

掺橡胶粉的路面水泥混凝土微细观结构 改性机理研究

李 彰

(石家庄市地方道路管理处,河北 石家庄 050000)

摘要:采用扫描电镜技术对掺橡胶粉路面混凝土中集料-水泥石界面及断裂形貌进行表征,并结合混凝土的物理和力学性能,综合分析胶凝体系的水化过程,推测橡胶粉对混凝土微细观结构的改性机理。胶粉的掺入可有效地阻止混凝土裂纹的发展,提高路面混凝土的延性,降低脆性,增强抗裂性等。

关键词:橡胶粉混凝土;界面结构;混凝土裂纹;改性机理

中图分类号:TU528.0 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2015)03-0040-04

0 引言

橡胶粉在水泥基材料中的应用既有助于固体废弃物的资源化,又能明显改善混凝土的性能。大量的室内试验表明:胶粉可以提高混凝土复合材料的冲击韧性、抗冻性能和抗渗性能,但橡胶集料同时也会造成水泥混凝土抗折强度和抗压强度的降低^[1-4]。对胶粉混凝土的微细观结构,尤其是集料-水泥石界面及断裂形貌的研究有助于揭示胶粉的改性机理,而扫描电镜技术是对集料-水泥石界面及断裂形貌进行表征分析的有效手段^[5]。

1 试验过程

1.1 原材料

水泥:鹿泉水泥有限公司生产的 P·O42.5 级水泥。

胶粉:北京泛洋华腾科技有限公司提供的粒径为 20 目子午胎胶粉。

细集料:中砂,细度模数为 2.7。

粗集料:碎石,最大粒径为 31.5 mm。

1.2 试验设计

本文开展的胶粉混凝土基本力学性能的试验研究,包括抗压强度、抗折强度两个方面。各组试件的基准配比如下:水泥总量为 407 kg/m³,水灰比为 0.38,砂率为 37%,将胶粉以外加剂的形式按水泥质量的 2%、5%、8% 分别掺入,本研究中未考虑橡胶粉体积变化的影响。具体配合比如表 1 所示。

表 1 橡胶粉混凝土配合比

组别	水泥/(kg·m ⁻³)	细集料/(kg·m ⁻³)	粗集料/(kg·m ⁻³)	水/(kg·m ⁻³)	胶粉/(kg·m ⁻³)
1	407	697.8	1 208.4	155	8.14
2	407	697.8	1 208.4	155	20.35
3	407	697.8	1 208.4	155	32.56

1.3 样品表征

采用日本 Hitachi S-4800 超高分辨率扫描电子显微镜对样品微观结构进行表征。

2 测试结果与分析

2.1 胶粉混凝土的抗压、抗折强度

图 1 为胶粉混凝土随胶粉掺量的不同,其抗压强度和抗折强度的变化图。

从图 1 中可以看出,随着胶粉掺量的增加,混凝土 7 d、28 d 的抗压强度和抗折强度均变小。当胶粉掺量<5%时,混凝土强度变化幅度较小,当胶粉掺量在 5%到 8%时,混凝土强度变化速率加快,掺量 8%时,相对基准混凝土来说,抗压强度降幅达 29%,抗折强度降幅达 17.78%。

由于胶粉本身是一种弹性材料,在外部荷载作用下,混凝土中的水泥石和骨料共同承担应力作用。胶粉本身几乎没有任何承载能力,所在位置类似于“孔洞”,造成掺胶粉的混凝土材料密度下降,混凝土复合材料承受载荷的有效体积下降,最终使得胶粉水泥混凝土材料的承载能力低于普通混凝土的承载能力^[6]。

2.2 荷载作用下的破坏形态

普通混凝土在受到荷载后,临近破坏时产生裂缝,裂缝迅速扩展并丧失承载能力。破坏时伴有巨响,断口呈一字型,呈现明显的脆性破坏形态(图 2)。

而胶粉混凝土的破坏形态明显不同于普通混凝土的破坏形态,胶粉混凝土的立方体在抗压强度测试后试件仍保持原有形状,裂而不开。试件在破坏时发出的声音比较闷,在破坏后能保持一定的完整性(图 3)。

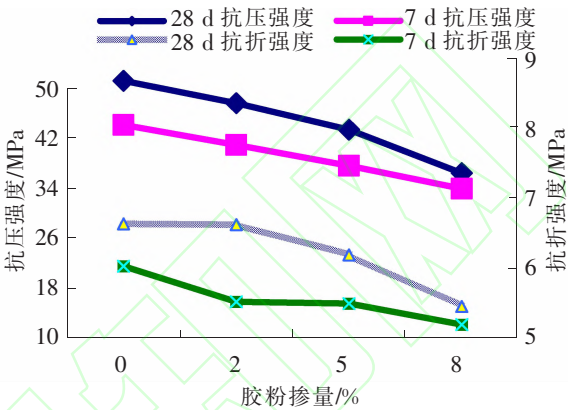


图 1 不同掺量胶粉混凝土的抗折、抗压强度



图 2 普通混凝土的破坏形态图



图 3 胶粉混凝土的破坏形态图

2.3 胶粉混凝土断裂形貌分析

图 4 为基准混凝土的断口形貌,混凝土水化产物中有大量硅酸钙水凝胶及少量针状钙矾石矿物,伴有较多的孔隙,使水化产物之间松散结合(图 4(a));而水泥水化时生成的氢氧化钙(六方板状)生成厚实的晶体并失去六角形轮廓,填充于 CSH 凝胶中(图 4(b)),从而为混凝土本身提供强度。

由图 5 可见胶粉与混凝土基体的结合情况(胶粉掺量为 8%):胶粉与混凝土基体界面连接不密实,过渡带结构显得非常松散、多孔,过渡区宽度明显增大(图 5(a));对胶粉表面的产物中(图 5(b)),界面过渡

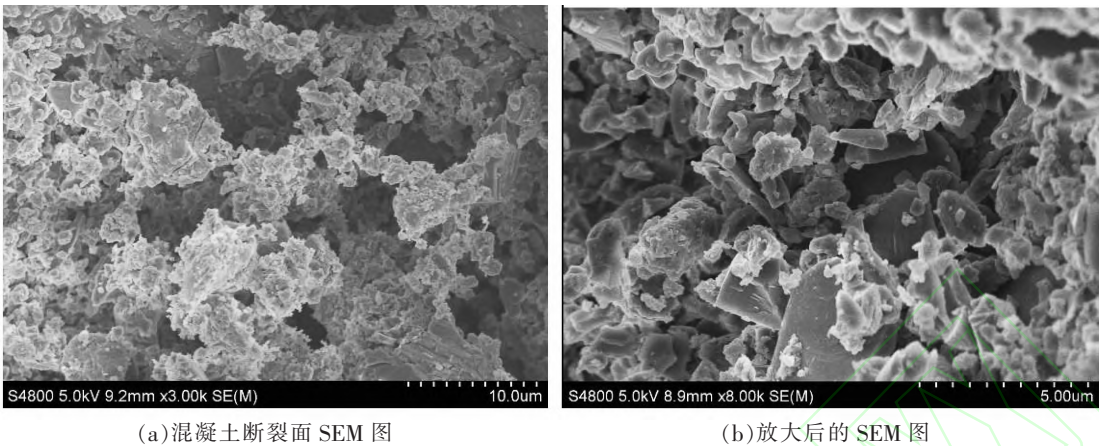


图 4 基准混凝土的断裂形貌图

区 CH 晶体较多,且取向性明显,也构成了界面薄弱区。随着胶粉掺量的增大,混凝土内部薄弱界面会逐渐增多,这是导致胶粉水泥混凝土材料的强度下降的主要原因(图 1)。

图 6 为胶粉掺量 5%时胶粉混凝土复合材料的断口形貌,可以看到混凝土复合材料断裂后形成的贯穿裂缝(如图 6(a))。裂纹的扩展遇到胶粉后将会自然终止,以致混凝土复合材料在受冲击力的作用下,无法形成贯通的长裂缝。此时,微裂纹开始沿不同的方向扩展,使得试件在破坏后仍旧保持完整性,不会出现突然裂开的现象(图 3)。

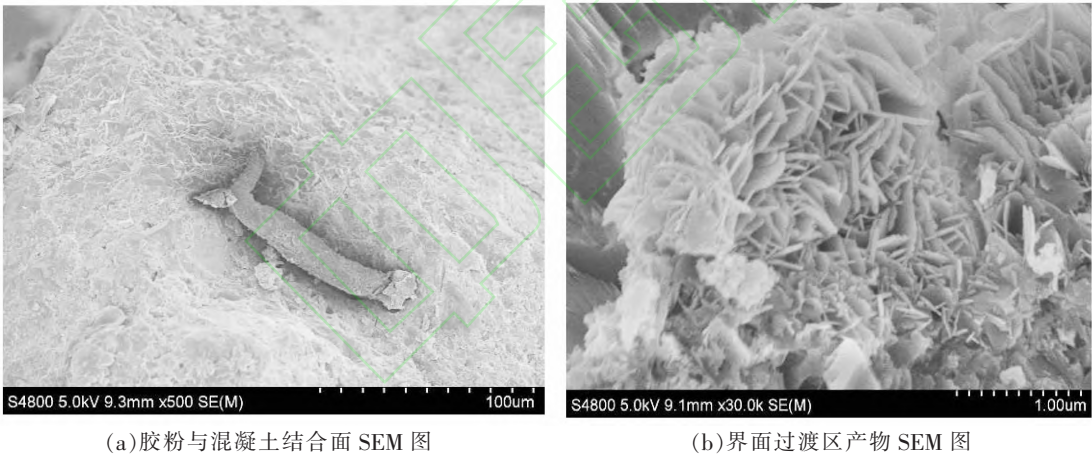


图 5 橡胶粉混凝土的微观形貌图

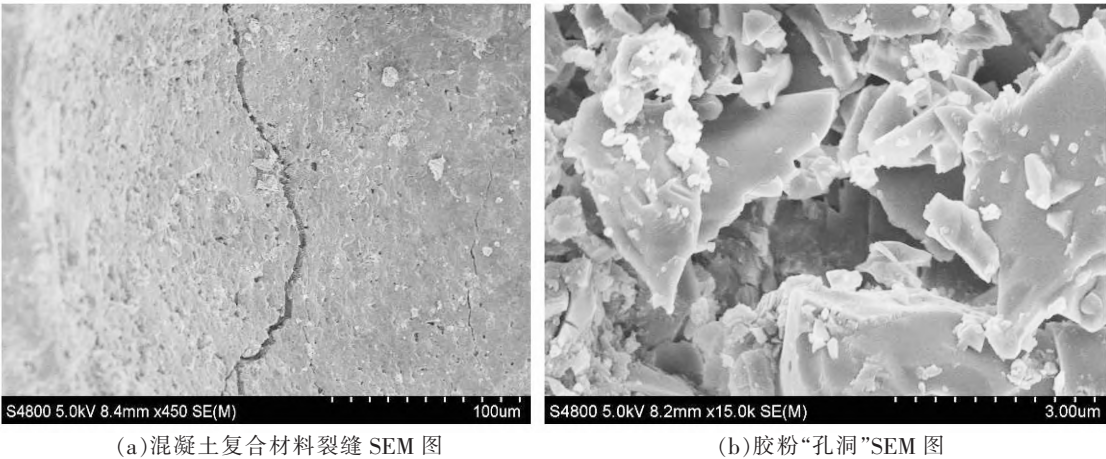


图 6 胶粉混凝土在荷载作用下的微观形貌图

通过扫描电镜进一步分析胶粉所在的“孔洞”结构,发现内部存在若干孤立片段和尖端位置(如图6(b))。这些尖端在连续载荷的作用下容易引起应力集中,起到应力倍增作用。当应力集中到一定程度时,微裂纹在即会在尖端处就会产生,就可能和混凝土中先天固有的微裂纹汇合,形成贯通的裂缝,最终导致混凝土断裂强度下降(图1)。

2.4 胶粉改性机理分析

当普通混凝土材料受到荷载时,在其内部会产生很多的微裂纹,这些微裂纹在连续冲击载荷的作用下,会迅速扩展并汇合,形成贯通裂缝,进而发生突然断裂,且伴有脆响的声音。由于胶粉自身强度低,弹性好,变形能力强,其加入水泥混凝土中,相当于一个能吸收能量的“弹性体”,因此胶粉混凝土发生断裂时会发出的闷响的声音。

当裂纹遇到这些弹性体后,可以通过胶粉变形吸收能量,使混凝土的应力得到释放,进而阻止裂纹的进一步扩展,但是随着荷载的增加,材料的集中应力进一步增大,胶粉的吸能作用达到一定程度时,裂纹绕过胶粉进一步扩展,最后使混凝土复合材料破坏^[7]。

胶粉掺量在一定范围内时,主要起到吸收能量、阻止微裂纹扩展的作用,混凝土体现出较好的韧性。随着胶粉掺量的继续增大,胶粉的孔洞效应和弱界面效应增强,其韧性随之下降。

3 结论

(1)掺入一定量的橡胶粉后,混凝土力学性能也发生较大变化,胶粉掺量 $<5\%$ 时,混凝土强度变化幅度较小;当胶粉掺量 $>8\%$ 时,相对基准混凝土来说,抗压强度及抗折强度均出现大幅下降。

(2)橡胶粉“孔洞”效应以及胶粉-混凝土基体弱界面的存在,是造成混凝土材料强度降低的主要原因。

(3)橡胶粉作为弹性体通过变形吸收能量,使混凝土应力得到释放,进而阻止裂纹的扩展,正负效应的存在,决定了橡胶粉最佳的掺量是保持胶粉混凝土的良好路用性能的必要条件。

参 考 文 献

- [1]梁树伟. 纤维/胶粉水泥混凝土力学性能研究[J]. 交通世界, 2011(13): 98-101
- [2]梁树伟. 胶粉与纤维混掺对水泥混凝土冻融性能的影响[J]. 交通标准化, 2011(10): 165-168
- [3]王婧一, 王立燕, 张亚梅. 弹性橡胶混凝土压、弯变形性能试验研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2008(2): 6-10.
- [4]王玉杰. 提高水泥混凝土路面耐久性的控制措施研究[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2014, 27(1): 56-59.
- [5]闫广天. 掺合料对混凝土体积稳定性的影响[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2012, 25(1): 89-93
- [6]李淑进, 赵铁军. 混凝土渗透性与微观结构关系的研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2004(2): 6-8.
- [7]管学茂, 史新亮. 橡胶粉改性路面水泥混凝土性能研究[J]. 新型建筑材料, 2008(10): 11-14.
- [8]覃峰, 包惠明. 橡胶粉水泥混凝土性能试验的研究[J]. 混凝土, 2007(9): 69-72.

Study on the Microstructure Properties of Rubberized Concrete Pavement

Li Zhang

(Shijiazhuang Local Road Management Office, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: In this work, the interfacial structure of the aggregate-cement matrix of the rubberized concrete pavements, as well as the failure morphology, is characterized by the SEM technique. Combining with the study of concrete physical and mechanical properties, the hydration process is analyzed, leading to the hypothetic concrete modification mechanisms for the rubber powder. It is suggested that the the development of concrete cracks can be inhibited by the addition of rubber powder, which can explain the improvement of concrete ductibility, decreases of brittleness, and the enhancement of the crack resistance.

Key words: Rubberized concrete pavement; Interfacial structure; Concrete crack; Modification mechanism