

纤维与聚合物对混凝土抗冲击及耐磨性影响研究

刘纪伟¹, 梁勇², 王胜², 周明凯¹, 徐方³

(1. 武汉理工大学 硅酸盐材料工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430070; 2. 湖北省宜昌市夷陵区公路管理局, 湖北 宜昌 443100; 3. 中国地质大学(武汉) 工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:通过试验,研究了聚酯纤维和丁苯乳液分别在单掺、复掺条件下对混凝土抗冲击及耐磨性能的影响。结果表明,单掺聚酯纤维或聚合物乳液均能改善混凝土的抗冲击及耐磨性能,且改善效果随着掺量的增加呈现增强趋势。纤维-聚合物复掺时,试样抗冲击及耐磨性能会得到进一步改善,且改善效果明显好于单掺效果。从经济性角度分析,复掺的材料成本比单掺低,显示出较高的性价比。

关键词:聚酯纤维; 丁苯乳液; 抗冲击性能; 耐磨性能; 复合改性

中图分类号: TU528.37 **文献标志码:** A

一般而言,路面混凝土脆性大,抗折强度、韧性及耐磨性等明显不足,且长期经受着车轮等的机械摩擦作用,致使其往往还未达到寿命期限便出现各种破坏。为提高路面混凝土的抗冲击及耐磨等性能,国内外学者进行了大量研究^[1-2],其中向混凝土中加入纤维便是常用方法,但因纤维与水泥石间粘结性能并不好,致使其改善效果不显著。另有资料显示,在纤维混凝土中加入聚合物乳液,除能改善集料与水泥石的界面过渡区,提高试样柔韧性外,还能有效改善纤维与基体间的粘结性能^[3],进一步发挥纤维在混凝土中的增韧阻裂作用,从而体现出两者的复合改性效果。据此,本文研究了聚酯纤维、聚合物乳液在单掺、复掺情况下对混凝土抗冲击性能、耐磨性能的影响。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

水泥采用华新 P. O42.5 普通硅酸盐水泥。集料采用湖北省通山玄武岩碎石及同岩性的机制砂,碎石和机制砂的复合掺配比例为 2.3:3,集料物理力学性能及复配曲线见表 1 及图 1。聚合物乳液采用上海 BASF 生产的 SD623 改性羧基丁苯乳液,相关性能见

表 2。有机纤维采用武汉天汇纤维材料有限公司生产的群胜牌聚酯纤维,具体技术参数和物理性能见表 3。

表 1 集料物理性能

集料	表观密度/ (g · cm ⁻³)	压碎值/ %	含泥量/ %	吸水率/ %
碎石(4.75 ~ 13.2mm)	2.928	9.2	0.3	0.97
机制砂(0 ~ 4.75mm)	2.943	8.7	0.2	0.99

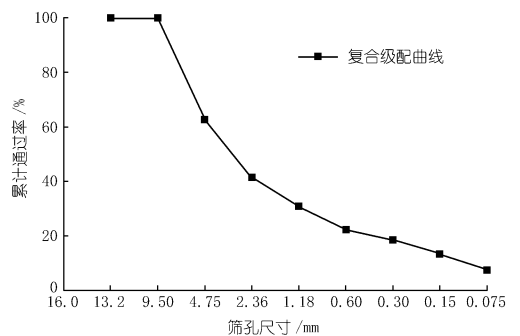


图 1 集料复配曲线

1.2 试验配合比

试验中碎石及机制砂总量为 2 100 kg/m³,水泥用量为 325 kg/m³,水灰比为 0.36。试验中设计的配合比见表 4。

收稿日期:2012-12-17

基金项目:交通运输部科研项目(2011318223420);中国博士后科学基金面上资助项目(2011M501258);湖北省自然科学基金一般项目(2011CDB351);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CUGL100214)

作者简介:刘纪伟,男,硕士研究生,主要从事道路、桥梁及水工建筑材料方面的研究。E-mail:1026315904@qq.com

表 2 SD623 的相关性能

固含量/ %	pH	25℃黏度/ (mPa·s)	密度/ (g·cm ⁻³)	平均 粒径/nm	玻璃化 温度/℃	表面张力/ (mN·m ⁻¹)
50	8.3	40	1.01	150	13	45

表 3 聚酯纤维的相关理化性能

长度/ mm	直径/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)	熔点/ ℃	燃点/ ℃	抗拉 强度/MPa	断裂伸 长率/%
12±0.5	0.014±0.005	1.36	520	560	540	42

表 4 试验配合比

编号	丁苯乳液 用量/ (kg·m ⁻³)	纤维 掺量/%	编号	丁苯乳液 用量/ (kg·m ⁻³)	纤维 掺量/%
0-C-00	0	0	0-C-12	0	12
70-C-00	70	0	0-C-14	0	14
80-C-00	80	0	80-C-10	80	10
90-C-00	90	0	80-C-12	80	12
100-C-00	100	0	80-C-14	80	14
0-C-10	0	10			

1.3 试验方法

(1) 成型及养护方式。根据《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30-2005),在振动台上振动 30 s 成型;薄膜覆盖养护 7 d 后,再干养至 28 d,养护湿度为 50%~70%,温度为 20±2℃。

(2) 耐磨性能。同样按照 JTG E30-2005 中 T0567-2005 水泥混凝土耐磨性试验方法进行测定,以单位面积磨损量表示。

(3) 抗冲击性能。根据 ACI544 委员会推荐的“落锤法”进行试验,以冲击韧度表示。

2 试验结果与分析

2.1 纤维-聚合物对抗冲击性能的影响

试验结果见表 5。由表 5 分析可知,单掺聚合物时,随着聚合物用量的增加,其抗冲击性能逐渐上升。其中 100-C-00 与 70-C-00 相比,抗冲击性能提高 121.9%,与普通混凝土 0-C-00 相比提高 499.2%。产生这种改善效果的原因在于,聚合物脱水后形成高粘结力的膜,能有效改善界面过渡区,显著增强过渡区粘结力,此外,由于聚合物膜的弹性模量较低,对外部荷载起到较好的缓冲作用,从而改善混凝土的抗冲击性能^[4]。单掺聚酯纤维时,随着纤维掺量的增加,其抗冲击性能也逐渐上升,其中 0-C-14 与 0-C-10 相比,抗冲击性能提高 63.2%,与普通混凝土 0-C-00 相比提高 265.0%。这是由于纤维的“桥

接”作用,使试样被破坏时大量纤维被拉断或拔出而消耗部分冲击功,进而提高其抗冲击性能。

表 5 纤维及聚合物对混凝土抗冲击性能的影响

编号	初裂冲击 次数 N_1	破坏冲击 次数 N_c	$\Delta N = N_1 - N_c$	冲击功 $W/(10^3 N \cdot m)$
0-C-00	291	293	2	5.91
70-C-00	787	792	5	15.96
80-C-00	1172	1180	8	23.78
90-C-00	1399	1408	9	28.38
100-C-00	1742	1755	13	35.41
0-C-10	651	655	4	13.22
0-C-12	766	772	6	15.58
0-C-14	1062	1069	7	21.57
80-C-10	1664	1679	15	33.84
80-C-12	1890	1911	21	38.51
80-C-14	2344	2369	25	47.74

两者复掺时,试样抗冲击性能会得到进一步改善。在乳液用量为 80 kg/m³ 时,试样的抗冲击性能随着纤维掺量的增加而上升,且改善效果明显好于两者的单掺效果。其中复掺试样 80-C-12 的抗冲击性能比普通混凝土高 551.6%,而单掺试样 80-C-00 及 0-C-12 分别比普通混凝土高 302.4%,163.6%,这充分表明纤维-聚合物复掺能大幅度提高混凝土的抗冲击性能,显示两者复合增韧的优越性。复掺的优越性可解释为,由于聚合物的加入不仅起到“微纤维”效果,也能改善纤维与基体及集料与浆体间的粘结性能,从而更有利于发挥纤维“桥接”及“增韧”作用,进一步提高试样抗冲击性能^[5]。

2.2 纤维-聚合物对耐磨性能的影响

聚合物及聚酯纤维对混凝土耐磨性能的影响测试结果见表 6。由表 6 可知,单掺聚合物时,随着聚合物用量的增加,试样的耐磨性能逐渐得到改善。其中 100-C-00 与 70-C-00 相比,单位磨损量降低 13.1%,与普通混凝土 0-C-00 相比降低 42.9%。产生这种效果的原因在于,磨损表面有一定数量的有机聚合物膜存在,聚合物膜起粘结作用,能有效阻止水泥材料颗粒从表面脱落,从而改善混凝土的耐磨性。单掺聚酯纤维时,随着纤维掺量的增加,其耐磨性能也逐渐改善。其中 0-C-14 与 0-C-10 相比,单位磨损量降低 5.3%,与普通混凝土 0-C-00 相比降低 38.4%。这是由于纤维的“阻裂”及“桥接”作用能将骨料与水泥水化产物连在一起,使试样保持连续性、整体性,使试样不至于在外部切削作用下被破坏,从而增强其耐磨性能^[6]。

两者复掺时,试样的耐磨性能会得到进一步改善。在乳液用量为 80 kg/m³ 时,试样的耐磨性能会随着纤

维掺量的增加而上升,且改善效果明显好于两者的单掺效果。其中复掺试样 80-C-12 的单位面积磨损量比普通混凝土低 51.1%,而单掺试样 80-C-00 及 0-C-12 分别比普通混凝土低 37.0%,36.4%。充分表现出两者的复合改性效果,这主要由于聚合物乳液能够在纤维和浆体之间形成具有高粘结力的膜,改善了纤维与浆体界面粘结力,进一步增强纤维的阻裂作用,强化了试样内部连续性、整体性,从而更有利于改善其耐磨性能。

表 6 纤维及聚合物对混凝土耐磨性能的影响 kg/m^3

编号	单位磨损量	编号	单位磨损量
0-C-00	4.89	0-C-12	3.11
70-C-00	3.21	0-C-14	3.01
80-C-00	3.08	80-S-10	2.81
90-C-00	2.92	80-S-12	2.39
100-C-00	2.79	80-C-14	2.05
0-C-10	3.18		

2.3 复合改性的经济性分析

根据以上试验结果,将单掺聚合物试样 100-C-00、复掺试样 80-C-12 的性能指标进行对比。可知,80-C-12 的抗冲击性能比 100-C-00 高 8.8%,两者的抗冲击性能基本处于同一级别。而 80-C-12 的单位磨损量比 100-C-00 低 14.3%,明显比 100-C-00 的耐磨性好。此外聚合物乳液的市场价格为 15 000 元/t,聚酯纤维的市场价格为 12 500 元/t,由此 80-C-12 的单方成本比 100-C-00 低 279.6 元。可见复掺试样不仅性能好,而且还能大幅度降低材料成本费,体现出两者复合改性的高性价比。

3 结论

(1) 单掺聚酯纤维(体积掺量 0~0.14%)或丁苯

乳液(用量为 70~100 mg/m^3)均能改善混凝土的抗冲击及耐磨性能,且随着掺量的增加改善效果呈现上升趋势。与普通混凝土 0-C-00 相比,单掺纤维试样 0-C-14 的抗冲击性能提高 265.0%,单位磨损量降低 38.4%,单掺乳液试样 100-C-00 的抗冲击性能提高 499.2%,单位磨损量降低 42.9%。

(2) 纤维-聚合物复掺时改善效果明显好于单掺效果。与普通混凝土 0-C-00 相比,单掺纤维试样 0-C-12 的抗冲击性能提高 163.6%,单位磨损量降低 36.4%。单掺乳液试样 80-C-00 的抗冲击性能提高 302.4%,单位磨损量降低 37.0%。而复掺试样 80-C-12 的抗冲击性能提高 551.6%,单位磨损量降低 51.2%。

(3) 在达到相同级别抗冲击及耐磨性能时,聚合物-纤维复掺试样能大幅度降低成本。试验中,复掺试样 80-C-12 的单方成本比单掺试样 100-C-00 低 279.6 元,充分体现出复合改性的优越性。

参考文献:

- [1] 梅迎军,王培铭,李志勇.聚丙烯纤维和丁苯乳液对水泥砂浆性能的影响[J].建筑材料学报,2006,9(5):613-618.
- [2] 卢安琪,李克亮,祝烨然,等.聚丙烯纤维混凝土抗冲击耐磨试验研究[J].水利水电技术,2002,33(4):37-39.
- [3] Mu B, Meyer C, Shimanovich S. Improving the interfaces bond between fiber mesh and cementations matrix[J]. Cement and Concrete Research,2002,32(5):783-787.
- [4] 梁乃兴.聚合物改性水泥混凝土[M].北京:人民交通出版社,1995.
- [5] 赵帅,田颖,王英姿,等.聚丙烯纤维聚合物乳液提高砂浆抗冲击性能实验研究[J].预拌砂浆,2008,(9):55-57.
- [6] 申爱琴.改性水泥与现代水泥混凝土路面[M].北京:人民交通出版社,2008.

(编辑:郑毅)

Influence of mixing of fiber and polymer on performance of anti-impact and abrasion resistance of concrete

LIU Jiwei¹, LIANG Yong², WANG Sheng², ZHOU Mingkai¹, XU Fang³

(1. State Key Laboratory of Silicate Materials Science and Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;
2. The Highway Administration of Yiling District in Yichang, Yichang 443100, China; 3. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Influence of mixing of polyester fiber and Styrene-Butadiene Latex in the case of single-admixture and complex-admixture on performance of anti-impact and abrasion resistance were studied experimentally. The results show that either addition of polyester fiber or polymer emulsion could improve the anti-impact and abrasion resistance of concrete; and the improving effect shows a rising trend with the increase of the mixing content. The improving effect could be further strengthened when complex-admixture of polyester fiber and polymer emulsion was adopted. The economy of the complex-admixture specimen was significantly better than the single-admixture method.

Key words: polyester fiber; Styrene-Butadiene Latex; anti-impact performance; abrasion resistance; composite modification