的问题

在评价水泥砼路面使用情况时,目前使用最多的标准是《评定标准》,但使用中发现该标准对水泥砼路面损坏的描述存在以下问题:

(1) 对破损板的定义不明确,难以应用于实际。如一块 20 m^2 的砼面板破碎成3块,其中2块的面积均较小时,将整块面板定义为破碎板不合适。

(2) 对裂缝宽度“中”和“重”程度的分界点为 10 mm ,标准偏粗。由于养护技术的发展和养护时机及时恰当,如今的水泥砼路面上基本上很少看到 10 mm 宽的裂缝,特别是高速公路,其路面裂缝宽度基本在 6 mm 以下。

(3) 未明确重复病害如何统计,有重复计算病害的可能。如一块面积为 18.75 m^2 的面板为破碎板,同时还有 2 m 长的边角剥落及 3.75 m 长的错台,依据《评定标准》,该板的损坏面积为 24.5 m^2 ,则破损率为 131% ,显然这与实际情况不符。建议同一板块出现不同病害时按照病害严重的类型进行统计,以真实反映路面状况。

3 水泥路面损坏评价指标研究

目前中国对旧水泥砼路面损坏状况主要采用PCI指标(少数采用断板率和平均错台量)进行评定,而PCI的计算是根据多种类型的破损,经过不同换算系数折合为破损面积,然后计算该调查路段的综合破损率DR得到的。

从PCI值只能知道路面破损的整体状况,而无法反映各种类型破损所占比例及严重程度,也不能初步判断路面破损的主要原因,当然也就更谈不上为路面养护管理提供技术指导。采用断板率也不能详实地反映路面的主要病害;平均错台量由于实际可操作性差,实际应用中很少采用该指标进行评定。

不同类型的路面具有其自身特点,如沥青砼路面是一种柔性路面,其表面平整、行车舒适,出现病害后维修也方便,但在低温下容易开裂,高温下易软化;水泥砼路面是一种刚性路面,需设置胀缝和缩缝,行车舒适性相对较差。不同结构类型的路面,其平整度、抗滑性能等指标有一定差异,但在《评定标准》中各项指标的计算方法及最终等级评定标准是相同的,很难客观、科学地准确判断不同类型路面的各项性能。

针对上述情况,结合多年来的检测经验,针对水

泥砼路面提出路面断板率、接缝料损坏率、坏板率、裂缝度及裂缝率等评价指标。其中:断板率为完全折断成2块或2块以上的水泥面板总块数与所测路段的水泥面板总块数之比;接缝料损坏率为水泥路面纵、横向伸缩缝接缝料损坏长度总和与所测路段内纵、横向伸缩缝长度总和之比;坏板率为各种类型破损的路面板块数之和与调查路段板块总数之比;裂缝度为水泥砼路面板纵、横向裂缝总长度与所测路段总面积之比;裂缝率为水泥砼路面板角裂缝及完全碎裂的总面积与检测路段总面积之比。

4 水泥砼路面检测方法研究

针对水泥砼路面的破损检测,现行行业规范没有一个统一、规范的测试方法。为规范水泥砼路面破损检测行为,结合多年检测经验,通过试验验证,提出人工检测法和图像视频检测法两种水泥路面破损检测方法。

4.1 人工检测法

2个检测人员组成一个检测组,沿路肩徒步调查,量测或收集检测路段的路面长度及宽度,沿路面仔细观察、量测并在损坏记录表格上填写路面损坏的桩号、位置、类型及尺寸等信息。根据周围交通状况可目测或采用量尺量测各类损坏:对于裂缝、错台、边角剥落、接缝料损坏、唧泥及裂缝修补等损坏,主要量测其长度,调查结果精确至 0.01 m ;对于破碎板、板角断裂、拱起、坑洞、露骨及其修补等损坏,主要量测其面积,按照涉及的板块、板角或包络面积进行计算,调查结果精确至 0.000 1 m^2 。必要时在损坏位置用粉笔或油漆做标记、拍摄照片或录像,并记录相应的桩号和照片编号。

4.2 图像视频检测法

图像视频检测法主要用于检测路面裂缝类损坏。检测步骤如下:1) 将检测车辆就位于测定区间起点前一定距离,以保证到达测试区域时能达到测试要求的稳定车速,启动检测设备并将其调整至工作状态。2) 设定检测系统参数,输入线路名称、起点桩号、检测车道等信息。3) 根据交通量、路面状况等实际情况确定检测速度。4) 分车道检测,尽量保持检测车中心线与车道中心线重合,测试系统自动记录被测车道的路面损坏状况。5) 检测结束后及时保存数据。6) 根据检测数据,以自动或人机交互的方式进行图像识别。

(下转第113页)

表 7 不同配合比混合料在不同养生方式下的强度

| 配合比 编号 | 28 d 强度/MPa | | | 强度比/% | | |
|-----------|-------------|------|------|-------|-------|-------|
| | H | I | J | H | I | J |
| A | 3.16 | 2.42 | 1.63 | 100 | 76.60 | 51.60 |
| B | 3.23 | 2.66 | 1.63 | 100 | 82.40 | 50.50 |
| C | 3.89 | 3.67 | 2.39 | 100 | 94.30 | 61.40 |
| D' | — | 1.88 | 1.50 | — | — | — |

从表 7 可见:1) 在 H、I、J 3 种养生方式下,随着浸水时间的延长,A、B、C 3 种混合料的强度都逐渐降低,说明 3 种混合料的水稳定性随着浸水时间的延长逐渐降低。在 I 养生方式下,3 种混合料水稳定性优劣为 C>B>A;在 J 养生方式下,依然是 C 的水稳定性最强,A 与 B 相当。说明掺入碎石的二灰混合料的水稳定性会有大幅度提升。2) 在 I 和 J 2 种养生方式下,A 与 B 2 种磷石膏一二灰混合料的强度大于二灰混合料 D',A 与 B 中参加了磷石膏,而 D'中没有,说明磷石膏的加入有利于改善混合料的水稳定性。

4 结论

(1) 在二灰中掺入大量磷石膏取代部分粉煤灰可提高其强度、抗压回弹模量、抗冲刷性和水稳定性,但磷石膏与粉煤灰的比例超过 1:3~1:1 反而会影响上述性质。

(2) 与磷石膏一二灰混合料相比,磷石膏一二灰碎石混合料的抗冲刷性能较低,但其强度、抗压回弹模量和水稳定性有大幅提高,适合在实际工程中推广应用。

(3) 在二灰道路底基层中掺入大量磷石膏取代部分粉煤灰,有利于磷石膏这种废料的消耗,提高经济和社会效益。

参考文献:

[1] 陶松.工业废渣磷石膏用作道路填料的性能研究[D].武汉:武汉工业学院,2012.

[2] 陶松,苏亚兰,李杰,等.稳定剂对磷石膏作为道路填料性能的影响[J].交通科技,2012(3).

[3] H Motz,J Geiseler.Products of steel slags an opportunity to save natural resources[J].Waste Manement,2001,21(2).

[4] 丁建文,石名磊,刘维正.道路底基层中磷石膏一石灰二灰土再生试验研究与应用[J].东南大学学报:自然科学版,2009,39(1).

[5] 瓦浩.磷渣(磷石膏)路面基层材料的应用研究[D].重庆:重庆交通大学,2008.

[6] 王崇涛,郑木莲,王选仓.半刚性基层不同龄期弯沉检验标准[J].长安大学学报:自然科学版,2008,28(6).

[7] 沈卫国,周明凯,余崇峻,等.磷石膏改性二灰路面基层材料的性能研究[J].武汉理工大学学报,2003,25(10).

[8] 沈卫国,周明凯,赵青林,等.粉煤灰磷石膏高早强路面基层材料的研究[J].粉煤灰综合利用,2001(2).

[9] Manjit Singh.Treating waste phosphogypsum for cement and plaster manufacture[J].Cement and Concrete Research,2002,32(7).

[10] 徐雪源.磷石膏及其混合料的工程特性研究[D].南京:河海大学,2005.

收稿日期:2016-06-06

(上接第 100 页)

4.3 数据处理

根据评定路段路面破损状况检测结果,计算其路面损坏长度或面积,根据需要可计算破损率、断板率等指标。

5 结语

该文对水泥砼路面的典型破损类型及形成机理进行了总结和分析,针对现行水泥砼路面损坏评价标准中存在的不足提出了指导性意见和建议,并补充提出了接缝料损坏率、坏板率、裂缝度和裂缝率等评定指标,用来指导水泥砼路面的日常养护和处治。另外,提出了水泥砼路面的破损检测方法,用于指导

水泥砼路面的日常或专项破损检测。

参考文献:

[1] 彭晓飞,杨立华.水泥混凝土路面破碎板病害成因、维修及早期预防[J].黑龙江交通科技,2004(8).

[2] 丁武洋,周爱成.新版《公路技术状况评定标准》应用探讨[J].现代交通技术,2009(4).

[3] JTJ 073.1-2001,公路水泥路面养护技术规范[S].

[4] JTG H20-2007,公路技术状况评定标准[S].

[5] 朱胜雪.公路交通安全养护评价指标及方法研究[J].公路,2013(9).

[6] 曹剑波,周海军,杨春放.旧水泥砼路面性能综合评价指标体系研究[J].公路与汽运,2007(5).

收稿日期:2016-08-17