

短周期养护水泥稳定碎石技术研究

薛志伟

江苏东交智控科技集团股份有限公司, 江苏 南京 211100

[摘要]短周期养护水泥稳定碎石技术, 大幅度降低传统水稳养护周期, 封闭环境中水泥稳定碎石快速达到传统水稳要求的通车强度, 实现快速通车, 指标满足现有规范要求, 节约传统水稳施工过程中的养生费用与安全管控费用, 减少安全隐患。

[关键词]短周期养护; 水泥稳定碎石

DOI: 10.33142/sca.v7i3.11547

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Research on Short Cycle Maintenance of Cement Stabilized Crushed Stone Technology

XUE Zhiwei

Jiangsu Easttrans Intelligent Control Technology Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211100, China

Abstract: Short cycle maintenance of cement stabilized crushed stone technology significantly reduces the traditional water stability maintenance cycle. In a closed environment, cement stabilized crushed stone quickly reaches the required traffic strength for traditional water stability, achieves rapid traffic, meets existing regulatory requirements, saves health and safety control costs in the traditional water stability construction process, and reduces safety hazards.

Keywords: short cycle maintenance; cement stabilized crushed stone

引言

水泥稳定碎石基层属于半刚性基层, 实践中这种路面基层处治方法已有多年历史, 但直到 1983 年世界第十七届道路会议上, 才正式提出这一名称, 并于 1987 年的第十八届世界道路会议上设立“半刚性路面”专项议题, 半刚性基层是我国道路结构中的绝对的主要结构形式。传统水泥稳定碎石基层施工完成后需要 7 天保水养生才能进行下一道工序施工, 需要长时间封闭交通, 严重影响施工效率, 在养护或改扩建类等需要快速开放交通的项目中尤为显著, 给道路通行保障增加了很大难度, 同时局部段落封闭也带来了更多安全隐患。研究出一种可实现水泥稳定碎石短周期养护的技术, 贴近工程应用实际需求。

1 传统基层的特性

传统水稳基层是采用一定数量的浆体填充骨料未填充的空间, 以粗骨料、细骨料作骨架, 嵌挤在一定体积内以达到要求。在应用过程中压实度约等于密实度, 依靠各材料间的挤压锁结原理形成强度。这种结构一开始强度比较高, 随着时间的延长强度会增加, 形成整体。在这种强度高的前提下, 雨水季节不容易渗水、冬季的抗冻性能也得到保障。传统水稳基层一般采用混合料 3%~6% 的水泥, 其无侧限抗压强度在第 7 天可以达到设计图纸的要求, 比其他结构层高出很多。传统水稳基层在临时开放交通的情况下, 不容易产生污染, 绿色环保。

随着社会的快速发展, 人民群众增高质量的出行需求与水泥稳定碎石基层长时间封闭养护的矛盾日益突出; 同时, 过长的养护周期也带来了更多的安全隐患。

2 短周期养护水泥稳定碎石技术概述

短周期养护水泥稳定碎石技术应用一种能够使水泥稳定碎石基层在短时间内形成强度的材料, 实现水泥稳定碎石基层快速通车, 减少公路养护对交通运行的不利影响, 有效缓解公路养护与交通运行之间的矛盾。

2.1 技术原理

应用一种阴离子表面活性剂: 吸附在材料颗粒表面后, 颗粒会带相同电荷而分散均匀, 提高混合料施工和易性。由于在颗粒表面形成吸附膜, 使水泥晶体生长更为完善, 网络结构更为致密, 提高了基体的强度和密实度。

表 1 添加剂技术指标

指标类型	检测项目	单位	要求指标	
化学成分	pH 值	/	应该生产控制值±1 之内	
	碱含量 (Na ₂ O+0.658K ₂ O)	%	≤0.75	
物理性能	含固量	%	≥(95±2)	
	细度	比表面积	m ² /kg	≥200
		(1.18mm 筛筛余)	%	≤0.05
	限制膨胀率	水中 7d	%	≥0.025
	减水率	%	≥16	

2.2 性能验证

2.2.1 无侧限抗压强度试验

一直以来作为水泥稳定碎石的一个重要评价指标的无侧限抗压强度, 与劈裂强度、弯拉强度等指标表现出较好的相关性。现在有的规范和标准 7 天的室内无侧限抗压强度是作为力学性能的评价标准。

在试验数据采集过程中验证：所需测试试件的强度随着器材给到的力值增加，在差不多抵达破坏荷载的区间的时候，试件出现了可见的裂缝，随着设备力值的不断加大，破损程度逐渐加深，最后抵达破坏荷载，试件从上到下整理裂开，最后试件散落成块。

水泥稳定碎石的短周期养护技术与传统水稳技术在各种剂量水泥条件下无侧限抗压强度（7天）关系的试验数据，如表2~表4：

在相同级配及原材料条件下，短周期养生水泥稳定碎石与传统水稳稳定碎石无侧限抗压强度数据对比如下：

表2 无侧限抗压强度试验结果

类别	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d
传统水稳	0.9	1.2	1.7	2.3	3.3	4.2	4.8
短周期养护水稳	1.4	2.6	3.7	4.4	5.0	5.3	5.7
备注	试验采用 4.0%水泥用量						

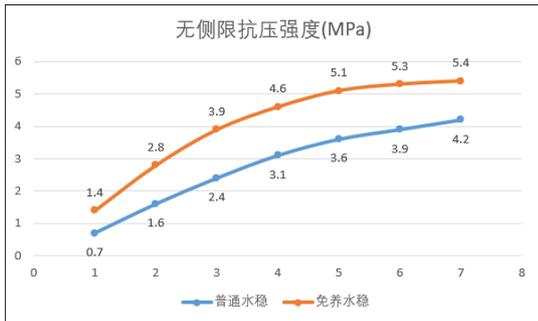


图1 无侧限抗压强度

2.2.2 冻融循环试验

《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51) 所描述的试验方法是让传统的水稳基层模拟处于饱水状态下的冻融循环。不过在现在的道路环境中，沥青面层都是比较密实的，从沥青面层渗透到基层的水量比较小，使得基层不会处于饱水的状态中。因此，在参考《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51) 的基础上，在验证过程中采用干冻循环试验，对比研究水泥稳定碎石在短周期养护技术下的抗冻性能，就是在养生最后1天的时候，不需要饱水24小时。

设定高低温循环试验箱温度的参数，以一天为每个完整的试验循环时间。用多功能试验机对试件进行无侧限抗压强度试验，在一个循环完成后，按要求设定设备加载的速度，抗折强度的试验采用万能试验机进行。含水量相同的短周期养护水泥稳定碎石试件编号为 D0.1Cy，普通水泥稳定碎石试件编号为 D0.25Cy，(D0.1 表示短周期养护水泥稳定碎石，D0.25 表示普通水泥稳定碎石，Cy 表示水泥含量为 y)。

在汇总处理试验数据后，本试验不同条件的试件的无侧限抗压强度都有了明显的衰减，前35次试验循环无侧限抗压强度降低的比较多，在这之后，下降的程度趋于稳定。在此条件的抗折试验数据，也有着接近一致的波动趋势。

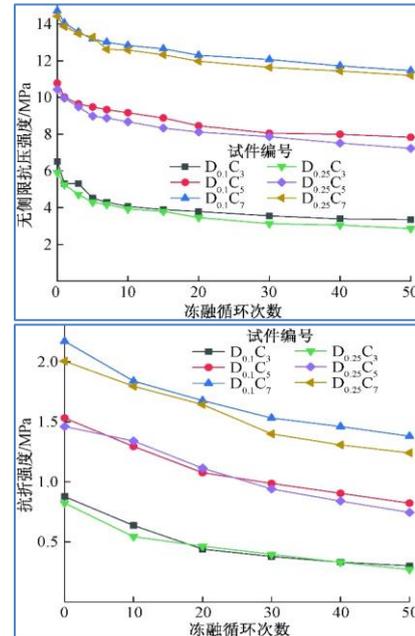


图2 无侧限抗压强度

一般条件下，水稳的冻融耐久性是以无侧限抗压强度作为参照的。在常规条件下，控制指标采用无侧限抗压强度有以下优点：

- (1) 根据数据的变化规律体现冻融之后的损伤程度；
- (2) 对于冻融之后试件的数据变化比较敏感；
- (3) 反馈出来的变化结果比较直观。

表3 水泥稳定碎石材料冻融损伤值

试件编号	损伤值						
	3次	7次	10次	20次	30次	40次	50次
D _{0.1} C ₃	0.185	0.340	0.375	0.418	0.453	0.479	0.486
D _{0.1} C ₅	0.104	0.134	0.149	0.215	0.252	0.258	0.273
D _{0.1} C ₇	0.078	0.115	0.128	0.164	0.180	0.203	0.221
D _{0.25} C ₃	0.202	0.293	0.335	0.414	0.470	0.483	0.515
D _{0.25} C ₅	0.091	0.149	0.168	0.222	0.246	0.280	0.307
D _{0.25} C ₇	0.065	0.124	0.127	0.170	0.193	0.207	0.223

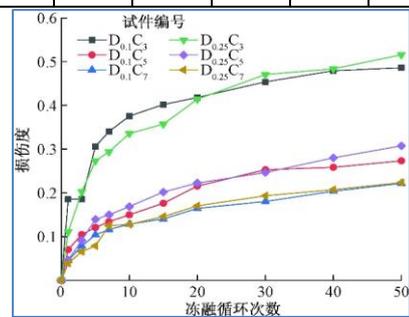


图3 冻融循环次数

通过试验数据汇总分析，养生条件对冻融破坏的结果可以忽略不计；观察区域可以清晰地发现，水泥用量的不同主要影响着冻融破坏结果。

2.2.3 温缩试验

在相同级配、不同水泥剂量条件下，短周期养护水泥稳定碎石与普通水泥稳定碎石温度收缩试验结果如表 4：

表 4 短周期养护水稳与欸弄水稳温度收缩试验结果

水泥剂量 (%)	温缩应变 (10~6)	
	传统水稳	短周期养护水稳
2.5	539	552
3.0	556	574
3.5	568	591
4.0	587	602
4.5	604	626
	传统水稳	短周期养护水稳

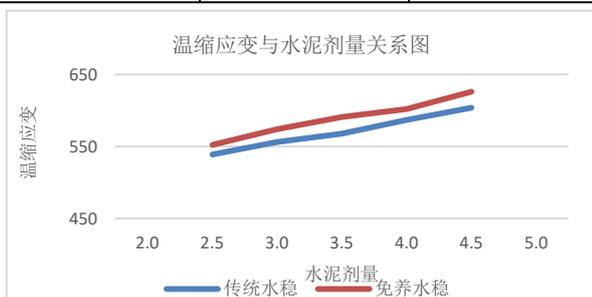


图 4 温缩应变与水泥剂量关系图

2.2.4 回弹模量

选择相同级配、不同水泥剂量条件下测试抗压回弹模量：

表 5 短周期养护水稳与普通水稳回弹模量

抗压回弹模量 (MPa)		水泥剂量 (%)
3956	3928	
3918	3877	3.0
3888	3825	3.5
3547	3419	4.0
2559	2446	4.5
免养水稳	传统水稳	

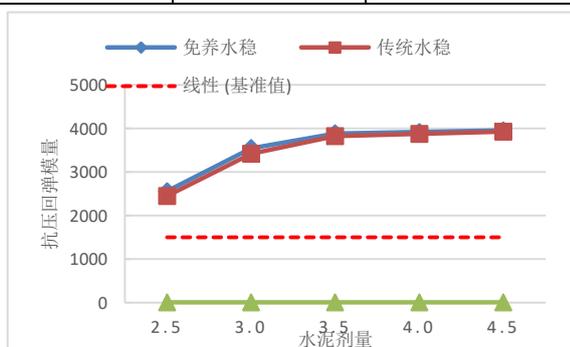


图 5 抗压回弹模量变化图

2.2.5 施工路试件无侧限抗压强度检测

短周期养护水泥稳定碎石配合比采用原水泥稳定碎石配合比设计，设计无养生的试验条件。条件包括：①用塑料

薄膜包裹试件形成无养生或是自养生的条件，养护温度为 20℃；②用塑料薄膜包裹试件形成无养生或是自养生的条件，养护温度为 5℃。测试试件在加水搅拌 16h、20h、24h、48h、72h 后的无侧限抗压强度。参照《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20-2015) 要求，确定短周期养护水泥稳定碎石何时无侧限抗压强度代表值 R^0_d 满足《图纸设计》要求，从而确定在特定的养生条件下，短周期养护水泥稳定碎石强度发展规律，最终确定能够实施上层结构的最早时间。



图 6 用塑料薄膜包裹试件

表 6 短周期养护水泥稳定碎石室内无侧限强度试验结果

序号	质量 (g)	最大压力 (kN)	抗压强度 (MPa)	平均值 (MPa)	养生周期
1	6440.2	54.92	3.11	3.23	24h
2	6440.3	57.57	3.26		
3	6444.5	54.39	3.08		
4	6444.2	57.92	3.28		
5	6446.5	60.57	3.43		
6	6442.6	57.04	3.23		
7	6446.9	84.79	4.80	5.06	48h
8	6439.3	91.56	5.18		
9	6446.8	83.17	4.71		
10	6443.3	95.35	5.40		
11	6449.4	93.73	5.30		
12	6444.0	87.71	4.96		

3 结语

短周期养护水泥稳定碎石技术在满足现有规范要求的同时，不改变原有施工工艺，大幅减少了养护时间，提高了施工效率，降低了安全隐患。在缓解社会矛盾的同时高了建设单位的形象。作为一种新型材料，仍有很大的开发前景。

[参考文献]

- [1] 陈江. 水泥稳定碎石基层施工技术研究[J]. 黑龙江交通科技, 2014, 37(5): 1.
 - [2] 崔洪浩. 市政道路水泥稳定碎石施工技术研究[J]. 工程技术: 文摘版, 2024(2): 83.
 - [3] 马士宾, 杨鑫玮, 徐文斌, 等. 水泥稳定碎石基层材料微裂力学特性研究[J]. 公路工程, 2017, 042(4): 159-163.
- 作者简介：薛志伟 (1990.9—)，男，单位名称：江苏东交智控科技股份有限公司；毕业学校和专业：淮阴工学院；交通工程。