

聚丙烯纤维对混凝土性能的影响及应用

●四新技术

□蒋志坚 崔茂瑜

混凝土工程中材料的特性决定了其结构较易产生裂缝,从实践来看,施工中混凝土出现裂缝的概率也是不低的,而且,由于混凝土品质参差不齐,加上现场从业人员的不良施工习惯,往往造成混凝土工程品质低下。采用添加聚丙烯纤维的方式可达到抑制裂缝的目的。聚丙烯纤维添加于混凝土中有很大的防裂作用,混凝土的渗透性降低,磨耗减小,对防止爆裂和抗冲击等也有帮助。

一、聚丙烯纤维的特性

聚丙烯纤维是由不饱和的碳氢化合物及衍生物聚合而成的聚合物,经过干燥、熔融、纺丝、卷取、切断,并加以处理,成为不同性质的纤维产品。其本身具有绝佳的化学性、耐酸碱性、抗腐蚀性及耐水性。依据工程应用的需求,一般有不同粗细和长度的单股恒长纤维、多股恒长纤维、棉状纤维和纤维束等。在混凝土工程中,聚丙烯纤维掺入后经与粗骨料的碰撞冲散,均匀分布于混凝土中,具有拌合、施工的方便性,是应用颇多的纤维材料。目前,工程上使用的聚丙烯纤维产品一般有单丝纤维、纤维束、纤维网以及纤维加强筋等,各产品又可依据需求制成不同长细比的纤维形式。表1为聚丙烯纤维的一般特性。

二、聚丙烯纤维混凝土工程性质及其应用范围

1. 对抗压强度、抗弯强度的影响

根据抗压试验结果可知,聚丙烯纤维掺入一般混凝土后,对早期抗压强度的成长具有负面的影响,对于晚期强度,呈现约为10%的增长趋势。就整体而言,聚丙烯纤维的掺入造成的强度增加有限,且纤维添加量过多时,其强度增加减缓。其主要原因是由于纤维添加量大导致混凝土工作性降低,使试体捣实、制作出现问题。怎样在工作性与纤维添加量之间取得平衡,使其既兼顾施工的要求又能符合纤维添加的目的,实属慎重考虑。

对于抗弯强度的影响:一般混凝土中由于聚丙烯纤维的添加,短龄期抗弯强度呈降低趋势,如1d龄期内甚至会降低30%;长龄期其抗弯强度呈现5%左右的增长。而在高性能混凝土中,无论长短龄期皆呈现降低的趋势。

2. 对收缩的抑制作用

混凝土体积的稳定性影响混凝土工程的耐久性,体积的稳定性问题一般有初、终凝水化反应造成的体积收缩。混凝土浇筑后,由于温度、湿度以及风速变化,造成新浇筑混凝

表1 聚丙烯纤维的一般特性

	直径 (μm)	长度 (mm)	密度 (g/cm^3)	弹性模数 (GPa)	包桑比	抗拉强度 (GPa)	破坏应 变(%)	纤维用量 (%)	软化点 ($^{\circ}\text{C}$)	熔点 ($^{\circ}\text{C}$)
单细丝	100~200	5~50	0.9	5	0.29	0.4	18	0.1~6	140~160	165~173
纤维束	500~4000	20~75	0.9	8	0.46	0.4	8	0.2~1.2	140~160	165~173
加强筋	-	10~30	0.9	10	0.29	0.4	8	1~3	140~160	165~173

土不正常,水分蒸发产生的塑性收缩以及凝固后水分进出形成的干缩等。根据实验的结果显示,聚丙烯添加量在 0.7 kg/m^3 的混凝土,对于高温、高风速以及低湿度下易产生的塑性收缩具有明显的抑制作用。上述实验在 $32 \sim 38^\circ\text{C}$ 的气温、 8.5 m/s 的环境风速以及 $30\% \sim 60\%$ 的相对湿度状态下,聚丙烯纤维混凝土相对于控制组的单位面积裂缝长度,可减少 80% 以上,且随纤维量增加,在容许的工作性状态下,呈现效果增加的趋势。而对于干缩的抑制,在 40 d 龄期状况下,纤维混凝土收缩量减小 15% ,说明聚丙烯纤维对于混凝土的收缩具有很大的抑制作用。其用于防止混凝土塑性收缩和干缩,可发挥很大的作用。

3. 可降低混凝土的渗透性系数

加入聚丙烯纤维约 0.7 kg/m^3 于一般混凝土中,将有效地使混凝土的渗透性系数降低约 30% ,其效果明显,此渗透性系数降低是因纤维在混凝土中的均匀分布,造成渗透水路的延长,达到水量通过的减小。

4. 降低磨耗及提高抗冲击性能

就磨耗、抗冲击性能的效果而言,在一般混凝土、高性能混凝土中也有不同的状况。就磨耗来说,添加 0.1% 体积含量聚丙烯纤维的混凝土,可减少 15% 的磨耗;但掺在高性能混凝土中,不但无帮助,还会增加约 10% 的磨耗量,这说明纤维的添加应与混凝土性能一并考虑。另外,就抗冲击的状况而言,添加 $0.3\% \sim 1.0\%$ 的体积含量聚丙烯纤维于一般混凝土中,会使混凝土承受撞击至破坏的总撞击次数较未添加纤维者高出约 $1 \sim 3$ 倍。

5. 火灾爆裂抑制效果佳

混凝土中,由于聚丙烯纤维的加入,其软化点、熔点约在 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 之间,当火灾发生随温度升高的同时,聚丙烯纤维于混凝土中占有的空间,由于软化、溶解而释放,形成压力卸载的通道,达到抑制爆裂的目的。根据研究显示,在单位体积添加量为 0.03% 以上时,抑制爆裂的效果明显。

6. 工程应用范围

一般在工厂地坪、下水管、桥面栏墙、板衬、储水箱、连续壁等工程均可应用。

三、工程应用注意事项

一般在使用单丝纤维抑制塑性收缩、干缩时,纤维添加量为 $0.6 \sim 1 \text{ kg/m}^3$ 即有相当程度的效果。用于爆裂抑制时仅需 0.03 kg/m^3 。如使用纤维加强筋抗冲击,用量以 $1.5 \sim 2 \text{ kg/m}^3$ 为佳。掺加聚丙烯纤维的种类、长度不同,呈现的效果也有差异,且导致的工作性变化也不同。单丝掺入混凝土中出现较大的坍落度折减,但可取得裂缝抑制成效。纤维束、纤维网掺入后造成纤维混凝土坍落度折减较单丝纤维少,但防裂、抗渗功能降低 $5\% \sim 10\%$ 。纤维的长度一般从 $5 \sim 75 \text{ mm}$ 不等,一般随选择的纤维长度减小获得好的拌合均匀性。而在纤维加强筋的选择上,通常以比骨料粒径小的长度为宜,对工作性影响不大,如为加强裂缝抑制效果,需加较多含量的纤维。



武汉市一冶建企公司 傅树清摄