

文章编号:1671-8879(2013)01-0028-05

路面板底脱空唧泥判定与自补偿压浆材料处治

王 乾¹, 刘锦涛¹, 王选仓²

(1. 西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:针对目前唧泥程度与路面板底脱空相关关系国内外研究较少以及常用压浆材料处治板底脱空存在“二次脱空”的情况,以烟台—威海高速公路试验段为依托工程,通过对试验段唧泥高度观测数据的统计分析,结合钻孔实测板底脱空量,提出基于唧泥高度的路面板底脱空程度判定标准;并引入自膨胀补偿收缩理论,改良有机类和水泥类压浆材料,推荐分别适用于处治路面板底轻度、中度和重度脱空的自补偿式压浆材料。试验段钻孔复核与弯沉检测结果表明:基于唧泥高度的路面板底脱空判定标准准确度可达 80% 以上;板底脱空路面板经推荐的自补偿式压浆材料处治后弯沉小于 0.2 mm。

关键词:道路工程;判定标准;自补偿式压浆材料;唧泥高度;板底脱空

中图分类号:U416.21

文献标志码:A

Detecting by pumping height and treating with self-compensation mud-jack materials for voids beneath pavement slabs

WANG Qian¹, LIU Jin-tao¹, WANG Xuan-cang²

(1. School of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, Shaanxi, China; 2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to solve the problem that the domestic and overseas researches on the relationship between the voids beneath slabs of the pavement and the degree of pumping were few and the common mud-jack materials used for voids treatment could cause voids again, based on Yantai-Weihai highway testing section as backing project, the evaluation criteria for detecting the degree of voids based on pumping height were put forward by analyzing the statistical observed data of pumping height and practical drill-detecting data of voids in the testing section. The cement and organic mud-jack materials were improved by using the shrinkage-compensating principle, then the suitable self-compensation mud-jack materials were recommended for treating the slight, moderate and severe degree of voids. The rechecking results of drilling and deflection detecting indicate that the accuracy of the evaluation above reaches 80%, and the deflection of pavement slabs with voids treated by the recommended self-compensation mud-jack materials is less than 0.2 mm. 4 tabs, 4 figs, 11 refs.

Key words: road engineering; evaluation criterion; self-compensation mud-jack material; pumping height; void beneath slab

收稿日期:2012-03-06

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(51108374);陕西省重点学科建设专项资金项目(E01004);
陕西省教育厅专项科研计划项目(11JK0893)

作者简介:王 乾(1981-),男,山东淄博人,讲师,工学博士,E-mail:wang812006@126.com

0 引言

水泥混凝土路面的常见病害包括错台、断裂、破碎和脱空等,而错台、断裂及破碎等病害几乎都与板底脱空有关,但是与其他病害不同,板底脱空比较隐蔽,人们无法从路表直接来判定,而只能采用经验法。因此,对使用中的水泥混凝土路面,如何以快速、高效、准确的方法判定板底脱空与否,以及采取预防性、针对性的处治措施,以阻止路面板结构性破坏的发展,便成为了道路专家学者,特别是公路管理养护部门的重要任务。

一般认为,当路面板与基层结合紧密时不会产生唧泥现象,而当路面板底脱空时常会出现唧泥现象^[1-2]。但唧泥程度与板底脱空的关系在规范中并未有明确指标说明,且国内外在这方面的研究也较少^[3-5]。板底压浆作为路面板底脱空处治的一种方法,由于其成本低,旧路面利用率高,技术成熟,工艺简便,且交通封闭时间短,因此已在工程中得到广泛应用^[6-8]。但中国采用的压浆材料相对单一,主要为水泥粉煤灰类浆体,该压浆材料存在着因硬化产生体积收缩,导致被压浆材料填满的路面板底脱空,区域再次发生脱空即“二次脱空”,处治效果并不理想^[9]。

本文以烟台—威海高速公路试验段为依托工程,通过对试验段唧泥高度观测数据的统计分析,结合钻孔实测寻找唧泥高度与路面板底脱空之间的量化关系,并引入自膨胀补偿收缩理论对浆体材料进行改良,以期能够配制适用于不同程度脱空处治的自补偿式压浆材料,作为有益的尝试,为补充和完善中国相关标准规范积累资料,同时方便和促进工程实际应用。

1 试验路概况

烟台—威海高速公路濒临黄海,沿线部分路段地基承载力较低,产生不均匀沉降,路面长期在行车荷载(特别是重载车辆比例较大)的作用下,路面板破碎、错台、唧泥和脱空等病害情况较为严重。路面结构为 24 cm 水泥混凝土面板及 20 cm 二灰稳定碎石基层。

2 基于唧泥高度的板底脱空判定

本文唧泥高度定义以路表面为 0 点。唧泥高度检测时,首先根据路面板两侧放置的标尺,目测估计车辆经过时引起的唧泥高度,一块板统计 5~10 次

数据,求得平均值;同时对唧泥现象进行录像、拍照等记录,然后在内业处理时进行图上测量,对目测值作出修正,最终确定唧泥高度值。共检测路面板 106 块,列举有代表性的唧泥高度见表 1。

本文板底脱空量的定义为路面板底面与基层间空隙距离。为分析唧泥高度与板底脱空量的相关关系,对唧泥高度具有代表性的板块钻孔测量板底脱空量,钻孔位置取距路面板边缘 1/4 板长处,一块板取 4 处数据,求得平均值,同时进行拍照等记录。共检测路面板 20 块,检测结果见表 1;唧泥高度 X 与板底脱空量 Y 的相关关系曲线如图 1 所示。

表 1 唧泥高度和板底脱空量代表值
Tab. 1 Typical values of pumping heights and voids

板号	唧泥高度/cm	脱空量/mm	板号	唧泥高度/cm	脱空量/mm
行车道 J1	16	8	超车道 J1	5	3
行车道 J2	9	5	超车道 J2	40	15
行车道 J3	40	16	超车道 J3	25	9
行车道 J4	22	10	超车道 J4	18	7
行车道 J5	28	11	超车道 J5	30	11
行车道 J6	30	12	超车道 J6	20	9
行车道 J7	8	4	超车道 J7	14	6
行车道 J8	15	7	超车道 J8	18	8
行车道 J9	10	6	超车道 J9	26	10
行车道 J10	50	18	超车道 J10	10	5

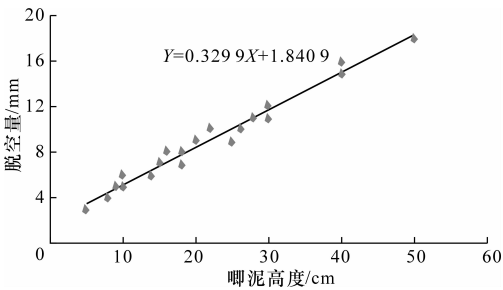


图 1 唧泥高度与板底脱空量的相关关系

Fig. 1 Relational curve of pumping height and void

通过对唧泥观测数据统计分析并结合钻孔实测,提出基于唧泥高度的路面板底脱空程度的判定标准,见表 2。

表 2 基于唧泥高度的路面板底脱空程度判定标准
Tab. 2 Evaluation criteria for detecting the degree of voids based on pumping heights

脱空程度	轻度	中等	严重
脱空量/mm	<6	6~12	>12
唧泥高度/cm	<10	10~30	>30

3 自补偿式压浆材料

为了保证浆体的性能要求,选择合适的配合比,

对广东、福建、上海、河北、山东、四川、安徽、河南等地 28 条公路实际浆体配合比进行了调研,发现采用的配合比范围为:水泥:砂:粉煤灰:膨胀剂为 1:0.6:(0.45~0.5):0.1,水灰比为 0.5~0.6;水泥:粉煤灰:膨胀剂为 1:(0.5~0.6):(0.06~0.11),水灰比为 0.45~0.7。

针对旧水泥路面不同程度的脱空,引入浆体硬化自膨胀补偿收缩理论对压浆材料配合比设计,特别是对膨胀剂的掺量进行分析,具体配比和试验结果如下所述^[10-11]。

(1)针对路面板底轻度脱空,配制了有机类自补偿式压浆材料:水泥+乳化沥青+膨胀剂+水。不同配合比有机类自补偿式压浆材料 5 d 收缩率试验结果如图 2 所示。

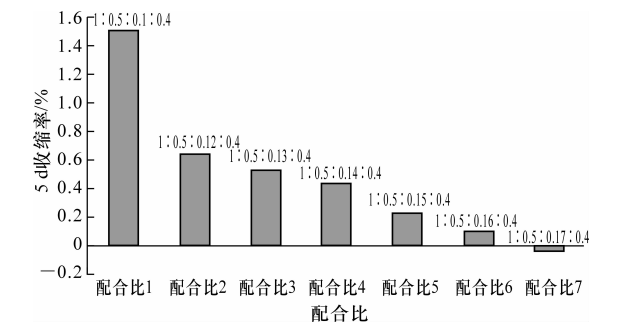


图 2 不同配合比有机类自补偿式压浆材料 5 d 收缩率试验结果
Fig. 2 5 days shrinkage ratios of organic shrinkage-compensating mud-jack materials with different mix proportions

由图 2 可见,7 种配合比压浆材料的 5 d 收缩率分别为 1.51%、0.64%、0.53%、0.44%、0.23%、0.10%、-0.03%。当膨胀剂的掺量比小于 0.17 时,有机类自补偿压浆材料硬化后体积均发生收缩变形;而当膨胀剂的掺量比大于等于 0.17 时,有机类自补偿压浆材料硬化后体积发生膨胀变形。对以上不同配合比材料膨胀自补偿性能结合经济性等因素的分析,推荐有机类自补偿式压浆材料配合比为:水泥:乳化沥青:膨胀剂:水=1:0.5:(0.17~0.20):0.4。同时考虑到乳化沥青作为压浆材料组成部分,虽具有流动性较好、可以方便施工及破乳后水膜形成板底下封层能够防止水损害等优点,但硬化后强度偏低,使得压浆材料硬化后强度不足,故有机类自补偿式压浆材料宜适用于对压浆材料硬化强度要求不高的路面板底轻度脱空压浆处治。

(2)针对路面板底中度脱空,配制了水泥类自补偿式压浆材料:水泥+粉煤灰+膨胀剂+水。对不

同配合比的压浆材料进行 5 d 收缩率试验,结果如图 3 所示。

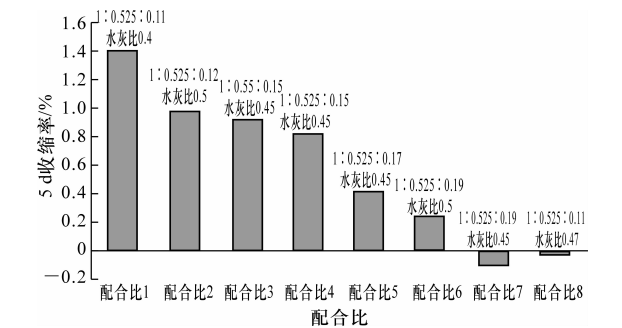


图 3 不同配合比水泥类自补偿式压浆材料 5 d 收缩率试验结果
Fig. 3 5 days shrinkage ratios of cement shrinkage-compensating mud-jack materials with different mix proportions

由图 3 可见,8 种配合比压浆材料的 5d 收缩率分别为 1.42%、0.97%、0.92%、0.82%、0.42%、0.24%、-0.08%、-0.02%。其中,当膨胀剂的掺量比小于等于 0.17 时,水泥类自补偿压浆材料硬化后体积均发生收缩变形;当膨胀剂的掺量比大于等于 0.19、且水灰比小于等于 0.47 时,水泥类自补偿压浆材料硬化后体积发生膨胀变形。通过对以上不同配比材料膨胀自补偿性能结合经济性等因素的分析,推荐水泥类自补偿式压浆材料配合比为:水泥:粉煤灰:膨胀剂=1:0.525:(0.19~0.2),水灰比为 0.45~0.47。因水泥类自补偿式压浆材料流动性要差于有机类自补偿式压浆材料,当路面板底轻度脱空时浆体不易流动填充,故水泥类自补偿式压浆材料宜适用于路面板底中度脱空压浆处治。而有机类自补偿式压浆材料硬化后体积膨胀变形,不能完全填充板底中度脱空空隙,故不宜用于路面板底中度脱空压浆处治。

(3)针对路面板底重度脱空,配制了掺砂自补偿式压浆材料:水泥+粉煤灰+膨胀剂+砂+水,其中砂的粒径为 0.60~2.36 mm,不同配合比的压浆材料 5 d 收缩率试验结果如下页图 4 所示。

由图 4 可见,4 种配合比压浆材料的 5 d 收缩率分别为 0.79%、0.37%、0.16%、-0.03%。其中,当膨胀剂的掺量比小于 0.17 时,掺砂自补偿压浆材料硬化后体积均发生收缩变形;而当膨胀剂的掺量比大于等于 0.17 时,掺砂自补偿压浆材料硬化后体积发生膨胀变形。通过对以上不同配比材料膨胀自补偿性能结合经济性等因素的分析,推荐掺砂自补偿式压浆材料配合比为:水泥:粉煤灰:膨胀剂:

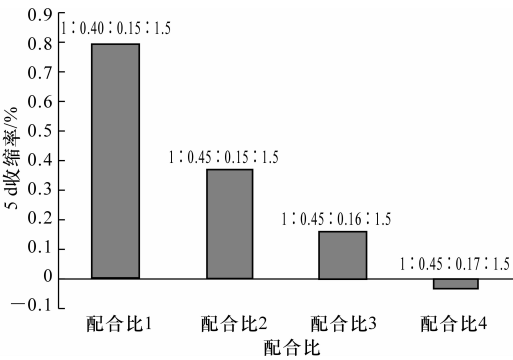


图 4 不同配合比掺砂自补偿式压浆材料 5 d 收缩率试验结果

Fig. 4 5 days shrinkage ratios of sand shrinkage-compensating mud-jack materials with different mix proportions

砂(0.6 mm<粒径<2.36 mm)=1∶0.45∶(0.17~0.20)∶1.5,水灰比为 0.55。此外,应注意掺砂自补偿式压浆材料中的细砂成分,虽可以提高其压浆材料硬化后的强度,但由于砂子相对其他浆体成分粒径较大,因此,掺砂自补偿式压浆材料流动性较差,且对压浆设备要求较高。当路面板底中度或轻度脱空时浆体较难流动填充,故掺砂自补偿式压浆材料宜适用于路面板底重度脱空压浆处治。由于有机类 and 水泥类自补偿式压浆材料硬化后体积膨胀变形,不能完全填充板底重度脱空空隙,故不宜用于路面板底重度脱空压浆处治。

4 钻孔复核验证与弯沉检测评价

为验证基于唧泥高度路面板底脱空程度判定标准的准确度与可信度,在试验段随机选取 10 处路面板,先基于唧泥高度进行板底脱空程度判定,然后钻孔复核检测,检测结果见表 3。

表 3 唧泥高度判定与钻孔复核检测脱空程度结果

Tab. 3 Degrees of voids detected by pumping heights and core-drilling rechecks

板号	唧泥高度/cm	唧泥高度判定	脱空量/mm	钻孔复核
行车道板 1	0	无脱空	0	无脱空
行车道板 2	7	轻度脱空	5	轻度脱空
行车道板 3	45	重度脱空	16	重度脱空
行车道板 4	0	无脱空	0	无脱空
行车道板 5	28	中度脱空	13	重度脱空
超车道板 1	9	轻度脱空	6	中度脱空
超车道板 2	33	重度脱空	14	重度脱空
超车道板 3	5	轻度脱空	3	轻度脱空
超车道板 4	10	轻度脱空	5	轻度脱空
超车道板 5	22	中度脱空	10	中度脱空

由表 3 可知,路面板底脱空唧泥高度判定与钻孔复核结果相符率达到 80%,仅有 2 块路面板判别情况稍有差异,说明基于唧泥高度路面板底脱空程度判定标准具有较高的准确度与可信度。

为评价上述 3 种自补偿式压浆材料处治路面板底脱空效果,在试验段随机选取 20 处路面板,采用上述 3 种自补偿式压浆材料处治板底脱空前后进行弯沉检测,检测结果见表 4。

表 4 采用自补偿式压浆材料处治脱空前弯沉检测结果

Tab. 4 Deflections detected before and after treating voids by self-compensating mud-jack materials

板号	处治前弯沉/mm	处治后弯沉/mm	板号	处治前弯沉/mm	处治后弯沉/mm
行车道板 6	0.29	0.07	超车道板 6	0.59	0.10
行车道板 7	0.40	0.11	超车道板 7	0.63	0.09
行车道板 8	0.39	0.10	超车道板 8	0.41	0.14
行车道板 9	0.34	0.07	超车道板 9	0.44	0.33
行车道板 10	0.48	0.14	超车道板 10	0.33	0.07
行车道板 11	0.30	0.14	超车道板 11	0.28	0.12
行车道板 12	0.40	0.13	超车道板 12	0.29	0.11
行车道板 13	0.54	0.24	超车道板 13	0.34	0.16
行车道板 14	0.67	0.14	超车道板 14	0.33	0.06
行车道板 15	0.45	0.08	超车道板 15	0.42	0.08

由表 4 可知,路面板在采用自补偿式压浆材料处治板底脱空后弯沉值明显减小,仅有 2 块路面板弯沉值大于 0.2 mm(中国规范采用标准荷载作用下 0.2 mm 弯沉值作为脱空判别标准),说明自补偿式压浆材料处治路面板底脱空效果良好。

5 结 语

(1)通过对唧泥观测数据统计分析并结合钻孔实测,提出了基于唧泥高度的路面板底脱空程度的判定标准。

(2)引入浆体硬化自膨胀补偿收缩理论,推荐分别适用于处治路面板底轻度、中度和重度脱空的自补偿式压浆材料。

(3)试验段钻孔复核与弯沉检测结果表明,基于唧泥高度的路面板底脱空判定标准具有较高的可信度和准确度,自补偿式压浆材料处治效果良好。

(4)路面板底脱空的判定与处治是较为困难和复杂的问题,往往要考虑多个方面进行综合研究,本文提出的基于唧泥高度的路面板底脱空程度判定标准和推荐的处治路面板底脱空的自补偿式压浆材料,还需在今后的工程实践中进一步完善和发展。

参考文献:

References:

- [1] 罗文斌. 水泥砼路面唧泥损坏与防治[J]. 湖南交通科技, 2003, 29(9): 31-32.
LUO Wen-bin. Pumping damage and prevention of cement concrete pavement[J]. Hunan Communication Science and Technology, 2003, 29(9): 31-32. (in Chinese)
- [2] 项瑞柱. 水泥混凝土路面唧泥损坏与防治对策[J]. 交通标准化, 2006(9): 83-85.
XIANG Rui-zhu. Countermeasures on slurry damage of cement concrete pavement[J]. Communications Standardization, 2006(9): 83-85. (in Chinese)
- [3] JTJ073. 1—2001, 公路水泥混凝土路面养护技术规范[S].
JTJ073. 1—2001, Technical specifications of cement concrete pavement maintenance for highway[S]. (in Chinese)
- [4] 刘福明, 陈万里. 压浆技术在处理水泥路面唧泥及板底脱空问题上的应用研究[J]. 筑路机械与施工机械化, 2007, 24(1): 43-46.
LIU Fu-ming, CHEN Wan-li. Application of grouting technology pumping and slab hollow problems on cement concrete pavement[J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2007, 24(1): 43-46. (in Chinese)
- [5] Huang Y H. Pavement analysis of rigid pavements with pumping[D]. West Lafayette: Purdue University, 1993.
- [6] 曾 胜, 赵 健, 邹金锋, 等. 水泥混凝土路面板底脱空注浆的有效性检验指标[J]. 中国公路学报, 2010, 23(6): 7-15.
ZENG Sheng, ZHAO Jian, ZOU Jin-feng, et al. Inspection index of grouting treatment validity for void beneath cement concrete slab[J]. China Journal of Highway and Transport, 2010, 23(6): 7-15. (in Chinese)
- [7] 黄立奎, 张学群. 旧水泥混凝土路面板底灌浆技术研究[J]. 中南公路工程, 2005, 30(4): 145-146.
HUANG Li-kui, ZHANG Xue-qun. Study on grouting technology under old cement concrete road slab[J]. Central South Highway Engineering, 2005, 30(4): 145-146. (in Chinese)
- [8] 孙兴媛. 灌浆技术处治旧水泥混凝土路面的应用[J]. 筑路机械与施工机械化, 2006, 23(2): 26-28.
SUN Xing-yuan. Application of slurry penetration technology treating old cement concrete pavement[J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2006, 23(2): 26-28. (in Chinese)
- [9] 李 野, 高 伟. 水泥混凝土路面板底脱空压浆材料研究[J]. 低温建筑材料, 2007(6): 20-21.
LI Ye, GAO Wei. Research of the material of mud jacking of the cement concrete pavement where there is voids under the slab[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2007(6): 20-21. (in Chinese)
- [10] 郭成超, 王复明, 钟燕辉. 水泥混凝土路面脱空高聚物注浆技术研究[J]. 公路, 2008(10): 232-236.
GUO Cheng-chao, WANG Fu-ming, ZHONG Yan-hui. Research on polymer grouting technology for cement concrete pavement void[J]. Highway, 2008(10): 232-236. (in Chinese)
- [11] 申爱琴, 郭寅川, 马 林, 等. 聚合物胶乳超细水泥灌缝材料的力学性能[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2010, 30(3): 1-5.
SHEN Ai-qin, GUO Yin-chuan, MA Lin, et al. Mechanical performance of crack filling material of polymer emulsion superfine cement[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2010, 30(3): 1-5. (in Chinese)