

文章编号: 0451-0712(2006)02-0145-03

中图分类号: U414.03

文献标识码: A

# 半刚性基层材料干缩和温缩特性试验研究

朱云升<sup>1,2</sup>, 郭忠印<sup>2</sup>, 陈崇驹<sup>2</sup>, 温珀玮<sup>3</sup>, 齐武生<sup>3</sup>

(1. 武汉理工大学交通学院 武汉市 430063; 2. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室 上海市 200092;

3. 深圳市公路局 深圳市 518003)

**摘 要:** 半刚性基层材料目前已广泛应用于我国高等级公路路面结构中,但是随着温度和湿度的变化,这种材料容易产生开裂,影响路面使用性能。本文通过对几种半刚性基层材料进行室内干缩和温缩试验研究,分析其干缩应变、干缩系数、温缩应变、温缩系数等参数的变化规律,为科学地进行半刚性基层材料配合比设计和改善其抗裂性能提供一些基础资料。

**关键词:** 半刚性基层; 干缩; 温缩; 裂缝

半刚性基层的缺点是抗变形能力差,在温度和湿度变化时发生收缩,易产生开裂,当沥青面层较薄时,易形成反射裂缝,进而严重影响路面的使用性能。因此应该科学地进行材料配合比设计,从而把裂缝减少到最低程度。

半刚性基层材料的收缩分为干缩和温缩两种。干缩主要发生在竣工后初期阶段,水泥与各种细集料和水经拌和、压实后,由于蒸发和混合料内部发生水化作用,混合料的水分会不断减少,由于水的减少而发生毛细作用、吸附作用、分子间的作用、材料矿物晶体或凝胶体间层间水的作用和炭化收缩作用等,会引起半刚性基层材料毛细孔隙中的自由水失去而产生体积收缩。当基层上铺筑沥青面层后,基层的含水量一般变化不大,此时半刚性基层的收缩转化为温缩为主,温度收缩是由于组成半刚性基层材料的三相在降温过程中相互作用的结果,使半刚性基层材料产生体积的温度收缩<sup>[1,2]</sup>。

在混合料组成设计中,要通过抗压强度试验和干缩试验综合考虑水泥剂量的选择,既要保证半刚性基层整体材料满足强度要求,又要考虑其干缩和温缩特性,避免结构产生过大的收缩应力和过多的收缩裂缝。

## 1 试验半刚性基层材料选择

某高速公路地处南亚热带,属海洋性季风气候,

气候湿热,雨量充足且降雨相对较为集中,4月~9月为雨季,年降雨量达1 941 mm,为了减少路表水通过裂缝渗入到路面结构而造成路面破坏的影响,对该高速公路基层所采用的水泥稳定碎石和水泥稳定石屑干缩变形及温缩变形特性进行试验研究。为此,对水泥稳定碎石和水泥稳定石屑进行室内击实试验确定不同水泥剂量情况下的最大干密度和最佳含水量,选择了满足无侧限抗压强度要求的水泥稳定碎石(5%和6%两种水泥剂量,编号为1号和2号混合料)、掺入20%碎石的水泥稳定石屑(4%和5%两种水泥剂量,编号为3号和4号混合料)、未掺碎石的水泥稳定石屑(水泥剂量5%,编号为5号混合料)几种混合料进行干缩和温缩性能试验<sup>[3]</sup>。

## 2 试验试件成型

按照上述几种混合料重型击实试验所确定的最大干密度和最佳含水量,采用室内小型搅拌机拌和混合料,根据现场施工98%的压实度称量拌制好的混合料分3层装入10 cm×10 cm×40 cm的试模中,每层分别进行捣实,然后在压力机上采用400 kN的成型压力将试模的上压块压入试模内,在400 kN的压力下静压60 s后卸载,到水泥初凝时间后脱模,得到10 cm×10 cm×40 cm的中梁试件,每种混合料平行试件数量为3个,成型好的试件用塑料袋密封,放在标准养护室中进行保湿养生。

### 3 室内干缩试验

#### 3.1 试验方法

关于我国高等级公路路面结构常用的半刚性基层材料的干缩特性目前还没有统一的测定标准,本次试验利用手持应变仪(精度0.001 mm)测量中梁试件在一定失水率下的收缩变形(如图1所示)。

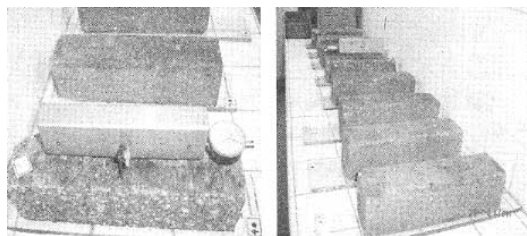


图1 干缩试验手持应变仪和试件

试件经过7 d 保湿养护后取出,把试件编号,以20 cm 为标距,在试件表面安装测头,放在天然湿度下风干,本次试验室内温度基本保持在17~25℃左右,观测不同试件随着风干时间增加其重量变化和收缩变形,直至试件含水量不再减小,体积基本保持不变为止<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 干缩试验结果

本次试验测试了中梁试件21 d 的干缩变形情况,根据累积干缩变形计算干缩系数:

$$\alpha_d = \frac{\sum \Delta \epsilon_{di}}{\sum \Delta \epsilon_{wi}} \quad (1)$$

式中:  $\sum \Delta \epsilon_{di}$  为累计干缩变形;  $\sum \Delta \epsilon_{wi}$  为失水量。

干缩应变、干缩系数与失水量、时间的关系曲线见图2~图5。

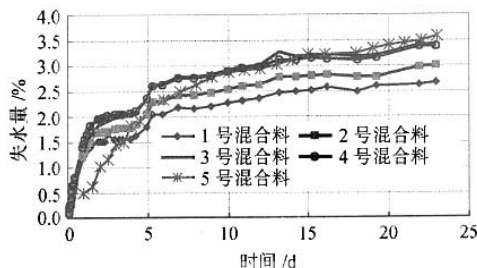


图2 失水量~时间关系曲线

(1) 基层、底基层材料干缩应变和失水量在试验初期(初期10 d 左右)受环境影响变化较大,后期变化趋于平缓;干缩系数在试验初期变化较大,而后期

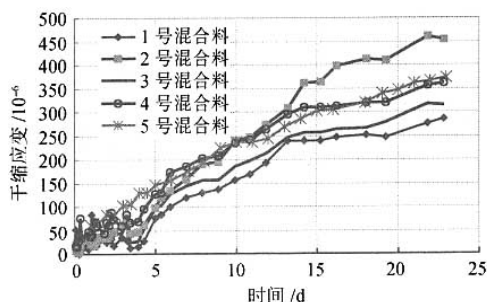


图3 干缩应变~时间关系

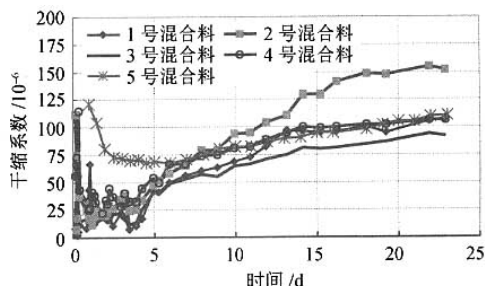


图4 干缩系数~时间关系

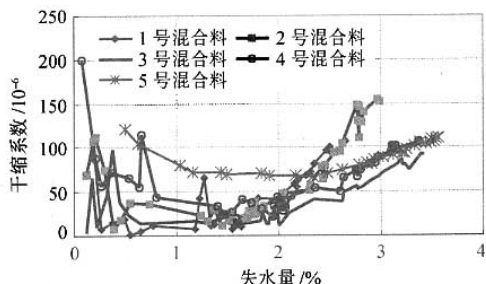


图5 干缩系数~失水量关系

受失水量影响变化较小,说明材料干缩系数是一个较为稳定的材料参数,可用于评价材料干缩性能。

(2) 同种集料级配水泥稳定碎石随水泥含量的增加干缩系数增大,抗干缩性能趋于不利,如:水泥剂量5%的水泥稳定碎石干缩系数大于水泥剂量4%的水泥稳定碎石。因此,在进行混合料配合比设计时应兼顾混合料强度和干缩特性确定合理的水泥剂量,水泥剂量如果太高,强度可以保证,但是其抗干缩性能就会下降,而由干缩引起的裂缝是半刚性基层路面产生反射裂缝的一个重要诱因。

(3) 由干缩系数~失水量关系图与失水量~时间关系图可以看出,在试验初期,失水量变化速度最快,此时干缩系数变化最大且数值较大,因而水泥稳

定碎石、水泥稳定石屑等半刚性材料在施工初期的10 d左右养生条件至关重要,建议施工后一周内必须进行湿法养生,以防失水过大,干缩应变加剧,从而过早地产生干缩裂缝。

(4)从掺碎石和未掺碎石的水泥稳定石屑干缩试验结果看,未掺碎石的水泥稳定石屑抗干缩性能略低于掺入20%碎石的水泥稳定石屑,尤其是在干缩初期,水泥稳定石屑掺碎石后能有效改善其干缩性能,在干缩后期,这种影响相对较小。因此,在实际施工过程中水泥稳定石屑应掺入适量碎石以改变其抗干缩变形性能。

## 4 室内温缩试验

### 4.1 试验方法

(1)本次试验采用同济大学道路与交通工程教育部重点实验室研制的JNZS-2001A路面材料胀缩试验仪测定,将成型好并在标准养护室养生好的试件放置于材料温缩试验仪中。

(2)温度范围根据工程所在地的气候、水文资料,7月平均气温为28℃,极端最高气温为36.7℃,1月平均气温为12℃,极端最低温度为0.2℃,年平均气温为22℃,因此将温度控制范围划为25~0℃,每降5℃分为一级间隔,每级温度下试件至少静置6 h,则可认为试件内外温度达到一致。

(3)温缩试验的起始温缩试验的起始温度为25℃,在设定温度下放置6 h,用手持应变仪快速测定试件变形,然后调至下一温度设定值,进行下一级试验。

(4)根据公式(2)计算温度收缩系数 $\alpha_T$ ,其中 $\sum \Delta \epsilon_T$ 为温度间隔 $T_{i+1} \sim T_0$ 条件下的应变量,相同试件的温缩系数取平行试件的平均值。

$$\alpha_T = \frac{\sum \Delta \epsilon_T}{T_{i+1} \sim T_0} \quad (2)$$

式中: $\Delta \epsilon_T$ 为累计温缩应变, ( $\times 10^{-6}$ );  $T_{i+1}$ 为当前测试温度,℃;  $T_0$ 为起始温度,℃。

### 4.2 温缩试验结果

水泥稳定碎石和水泥稳定石屑温度与温缩应变和温缩系数关系见图6和图7。

由试验结果可以看出以下两点。

(1)由各试验混合料的温缩应变~温度关系曲线可知,温缩应变随着温度降低基本呈线性增大,变化趋势基本相同。相比各种混合料的温缩应变,未掺碎石的水泥稳定石屑温缩应变最大,其抗温缩性能

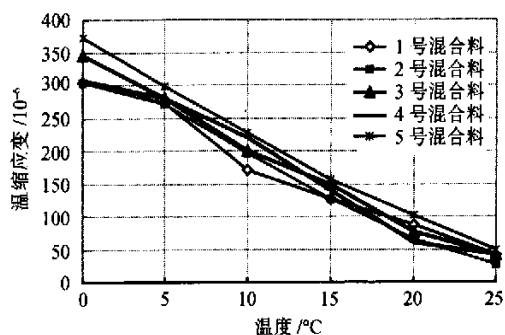


图6 基层底基层材料温缩应变~温度曲线

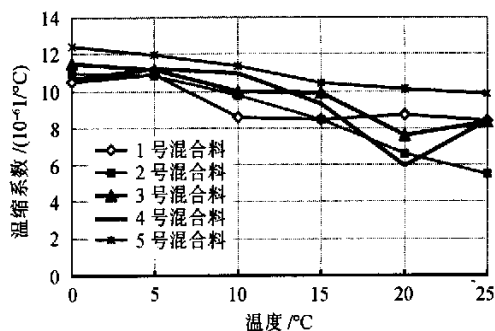


图7 基层底基层材料温缩系数~温度曲线

最差。

(2)由温缩系数~温度变化曲线可知,各种混合料的温缩系数也随着温度降低而逐渐增大,因此,对于水泥稳定类半刚性材料在低温时抗温缩性能更差。

## 5 结论

从不同水泥剂量的水泥稳定碎石和水泥稳定石屑混合料室内温缩干缩试验结果来看,干缩系数是一个较为稳定的材料参数,可用于评价材料干缩性能。水泥稳定碎石、水泥稳定石屑等半刚性材料在施工初期的10 d左右养生条件至关重要,施工后一周内必须进行湿法养生,在干缩初期,水泥稳定石屑掺入适量碎石后能有效改善其抗干缩和温缩性能。

## 参考文献:

- [1] 沙庆林,等.高等级公路半刚性基层沥青路面[M].北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 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.
- [3] JTJ034-2000,公路路面基层施工技术规范[S].
- [4] 丛林,等.半刚性基层材料性能参数的试验研究[J].建筑材料学报,2001,14(4).

文章编号: 0451-0712(2006)01-0148-05

中图分类号: U414.01

文献标识码: A

# 纤维增强沥青混凝土路用性能研究

任传军<sup>1</sup>, 孙家瑛<sup>2</sup>, 施惠生<sup>1</sup>, 戴亚英<sup>3</sup>

(1. 同济大学环境材料研究所 上海市 200092; 2. 上海市市政工程研究院 上海市 200031; 3. 上海大学 上海市 200072)

**摘 要:** 沥青混凝土中掺加纤维能显著提高沥青混凝土的路用性能, 提高路面的抗水侵害能力, 提高路面的高温稳定性以及减少路面的反射裂缝。试验讨论了聚酯纤维与聚丙烯腈纤维对沥青混合料的路用性能的影响。结果表明, 掺加 0.25% 聚酯纤维及 0.3% 聚丙烯腈纤维, 沥青混合料的稳定度提高约 20%~30%, 残留稳定度达到 90% 以上, 动稳定度提高 3 倍左右。

**关键词:** 纤维沥青混凝土; 路用性能; 增强机理

随着经济、社会以及现代化交通事业的发展, 道路的实际使用寿命越来越受到广泛的关注和重视。国外一些国家纷纷提出一些不同的设计体系和技术措施, 如 SMA、SUPERPAVE 等。同时针对沥青混凝土路面常见的反射裂缝、水侵害以及车辙相对严重等病害, 提出了相应的对策。其中采用掺加纤维增强沥青混凝土的路用性能是目前使用较广的措施。1960 年加拿大多伦多大学的 N. M. Davis 发表了关于水泥混凝土路面沥青加铺层反射裂缝防治措施的文章, 首次系统地研究了纤维作为添加材料改善沥

青路面抗反射裂缝性能的问题<sup>[1]</sup>。20 世纪 70 年代法国也在路面材料中加入了石棉纤维, 并增大了沥青用量, 使较粗糙的路面结构具有较好的防水性能和耐疲劳强度<sup>[2]</sup>。20 世纪 80 年代, 我国为适应现代重载交通, 对路面材料性能要求相应提高, 开始加强沥青材料的应用研究, 并在纤维加强沥青路面方面做了大量的工作<sup>[3]</sup>。

纤维材料的种类很多, 有天然纤维、人造纤维、有机纤维和无机纤维。早期通常使用木质素等纤维, 由于此类纤维较短, 材质较脆, 在混合料中难以发挥

收稿日期: 2005-10-11

## A Study on Experiments of Dry Shrinkage and Temperature Shrinkage Performances of Semi-Rigid Base Course Materials

ZHU Yun-sheng<sup>1,2</sup>, GUO Zhong-yin<sup>2</sup>, CHEN Chong-ju<sup>2</sup>, WEN Po-wei<sup>3</sup>, QI Wu-sheng<sup>3</sup>

(1. Transportation College, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China;

2. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China;

3. Shenzhen Highway Bureau, Shenzhen 518003, China)

**Abstract:** Semi-rigid base course materials are widely used in the pavement structure in China, but with variations in temperature and humidity, this kind of materials easily cracks and influences the working performances of pavements. Through the lab experiments of dry shrinkage and temperature shrinkage of some semi-rigid base course materials, some parameters such as the strain, coefficient of dry shrinkage and temperature shrinkage are obtained, that provides some fundamental information for the mixture ratio design of semi-rigid course and improving its crack-resistance performance.

**Key words:** semi-rigid base course; dry shrinkage; temperature shrinkage; crack