

## 聚丙烯纤维混凝土在桥面连续及伸缩缝中的应用

王黎明

(东北林业大学, 哈尔滨, 150040)

唐维中

(解放军65411部队后勤部)

郭浩

(东北林业大学)

**摘要** 探讨聚丙烯短纤维掺入普通混凝土中改善混凝土抗冲击、抗冻等性能的作用机理, 结合实例介绍了聚丙烯纤维混凝土在桥面连续及伸缩缝中的应用。

**关键词** 聚丙烯纤维混凝土; 抗冲击性; 抗冻性; 桥面连续; 伸缩缝

**分类号** U443.31

**Application of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete to the Joint of Continuous Slab - deck and the Expansion Joint of Bridge/Wang Liming(Northeast Forestry University, Harbin 150040, P. R. China); Tang Weizhong(The Chinese PLA 65411 Troops); Guo Hao(Northeast Forestry University)//Journal of Northeast Forestry University. -2003, 31(1). -49-50**

Characters of concrete such as impact resistance and frost resistance can be improved if the polypropylene fiber is mixed into the plain concrete. Combined with the concrete example, the applications of polypropylene fiber reinforced concrete to the joint of continuous slab - deck and the expansion joint of bridge was introduced.

**Key words** Polypropylene fiber reinforced concrete; Impact resistance; Frost resistance; Joint of continuous slab - deck; Expansion joint

20世纪80年代以来随着化学工业的发展, 大批的合成纤维纷纷出现, 它们即能起到传统金属纤维增强混凝土韧性和抗疲劳性的作用, 同时又有施工简单、耐腐蚀的特点, 使它们特别适合应用于暴露在外且受到反复荷载冲击作用的路面、桥面等处。文中对典型的聚丙烯纤维混凝土(Polypropylene Fiber Reinforced Concrete, 以下简称PFRC)进行了研究, 同时介绍了其在桥梁伸缩缝及桥面连续中的应用实例。

## 1 PFRC的特性

### 1.1 聚丙烯纤维的主要性能和作用机理

聚丙烯纤维是一种典型的聚烯烃类结晶聚合物, 分为单丝和网状, 其物理、化学性能基本相同, 其物化特征见表1(短纤维)。

表1 纤维的主要物化特征

抗腐 蚀	密度 /kg·cm <sup>-3</sup>	抗拉强度 /MPa	弹性模量 /GPa	燃点 /℃	熔点 /℃	吸水 性	热传 导
高	0.91	560~770	3.5	590	160~170	无	低

注: 数据取自美国 GoodRoad 牌网状聚丙烯纤维说明书。

与传统的钢纤维相比较, 聚丙烯纤维耐腐蚀、无磁性, 施工简便易行且价格便宜。而碳纤维、石棉纤维、玻璃属于高弹纤维( $F_f/E_c > 1$ ), 其中碳纤维性能全面胜过钢材, 但是价格昂贵, 而石棉和玻璃纤维对环境有一定污染。

低弹纤维( $F_f/E_c \leq 1$ ), 如聚丙烯、尼龙, 其价格低、强度大, 无污染, 近年来发展较快。其中聚丙烯的性价比、加工工艺等相对又较尼龙等纤维有一定的优势。与混凝土比较, 其容质量约为混凝土的0.004倍, 弹性模量约为0.05~0.15倍。抗拉强度约为100倍。可以看出聚丙烯纤维是一种高强低弹的材料, 混凝土若发生变形, 则在纤维发生较大的约束

力前即已破裂。所以掺入聚丙烯不会显著提高混凝土的抗拉强度和抗压强度。

试验和研究证明掺入适量聚丙烯的混凝土的性能将得到明显改善。

### 1.2 聚丙烯纤维混凝土性能的研究

聚丙烯具有足够的强度和乱向分布使得掺入聚丙烯纤维的砼可以抑制裂缝发展。

由于减少裂缝和空洞结构, 使得混凝土获得了以下性能的改善。

①裂缝的减少和聚丙烯纤维相对较低的弹性模量使混凝土可具有一定的韧性, 从而具有更强的抗冲击能力。表2数据表明, 掺有聚丙烯纤维的混凝土试件的抗冲击次数较不掺纤维的成倍提高, 并随着纤维掺量的增加而增加, 这一性能对于受反复冲击作用的路面, 桥面是十分有利的。

表2 抗冲击落重试验

试件组	初裂冲击次数/次	破坏冲击次数/次
素混凝土	30	37
掺聚丙烯纤维混凝土( $V_f=0.05\%$ )	89	98
掺聚丙烯纤维混凝土( $V_f=0.1\%$ )	103	114

#### ②提高了混凝土的抗渗性

东北林业大学土木工程学院所做的试验结果表明, 干混凝土吸水率比普通混凝土减少23.95%。

#### ③提高了混凝土的抗冻性

由于混凝土渗透水降低而减少了混凝土内部水分, 又由于加入纤维后, 可以缓解温度变化引起的混凝土内部应力的作用, 从而提高了混凝土的抗冻性。

按混凝土抗冻试验法, 经25次冻融循环, PFRC无龟裂现象产生, 经100次循环后强度符合要求。

### 1.3 聚丙烯纤维改善混凝土的抗疲劳特性试验

混凝土掺入聚丙烯纤维后, 其静力弹性模量低于普通混凝土<sup>[1]</sup>, 聚丙烯纤维网掺量 $0.9\text{ kg/m}^3$ 时, 经试验得到了如表3的混凝土理论抗疲劳寿命结果。这说明纤维网混凝土在动力荷载作用下具有优良的抗弯曲疲劳性能。

第一作者简介: 王黎明, 男, 1975年11月生, 东北林业大学土木工程学院, 助教。

收稿日期: 2002年7月173日。

责任编辑: 戴芳天。

表3 混凝土理论抗折疲劳寿命比较

应力比 $\sigma/S$	理论抗折疲劳次数/次		疲劳寿命增长率%
	普通混凝土	纤维网混凝土	
0.85	194	821	323.2
0.80	965	316	227.7
0.75	4 797	12 175	157.8
0.70	23 847	46 817	96.6
0.65	118 556	180 485	52.2

注: $\sigma$  疲劳强度(MPa); $S$  静载一次作用下的极限弯拉应力(MPa)。

#### 1.4 聚丙烯掺量影响 PFRC 的强度

我们在对比试验中发现,掺量在  $V_f = 1\%$  的试件的强度普遍比素混凝土试件降低,但是如果延长振捣时间,则强度有所提高。表4是对比试验结果。

表4 振捣时间对强度的影响

类 型	振捣时间 /s	28 d 抗弯拉强度	28 d 抗压强度	
		/MPa	/MPa	
素混凝土	C40	30	6.88	40.1
		60	7.02	37.9
C50	30	7.42	49.5	
	60	7.60	51.1	
聚丙烯纤维混凝土	C40	30	6.9	36.5
		60	7.63	40.0
C50	30	7.0	43.4	
	60	8.8	50.9	

表5 对比试验配合比

标号	水泥	水	碎石	砂	纤维	FDN
C40	435	180	1 000	930	0.9	4.35
C50	520	195	945	845	1	5.2

注:水泥:牡丹江 42.5;碎石:粒径 5 mm ~ 20 mm;砂:细度模数 2.83 的河砂;纤维:北京保耐威公司生产 GoodRoad 牌网状聚丙烯短纤维。

水泥混凝土聚丙烯纤维的掺入不能提高混凝土的强度可归结为以下 3 个方面的原因:

①纤维使混凝土增稠,流动度降低。在与普通混凝土同样的振捣条件下,影响混凝土的密实度。

②聚丙烯纤维的不亲水性,使其在掺入混凝土后引入了叠加的纤维——基材界面。对强度产生不利影响,且骨料粒径愈接近纤维长度,纤维与基材间界面作用越明显。

③聚丙烯纤维较低的弹性模量。

当然,聚丙烯纤维在混凝土中也有一定的阻裂和传递荷载的能力,对混凝土的强度也有有利的一面。我们能够看到纤维混凝土的抗折强度比素混凝土提高 10% ~ 16%。

## 2 PFRC 的应用

### 2.1 桥面连续及伸缩缝处的问题

伸缩缝是桥面系设置的重要结构物。锚定伸缩缝的混凝土受到复杂应力的作用,常常发生锚固混凝土啃边、掉角、凹坑、碎裂、锚固松动等病害,首先被破坏。

为了使桥面连续及伸缩缝混凝土在有足够的强度之外,还要具有坚韧而抗冲击、抗渗、耐冻融、抗疲劳等特性才能使伸缩缝牢固锚定,消除或减少桥面连续处的裂缝。

2001 年在黑龙江省交通厅支持下,东北林业大学土木工程学院在佳木斯思邈立交桥上进行了“钢纤维混凝土与聚

烯纤维混凝土应用于桥面连续与伸缩缝”的应用研究。

思邈立交桥为鹤大公路佳木斯到七台河段跨线立交桥,全桥采用先简支后连续施工工艺,桥面连续沿桥长方向配单层  $\Phi 32$  加强筋,浇筑混凝土厚度 15 cm,带结构筋。伸缩缝采用毛勒 C-80 型钢伸缩缝,沿桥宽方向由钢筋锚固于桥面混凝土,锚固长度达到每边 50 cm。我们在其中的两道桥面连续及四道伸缩缝中采用了 PFRC。

经观察效果良好,但有待于进一步的交通与冻融考验。

### 2.2 设计与施工要点

#### 2.2.1 PFRC 配合比设计

本试验要求配制 C40 及 C50 混凝土各一种,施工坍落度大于 3 cm。经过 20 余组试件的试验,确定了如表 5 的施工配合比。

表6 PFRC 强度试验结果

号码	水泥/kg	28 d 抗折强度/MPa	28 d 抗压强度/MPa
1	355	5.9	30.7
2	375	6.3	32.1
3	400	6.4	33.9
4	435	7.6	40.0
5	520	8.8	50.9

其砂率控制在 45% ~ 47%,水灰比以混凝土坍落度控制,FDN 掺量为水泥量的 1%;纤维掺定除 5 号为  $V_f = 0.11\%$  外,其余为 0.1%。

#### 2.2.2 PFRC 的施工

本次所用网状聚丙烯纤维,原始状态为短束,干料拌制 1 ~ 2 min 后即可投入水泥。正常湿拌 3 min 或延长时间都不会出现结团现象,这说明网状纤维的纤度较单丝纤维小,更易分散。

施工过程中 PFRC 比普通混凝土和易性更好,聚丙烯的掺入对混凝土的其他工作特性影响不大,其流动性稍有降低,但依然能正常振捣,整平过程与普通混凝土完全相同。振捣时间的延长对提高 PFRC 的性能有利。振捣棒与平板振捣器结合使用效果良好。

## 3 结束语

PFRC 有着优越的技术、经济性能,是解决桥面连续与伸缩缝处病害的有效方法,值得推广应用。

对于文中讨论的聚丙烯纤维的掺入使混凝土抗压强度及抗折强度降低的问题,我们主要从两方面着手解决,一是论证聚丙烯纤维掺率与骨料粒径、砂率、水灰比、搅拌时间、振捣时间的关系,二是采用高弹-低弹混合纤维。以上两方面的研究已有人开展,但是并未形成如钢纤维混凝土一样的完备的理论体系。因此伴随 PFRC 在国内日益广泛的应用,对该问题还有待于进一步地研究。

### 参 考 文 献

- 1 朱江. 聚丙烯纤维混凝土在路面工程中的应用研究. 广东工业大学学报, 2001(7): 18 ~ 22
- 2 戴建国, 黄承达. 网状聚丙烯纤维混凝土的试验研究. 混凝土与水泥制品, 1999(4): 35 ~ 36
- 3 Hannant D J 著. 纤维水泥与纤维混凝土. 陆建业译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987
- 4 曹诚, 王立军, 王德群. 振动时间对合成纤维混凝土强度的影响研究. 中国市政工程, 1999(1): 33 ~ 34
- 5 谷章昭, 邓咏梅. 合成纤维混凝土的性能及其工程应用. 建筑技术, 2000(1): 30 ~ 31