

路面基层施工质量均匀性评定方法研究

职雨风, 徐 科, 张肖宁

(华南理工大学道路工程研究所 广州市 510641)

摘 要: 基层施工质量对路面整体质量具有举足轻重的影响, 常规基层施工质量评价方法不能满足质量管理的要求, 因此, 尝试使用落锤式弯沉仪(FWD)评价基层模量的均匀性来反映基层施工质量。引入“车道内数据重复性标准偏差 S_r ”、“车道间数据重复性标准偏差 S_R ”、“车道间数据一致性统计量 h ”和“车道内数据一致性统计量 k ”等4个统计量作为分析手段, 结果证明, 这一方法较好地反映了基层施工质量的均匀性。

关键词: 路面基层施工质量均匀性; 落锤式弯沉仪(FWD); 一致性统计量

基层是沥青混凝土路面的承重层, 路面荷载主要由半刚性基层承担。实践证明, 基层施工质量, 对路面整体质量有着举足轻重的影响。国内多条高速公路沥青混凝土路面的早期破坏, 都证明与基层施工质量差有关^[1]。而国内长期以来轻视基层施工质量, 又由于缺乏评价基层施工质量的有效方法, 导致基层施工质量在某种意义上处于失控状态。本文尝试使用了落锤式弯沉仪(FWD)对某高速公路路面基层施工质量进行调查, 并重点评价了基层施工质量均匀性, 得到了比较满意的结果。

从国内目前的基层施工情况来看, 压路机碾压完毕、养生结束后, 基层施工即告完成。对基层施工质量的控制, 仅限于在施工过程中对压实度的检测及摊铺完成后对基层表面离析情况的观察, 以及到

龄期后, 对基层进行抽芯、弯沉测量, 以检测其强度。以上提及的方法虽可作为质量抽查的手段, 但远远达不到评价施工质量的要求。对表面离析情况的观察, 虽能在一定程度上反映基层施工质量, 但由于所见的离析情况仅为表面位置, 对内部的离析情况并不了解。这样, 就使施工质量均匀性的评价带有较大的盲目性。可见, 常规的基层施工质量评价方法效果并不理想。

良好的施工质量必然要求在施工过程中产生的离析少, 施工完成后基层强度均匀一致。因此, 通过对基层强度均匀性的调查, 可直接反映基层施工质量。而模量是表征材料强度的重要指标, 通过调查不同位置处材料模量的均匀性可直接反映强度的均匀性^[2]。其流程如图1所示。

收稿日期: 2004-09-10

总之, 在加固工程施工后, 锚索和抗滑桩的综合支挡有效地抑制了滑坡的深层滑动, 滑坡体变形得到较大程度的遏制。抗滑桩也受到愈来愈大的滑坡推力作用并有轻微的变形, 但监测结果表明抗滑桩都处于安全稳定的支挡状态。

4 结语

八尺门滑坡治理是一项综合性治理工程, 综合了多种新技术, 采用了防与治相结合、排水与抗滑相结合、抗滑与卸荷相结合的方案, 对不同地段采取相应的最合适的治理措施, 通过优化设计解决了公路边坡稳定性问题。现场监测资料表明, 到目前为止,

滑坡体未发生进一步的变形, 各项指标均达到预期目的。

参考文献:

- [1] 汤康民, 彭胤宗. 岩土工程[M]. 武汉工业大学出版社, 2001.
- [2] 中科院武汉岩土力学研究所. 福宁高速公路八尺门滑坡监测工程月报[R]. 2002.
- [3] 中交第二公路勘察设计院. 福宁高速公路八尺门滑坡方案设计图[R]. 2001.
- [4] 程良奎. 分散压缩型锚杆, 高效预应力结构设计施工实例应用手册[M]. 中国建筑工业出版社, 1998.

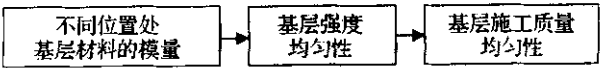


图 1 施工质量评价流程

1 使用 FWD 进行评价

按照以上流程,在评价某一区域基层施工质量时,需对该区域进行大规模、高密度的材料模量量测,要求测量手段具有快速、高效和无破损等特点。因此,采用落锤式弯沉仪(FWD)进行基层区域内的弯沉值采集工作,再通过专用软件根据弯沉值反算模量^[3]。

具体方法如下:(1)针对每一基层施工中队,选择单幅 300 m 的基层施工区段(该长度约为中队每天的工作长度);(2)将该区段划分为 3 个车道(将硬路肩区域亦作为车道之一),车道中心线距道路中线分别为 2.5 m、7.5 m 和 12.5 m;(3)在每个车道上,间隔 3 m,利用 FWD 量测其弯沉(如图 2 所示)。全区段可获得 100 组×3=300 组弯沉数据。

对某高速公路第一基层施工中队中的 K210+530~K210+830 右幅下基层施工区域、第二基层施工中队中的 K222+260~K222+560 右幅下基层施工区域、第三基层施工中队 K227+180~K227+480 左幅下基层施工区域和第四基层施工中队 K237+060~K237+360 右幅下基层施工区域,分别进行了弯沉量测。

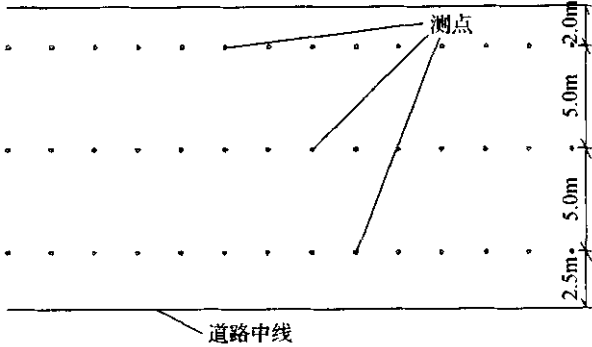


图 2 量测方法示意

弯沉值反算模量时,每层的厚度对结果有较大的影响。为了精确地反映施工质量,根据各层中间交验后的标高数据推算了结构各层厚度。在实际操作中,将 300 m 的车道划分为 6 个小段,每小段采用其中点位置处各层的厚度作为其厚度代表值,在反算模量时该小段所有弯沉数据均采用该值。

2 数据与分析

使用与 FWD 配套的专用计算软件反算下基层材料的模量值。反算过程中,使用的三层体系包括:下基层、底基层与土基。对反算结果数据分中队进行了数理统计,分别计算了它们的“车道内数据重复性标准偏差 S_r ”,“车道间数据重复性标准偏差 S_R ”,结果见表 1。

表 1 基层模量结果统计

中队	桩号	车道	点数	车道内平均值/MPa	车道间平均值/MPa	车道内标准偏差 S	车道间偏差 d	车道间标准偏差	车道内数据重复性标准偏差 S_r	车道间数据重复性标准偏差 S_R
1	K210+530~K210+830	R1	100	6 223	5 960	2 737	263	624	3 386	3 426
		R2	100	6 409		3 773	449			
		R3	100	5 247		3 559	-713			
2	K222+260~K222+560	R1	100	10 145	9 239	1 824	906	1 335	2 441	2 772
		R2	100	7 706		2 911	-1 533			
		R3	100	9 866		2 465	627			
3	K227+180~K227+480	L1	100	5 916	7 532	2 074	-1 616	2 071	3 124	3 735
		L2	100	6 813		4 348	-719			
		L3	100	9 866		2 465	2 334			
4	K237+060~K237+360	R1	100	6 477	7 094	5 076	-618	552	4 467	4 479
		R2	100	7 267		4 324	173			
		R3	100	7 540		3 923	445			

2.1 “车道内数据重复性标准偏差 S_r ”与“车道间数据重复性标准偏差 S_R ”

“车道内数据重复性标准偏差 S_r ”与“车道间数

据重复性标准偏差 S_R ”是我们熟悉的统计量,通过对这 2 个统计量的排序,可得到基层施工质量名次,结果见表 2。

表 2 基层施工质量排名

纵向施工质量			横向施工质量		
名次	车道内数据重复性标准偏差 S_r	中队	名次	车道间数据重复性标准偏差 S_R	中队
1	2 441	二队	1	2 772	二队
2	3 124	三队	2	3 426	一队
3	3 386	一队	3	3 735	三队
4	4 467	四队	4	4 479	四队

从表 2 中可以清晰地看到各个基层施工中队
的施工水平。其中,使用“车道内数据重复性标准偏差 S_r ”来表征基层施工中的“纵向施工质量”。“车道内数据重复性标准偏差 S_r ”越小,说明在一个车道内,不同位置处材料模量越均匀,即表明基层施工中纵向的质量越好。同理,使用“车道间数据重复性标准偏差 S_R ”来表征基层施工中的“横向施工质量”。“车道间数据重复性标准偏差 S_R ”越小,说明同一区域内,3 条车道之间的材料模量的变异性小,即表明基层施工中横向的质量越好。

统计结果与实际基本吻合。基层施工二队设备先进,运力充足,经验丰富,一直得到监理与业主的赞扬,统计结果也说明了此点。而基层施工四队,由于种种原因,机械设备屡出故障,一直处于半停产状态,施工质量可想而知,统计结果对此也有直接反映。

基层纵向施工质量主要与以下因素有关。

(1)在摊铺过程中,如果摊铺机频繁起步、停机,必然会引起局部材料离析,造成基层强度不均匀。

(2)自卸车在装料与卸料的过程中,由于未能严格按照有关技术规范的要求操作(如在装料过程中,未能移动 3 次车斗),造成了混合料中粗、细集料的离析,引起基层强度的不均匀。

(3)压路机的碾压工艺。在纵向上,可能存在不规范操作,造成纵向压实不均匀。比如压路机在碾压过程中,在某处较长时间停留,造成该处压实度过大。

基层横向施工质量主要与以下因素有关。

(1)摊铺机的工况。摊铺机依靠叶轮将混合料均匀洒布在摊铺机后范围,由于受叶轮、料位高度等的影响,混合料在摊铺过程中可能发生离析,造成基层在横向上强度不均匀。

(2)摊铺机接缝位置处混合料的处理。在摊铺过程中,2 台摊铺机的中间接缝位置,由于叶轮的
距离较远,往往容易出现离析现象,需要人工进行处理。这必然会对基层的横向施工质量造成影响。

(3)压路机的碾压工艺。压路机在横向上移位不均匀,造成某些纵向地带过多压实,而其他地带欠压实。

通过引入“车道内数据重复性标准偏差 S_r ”与“车道间数据重复性标准偏差 S_R ”2 个统计量,可以使基层施工中队
的施工水平优劣一目了然。然而,这 2 个统计量不能反映基层施工质量的
可接受水平。仅有这 2 个统计量,无法明确各个基层施工中队
的施工质量是否合格、是否需要整改;也无法明确排名第一的
施工中队
的施工质量是否真正满足要求。所以我们引入了“车道间数据一致性统计量 h ”和“车道内数据一致性统计量 k ”这 2 个统计量来分析基层施工质量的
可接受水平。

2.2 “车道间数据一致性统计量 h ”和“车道内数据一致性统计量 k ”

“车道间数据一致性统计量 h ”和“车道内数据一致性统计量 k ”这 2 个统计量,来源于“实验室间数据一致性统计量 h ”和“实验室内数据一致性统计量 k ”。只是由于在这里我们是评价“车道内点”及“车道间点”的数据一致性,所以采用当前的叫法^[4]。 h 、 k 的计算与分析结果见表 3。

2.2.1 “车道间数据一致性统计量 h ”

$$h=\frac{d}{S_{xave}}$$

(3)

式中: h 为车道间数据一致性统计量; d 为车道间的偏差; S_{xave} 为车道间标准偏差。

h 值可以参见表 3, h 的意义如下:

(1)如果一个车道的“车道间数据一致性统计量 h ”超过了临界值 h_{crit} ,那么这个车道数据的平均值与其他车道平均值差别过大,这就很难与其他车道的结果相关,可认为该车道区域所使用的材料、施工设备或施工工艺存在问题;

(2)如果一个车道的“车道间数据一致性统计量 h ”接近临界值 h_{crit} ,虽然这个车道数据的平均值与其他车道平均值差别不很大,但施工单位应考虑采取

表 3 基层横量一致性统计结果

中队	桩号	车道	车道间数据一致性统计量 h	车道间数据一致性统计量关键值	车道内数据一致性统计量 k	车道内数据一致性统计量关键值
1	K210+530 ~K210+830	R1	0.421 9	1.16	0.808 4	1.09
		R2	0.719 9		1.114 4	
		R3	-1.141 8		1.051 0	
2	K222+260 ~K222+560	R1	0.678 7	1.16	0.747 3	1.09
		R2	-1.148 4		1.192 4	
		R3	0.469 7		1.009 8	
3	K227+180 ~K227+480	L1	-0.780 2	1.16	0.663 9	1.09
		L2	-0.347 1		1.391 7	
		L3	1.127 3		0.789 0	
4	K237+060 ~K237+360	R1	-1.119 0	1.16	1.136 4	1.09
		R2	0.312 9		0.968 1	
		R3	0.806 2		0.878 2	

预防措施以保证该车道区域所使用的材料、施工设备或施工工艺不存在任何问题^[4,5]。

h_{crit} 值可以查表或计算获得。在评价基层施工过程中,考虑综合因素,选定显著性水平为 5%。这样, h_{crit} 值为 1.16(见表 3)。

2.2.2 “车道内数据一致性统计量 k ”

$$k = \frac{s}{S} \quad (6)$$

式中: k 为车道内数据一致性统计量; s 为一个车道内的单元标准偏差; S 为车道内数据的标准偏差。

k 值可以参见表 3, k 的意义如下:

(1)如果一个车道的“车道内数据一致性统计量 k ”超过了临界值 k_{crit} ,那么这个车道的车道内数据标准差与其他所有车道的车道内数据标准差差别很大,意味着这个车道的重复性试验结果有问题,应研究该车道区域所使用的材料、施工设备或施工工艺是否存在问题;

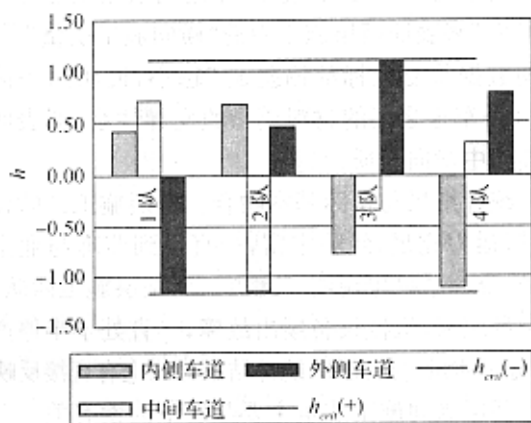
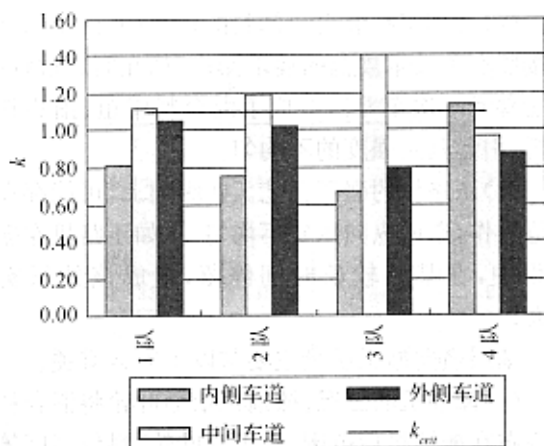
(2)如果一个车道的“车道内数据一致性统计量 k ”接近临界值 k_{crit} ,那么这个车道的车道内数据标准差与其他所有车道的车道内数据标准差相差不大,但应采取预防措施保证该车道区域所使用的材料、施工设备或施工工艺不出问题^[4,5]。

在评价基层施工过程中,考虑综合因素,选定显著性水平为 5%。这样, $k_{crit}=1.09$ (见表 3)。

2.2.3 结果分析

h 与 k 值如图 3、图 4 所示。

对于基层的横向施工质量(见表 1),可知各个车道的“车道间数据一致性统计量 h ”都未超过其关键值,这意味着各个中队的基层横向施工质量都满足

图 3 “车道间数据一致性统计量 h ”值图 4 “车道内数据一致性统计量 k ”值

要求,处于可接受范围。

也有部分中队的部分车道,如第一中队的 $R3$ 车道、第二中队的 $R2$ 车道、第三中队的 $L3$ 车道和第四中队的 $R1$ 车道,其“车道间数据一致性统计量 h ”虽未超过其关键值,但很接近其关键值,这就要求有关

施工中队针对有关车道,从摊铺机的工况、摊铺机接缝位置混合料的处理以及压路机的碾压工艺 3 个方面着手采取措施,以保证施工设备与施工工艺不出现任何问题。

对于基层的纵向施工质量(见表1),可知有部分中队部分车道的“车道内数据一致性统计量 k ”超过其关键值,如第一中队的 R_2 车道、第二中队的 R_2 车道、第三中队的 L_2 车道和第四中队的 R_1 车道。这意味这些车道的纵向施工质量不能满足要求,要求有关施工中队从摊铺工艺、自卸车的卸料过程和压路机的碾压工艺等方面进行整改。

也有部分车道,如第二中队的 R_3 车道,虽然其“车道内数据一致性统计量 k ”未超过其关键值,但却很接近其关键值,这就要求有关施工中队针对有关车道,从摊铺工艺、自卸车的卸料过程和压路机的碾压工艺等方面采取措施,以保证施工设备与施工工艺不出现任何问题。

3 结语

使用落锤式弯沉仪(FWD)评价基层施工质量并利用一致性统计量作为分析手段,具有以下特点:
(1)通过弯沉数据反算下基层材料模量,利用强度均匀性评价基层施工质量的优劣,指标明确,相关性大;

- (2)使用 FWD 量测基层的弯沉值,速度快、精度高,每工作日可采集 300 组以上的弯沉值;
- (3)利用“车道内数据重复性标准偏差 S_r ”与“车道间数据重复性标准偏差 S_R ”2 个统计量,可直观地反映各基层施工中队横向及纵向施工水平的优劣;
- (4)利用“车道间数据一致性统计量 h ”和“车道内数据一致性统计量 k ”2 个统计量,以及“车道间数据一致性统计量关键值”和“车道内数据一致性统计量关键值”,可判定各个中队施工质量是否符合有关要求、是否需要对施工设备或施工工艺进行整改;
- (5)统计结果与实际生产情况符合性好。

参考文献:

[1] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M]. 北京:人民交通出版社,2001.

[2] 刘建华,等. 落锤式弯沉仪在道路施工质量控制中的应用[J]. 郑州大学学报(工学版),2002,23(2).

[3] 张健强,梁伟东,陈瑜. 落锤式弯沉仪在开阳高速公路基层施工质量检测中的应用[J]. 公路,2003,(8).

[4] 贾渝,张志祥. 2001 年 Superpave PG 等级胶结料比对比结果分析[J]. 石油沥青,2002,16(3).

[5] 赵文辉,廉涛. 比对试验在交通系统公路实验室间的实践[J]. 交通标准化,2002,(109).

A Study on Evaluation Method of Uniformity in Construction Quality of Road Base

ZHI Yu-feng, XU Ke, ZHANG Xiao-ning

(1. Road Research Institute of Transportation College, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The construction quality of road bases has great influence on the whole quality of roads; the usual evaluation method for the construction quality of road base doesn't meet quality managing requirements. In this paper, falling weight deflectometer (FWD) is used to evaluate the uniformity of the road bases to reflect the construction quality. "The repeatability standard deviation of data in the same driveway- S_r ", "the reproducibility standard deviation of data in the different driveways- S_R ", "the consistency statistics value of data in the different driveways- h ", and "the consistency statistics value of data in the same driveway- k " are introduced as the analysis methods. The results show this method can reflect the road base construction quality fairly well.

Key words: uniformity of construction quality of road base; falling weight deflectometer (FWD); consistency statistics value