

文章编号: 0451—0712(2007)01—0179—09

中图分类号: U418. 8

文献标识码: A

冲击压实破碎旧水泥混凝土路面 施工技术试验研究

胡昌斌, 孙晓亮

(福州大学土木工程学院 福州市 350002)

摘 要: 对 316 国道福州段冲击压实处理旧水泥混凝土路面板施工试验段进行了现场监测, 监测内容包括路面沉降观测、裂缝发展观测、弯沉观测、回弹模量检测, 取芯检测, 落锤弯沉仪(FWD)路面评价等, 结合监测数据, 探讨了冲击压实时路基路面性状变化规律, 探讨了路面性状变化与施工工艺之间的关系, 以及路面破碎程度对路面加铺设计的影响等, 并依据研究结论提出了推荐施工控制指标和评价方法, 为冲击压实处理旧水泥混凝土路面技术的应用提供了技术参考。

关键词: 冲击压实; 施工; 控制标准; 水泥混凝土路面

近几年来, 采用冲击压实技术改建旧水泥混凝土路面, 进行水泥混凝土路面快速修复, 以其良好的实用性, 引起了公路养护部门的注意。该项技术采用冲击压实机冲击压实旧水泥混凝土板, 不仅可以快速破碎并压实稳固旧水泥混凝土路面板, 有效减少和缓解反射裂缝, 而且能够形成嵌锁稳固的新路面底基层, 提高路面改造质量。

将冲击压实技术用于旧水泥混凝土路面处理, 主要是利用其冲击能量和作用深度大的特点, 在把旧水泥混凝土板快速打裂的同时, 将破裂板块稳固到旧基层或土基上。旧水泥混凝土板冲压后可保持破裂板块间的嵌锁作用, 并彻底消除脱空板的竖向位移, 有效发挥旧板的残余承载能力, 且对旧板底的基层及土基起到补压作用, 为加铺层提供均匀稳定的支承体系。

但也应该看到, 作为一项新兴技术, 冲击压实技术在我国的应用也才刚刚起步, 目前我国还没有相关施工规范和相应明确的冲击压实技术的施工质量控制标准, 很多方面还仅仅拘泥于施工经验, 效果和合理性也急需验证。

针对以上问题, 本文结合对 316 国道福州段冲击压实处理旧水泥混凝土板施工试验段的现场监测, 现场监测内容包括路面沉降观测、裂缝发展观测、弯沉观测、回弹模量检测, 取芯检测、土动压力影

响测试、环境振动影响测试、落锤弯沉仪(FWD)路面评价等, 对冲击压实改建旧水泥混凝土路面的机理进行了深入分析, 探讨了路面性状变化与施工工艺之间的关系, 以及路面破碎程度对路面加铺设计的影响等, 并依据监测结果探讨了冲击压路机改建旧水泥混凝土路面的性状变化, 提出了推荐施工控制指标和评价方法, 以期冲击压实处理旧水泥混凝土路面技术的应用提供技术参考。

1 试验路路段、冲击压路机及施工工序

试验路段设置在 316 国道福州段 K35+000~K35+450 处, 在试验施工之前, 分别对路段路面的使用状况进行了调查评价。具体包括: 路面破损状况(断板率); 结构承载能力(弯沉); 行驶质量(平整度); 交通状况(车辆组成和轴载); 路面修建和养护历史等。

现场测试数据表明, 该试验路段平整度标准差超过养护标准 $\sigma > 3.5$ 的路段不足 8%, 即该试验段路面平整度相对良好。路面断板率为 41.25%, 大于 20%, 破损状况等级评定为差, 按照相关规范应采取全路段修复或改善措施。

试验路段采用美国 IMPACTOR2000 冲击压实机进行旧水泥混凝土路面维修处理, 该机冲击轮高度 1.6 m, 宽度 1.316 m, 机械总长 5.842 m, 总宽

表 1 试验段路面破损百米断板率评价

路段	K35+000~K35+100	K35+100~K35+200	K35+200~K35+300	K35+300~K35+400	K35+400~K35+500	平均值
断板率/%	24.50	25.75	36.00	72.50	61.25	41.25

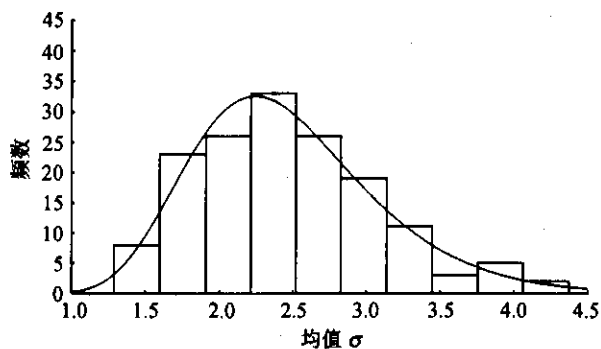
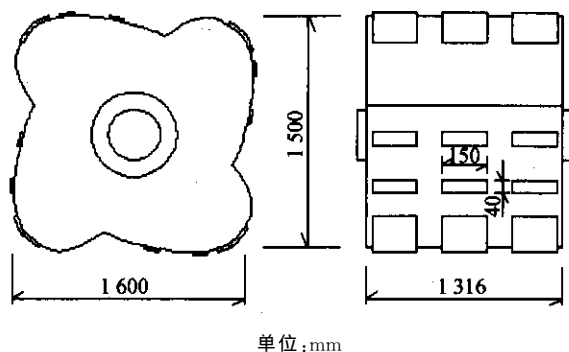


图 1 试验路段平整度统计分布



单位: mm

图 2 Impactor 2000 冲击压路机冲击轮几何尺寸

2.565 m, 机械总重 12.7 t, 冲击轮重 8.6 t; 最高冲击次数 2 遍/s; 行走速度 11~13 km/h, 其中低速用于破坏, 高速用于压实; 压实功率 30 kJ。冲击压路机冲击轮几何尺寸如图 2。

试验路冲击压实施工时, 冲击压实机先从路面两侧边部开始击实, 连续击实破碎, 然后错轮, 进行横向相邻路面的冲击压实, 逐渐覆盖路面中部。

2 冲击压实施工试验监测与性状分析

2.1 冲击压实过程中路面沉降监测

为监测冲击压实施工过程中路面沉降随冲压遍数的变化规律, 本研究在试验路段左右幅每隔 25 m 设置 1 个沉降观测点, 共计 34 个。检测点布置如图 3 所示, 并明确区分路基填挖方的不同, 以观察因填挖方不同引起的路基支承条件对路面沉降和破碎尺度的影响, 挖方为石质路基, 试验时进行冲击破碎压实前后沉降观测, 得到了旧水泥混凝土路面前后标高的变化情况, 具体得到的沉降曲线与碾压遍数关系曲线如图 4。

监测结果发现, 不同的路基支承条件, 路面沉降随碾压遍数的增加呈现出具有明显各自特点的变化

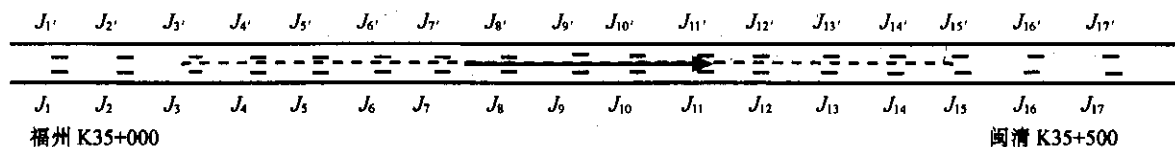


图 3 沉降观测点分布

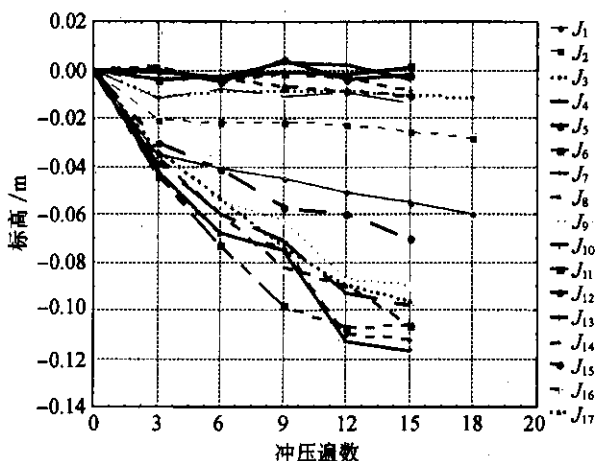
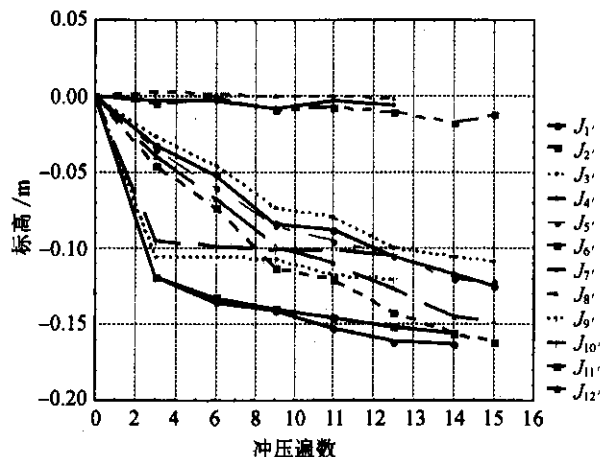


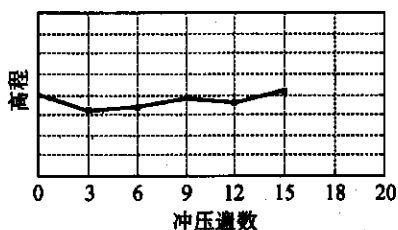
图 4 沿线观测点沉降变化曲线

规律,随着击实遍数的增加,填挖方路段各测点沉降变化规律各不相同,总的来看,冲压15遍后,全线平均下沉6.2 cm,最大下沉14.2 cm,最小下沉0.2 cm。冲压20遍后,最大下沉可达16.3 cm。根据沉降曲线的变化特征,可将之分为3种类型:缓变反弹型;陡降型;线性沉降型。

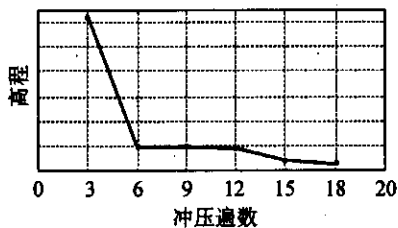
第一种特征的曲线对应的测点大部分位于挖方路段,由于路基层为石质路基,压实性状良好,在反复冲压过程中很难产生大的沉降,又由于压实机械冲击路面产生的应力波往返反射,反而使已被碾碎的路面层松动,由此导致少许反弹。

第二种特征的曲线对应的测点大部分位于填方路段,原路堤欠压实或存在病害。在冲压前几遍时,由于水泥混凝土路面的完整性还比较好,起到应力扩散作用,使初期沉降不大,但随着水泥混凝土路面板被打裂,扩散作用减弱,从而使沉降骤增,产生突变陡降。随着冲压遍数的进一步增加,沉降变化趋于缓和。

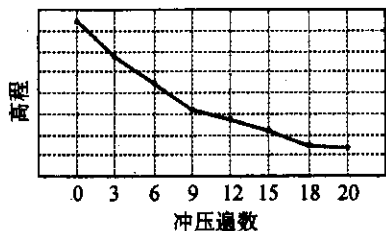
第三种特征的曲线对应的测点大部分位于原来路堤压实正常的路段,介于前两种情况之间,随着击实遍数的增加,路堤密实度逐渐增加,沉降与冲压遍数近似线性关系。



(a) 缓变反弹型 (挖方段)



(b) 陡降型 (欠压实填土路堤)



(c) 线性沉降型 (正常填土路堤)

图5 沿线观测点沉降变化曲线

以上特征亦说明沉降变化规律与路基原有压实状况有着密切关系,冲击压实对路基原有压实状况具有检验性的作用。

目前在冲击压实施工控制中,施工单位往往以零沉降作为质量控制标准,实际上对于破碎后作为垫层的欠压实填土路基,无论通过水泥混凝土板传递到路基顶面的击实功比重型击实功大或小,都应该以零沉降为控制标准。冲击压实作用于土的作用机理不同于振动压实,作用模式与重型击实作用模式相似,以往试验研究表明冲击压实功往往大于重型击实功,在这样的条件下,采用冲击压实破碎压实路面,会进一步补充压实路基,检验欠压实的路基,改善路面质量。

然而对于破碎后作为垫层的石质挖方路基,沉降变化规律往往呈缓变反弹型,冲击3遍以后路基就基本不再沉降,再锤击往往将原已压实的块状体敲松动,本文建议,此时应该以消除反射裂缝的破碎块径尺度作为击实遍数控制标准。

从路面的病害特征来看,可分为结构性病害和非结构性病害两种,对于结构性病害路段应以沉降为零为控制标准;而对于非结构性病害路段,本文建议在控制沉降的同时,应考虑保留一定的压实破碎尺度,以保证破碎路面留有一定的结构强度,延长新建道路使用寿命。

2.2 冲击压实过程中路面破碎监测与分析

裂缝的发展是衡量冲击压实效果的重要指标之一。旧水泥混凝土面板经过冲击压路机钢轮冲压后,裂缝是否贯穿板身,裂缝的宽度,裂缝是否张开、板块间是否保持嵌锁作用等因素,将直接影响所处理旧板的承载能力。因此,本试验重点观测了路面裂缝随碾压遍数的发展关系。

2.2.1 路面板裂缝与碾压遍数的关系

由试验检测观察可以看到,在挖方路段,冲压第1~3遍时几乎不出现裂缝或仅出现微小裂缝。冲压6遍后,均出现能被肉眼看见的间距40~80 cm的纵向裂缝,且每块板有1~2条贯穿板长。随着冲压遍数的增加,逐渐出现横向和斜向裂缝,进而形成网状裂缝。当冲压至18遍时,原板块间仍未出现明显错台,说明石质挖方路段基础支撑性状良好。

对于填方路段板块,冲压第1~3遍后就出现明显裂缝,且有个别大的纵向裂缝贯穿板块。冲压6遍后,纵向贯穿裂缝增至3~4条,且有横向斜向裂缝发展。随着冲压遍数的增加,裂缝进一步发展,逐渐

形成网状,网块尺寸为 40~70 cm。

原板块间有错台,说明道路基础薄弱或欠压实,因而冲压后表现出明显的纵向及横向裂缝,并较早形成网状破裂。当冲压至 18 遍后,原错台加剧,并出现严重破裂,局部压碎。网块尺寸减小到 30~60 cm。

经现场分析,首先出现纵缝与冲击压路机的施工工艺密切相关,一般破碎施工时,司机往往从路边开始首先沿一条线累积击打多次,这种工艺出于两个目的:(1)压密两侧路基土,形成工作土墙;(2)累积击打破碎水泥混凝土板的效率高,也即先集中破碎一处,减小面板尺寸,各个击破,但这样的施工方式在高挡墙处易发生事故。

综合现场观测分析发现,面板破裂过程经历 3 个阶段。

(1) 纹裂阶段。

此阶段一般出现在冲压 1~3 遍后,对于填方路段 1 遍,而挖方路段需要 2~3 遍甚至 4 遍,旧板表面看只出现尚未张开的微弱裂纹,或在局部仅有一条细小的裂缝。

(2) 破裂阶段。

此阶段一般出现在冲压 4~12 遍后,对于填方路段 4~6 遍,而挖方路段需要 4~10 遍直至 12 遍,旧板出现纵横交错的张开型裂缝,宽度一般不超过 2 mm,裂缝贯穿旧板厚,破裂板间处于相互嵌锁状态,破裂板块尺度一般为 40~70 cm。

(3) 破碎阶段。

此阶段一般在冲压 9~15 遍后出现,对于填方路段 7~10 遍,而挖方路段需要 10~15 遍直至 18 遍或更多,旧板破裂网形成,尺寸在 30~60 cm,局部被打碎,并嵌入旧土基或基层形成土石混合物。

以上仅限于描述填方和一般控方路段的破碎情况,对于石质挖方路段,往往不存在破碎阶段。

2.2.2 裂缝在板内的分布情况

为了解板内裂缝的发展与分布情况,本研究采用了取芯和开挖路面横断面的方法,进行细致调查。裂缝的竖向发展对探讨冲击压实破碎机理和破碎后路面板板块的构架意义重大。试验路段按预先拟定的控制标准完成冲击压实后,在具有代表性的点位进行取芯。取芯点基本分为 4 类:(1)表面相对完好,无裂缝发展的路面;(2)有微裂缝存在的挖方段路面;(3)有明显裂缝存在的填方段路面;(4)表面有裂缝交叉的路面。

通过对不同代表点取芯芯样观察分析可以发

现:(1)在某些表面相对完好无裂缝发展的路面板下依然有破碎迹象,说明某些裂缝是由下往上发展的;(2)有微裂缝存在的挖方段路面板,虽然表面裂缝并不明显,但裂缝已经基本贯穿水泥混凝土路面板,只是并没有发生明显错动,如图 6;(3)有明显裂缝存在的填方段路面板,裂缝基本贯穿,发展到纵深时,也有斜向或横向发展;(4)表面有裂缝交叉段路面板裂缝并不一定贯穿整个板厚,裂缝发展曲折复杂、纵横交错,这说明路面板表面破碎,并不代表下面也已经彻底失去结构性,咬合能力完全丧失,随之旧板的整体性也完全丧失。

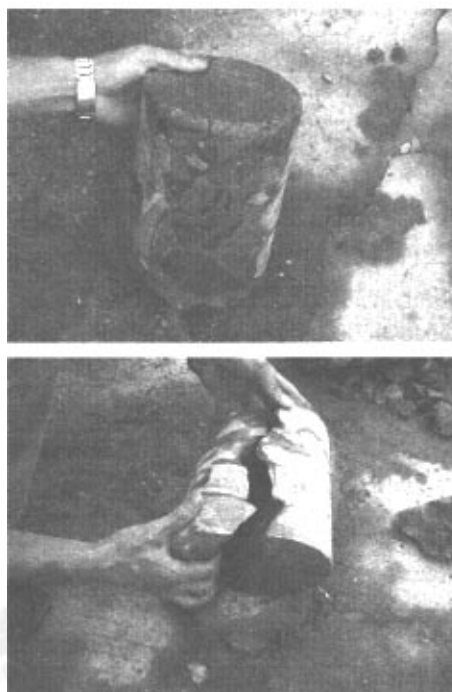


图 6 有微裂缝存在的挖方段路面取芯

由图 7 可以看到,在填方路段,冲压所形成的裂缝一般都不是竖直向,而是与竖直方向成一定的角度,产生斜向裂缝,或形成相互交错的裂缝。这种斜向裂缝形成一种锯齿状的水泥混凝土块之间的接触面,有利于消除水泥混凝土板块竖向位移,而板块之间形成的嵌锁或咬合作用则对发挥旧板的残余承载能力有利。以往国内在水泥混凝土路面破损情况严重时一般采用柴油动力小型单锤门架式破碎机进行破碎和移除。必须移除的原因是这种方式破碎后形成的是厚度等于水泥板的大粒径碎块,一般大于 30 cm,这样的碎块因其非均匀性且难压稳,很难作为加铺后路面结构的一个结构层。

2.2.3 裂缝分布特征及评价方法

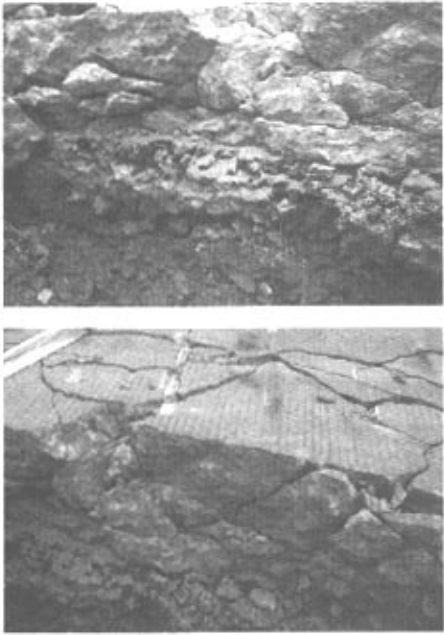


图 7 填方路段冲压后路面裂缝分布

当前评价冲击压实破碎旧水泥混凝土路面的程度标准主要以破碎后板块的直径为准,由于板块在被破碎过程中,往往先形成 2~3 条纵向裂缝,然后产生横缝纵横交错。纵向和横向尺寸往往相差很大,不好判断。本文根据实践经验,推荐一种新的评价方法:即随机抽查,沿路面板横向平行拉米尺,数路面板上裂缝与尺相交的条数,并做好相关记录,如图 8,本块板宽 4.5 m,8 条裂缝就相当于平均块径 56 cm,13 条裂缝相当于平均块径 34 cm,还可以进行统计分析变异性,方便简单地进行块径质量控制。

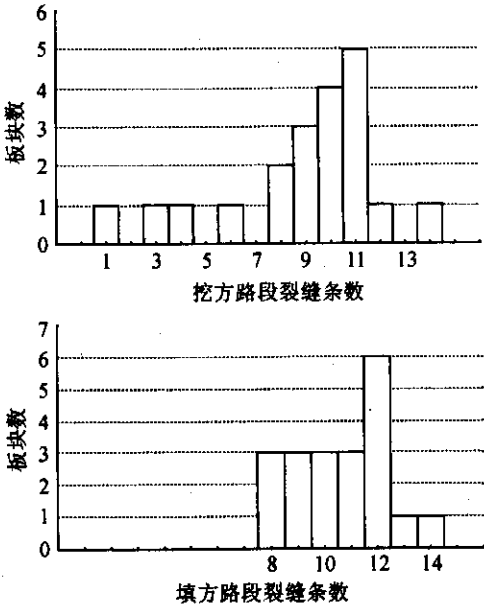


图 8 裂缝条数分布情况对比

现场统计发现,路面板裂缝分布特征与路基支承强度相关。由图 8、图 9 可以看到,同样的冲击遍数,填方路段破坏尺寸相对集中,大部分集中在 20~60 cm;而在挖方路段尺度相对分散,大部分集中在 10~60 cm。另外,在填方路段裂缝发展普遍明显,通常纵向裂缝较横向及斜向裂缝更为显著。裂缝宽度在 2~20 mm 之间。在路基支承状况好的挖方路段,裂缝发展没有填方路段明显,且纵向裂缝优势不明显,纵横斜向裂缝相差不多,大约都在 1~3 mm,一部分裂缝肉眼不易察觉,只有当水泼在路面,沿水渗透的地方,才可观察到裂缝的存在。由此可见,破碎裂缝的形成和分布特征与路基的支承强度明确相关。

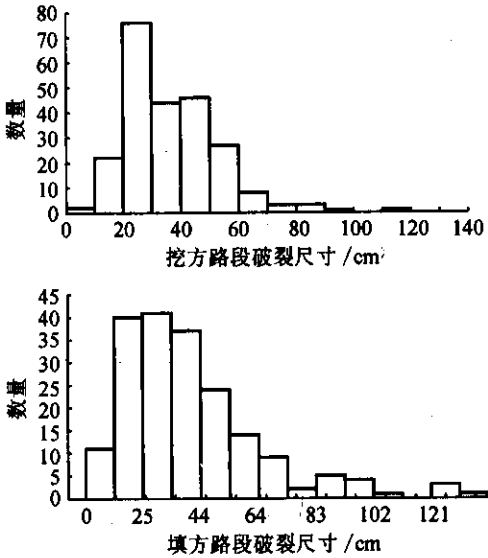


图 9 裂缝尺寸分布

3 弯沉检测

回弹弯沉值是国内外普遍采用的一种表示路基路面承载能力的指标,回弹弯沉值越大,承载能力越小,反之则承载力越大。弯沉值的测试方法较多,在本试验路段采用贝克曼梁法对压实前后路面弯沉进行检测。

现场检测数据表明,冲击压实前后,填方路段的弯沉明显大于挖方路段。同在填方路段或挖方路段,经过冲击压实后,弯沉值有很大幅度的增加,增加值在 20~40(0.01mm),这也反映经过冲击压实后,路基、路面的综合承载能力有大幅度的降低。究其原因,在经过冲击压实处理后,原路面板的整体性被破坏,故承载能力有所降低,由此也可以看出,为了使

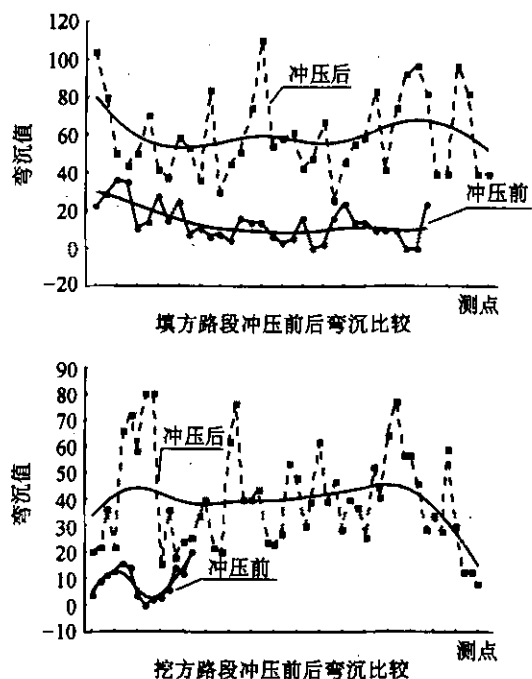


图 10 冲压前后路面弯沉比较

表 2 填方路段路面弯沉现场检测数据对比

	样本数	均值	最小值	最大值	标准差
冲压前	33	13.696 97	0.000 00	36.000 0	9.700 14
冲压后	39	60.076 92	26.000 00	111.000	22.002 85

表 3 挖方路段路面弯沉现场检测数据对比

	样本数	均值	最小值	最大值	标准差
冲压前	14	9.142 86	0.000 00	20.000 00	6.036 52
冲压后	52	40.134 62	8.000 00	80.000 00	18.918 85

原路面作为新加铺路面的结构层之一,有必要使其保留一定的残余承载力,所以旧路面板不宜过于破碎。

4 回弹模量检测与分析

4.1 回弹模量检测

基层的回弹模量是公路设计中一个必不可少的参数,我国《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002)已给出了不同的自然区划和土质的回弹模量的推荐值,冲击压实后的水泥混凝土路面板作为底基层或基层,其回弹模量是否满足规范中的要求,以及对路面结构设计有何影响是本次试验关心的几大重点之一。前文通过对冲击压实后路面弯沉进行了检测,发现旧路面综合承载能力有所降低。为了进一步检测冲击压实处理过后路面的承载能

力,本试验路段对冲击压实后路面的回弹模量进行了检测。

本试验路段利用经典的承载板测试方法,获得冲击压实破裂稳固后的旧水泥混凝土路面的回弹模量,并对旧板残余承载能力进行评估,以期为新结构层设计提供计算依据,具体试验方法见《公路路基路面现场测试规程》(JTJ 059—95)。

通过对具有代表性路段的 63 组回弹模量检测,采集到丰富的数据。对原始数据进行数理统计,结果如表 4,具体分布见柱状图,图 11。

表 4 回弹模量初始统计

变量	有效数据/组	最大值/MPa	最小值/MPa	均值/MPa	方差
回弹模量 E_0	63	593.33	89.52	182.76	84.91

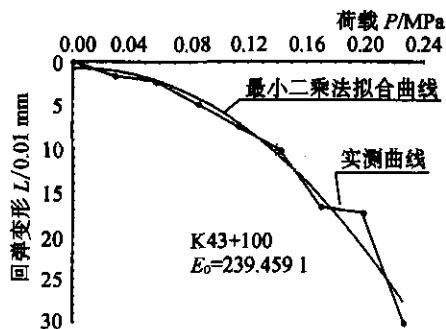
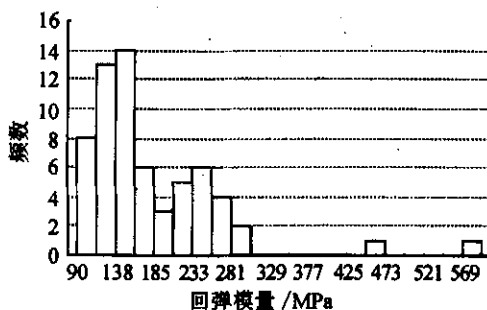


图 11 回弹模量统计

从表 4 中可以看出,顶面回弹模量均值为 182.76 MPa,几何均值为 168.96 MPa,但离散性很大,方差达 84.91 MPa。顶面回弹模量在 100~300 MPa 区间的比例占到了 93.7%。

由图 11 可以看出,路面回弹模量形成了两个值段,其中,填方路段顶面回弹模量集中于 90~185 MPa 区间,挖方路段顶面回弹模量集中于 190~300 MPa 区间。

按照《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002)中附录 F 所列垫层和基层材料回弹模量经验参考值范围的规定,中粗砂的回弹模量为

80~100 MPa,级配砾石(垫层)的回弹模量为 200~250 MPa。可见,冲压后旧水泥混凝土板顶的回弹模量值范围基本满足新路面垫层的要求。

4.2 旧水泥混凝土路面回弹模量与冲击破碎效果的关系

如前所述,经过一定遍数冲击压实处理后的旧水泥混凝土路面后的效果一般可以分成 3 种类型:(1)纹裂;(2)破裂;(3)碎裂。

按照以上 3 种类型,对承载板测试回弹模量值进行统计发现:纹裂类(2 组数据),顶面回弹模量范围为 470~560 MPa。破裂类(21 组数据),顶面回弹模量范围为 190~300 MPa。碎裂类(40 组数据),顶面回弹模量范围为 90~185 MPa。

由上述统计结果可见,随着破碎程度的加剧,顶面回弹模量值相应地减小,表明冲压后旧水泥混凝土表面的承载能力与表观破裂块度有着密切的关系。破碎程度可以间接反映路面强度。

5 路面结构加铺结构层设计与冲击压实施工控制标准

5.1 加铺设计

《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002)规定:旧水泥混凝土路面层损坏状况等级为差时,宜将水泥混凝土板破碎成小于 40 cm 的小块,用作新建路面的底基层或垫层,并按新建水泥混凝土路面或沥青混凝土路面类型进行设计。由此可见,将破裂后的水泥混凝土板定位成底基层或垫层已经达成共识。而且,经过冲击压实处理后的旧水泥混凝土板,不仅可以达到规范所规定的破裂块度,更重要的是与旧基层形成稳固的整体,可以为新加铺层提供均匀、稳定的支承。

规范指出,当基层和垫层同时存在时,可将底基层和垫层换算成具有当量回弹模量和当量厚度的单层,然后再与基层一起计算基层顶面当量回弹模量。据此,将冲击压实后旧路面及其加铺层结构进行等效,参照新建路面计算方法设计加铺层。

以上思路都牵涉到冲击压实后旧水泥混凝土板的回弹模量取值问题,这里涉及到两个概念:(1)冲压后旧水泥混凝土板顶面回弹模量;(2)旧水泥混凝土板本身作为垫层材料的当量回弹模量。这两个模量具有相关性,但在概念上截然不同。冲压后旧水泥混凝土板顶面回弹模量实际上是旧水泥混凝土板和旧基层以及下面的路基表现出来的一个综合承载力

和刚度;而旧水泥混凝土板本身作为垫层材料的当量回弹模量,是作为单独一层用来设计时表现出来的破碎过后的材料性质。图 12 描述了二者相关关系。

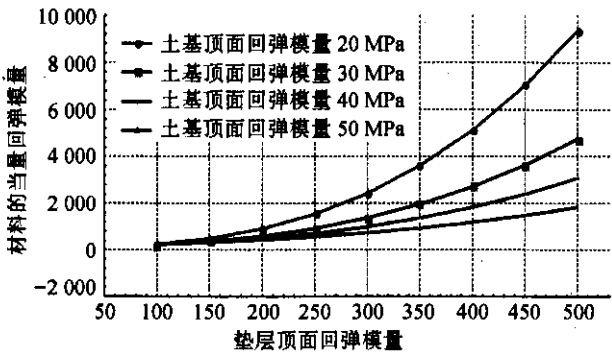


图 12 垫层顶面回弹模量与材料的当量回弹模量关系

对于冲击压实破碎路面作垫层,对新铺路面结构设计的影响,以及能否减薄路面厚度,是公路部门非常关心的问题,也涉及到路面破碎质量控制。以下结合福建省的典型路面形式(见图 13),分别按不同的垫层顶面模量,按重交通和特重交通两种情况进行了分析计算:重交通 9.885×10^6 标准轴次;特重交通 2.259×10^7 标准轴次;从图 14 可以看到,根据规范测算,相比顶面模量为 30 MPa 的路基,在相同的轴载次数下,可节约路面厚度 2~3 cm,垫层模量超过 200 MPa 后,对于路面结构设计厚度影响不大。

水泥混凝土面板
水泥稳定砂砾基层 18 cm
填隙碎石 8 cm
破碎水泥混凝土板与基层 35 cm
土基

图 13 典型路面结构

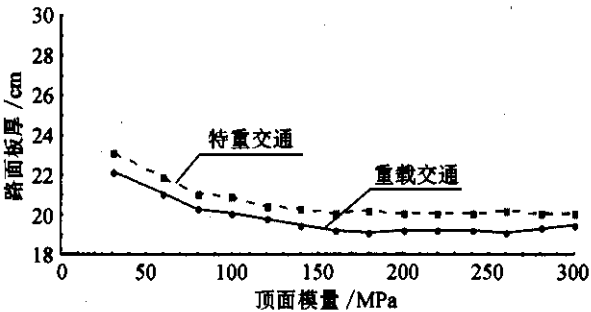


图 14 不同垫层顶面模量的路面厚度设计

5.2 冲击压实处理旧水泥混凝土路面的施工质量控制指标和标准

通过以上监测数据的系统分析和研究,对于冲

击破碎质量控制参数和标准,可以有以下结论。

5.2.1 弯沉作为控制指标问题

弯沉可以反映路面承载能力,因此在使用冲击压实技术时,有推荐采用弯沉作为路面质量控制标准,但实践表明冲击压实处理后的旧水泥混凝土路面,往往破裂严重,板块整体性基本丧失,形成顶层为破裂块度大小不等的水泥混凝土板,下层为差异性很大的旧基层或土基,不符合现行路面设计理论中,对弯沉的检测做出的如路面各层由均质的、各向同性的弹性材料组成的基本假设,路面破碎松散程度(不稳定程度)导致弯沉检测数据离散性必然很大,由于回弹弯沉值的绝对值较小,因此这种影响是不能忽视的。因此,本文认为采用弯沉测试的方法来评价这种结构的承载能力或得到回弹模量值是不合适的,可作为参考依据,而不能作为质量控制标准。

5.2.2 破碎尺度、沉降和顶面回弹模量

如前所述,破碎尺度、沉降、原有路基支承条件和顶面回弹模量有着密切联系。因此,本研究认为,质量控制标准应结合原有路基状况和加铺路面结构形式分别考虑。

(1)由于路基欠压实造成的路面结构性病害的路段,应以零沉降作为控制标准,辅以路面破碎尺度(推荐30~40 cm,或横向对应的裂缝条数)控制。因为旧板的破碎、裂缝、沉陷、脱空等病害必须予以处理,才能加以利用,关键是要使旧板及其基层及路基一起为新加铺层提供稳固的下承层。

(2)对于非结构性病害路段,应以压实破碎尺度为准。保留路面结构强度,延长道路使用寿命。推荐填方路段破碎尺度为40~50 cm,支承条件好的挖方路段破碎尺度为60~70 cm(对应200 MPa)。过刚的路段也要加强破碎,以使之受力更加合理。

(3)对于打裂压稳后直接铺筑沥青混凝土面层的路面,应首先普查是否存在路基病害问题,以破裂尺度为控制标准,破裂尺度以消除反射裂缝为准。

(4)由于各地具体路况不同,可结合当地试验路的监测情况,拟定适合本地区的质量控制标准和回弹模量设计指标,可根据具体情况选用弯沉、回弹模量、压实度、触探监测作为选用参考评价手段。

6 冲击压实改建后路面性能评价

为分析冲击压实施工加铺路面的使用效果,本

研究利用丹麦 Dynatest 8000 落锤式弯沉仪对冲击压实、置换板法、普通机械击碎压稳改建加铺路段进行了检测对比,填方路段与挖方路段分开考虑,共测弯沉200个点。FWD 落锤弯沉检测结果统计列于表5、表6。

表5 各改建方法填方路段回弹统计结果对比

对比项目	改建方案		
	普通机械击碎	冲击压实改建	置换板法
回弹均值/0.01 mm	6.72	6.07	8.20
回弹方差	1.021	0.944	1.398

表6 各改建方法挖方路段回弹统计结果对比

对比项目	改建方案		
	普通机械击碎	冲击压实改建	置换板法
回弹均值/0.01 mm	5.76	4.79	6.76
回弹方差	1.535	1.081	1.251

结果表明,在填方路段,各种改建方案中,经冲击压实技术处理后再加铺改建技术取得效果最好,所测回弹弯沉均值均小于其他两种方案,且离散性最小;相比较,置换板法改建后路面回弹弯沉均值最大,离散性最大,效果最差;普通击碎方法介于两者之间。

在挖方路段,各种改建方案效果从回弹弯沉检测结果来看,好于填方路段;且经冲击压实技术处理后再加铺改建技术取得效果最好,所测回弹弯沉均值均小于其他两种方案,且离散性最小;相比较,置换板法改建后路面回弹弯沉均值最大,离散性较大,效果最差;普通击碎方法虽然离散性大,但总体效果介于两者之间。

综上可得,采用冲击压实技术处理旧水泥混凝土路面再加铺改建后,可以使路面结构抗压强度整体均匀提高,相对于传统改建方法效果明显。

7 结论

(1)本文以冲击压实技术在316国道福州段旧水泥混凝土路面改造中的应用为例,根据试验路现场监测结果,对冲击压实改建旧水泥混凝土路面的机理、路面性状变化与施工之间的关系,以及路面破碎尺寸对路面加铺设计的影响等,进行了探讨分析,提出了推荐施工控制指标和评价方法,为冲击压实处理旧水泥混凝土路面技术的应用提供了技术参考。

(2)基于不同路基支承条件,随着击实遍数的增

加,路面沉降曲线变化可以分为 3 种类型:缓变反弹型、陡降型和线性沉降型。这 3 种曲线类型分别对应着路基层压实性状良好、原路堤欠压实和原路堤压实正常的路段。

(3)提出了路面裂缝根数评价方法,研究表明,路面裂缝尺度与碾压遍数、路基支承条件、顶面回弹模量之间有着密切联系。可以通过裂缝不同尺度和开裂阶段,间接控制路面质量和承载能力。

(4)通过回弹模量检测和与冲击破碎效果之间的统计关系,给出了破碎路面顶面回弹模量的推荐范围,探讨了不同模量对路面结构设计的影响,提出了冲击破碎质量推荐控制指标和标准。

(5)通过 FWD 落锤弯沉检测对比表明,冲击压实技术改建旧水泥混凝土路面,不但速度快,污染小,而且相对于其他传统改建方法,改建后使路面结

构抗压强度整体均匀提高,提高路面改造质量。

参考文献:

- [1] 杨世基. 冲击压实技术在路基工程中的应用[J]. 公路,1999,(7).
- [2] 苏卫国,卢辉. 冲击压实后旧水泥混凝土路面作为垫层及其回弹模量的试验研究[J]. 公路,2004,(11).
- [3] 苏卫国,卢辉. 旧水泥混凝土路面应用冲击压实技术后的裂缝和沉降效果分析[J]. 中外公路,2004,(1).
- [4] 李华,缪昌文,金志强. 水泥混凝土路面修补技术[M]. 北京:人民交通出版社,1995.
- [5] 许海云,吴景泉. 旧水泥混凝土路面改建技术[J]. 华东公路,2002,(4).
- [6] 夏建广,苏卫国. 323 国道南雄段冲击压实技术处理旧水泥混凝土路面的工程实践[J]. 湖南交通科技,2004,(3).

Test Resaerch on Control Standard of Rehabilitating Cement Concrete Pavement with Impact Compaction Technology

HU Chang-bin, SUN Xiao-liang

(College of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The test section of rehabilitating cement concrete pavement of the 316 national highway processing with impact compaction technology is monitored in-situ firstly. The monitoring contents include pavement settlement with compaction times, the developing of cracks, deflections, modulus of resilience, coring of pavement after cracked etc.. According the monitoring results, the character developing regular of cement concrete pavement under compaction and the relationship between character developing regular and construction methods are studied, the influence of cracking size on the overlay design is also discussed. Moreover, a series of construction standards and evaluating methods for the impact compaction based on the research results are proposed. The results are helpful to the impact compaction practice on site and to the study on the mechanism of cracking and seating brought with impact compaction.

Key words: impact compaction; construction; control standard; cement concrete pavement