

聚丙烯纤维对混凝土路用性能的影响

孙家瑛¹, 魏 涛², 王学文³

(1. 上海市市政工程研究院, 上海 200031; 2. 山东枣庄市公路局, 山东 枣庄 277138;

3. 泰安现代塑料有限公司, 山东 泰安 271000)

【摘要】 研究了聚丙烯纤维高强混凝土的强度、抗冲击性能、脆度系数、耐磨性等路用性能, 综合论述了国产网状聚丙烯纤维对混凝土路用性能的影响。试验结果表明, 在混凝土中掺加网状聚丙烯纤维能显著改善混凝土路用性能。

【关键词】 聚丙烯纤维; 混凝土; 路用性能

【中图分类号】 TU528.572

【文献标识码】 A

【文章编号】 1002-3550(2001)06-0057-03

水泥混凝土道路置于自然环境中, 长期承受着以交通为主的载荷—卸荷的作用, 因此, 要求路用混凝土具有足够的抗折强度, 低的脆度系数, 高的抗冲击性能和优良耐磨性能。然而普通混凝土的抗折强度较低, 而掺活性掺合料的高强混凝土虽然抗折强度有所提高, 但同时脆度系数也随之大幅增大, 降低了道路混凝土的耐久性能, 为此, 有必要对路用混凝土的结构和性质进行改进, 以满足市政道路混凝土的路用性能需要。

聚丙烯纤维混凝土在国际上已成功应用于军事、水利、建筑、公路等领域, 目前它已成为研究较多, 应用较广的水泥基复合材料之一^[1,2]。为了研究聚丙烯纤维混凝土路用性能, 本文选用了山东泰安现代塑料有限公司生产的“现代”牌网状聚丙烯纤维配制高性能路用混凝土, 研究纤维混凝土的物理力学性能以及网状聚丙烯纤维对混凝土路用性能的影响。

1 实验方法

1.1 原材料

(1)水泥: 525# 普硅水泥, 三航局小野田水泥有限公司生产, 其化学成分及力学性能列于表 1。

表 1 水泥的化学成分和物理力学性能

W%					凝结时间 /h:min		抗折强度 /MPa		抗压强度 /MPa	
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	初凝	终凝	3d	28d	3d	28d
22.50	2.91	4.46	64.74	1.47	1:10	2:25	6.06	8.50	36.9	63.4

掺和料: 采用宝田新型建材有限公司生产的磨细矿渣粉(GGFS), 其化学成分列于表 2。

表 2 矿渣的化学成分

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
32.04	3.35	14.78	40.12	7.85	0.27

(3)外加剂: 减水剂, 采用上海五四助剂厂生产的

SN-II 高效减水剂。

(4)集料: 粗集料采用 5~8mm 的碎石, 细集料采用标准石英砂。

(5)聚丙烯纤维: 采用山东泰安现代塑料有限公司生产的网状聚丙烯纤维。其物理性能列于表 3。

表 3 聚丙烯纤维的物理性能

性能	指标
吸水率	无
密度/(kg·m ⁻³)	0.91
纤维长度/mm	20
融化温度/℃	175
燃点/℃	590
导电率	低
热导率	低
耐酸碱性	强
抗拉强度/MPa	350~770
弹拉模量/MPa	3755

1.2 试验方法

抗折、抗压强度试验按 GB177-85《水泥胶砂强度试验方法》进行。

耐磨试件尺寸为 15cm×15cm×7cm, 磨损试验采用 GLM-200 钢轮式混凝土磨损试验机, 试验方法按 GB/T 12988-91《无机地面材料耐磨性试验方法》进行。耐磨性用磨坑宽度表示, 单位为 mm, 耐磨试验每组 5 块试件, 取 10 次试验平均值为最终结果, 试件的龄期为 28d。

抗冲击性试件尺寸为 15cm×15cm×5cm, 每组共 5 个试件。当试件在标准养护室内养护至 28d 后, 将质量为 8kg 的钢球从 25cm 高度自由落下冲击试件, 当试件裂缝宽度大于 3mm 时, 记录冲击次数, 试验结果取中间 3 个数据的平均值。

脆度系数为混凝土在各龄期下的抗压强度与抗折强度的比值。

【收稿日期】 2001-03-19

2 结果与讨论

2.1 网状聚丙烯纤维对混凝土强度的影响

采用国产网状聚丙烯纤维配制的混凝土物理力学性能与美国产的 Fibermesh 网状聚丙烯纤维制备的混凝土物理力学性能比较见表 4。

表 4 国产网状聚丙烯纤维混凝土与 Fibermesh 网状聚丙烯纤维混凝土物理力学性能比较

品种	抗压强度(MPa)		抗折强度(MPa)		脆度系数	抗冲击性能(次)
	3d	28d	3d	28d		
普通混凝土	27.5	43.5	3.60	5.40	8.06	37
Fibermesh 混凝土	26.5	43.7	6.61	11.46	3.81	117
国产 PFM 混凝土	27.9	57.2	9.55	12.35	4.63	113

由表中的实验结果可知,采用国产网状聚丙烯纤维制备的混凝土与美国 Fibermesh 纤维混凝土相比,物理力学性能基本相似,因此可以认为国产网状聚丙烯纤维完全可以替代国外同类产品用于制备纤维增韧混凝土。该种纤维增韧混凝土可以在道路路面工程应用。

道路混凝土的强度和耐久性主要受水灰比和矿物掺合料的影响,当水灰比(W/C)一定时,矿物掺合料掺量将直接影响到道路混凝土的各种物理力学性能,而掺聚丙烯纤维可以改善道路混凝土的力学性能。表 5 是道路混凝土改变纤维掺量(0.1%、0.2%)对混凝土强度影响。

实验结果表明,当水灰比(W/C)一定时,混凝土力学性能随矿渣掺量增加而提高,特别是当网状聚丙烯纤维掺量提高混凝土的抗折强度得以大幅度提高。

表 5 道路水泥基聚丙烯纤维复合材料强度(MPa)

样品	GGFS %	PFM 体积 %	抗折强度		抗压强度	
			R3	R28	R3	R28
1	0	0	5.31	8.53	36.9	63.4
2	30	0	6.06	9.82	47.5	82.4
3	0	0.1	8.95	11.91	29.2	61.0
4	30	0.1	9.58	12.57	32.4	66.9
5	0	0.2	9.55	12.35	27.9	57.2
6	30	0.2	10.55	14.10	47.4	72.3

注:GGFS 磨细矿渣 PFM 聚丙烯纤维

2.2 网状聚丙烯纤维对混凝土脆性的影响

聚丙烯纤维对道路混凝土脆性影响见表 6。由实验结果表明掺聚丙烯纤维可以改善道路混凝土的脆性。当聚丙烯纤维掺量从 0~0.2% 道路混凝土的抗压强度几乎没有变化,而抗折强度提高 27% 以上。使混凝土的脆度系数从 8.39 下降到 4.63,从而表现为道路混凝土在保证抗压强度基本不变的前提下大幅度降低混凝土的脆性。

表 6 网状聚丙烯纤维混凝土脆性影响

样品	GGFS(%)	PFM%	脆度系数
1	0	0	7.43
2	30	0	8.39
3	0	0.1	5.12
4	30	0.1	5.32
5	0	0.2	4.63
6	30	0.2	5.12

2.3 网状聚丙烯纤维混凝土的抗冲击性能

聚丙烯纤维对高性能道路混凝土抗冲击性影响如图 1 所示。由实验数据可知,在道路混凝土中掺加纤维可以显著改善混凝土的抗冲击性能。道路混凝土的抗冲击性能随纤维掺量增加而明显提高,混凝土抗冲击性能提高与纤维掺量成正比。此外纤维高性能道路混凝土的抗冲击性能随混凝土基材强度的提高而增长。因此,纤维与高性能混凝土基材复合是配制高性能道路路面水泥基复合材料的主要技术途径之一。

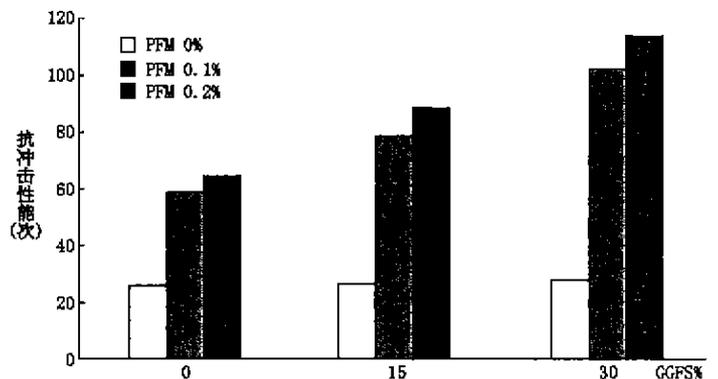


图 1 聚丙烯纤维对高性能混凝土抗冲击性能影响

2.4 聚丙烯纤维混凝土的耐磨性能

聚丙烯纤维对道路混凝土耐磨性能的测定值见图 2。

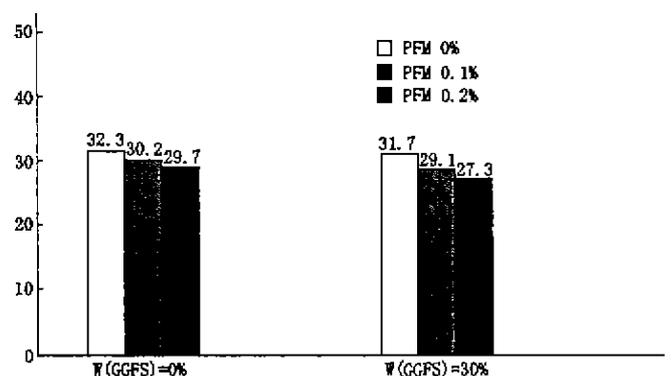


图 2 聚丙烯纤维对混凝土耐磨性能影响

由图 2 可以看出,掺加聚丙烯纤维可以提高混凝土的耐磨性能。由图 2 还可以看出,当纤维掺量一定时,纤维混凝土的磨坑宽度随磨细矿渣掺量的增加而减小。这是由于掺加磨细矿渣不仅提高了水泥基材

的密实度,而且改善了水泥基材与纤维水泥基材与集料界面的疏松结构,从而使混凝土形成了一个结构致密,基本无结构薄弱区域的均匀整体,在宏观上即表现为纤维混凝土耐磨性能随磨细矿渣粉掺量增加而提高。

3 聚丙烯纤维混凝土施工工艺及经济效益分析

纤维增韧抗裂路面混凝土是在高性能混凝土中加入一定比例的网状聚丙烯纤维,各种新拌混凝土特征并不因加入纤维网而有所改变。如混凝土坍落度不变、混凝土的粘性和保水性有较大提高,施工操作难度有所下降。纤维增强混凝土中的纤维网的作用并不影响水泥的化学(水化)作用,它的作用纯粹是机械作用,与混凝土之各种成份及添加剂均能混拌,并不需要改变拌和比值。在纤维增强混凝土制备过程中,按混凝土级配分别放入石料、水泥、磨细矿渣、砂和纤维网干拌 15S~20S 后,再加入水和高效减水剂拌和 3~4 分钟。

纤维增强混凝土道路路面施工基本与普通混凝土一样,即:首先将已摊铺好的混凝土及时进行振捣(应用插入式和平板式振捣器)。而后进行收水抹面。

纤维混凝土具有脆度系数最低,抗冲击性能强,耐磨性能强等优良路用性能。现就一块(4×5m)水泥混凝土路面板翻浇为例,对采用钢纤维混凝土、美国产 Fibermesh 聚丙烯纤维混凝土、国产网状聚丙烯纤维混凝土和普通混凝土的造价进行比较如表 7 所示。

通过表 7 数据,每浇筑一立方米水泥混凝土路面板,采用国产网状聚丙烯纤维混凝土的材料费仅比目前常用的混凝土高 13% 左右,但比钢纤维混凝土低 63%,比进口聚丙烯纤维制备的混凝土低 21%。

4 结 论

(1)应用国产网状聚丙烯纤维制备的混凝土其物理力学性能基本与采用美国 Fibermesh 网状聚丙烯纤维混凝土性能相似,因此可以认为国产网状聚丙烯纤维

完全可以替代国外同类产品用于制备纤维增韧混凝土。

表 7 各种混凝土的经济效益分析 (元/m³)

项目	普通混凝土	钢纤维混凝土	国产聚丙烯纤维混凝土	美国产聚丙烯纤维混凝土
水泥	120	156	156	156
硅灰	68.8	/	/	/
钢纤维	/	290	/	/
聚丙烯纤维	/	/	70	148
粗集料	60	60	60	60
细集料	41	41	41	41
合计	289	547	327	405
分析	$\frac{100}{100}$	$\frac{187}{100}$	$\frac{113}{100}$	$\frac{140}{100}$

注:分析仅以混凝土原材料为基础。

(2)在高性能混凝土中掺加网状聚丙烯纤维可以充分发挥高性能混凝土高强效应,特别是高抗折效应。当高性能混凝土中掺加纤维体积分数为 0.2% 时,混凝土抗压强度几乎不变,而抗折强度提高 30% 以上,从而使混凝土脆度系数大幅度下降。

(3)网状聚丙烯纤维高性能混凝土在冲击荷载下的抗裂性能是高性能混凝土的 3~4 倍。而高性能混凝土的抗冲击性能几乎与普通混凝土一样。

(4)在高性能混凝土中掺加网状聚丙烯纤维可以提高混凝土的耐磨性能,当高性能混凝土中掺加纤维体积分数为 0.2% 时,混凝土的耐磨性能可以提高 15% 以上。

[参考文献]

- [1]Toutanji H, Macneil s, Bayasi Z. Chloride permeability and impact resistance of polypropylene-fiber reinforced silica fume concrete[J]. C. C. R., 1998, 28(7):961~968.
- [2]孙伟,严云. 钢纤维高强水泥基复合材料的界面效应及其疲劳特性的研究[J]. 硅酸盐学报, 1994, 22(2):107.

[作者简介] 孙家瑛(1960-),男,博士,高级工程师。

[单位地址] 上海市建国西路 609 号上海市市政工程研究院 (200031)

[联系电话] 021-64370085-322

Influence of polypropylene fibermesh on the properties of road concrete materials

SUN Jia-ying, WEI Toa, WANG Xue-wen
(Shanghai Municipal Engineering research institute)

[Abstract] This essay researched the strength, coefficient of brittleness, impact resistance and abrasion resistance of high strength polypropylene fibermesh concrete. The mechanism of enhancing the properties of high strength polypropylene fibermesh road concrete composite was discussed and analyzed. Results showed that the incorporation of polypropylene fibermesh in high strength concrete can significantly increase the properties of road concrete materials.

[Key words] polypropylene fibermesh; concrete; properties of road concrete