

聚丙烯纤维在混凝土中的应用

徐至钧

POLYPROPYLENE FIBER APPLIED TO CONCRETE

XU Zhijun

聚丙烯是一种结构规整的结晶型聚合物,为乳白色,无味、无毒、质轻的热塑性塑料,密度为 $0.90 \sim 0.91 \text{ g/cm}^3$,是现有树脂中最轻的一种。它不溶于水,熔点为 $165 \sim 170^\circ\text{C}$,耐热性能良好,在 $121 \sim 160^\circ\text{C}$ 连续耐热。聚丙烯几乎不吸水,与大多数化学品,如酸、碱和有机溶剂接触下发生作用,物理机械性能良好。抗拉强度 $3.3 \times 10^7 \sim 4.14 \times 10^7 \text{ Pa}$,抗压强度 $4.14 \times 10^7 \sim 5.51 \times 10^7 \text{ Pa}$,抗弯曲强度 $4.14 \times 10^7 \sim 5.51 \times 10^7 \text{ Pa}$,伸长率 $200\% \sim 700\%$,洛氏硬度 R85 ~ R110,因此赋予聚丙烯较好的加工性能,聚丙烯可纺、可塑、注射、吹膜、拉膜以及真空成型等。热加工体积收缩率为 $1.6\% \sim 2.0\%$ 。

1 聚丙烯纤维的性能

近十多年来,纤维混凝土在改进混凝土裂缝中已成为越来越重要的角色,特别是单丝聚丙烯纤维更以其成本低及改善混凝土性能的显著效果,受到了工程界的注意。实践证明,纤维对混凝土有阻裂作用。表 1 列出几种单丝状合成纤维的物理性能,并与混凝土进行比较,从表 1 可看出这些纤维的杨氏模量均低于混凝土,但它们可在混凝土中起阻裂的作用。

目前国产聚丙烯年产量约为 190 万吨,但用于纤维混凝土的“短丝”很少。经浸水试验证明,国产纤维浸水后纤维聚堆,在混凝土搅拌过程中结团,不能均匀分布,而以美国产杜拉纤维为代表,在技术上进行了重要的改进,其纤维浸水后能分布均匀,具有高强、抗

老化能力,对酸、碱、紫外线等具有较高的抵御能力,在混凝土中能长期保持良好的工作性能,可有效地控制混凝土塑性收缩及裂纹问题,改善混凝土的抗裂、抗渗性能,有效提高抗冲击及防冻能力,已大量用于地下工程防水、工业与民用建筑的屋面、墙面、地面以及高速公路、桥梁工程中。

2 杜拉纤维与混凝土强度的关系

应用杜拉纤维增强混凝土来提高混凝土的抗裂性、韧性和抗疲劳等性能已成为工业与民用建筑中的重要途径,为使建筑工程界设计与施工有一套可遵循的杜拉纤维混凝土的强度标准,通过对它进行系列试验数值分析的结果,编出了与国家混凝土规范相适应的强度标准。

该标准中 C45 ~ C80 纤维混凝土所对应的力学指标比普通混凝土高出 $2.5\%、5\%、7.5\%$ 。变形模量 E_{10} 值随纤维掺率 P_f 的增加而增大,当纤维掺率 $P_f \leq 1\%$ 时, E_{10} 值可增大 15% 。

杜拉纤维与钢纤维、玻璃纤维、尼

龙纤维等同为混凝土增强用纤维,在水泥基体中起的主要作用是:阻止基体中原有微裂缝的扩展并延缓新裂缝的出现;提高基体的抗变形能力从而改善其韧性与抗冲击特性。不同的纤维有各自的技术特性,所增强的方面各有所长,也各有所短,只有充分发挥材料的复合效应,才能综合解决工程中所遇到的问题。

3 用聚丙烯纤维配制高性能混凝土

一般提高混凝土的抗压强度对混凝土的抗拉作用不大,而加入纤维后,可使混凝土在受弯开裂后,能承受一定的弯曲荷载,这种特性称为韧性。这种低弹性模量纤维混凝土受弯开裂后的弯曲特性与钢纤维等高弹性模量纤维混凝土有较明显的差别。因此,提高混凝土材料的韧性、改善其脆性,将会有很大的经济意义。

3.1 纤维混凝土的不同特点

合成纤维作为混凝土的增强材料,与钢纤维相比较,其相似与差异处如表 2 所示。

3.2 合成纤维的掺量

用于混凝土的掺量为 $0.7 \sim 1.5 \text{ kg/m}^3$,用于砂浆的掺量 $0.7 \sim 0.9 \text{ kg/m}^3$,根据砂石料、水泥用量的变化及抗裂的要求,可适当增加或减少掺量,最高掺量 1.8 kg/m^3 ,最低掺量 0.5 kg/m^3 。经计算增加的工程造价:混凝土约 100 元/m^3 ,砂浆抹面 $1.9 \sim 2.3 \text{ 元/m}^2$ 。

表 1 合成纤维的主要物理性能与混凝土对比

名称	密度/(g/cm ³)	抗拉强度/MPa	杨氏模量/GPa	极限延伸率/%
聚酯	1.35	900~1100	14~17.5	14~15
聚丙烯腈	1.18	600~700	16~18	6~9
尼龙	1.16	900~960	5	18~20
聚乙烯	0.96	200~300	5~6	3~3.5
聚丙烯	0.91	330~414	3.5~5	15~18
素混凝土	2.3~2.4	1~4	30~40	0.01~0.02

表 2 合成纤维与钢纤维对混凝土增强的比较

对比项目	合成纤维	钢纤维
相似处	可三维乱向分布于混凝土内 抗拉极限强度接近 不受水泥高碱度水化产物的侵蚀	
差异处	密度/(g/cm ³)	聚丙烯 0.91 尼龙 1.16
	单丝直径/mm	0.025~0.062
	杨氏模量/GPa	3.5~6
		7.8
		0.25~0.64
		200

徐至钧, 1937 年生, 浙江上虞人, 香港恒律发展有限公司, 总工程师, 教授级高级工程师, 100037, 北京

收稿日期: 2001-08-24

C80 粉煤灰高性能混凝土 80 m 高程泵送施工技术

陈安德

80 m HIGH PUMPING TECHNOLOGY FOR C80 FLY ASH HPC

CHEN Ande

湖南图书城工程第 20 层框架柱采用 C80 粉煤灰高性能混凝土,它以粉煤灰复合超细粉(简写 PFAC)等量取代 30% 水泥,并掺入适量高效复合减水剂配制而成,泵送高度 80 m,效果良好。

1 原材料选择与性能

1.1 水泥

一般情况下,保水性好、泌水性小的水泥均适用于泵送混凝土。经试验,采用湘乡产韶峰牌强度等级 42.5 普通硅酸盐水泥,其质量稳定、强度富余较大。

1.2 骨料

为充分利用地方材料,采用铁道部株州桥梁厂产碎石、粒径 5~20 mm 连续级配,含泥量不大于 0.5%,满足《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T 陈安德,1962 年 10 月生,湖南益阳人,北京新世界房地产有限公司,总工程师,高级工程师,101100

收稿日期:2001-09-01

10-95) 推荐的最佳级配曲线。细骨料采用湘江河砂、II 区级配合格中砂,细度模数 2.88,含泥量不大于 1%。

1.3 水

采用洁净的自来水作为拌合水,水胶比 0.26

1.4 化学外加剂

为了获得高强度,高性能混凝土的

胶凝材料用量大、水灰比低,这样势必使混凝土拌合物的粘性增大。要获得高工作性,将 C80 混凝土泵送到 80 m 高程,须采用高性能的减水剂——即同时具有高的减水率(20%~30%),又能控制坍落度损失,不降低混凝土强度,从而能按指定性能进行设计和控制混凝土。目前我国生产的普通高效减水剂都很难同时具备上述性能,因此通常采用将普通高效减水剂与缓凝剂复合使用。本工程采用谭建牌缓凝型高效复合减水剂,并通过与水泥的相容性试验,掺量为胶结材料总量的 1.4%。此外,为防止混凝土干缩和冷缩裂缝,在混凝土中掺入胶结材料总量 5% 的 UEA 混凝土膨胀剂。

1.5 粉煤灰复合超细粉(PFAC)

粉煤灰的形态效应、活性效应和微

表 1 C80 泵送混凝土配合比

kg

韶峰牌强度等级	磨细粉煤灰	UEA	湘江河砂	碎石	饮用水	谭建牌高效复合减水剂,粉剂,后掺
42.5 普通水泥	9 000 (m ² ·g)	膨胀剂	M _x = 2.88	5~20 mm		
350	163	27	600	1100	140	7.56

实测结果:坍落度 200~240 mm, R₁ = 47.8 MPa, R₂₈ = 87.5 MPa

表 2 C80 泵送混凝土配合比与有关规范、规程对比

项目	水胶比	粉煤灰占胶结料总量	砂率	水泥用量/kg	胶结料总量/kg	细骨料细度模数	外加剂占胶结料总量
本工程 C80	0.26	30%	35.3%	350	540	2.88	1.4%
HSGC 93-2	0.24~0.38	不超过 30%	泵送工艺 32%~40%	不宜超过 450~500	不宜超过 550~600	不宜小于 2.6	0.5%~1.8%
CECS 104:99	0.25~0.42	不宜大于 30%	泵送工艺 34%~44%	不宜大于 500	不宜大于 600	不宜小于 2.6	0.4%~1.5%

3.3 主要检测数据

(1) 加入杜拉纤维后,抗裂能力可提高 70% 以上。

(2) 提高抗渗能力:测试方法是直径 150 mm × 240 mm 混凝土圆柱水迁移量测试(杜拉纤维体积掺量 0.05%),测试结果表明,添加纤维后抗渗性可提高 62%。

4 施工步骤

杜拉纤维与混凝土骨料、外加剂、掺合料和水泥都不会发生冲突,对搅拌设备也没有特别的要求。施工时可根据配合比直接将整袋纤维投入搅拌机内或分批投入,对搅拌及施工工艺亦无特

殊要求,只要保证搅拌时间即可。其步骤如下。

(1) 施工时根据建议掺量及每次搅拌的混凝土方量,准确称量纤维。

(2) 砂石料准备好后,将纤维加入。

(3) 将集料连同纤维一起投入搅拌机内,加水搅拌

(4) 搅拌完成后随机取样,若纤维已均匀分散成单丝,混凝土即可使用;若仍有成束纤维则延长搅拌时间 30 s 后使用。

(5) 加入纤维的混凝土与普通混凝土的施工及养护工艺完全相同。

5 使用说明

(1) 加入纤维后混凝土配合比不变。

(2) 加入纤维后,混凝土粘聚性增强,坍落度损失很小,但不会对工作性能产生不利影响。若确需提高坍落度,绝不可加大用水量,只能稍增大减水剂用量。一般不必顾虑纤维对混凝土工作性能的影响

(3) 加入纤维后仍应严格按国家有关混凝土结构工程施工及验收规范施工及养护。

(4) 皮肤过敏者应尽量避免皮肤直接接触纤维,施工时不宜从高处抛撒纤维。