

聚丙烯纤维在混凝土中的抗裂机理

毛剑峰

(福州市第三建筑公司,福建 福州 350011)

摘要 本文介绍了聚丙烯纤维在混凝土中应用的情况,分析了其工作机理和抗裂特性,并进行了经济对比分析。试验和工程实践表明该产品适用于地下工程,超长建筑和屋面工程及水工结构,对提高混凝土的抗裂性、抗渗性有明显作用。

关键词 聚丙烯纤维;纤维混凝土;抗裂和防渗机理

0 引言

混凝土是一种抗压强度大而抗拉强度低的脆性材料,随着现代建筑技术的不断发展,对混凝土提出了更高的要求,它正朝着高强度、高韧性、高阻裂、高耐久性和优异工作性方向发展。一般来说,在小水泥基体中随机分布一些纤维是提高混凝土的韧性、耐冲击性、抗渗性及耐收缩断裂性的有效途径。各种可用纤维,如钢纤维、合成纤维、天然纤维已被应用于混凝土中,本文简述了聚丙烯纤维混凝土的抗裂机理。

1 纤维混凝土的工作机理

1.1 纤维混凝土应用状况

纤维混凝土中的纤维是一种以聚丙烯为原料,以特殊工艺制造的高强度、低延伸性聚丙烯纤维,可以有效地控制混凝土塑性、干缩、温度收缩裂纹的产生,改善混凝土的抗渗性能,抗冲击能力,延长混凝土制品的使用寿命。聚丙烯纤维是以特殊工艺制造的高强度、低延伸性纤维,对酸、碱环境有极高的抵御能力。该产品经120天酸(pH值2~3),碱(pH值14.0)测试,几乎无任何老化或损坏。该纤维经过特别的抗紫外线处理,具有抗紫外线老化能力,可保证纤维在混凝土中长期发挥功效,保持混凝土构件的优良性能。

聚丙烯纤维化学性质稳定,只依靠改变混凝土的物理结构而改善混凝土的性能,其纤维本身不发生任何化学反应。同混凝土骨料、外加剂、掺合料和水泥混合后其化学、物理性能稳定,故与混凝土材料有良好的亲和性。

适用各种强度等级混凝土的防裂、特殊防裂需要的混凝土及有抗冲耐磨要求的混凝土;对水工混凝土面板防渗、防裂有明显效果;对公路路面、桥梁防裂、抗冲磨能力及防止路面打滑均有很好的效果;对工业、民用建筑屋面、墙体、地面及地下室防

裂、防水提高建筑抗震能力有很大的好处;对港口码头混凝土抗裂抗渗也很有好处。

1.2 纤维混凝土的工作机理

一般理论认为,纤维加入水泥混凝土基体中主要有以下几种作用:①提高混凝土抵抗拉伸变形能力,预防和防止混凝土中各种裂缝的出理。②提高混凝土的抗渗透能力。③改善混凝土韧性与抗冲击性。

混凝土中均匀而任意乱向分布的短纤维对混凝土的增强机理,理论上存在两种解释。①美国 Romualoli 提出的“纤维间距机理”(又称纤维阻裂机理),根据线弹性断裂力学来说明纤维对于裂缝发生和发展的约束作用。认为在混凝土内部原来就存在缺陷,欲提高这种材料的强度,必须尽可能地减少缺陷的程度提高韧性,降低内部裂缝端部的应力集中系数。理论分析与实验证明,当纤维的平均中心间距小于7.6mm时,纤维混凝土的抗拉弯初裂强度均得以提高。②英国的 Swangat 等人提出的“复合材料机理”,理论出发点是复合材料构成的混合原理,将纤维混凝土看作是纤维强化体系,并应用混合原理来推定纤维混凝土的抗拉和抗弯强度,提出了纤维混凝土强度与纤维的掺入量、方向、长径比以及粘结力之间的关系。

以上二种理论说明纤维在混凝土/砂浆中的使用确有极大的作用。

混凝土在硬化形成强度的过程中,由于水和水泥的水化作用形成新的水泥晶体,引起混凝土体积的收缩,同时在早期又可能由于混凝土内自由水份透过减压与蒸发而引起干缩。这些应力在某个时期超出了水泥基体的抗拉强度,于是在混凝土内部引起微裂缝,这些微裂缝存在于混凝土内的骨料和水泥凝胶体的局部接触面处以及凝胶体内部,这个阶段的微粒带着少许的能量,可以很容易被纤维吸

收,由于纤维以单位体积内较大的数量均匀乱向分布于混凝土内部,故微裂缝在发展的过程中必须遭遇纤维的阻挡,消耗了能量,从而阻断裂缝的发展达到抗裂作用。混凝土在收缩过程中也会产生收缩应力,纤维的加入犹如在混凝土中掺入纤维筋这些纤维抑制了混凝土开裂的进程,提高了混凝土的断裂韧性,也提高了混凝土的抗拉强度。

纤维改善混凝土的性能主要通过物理力学作用,不改变混凝土中各种材料本身的化学的化学性能,也不会影响混凝土耐久性。

2 聚丙烯纤维的功能及作用

2.1 有效提高混凝土的抗裂能力

聚丙烯纤维是一种非常有效的提高混凝土抗裂能力的纤维,经过特殊的纤维生产工艺和纤维表面处理工艺,和水泥基料有极强的结合力,纤维可握裹更多的集料,有更紧密的啮合度,因此可在混凝土中发挥更为有效的抗裂作用。由于纤维可迅速而轻易地与混凝土材料混合,分布极其均匀,故能在混凝土内部构成一种均匀的乱向支撑体系,产生一种有效的二级加强成果。

有关机构的试验研究表明,在混凝土中纤维的乱向分布形成有助于削弱混凝土塑性收缩及冻融

微细裂缝的产生和发展;同时无数的纤维单丝在混凝土内部形成乱向撑托体系,可以有效防止细骨料的离析,对精骨料分离也有一些作用;消除和明显减产混凝土早期的泌水性,从而阻碍了沉降裂纹的形成。实验证明,同普通混凝土相比,体积掺量 0.1% (0.9kg/m³) 的纤维混凝土抗裂能力提高近 100% 以上。聚丙烯纤维的使用是一种有效的混凝土温差补偿性抗裂方法。

2.2 大大提高混凝土抗渗防水性能

聚丙烯纤维可以大大提高混凝土的抗渗防水能力。均匀乱向分布在混凝土中的大量纤维起到随托作用,降低了混凝土表面的析水与集料的离析,从而使混凝土中直径约 100nm 的孔隙的含量大大降低,可以极大地提高混凝土抗渗防水能力,测试表明 0.1% 体积掺量的纤维混凝土比普通混凝土抗渗能力提高 100% 以上。

2.3 增强抗冲磨能力

可明显提高混凝土的耐磨能力达 50%~100%。明显减少起尘、鳞状、片状剥落等破损现象。

2.4 几种常用外加剂抗裂性能比较 (见表 1)

3 结束语

(1) 聚丙烯纤维最大的优点是大幅度地减少混

表 1 几种常用的外加剂混凝土抗裂性能比较

项目	钢纤维	微膨胀剂(UEA,AEA)	聚丙烯纤维
作用原理	混凝土破坏以后,高强钢丝才能起到作用。	依靠化学反应生成的钙矾石的微膨胀作用补偿水泥基体的收缩,达到抗裂的作用。可一定程度提高密实从而对抗渗及抗压有好处。	完全物理配筋,依靠大量(每立方米近 3000 万条)高抗拉强度、高长径比、高粘结强度的纤维丝均匀的乱向分布,抵抗水泥基体的收缩达到抗裂目的。
功效	防阻裂缝进一步发展。	减少混凝土非结构性裂缝。特别适用于填充后浇带、灌浆等。	减少混凝土非结构性裂缝,如塑性收缩裂缝及干燥裂缝。明显改善混凝土或砂浆的抗冲击能力,可有效提高混凝土的韧性,有效改善高强混凝土脆性的缺陷。可降低混凝土浇注后的沉降离析,减少泌水,提高均匀度。可有效改善抗冻性。
施工	布于混凝土结构的底部。也可浇注在整体混凝土中。	对施工环境如温度、湿度等要求较高,潮湿环境较有利,对保养要求苛刻。水泥碱性,水质、膨胀剂碱性及含水硫量等都会影响使用效果。掺量容度小,少则膨胀不足,多则可能过度膨胀,从而促发裂缝,产生严重裂缝,高温(大于 70℃)因生成延缓矾石有可能导致开裂。某些膨胀剂含碱量高易发生大碱骨料反应剥落度损失大,对施工影响大。	对施工环境宽容,施工搅拌便捷,直接加入集料中搅拌即可,对搅拌设备、配比及施工工艺没有特别要求。完全物理作用,效果易于掌握。产品无毒无刺激,耐酸碱腐蚀。掺量容度大,适应范围广,高温(小于 120℃)都可正常工作。坍落损失小,对施工没有明显影响。
成本	成本高、应用少。	成本约 65 元/m ³ ,施工成本较低。	成本 60 元/m ³ 左右
备注		可用于多种结构	运用范围极广,尤其适用于高层建筑、地下室、路面、外墙抹灰、水利工程隧道等。

时的张力;收缩的能力被分散到每立方米几千万根具有高抗拉强度,弹性模量相对较低的纤维单丝上,从而极为有效地增强了混凝土的韧性,抑制了

混凝土裂缝,可以有效地基本消除混凝土塑性裂缝、干缩裂缝和温度裂缝。

(下转第 64 页)

等必要的施工机具。

(3)对已施工的基层进行质量检查验收,不得有空鼓、开裂,表面平整度 2m 不得有大于 3mm 的凹凸,基层的阴阳角应抹成圆弧,且半径 $\geq 50\text{mm}$ 。

(4)基层表面要结实平整,含水量不超过 20%,表面经清扫干净无松散附着的浮尘。

(5)防水涂料施工时,材料要经过电动搅拌器充分搅拌,平面部分以滚涂为主,立面及阴角,形状复杂的小面积以刷为主,滚涂和刷涂遇到重叠部分可辅用软橡皮刮子,刮摊找平。同一遍涂刷时要朝同一方向进行,每遍涂刷的厚度为 0.3~0.35mm。遍之间涂抹(刷)方向相互垂直以利成型厚度均匀。

阴阳角涂膜层的中部加设一层化学纤维布加强。在加设化学纤维布的涂膜中,要求纤维布融入防水层内,不要形成事实的分隔,为此纤维布不能太厚宜小于 1mm。在涂膜时布的底涂层要适当加厚,边涂边压入化纤布,并及时向一个方向滚平,让下面的涂料挤到化纤布的上部,接着滚涂布的涂料,注意不能反复滚涂,上下遍宜交叉方向涂刷以保证严密,且不能加力太大,以达到布的上下均匀粘足涂料。

防水层的分隔缝设置:为防止基层的分隔层的集中变形引起防水层的破坏,防水层分隔缝可依基层分隔设置。基层分隔缝处可同基层按设计加密封型防水材料填塞。

2.4 施工质量控制要点

(1)本工程的防水面积大、工期长,施工过程中存在施工不利质量的因素,施工前要技术交底。

(2)水泥基层质量要提高,表达要平整压实,不能用木槌板槌平,因为那样表面凹凸大,同量涂料成膜薄,一部份渗入砂浆的粗面空隙,搓平表面常有松散的颗粒,涂刷过程颗粒滚动,既与基层结合不牢,又易混入涂料影响防水膜的质量,因此要求

用铁抹压实,平整度应适当提高,以保证防水层厚度均匀。

(3)基层表面干燥应符合规定,彻底清除表面污染。

(4)聚合物水泥基弹性防水涂料涂抹(刷)在建筑基层上,要求能成为稳定牢固的防水膜,其防水膜需经多遍成型过程,各遍间的时间间隔以每遍的水分挥发后,人员上踩不粘鞋,不变形为最佳时间。根据气候条件通常为 4~8h,低温为大值,间隔时间即成型的需要,保护好环境,不使涂膜损坏。

(5)涂抹作业应在 5~30℃的气温(高温天气宜夜间阴凉时)、无雨、风力小的气候条件下,周围应没有引起污染防水材料作业的环境,以保护防水层作业过程成膜质量。作业前应仔细安排作业路线,做到同一块防水材料依序涂抹,操作人员不损坏未成膜的涂层,又做到人员后退安全,必要时设置后退点的安全设施。在涂后成膜过程要加强成品保护,防止人员踩踏或物体碰触,沙尘撒落污染。

(6)涂抹时要求先平面后直面,先大面后细部,检查要看立面和细部涂抹接槎是否重叠在平面上,并通过定量割块观察成膜质量,测量成膜厚度。(割块处要及时扩大修补)。

(7)防水保护层施工时,禁止人员踩踏或斗车碾压防水层。底板钢筋绑扎时,底板架立盘支点下设砼垫层,不要损坏保护层,如有损坏及时修补。

3 结语

由于严格的原材料进场质量把关、现场人员精心施工,本工程地下室防水施工取得良好效果;经过两年多的考验,未发现渗漏现象。

收稿日期:2004-11-16

联系地址:福州市鼓楼区福新路 315 号

联系电话:0591-87533978

(上接第 62 页)

(2)聚丙烯纤维混凝土因细微裂缝的减少,还可减少钢筋的锈蚀。同时在纤维混凝土对坍落度有点影响的情况下,现场地清理质量不受影响。

(3)聚丙烯纤维混凝土与钢纤维混凝土以及掺有 UEA、AEA 等微膨胀剂混凝土比较,具有经济指标好,施工便捷,适合范围广,造价低的优点,可广泛应用于地下工程、屋面工程、超长建筑、水工结构

和大体积混凝土工程中。

参考文献

[1] 王铁梦.工程结构裂缝控制.北京:中国建筑工业出版社.

收稿日期:2004-11-16

联系地址:福州市鼓楼区福新路 315 号

联系电话:0591-87533938