

文章编号: 1000-7598-(2005)11-1853-04

低剂量水泥稳定粒料基本性能

张玉宏^{1,2}, 王松根², 李 昶¹

(1. 东南大学 南京 210096; 2. 山东省交通厅公路局, 济南 250002)

摘 要: 我国长久以来使用的半刚性基层发展到今天已广泛采用水泥稳定粒料基层, 低剂量水泥稳定粒料基层与此类似但减少了水泥用量, 从经济上和防止反射裂缝两个方面改善了水泥稳定粒料基层的性能。首先从级配角度出发, 分析了级配对水泥稳定粒料强度的影响, 规定了各级级配的控制点。然后从水泥稳定粒料基层强度与水泥用量的关系出发, 按相同的集料级配, 针对不同的水泥用量绘制了其最大干密度和含水量的关系曲线。最后按抗压强度和 *CBR* 值对比了不同水泥剂量间及与级配碎石的强度变化情况, 验证了低剂量水泥稳定碎石基层应用的可能性。

关 键 词: 低剂量; 水泥稳定粒料; 性能

中图分类号: TU 528.44

文献标识码: A

Basic performance of low dosage cement stabilized aggregates

ZHANG Yu-hong^{1,2}, WANG Song-gen², LI Chang¹

(1. Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. Highway Bureau of Communication Department of Shandong Province, Jinan 250002, China)

Abstract: Semi-rigidity base materials have been widely used in China for a long period; and now cement stabilized aggregates is the main one. Low dosage cement stabilized aggregates road base is similar with it but the cement dosage is less, so the performance of economy and preventing cracking become better. Firstly, how the percentage of various dimension granule influent the intensity of this material is analyzed secondly, the curve about the relation of intensity and dosage of cement is made, which is based on the same percentage of various aggregates; at last, through comparing the *CBR* and intensity of various dosage cement stabilized aggregates, the probability of using low dosage cement stabilized aggregates is confirmed.

Key words: low dosage; cement stabilized aggregate; performance

1 引 言

水泥稳定粒料是我国目前半刚性基层路面结构的常用材料, 它具有强度高、刚度大等特点, 且抗水损害能力较好, 施工、养生等较二灰碎石等其它半刚性材料简单, 质量相对较易保证, 在我国公路工程得到广泛使用, 在“八五”期间曾开展典型路面结构研究^[1]。但水泥稳定粒料也具有半刚性基层的普遍缺陷: 易产生反射裂缝, 虽通过合理施工和养生可以减少反射裂缝出现的数目和宽度, 但裂缝本身似乎是不可避免的。常规剂量水泥稳定粒料通常采用 4%~6% 的水泥剂量, 其强度虽然较高, 但抗温缩、干缩反射能力也低, 从水泥稳定粒料强度形成的机理考虑, 减少水泥用量应可以降低反射裂缝发生的可能性^[2]。当然, 水泥剂量的减少势必会使其强度下降, 但考虑到裂缝减少后其基层整体性

的提升了, 故这种减少是可以接受的。

日本、澳大利亚等国在应用水泥稳定粒料作基层时往往采用了较小的水泥用量, 其规范中往往规定了水泥用量的高限以保证不会产生严重反射裂缝现象。本文通过分析级配和室内试验结果对低剂量水泥稳定粒料基层的性能进行了探索。

2 级配对水泥稳定粒料强度的影响

集料级配直接影响水泥稳定粒料强度和水泥稳定粒料基层的使用, 集料级配不一样, 其混合料的 7 d 无侧限抗压强度可相差高达 1 MPa 以上。当集料过粗 (26.5 mm 以上的集料过多, 0.075 mm 以下的集料过少), 容易造成离析, 同时也不利于摊铺。同时集料最大粒料含量、5 mm 以下颗粒含量和 0.075 mm 以下颗粒含量对混合料的密实度和强度

有较大的影响, 见图 1~3, 这是由于当集料粒径过小, 不利于水泥稳定粒料形成骨架, 影响强度。

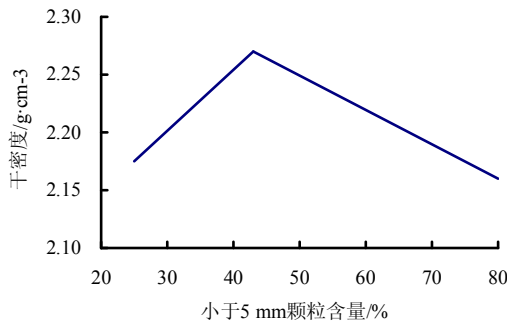


图 1 小于 5 mm 颗粒含量与最大干密度的关系
Fig.1 The relationship of maximum dry unit weight and content of gravel less than 5 mm in diameter

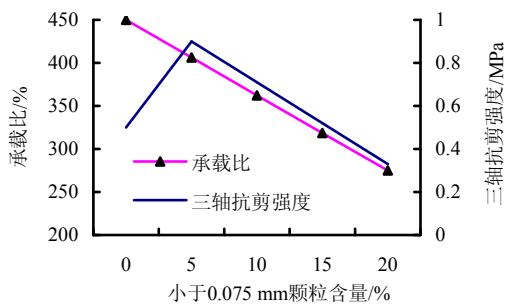


图 2 小于 0.075 mm 颗粒含量与强度的关系
Fig.2 The relationship of maximum dry unit weight and content of gravel less than 0.075 mm in diameter

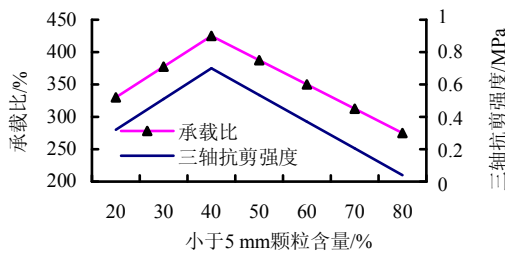


图 3 小于 5 mm 颗粒含量与强度的关系
Fig.3 The relationship of intensity and content of gravel less than 5 mm in diameter

由图 1 可以看出, 小于 5 mm 颗粒含量在 40 % 左右时使干密度最大, 而在高于和低于这一比例时干密度均相应减小。由图 2 可以看出, 小于 0.075 mm 颗粒含量与承载比之间存在较好的相关性, 随着该粒径以下颗粒含量增加, 承载比数值持续减小, 必须限制混合料中该粒径以下颗粒含量, 以保证承载比不会过小。而抗剪强度则在 7.5 % 左右达到峰值。由图 3 看出, 小于 5 mm 颗粒含量与抗剪强度和承载比的关系与其干密度变化相关都是在 40 % 左右时达到峰值。

集料级配是影响水泥稳定粒料干缩应变的重要因素。当混合料中细料含量较多时容易产生较大的干缩应变, 这是因为细料含量过大, 混合料空隙填充过度, 影响混合料的骨架的形成, 容易出现收缩裂缝; 另一方面, 细料含量过少, 混合料空隙填充不饱满, 影响强度形成。因而要严格控制细料的含量, 0.075 mm 筛孔的通过率应控制在 3 %~5 %。由于混合料中的粉尘应和水泥共同填充了集料骨架形成的空隙, 应当一起考虑。在无侧限抗压强度设计值较高而不得不采用较高的水泥剂量时, 应适当降低合成级配中 0.075 mm 的通过率, 以使水泥和粉尘在骨架中填充适当。

在材料的选取时应严格控制最大粒径, 最大一档集料 31.5 mm 筛孔通过率应严格控制在 100 %, 26.5 mm 筛孔通过率为 85 % 左右较为合适, 26.5 mm 筛孔通过率不宜过大, 否则会使集料偏细, 影响骨架的形成。

对于塑性指数的要求, 重粘土和塑性指数过大的土, 易形成土团, 不易粉碎, 水泥稳定的效果不理想, 从而影响到强度形成。因此塑性指数除了要满足一般规定, 还要满足 0.6 mm 以下颗粒的塑性指数小于 12。同时均匀系数 (通过 60 % 的筛孔尺寸与通过 10 % 的筛孔尺寸的比值) 应大于 5, 实际工程中选用均匀系数大于 10。

3 低剂量水泥稳定粒料含水量与干密度的关系

水泥稳定基层属于半刚性基层的一种, 试验表明, 随着水泥剂量的增大, 水泥稳定粒料的强度增大。图 4 为常规水泥剂量中不同水泥剂量与强度关系曲线。可以看出, 曲线在 6 % 时发生折变, 其斜率变大, 强度增长加快。

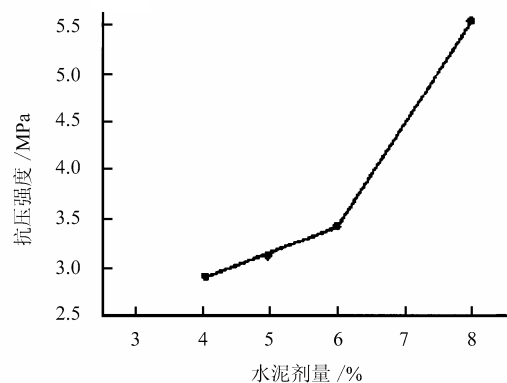


图 4 水泥稳定碎石常规水泥剂量与抗压强度关系
Fig.4 The relationship of cement content and intensity of pressure

从多年来的实际应用来看，常规剂量的水泥稳定粒料拥有一定的强度、刚度和整体性，并且具有较好的水稳性和抗冻性等优点，但是其缺点也很明显，即其抗变形能力低。由于其强度及刚度较大，在温度或湿度交替变化时容易发生收缩开裂，当沥青面层或水泥混凝土面板较薄时，这些裂缝会反射到面层上来，形成反射裂缝，这在较低等级公路上反映最为明显^[3]。

本次试验主要研究低水泥剂量下的水泥稳定碎石的强度，目的是研究低水泥剂量稳定碎石在公路基层中应用的可能性。表 1 为试验所用水泥稳定碎石级配及级配中值。

表 1 水泥稳定碎石级配及级配中值
Table 1 The gradation and its middle value of cement treated gravel for test

级配 /mm	范围 /%	中值 /%	级配 /mm	范围 /%	中值 /%
31.5	100	100	2.36	17~35	26
19.0	88~99	93.5	0.6	5~22	15
9.5	57~77	67	0.075	0~7	3.5
4.75	29~49	39			

水泥剂量为 1 % 时的水泥稳定碎石的干密度与含水量的关系曲线如下图 5 所示。从图 5 可以得到最佳含水量为 5.1 %，最大干密度为 2.25 g/cm³。

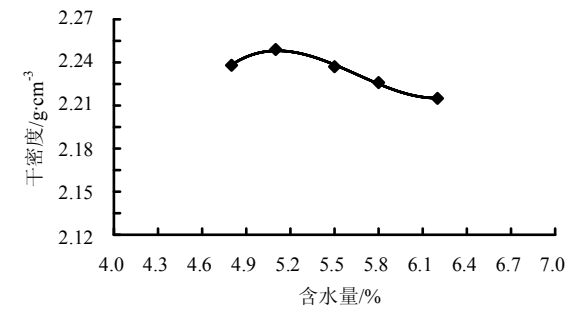


图 5 水泥剂量 1 % 时干密度与含水量关系曲线
Fig.5 The relationship of maximum dry unit weight and water content at 1 % content of cement

水泥剂量为 2 % 时的水泥稳定碎石的干密度与含水量的关系曲线如图 6 所示。从图中可以得到最佳含水量为 5.2 %，最大干密度为 2.25 g/cm³。水泥剂量 4 % 时的水泥稳定碎石的干密度与含水量的关系曲线如图 7 所示。从图中可以得到最佳含水量为 5.5 %，最大干密度为 2.25 g/cm³。经过对不同水泥剂量下的击实试验得到最佳含水量和最大干密度，见表 2。

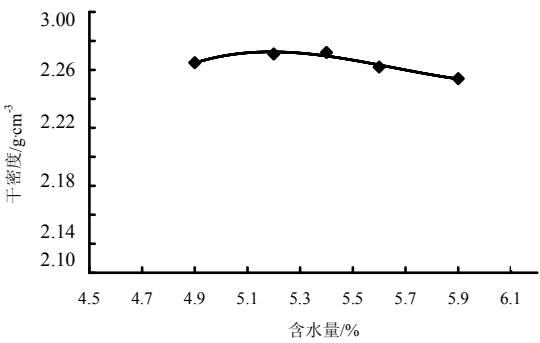


图 6 水泥剂量为 2 % 时干密度与含水量关系曲线
Fig.6 The relationship of maximum dry unit weight and water content at 2 % content of cement

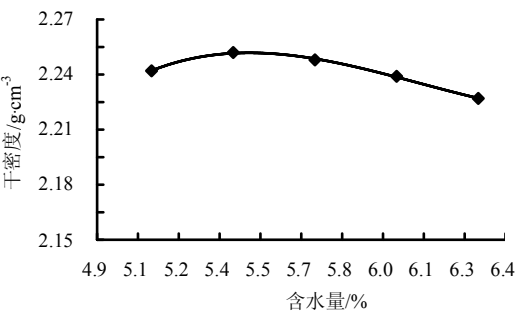


图 7 水泥剂量为 4 % 时干密度与含水量关系曲线
Fig.7 The relationship of maximum dry unit weight and water content at 4 % content of cement

表 2 最佳含水量和最大干密度统计表
Table 2 The collection of dry unit weight and optimal water content at different contents of cement

水泥剂量/%	最佳含水量/%	最大干密度/g·cm ⁻³
1	5.1	2.25
2	5.2	2.25
4	5.5	2.25

由表 2 可以看出，水泥剂量的变化对最大干密度影响不明显，最佳含水量随着水泥剂量的增加而增大。

4 低剂量水泥稳定粒料的强度

表 3 为实验室不同水泥剂量的水泥稳定碎石强度（标准养护 6 d，浸水 1 d 的无侧限抗压强度）试验结果。

表 3 低剂量水泥稳定碎石抗压强度
Table 3 The intensity of pressure of low content cement treated gravel

水泥剂量 /%	偏差系数 /%	平均强度 /MPa
1	21.0	0.35
2	11.2	0.61
4	5.5	2.49

将低剂量水稳的强度与水泥剂量的关系以折线表示如图 8 所示。图中水泥剂量在 1 %~2 % 之间时强度增长缓慢, 在 2 %~4 % 间呈现快速增长的趋势; 当水泥剂量为在 1 %~2 % 时由于水泥剂量太少, 水泥在水泥稳定碎石试件中所起的作用主要为胶结的作用, 而并没有使试件的强度得到质的增加, 这时的水泥稳定碎石相当于级配碎石, 但是相比于级配碎石^[4], 它拥有更好的胶结能力使得基层的整体性更强。而当水泥剂量进一步增加, 水泥的强度作用得以发挥, 强度随水泥剂量的增加才快速增长。

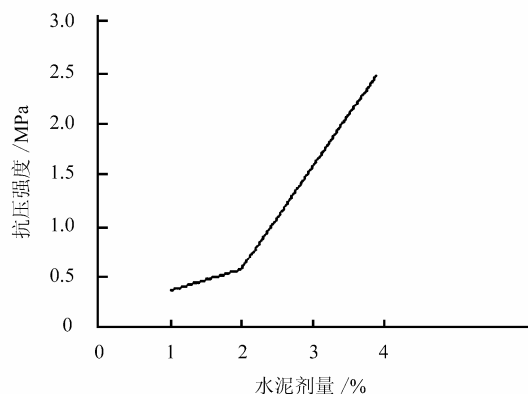


图 8 低剂量水泥稳定碎石水泥剂量与抗压强度关系
Fig.8 The relationship of intensity of pressure and cement content

考虑到 1 % 水泥稳定碎石成型过程困难及其对强度的影响, 有必要对 1 % 水稳的 *CBR* 值进行测定, 方法同级配碎石。表 4 为 1 % 水稳碎石的 *CBR* 值测定结果。从可以看出, 1 % 的水稳 *CBR* 值较大, 与级配碎石相比, 其强度有了明显的增加。

表 4 1 % 水泥稳定碎石 *CBR* 试验结果
Table 4 The *CBR* test result at 1% cement content

试验结果	<i>CBR</i> / %					
测定值	203.8	213.1	206.7	195.6	218.4	191.5
平均值 / %	204.9					
偏差系数 / %	5.0					

5 结 论

(1) 水泥稳定粒料基层材料的水泥用量对最大干密度影响不大, 而最佳含水量随水泥用量的增加而增加, 这表明水泥填充集料空隙的作用在水泥剂量不同时变化不大, 其强度主要来源于水泥水化作用。

(2) 水泥剂量在 1 %~2 % 之间时, 强度增长缓慢, 在 2 %~4 % 之间时, 呈现快速增长的趋势;

(3) 低剂量水泥稳定粒料基层 (直到 1 %) 具有高于级配碎石基层材料的 *CBR* 值和基层整体性, 是一种很好的基层材料。

(4) 结合曾开展的试验段施工发现, 降低水泥用量对于减少水泥稳定粒料基层的反射裂缝是有效的。

(5) 在路面结构设计过程中可以调整结构组合进行厚度设计, 使用低剂量水泥稳定粒料基层, 提供基层的整体性, 防止反射裂缝。

综上所述, 低剂量水泥稳定粒料基层有着广泛的应用可能性, 可以在我国工程实践中广泛应用, 这对于降低较低等级公路的造价, 防止水泥稳定粒料基层的早期反射裂缝具有积极意义。

参 考 文 献

- [1] 沙庆林. 高等级公路半刚性基层沥青路面[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999. 550—640.
- [2] 张登良, 郑南翔. 半刚性材料抗裂性能研究[A]. 半刚性基层沥青路面[C]. 北京: 人民交通出版社, 1991. 31—42.
- [3] 郑健龙, 张起森. 半刚性基层沥青路面反射裂缝的扩展规律及应力吸收膜的止裂作用[A]. 同济大学道路与交通工程研究所, 半刚性基层沥青路面[C]. 北京: 人民交通出版社, 1991. 202—219.
- [4] 何兆益, 黄卫, 邓学钧. 不同成型条件下级配碎石力学特性研究[J]. 东南大学学报, 1997, 27(1):133—135.
HE Zhao-yi, HUANG Wei, DENG Xue-jun. The analysis of mechanic character of graded gravel under different molding methods[J]. *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*, 1997, 27(1):133—135.