

文章编号: 1002-0268 (2004) 10-0041-03

水泥混凝土路面薄层修补的收缩性能研究

张 擎, 王选仓, 魏 进
(长安大学公路学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 新老混凝土界面收缩剪应力是水泥混凝土路面快速薄层修补的重要研究内容。收缩剪应力来源于新铺混凝土的收缩。本文分析了影响混凝土收缩的因素, 通过进行混凝土板收缩试验, 测定了混凝土板收缩。最后给出减小混凝土收缩的措施。

关键词: 水泥混凝土薄层; 混凝土收缩; 剪应力

中图分类号: U416 216

文献标识码: A

Study of Shrinkage Performance of Lamina in Repairing Concrete Pavement

ZHANG Qing, WANG Xuan-cang, WEI Jin

(School of Highway, Chang'an University, Shaanxi Xi'an 710064, China)

Abstract: The shrinkage strain of concrete in the interface between new and old concrete is important studying field in rapid repair of concrete pavement using cement concrete lamina. The shrinkage strain comes from shrinkage of new concrete. In this paper, the factors affecting shrinkage of concrete is analyzed. Through experiment of shrinkage of concrete slab, the number of shrinkage of concrete slab is measured. At last, the measure for decreasing shrinkage is provided.

Key words: Cement concrete lamina; Shrinkage of concrete; Shearing stress

0 引言

对损坏的水泥混凝土路面采用水泥混凝土薄层修复是一种新型的水泥路面快速修补方法。新铺混凝土龄期短, 收缩应变较大, 上下层新老混凝土之间的收缩应变差, 引发新老混凝土粘结面上产生收缩剪切破坏应力, 由于新铺混凝土抗拉强度和新老混凝土界面粘结强度都很低, 容易引起新老混凝土粘结修补结构的破坏。因此, 混凝土修补薄层的收缩性能是水泥混凝土路面薄层修补的重要研究内容。混凝土的收缩包括水泥水化收缩、干燥收缩、自收缩、温度收缩和塑性收缩。依据水泥混凝土路面板实际工作条件, 本文仅考虑干燥收缩、温度收缩和塑性收缩。

1 新老混凝土收缩应变影响因素分析

收缩应变

$$\epsilon_c = K_1 \epsilon_{c0} \quad (1)$$

式中, ϵ_{c0} 为基本收缩应变, 规范推荐取 $7 \times 10^{-4} \text{ m/m}$; K_1 为收缩系数, 与湿度、温度、尺寸、形状、材料和时间等有关。

1.1 混凝土组成材料

混凝土中粗细骨料构成了混凝土的骨架, 级配良好的粗骨料可以承担一部分收缩应力, 约束水泥石收缩; 另外, 级配良好的粗细骨料可以形成密实空间结构, 降低空隙率, 减少水泥石用量, 从而减小混凝土的收缩。集料粒径越大, 收缩越小; 砂率越大, 收缩

收稿日期: 2004-03-24

基金项目: 交通部西部交通建设科技项目资助 (2001-318-788 77)

作者简介: 张擎 (1971—), 男, 河南长垣人, 长安大学博士, 研究方向为路基路面工程. (zhangqing2553@sohu.com)

越大；高弹性模量和粗糙表面的集料对收缩有较大约束；砂岩配制混凝土产生的收缩，比选用花岗岩、石英和石灰岩配制混凝土产生的收缩大 2 倍；轻集料混凝土比普通集料混凝土收缩大。

水泥石对混凝土塑性收缩的影响最大。水泥石相对含量越高，混凝土收缩就越大；水泥用量越大，混凝土收缩越大；水灰比越大，混凝土收缩越大；水泥细度越大，比表面积越大，收缩越大；火山灰质硅酸盐水泥收缩较大。

混凝土中的纤维能够降低混凝土收缩。铣削型钢纤维抑制混凝土收缩的效果比熔抽型钢纤维更好；钢纤维体积掺量在 0~2% 时，收缩应变值会随着钢纤维掺量的增大而减小，收缩值可降低 40%~50%；钢纤维体积掺量超过 2% 时，在 90d 龄期时，混凝土收缩基本停止；增大钢纤维长径比，混凝土收缩降低；钢纤维对高水灰比混凝土的限制作用比低水灰比更显著；对高水泥含量的混凝土基体，钢纤维的限制作用格外显著。

使用火山灰质材料代替部分水泥时会增大收缩；减水剂能降低混凝土水灰比，也能减小混凝土收缩；膨胀剂在混凝土内部生成了部分钙矾石，促使混凝土产生一定的膨胀，能够减小混凝土的收缩。

1.2 混凝土板的厚度

混凝土板的收缩具有尺寸效应，收缩对板的厚度很敏感。另外，混凝土板的厚度越薄，蒸发比表面积越大，混凝土表面蒸发失水越快，受外界温度变化的影响就越大，混凝土内温度梯度也越大，混凝土收缩应变也越大。

1.3 施工条件和养护环境

施工和养护阶段温度和湿度对混凝土收缩影响很

大。温度剧烈变化能增大混凝土的收缩变形，水泥混凝土路面施工温度越高，计算的降温温差就越大，混凝土内部产生的温度梯度就越大，温度收缩也越大。湿度剧烈变化也能增大混凝土的收缩变形，混凝土中水分的散失，会在混凝土表面产生表面张力，引起混凝土收缩。温度和湿度变化通常是共同产生影响的；风速越大，混凝土表面的蒸发率就越大，越有利增大表面收缩应变。

2 试验

试验目的在于研究混凝土路面薄板收缩应变规律，提出适合薄层修补用的混凝土及减小收缩的方法。试验内容：（1）混凝土板的收缩与其组成材料的关系，混凝土板收缩与板尺寸的关系；（2）研制适合薄层修补的混凝土材料。

2.1 试验材料和试件尺寸

采用 3 种钢纤维水泥混凝土制作收缩试件，混凝土设计抗折强度均为 5.0MPa。水泥采用广西鱼丰牌 42.5[#] 水泥；钢纤维为上海产哈瑞克斯牌 Ami04-32-600 型铣削钢纤维，长径比 35~40，抗拉强度≥700MPa。3 种混凝土配合比见表 1。制作 5 种混凝土板收缩试件，其尺寸见表 2。

表 1 3 种混凝土材料配合比表

	水泥	水	碎石	砂子	U 型膨胀剂	减水剂	钢纤维
1 型钢纤维混凝土	450	162	1221 (粒径≤20mm)	574	45	4.5	58.5
2 型钢纤维混凝土	500	180	1221 (粒径≤16.5mm)	574	50	5	58.5
3 型钢纤维水泥胶砂	586	200	0	1173	58.6	5.86	58.5

表 2 5 种混凝土板收缩试件尺寸表

	路面板 1	路面板 2	1 型试件	2 型试件	3 型试件	4 型试件	5 型试件
长度 /m	5	5	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
宽度 /m	4.5	4.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
高度 /m	0.02	0.08	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
长边当量高度	0.00996	0.03937	0.00957	0.018367	0.026471	0.03396	0.04091
短边当量高度	0.00996	0.0393	0.00952	0.018182	0.026087	0.03333	0.04

2.2 试验过程

试验过程如图 1。

2.3 试验结果

试验结果见表 3 和表 4，收缩拟合公式见图 2 和图 3。

2.4 试验分析

（1）表 3 和表 4 试验结果表明，混凝土组成材料对混凝土板收缩的影响最显著。混凝土中水泥石含量

表 3 混凝土板短边收缩应变结果

板厚 /cm	3d	7d	14d	28d	60d
10	0.43889	0.77222	1.175	1.8917	2.2889
8	0.60556	0.93889	1.5417	2.3583	2.7722
6	0.36944	1.00278	1.9	2.8333	3.2583
4	0.14722	0.94444	1.9528	3.0306	3.0083
2	1.24722	3.72778	5.7414	6.9933	6.3778

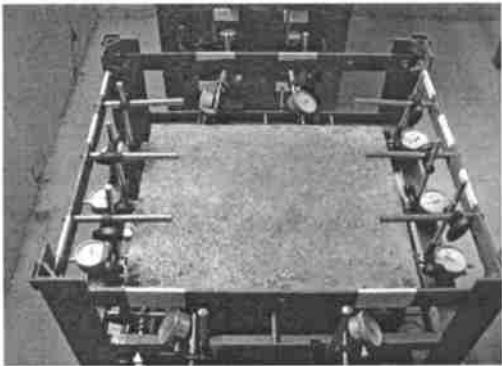


图 1 混凝土板收缩试验

表 4 混凝土板长边收缩应变 0.1mm/m

板厚/cm	3d	7d	14d	28d	60d
10	0.31852	0.64444	0.8852	1.4815	1.7889
8	0.37778	0.78148	1.2741	2.0667	2.3852
6	0.55926	1.11852	1.8111	2.6296	2.9704
4	0.38889	1.10741	2.0333	2.9148	2.937
2	0.83704	3.16296	5.1889	5.6226	5.2222

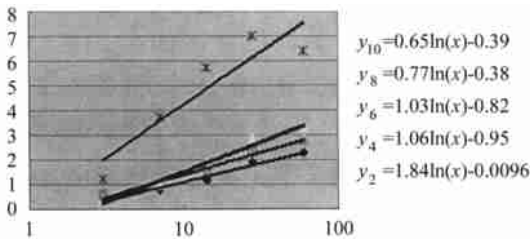


图 2 混凝土板短边收缩拟合公式

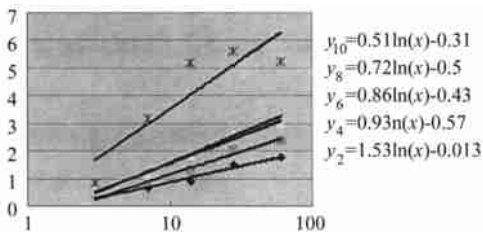


图 3 混凝土板长边收缩拟合公式

越大，混凝土板收缩也越大。龄期 60d 时，2 型混凝土产生的收缩应变比 1 型混凝土产生的收缩应变大 20%~30%；特别是 3 型水泥砂浆不含有粗骨料，其收缩应变比 4cm 厚的 2 型混凝土板产生的收缩应变增大 90%~110%。由此可见，粗骨料对抑制混凝土收缩具有很大作用。

(2) 混凝土凝结初期，钢纤维混凝土收缩应变基本满足与时间对数的线性关系；而在中、后期，收缩应变随着时间的增长逐渐减小，最后停止。这表明钢纤维有效抑制了混凝土的后期收缩增长。

(3) 图 2 和 3 的拟合公式表明，随着混凝土板当量高度的减小，混凝土板收缩应变逐渐增大，但收缩

系数增大的趋势变缓。当混凝土板当量高度是 0.04 时，收缩系数为 0.6 左右；当量高度是 0.034 时，收缩系数为 0.75 左右，两者相比增加了 20%；当量高度是 0.026 时，收缩系数为 0.9；当量高度为 0.018 时，收缩系数为 1.0，两者相比增加约 10%。

(4) 混凝土板停止收缩的时间与其当量高度有关。混凝土板的当量高度越小，早期产生的收缩变形就越大，停止收缩的时间就越早。如当量高度在 0.01 时，混凝土板停止收缩的时间是 20d 左右；在 0.018 时，停止收缩的时间是 28d 左右；当量高度为 0.04、0.034、0.026 时，60d 后，混凝土板的收缩仍在继续增长。

3 结论

(1) 混凝土板收缩试验表明，1 型和 2 型钢纤维混凝土制作的混凝土板 60d 的收缩应变不大于 $3 \times 10^{-4} \text{ m/m}$ ，考虑到混凝土板收缩将受到下层老混凝土的约束及混凝土自身徐变的影响，实际混凝土产生的收缩会小于 $1 \times 10^{-4} \text{ m/m}$ ，因此，1 型和 2 型钢纤维混凝土基本可以满足薄层修补的要求。由于 3 型混凝土为水泥砂浆，不含有粗骨料，收缩应变很大，不宜采用。因此，建议采用聚合物混凝土提高混凝土的抗变形能力。

(2) 进一步降低减小混凝土收缩应变的措施有，合理设计混凝土配合比，减小混凝土中水泥石的相对含量，降低混凝土单位用水量和水灰比，使用高效减水剂、膨胀剂、钢纤维，加强施工和养护期间保湿保温工作；合理确定混凝土板的尺寸，适当增大板的截面当量高度。

参考文献:

[1] 潘立本. 混凝土收缩与徐变的试验研究 [J]. 河海大学学报, 1997 (9) .

[2] 马丽媛, 姚燕, 田培, 王玲, 尚礼忠, 贾祥道. 国内外混凝土的收缩性能及抗裂性试验研究方法评述 [J]. 水泥与混凝土, 2001 (1) .

[3] 王永威, 蒲心诚. UEA 补偿收缩超高强混凝土的研究 [J]. 混凝土, 2001 (11) .

[4] 覃维祖. 混凝土的收缩、开裂及其评价与防治 [J]. 混凝土, 2001 (7) .

[5] J Branch, D J Hannant, Mulheron. Factors Affecting the Plastic Shrinkage Cracking of High-strength Concrete [J]. Magazine of Concrete Research, 2002, 54 (5): 347-354.