

应用技术

聚丙烯纤维在粉煤灰商品混凝土工程中的应用

Application of Polypropylene Fiber to Fly Ash Ready-Mixed Concrete Projects

吴菊珍 顾政民 林国英 (上海市建筑科学研究院 200032)

中图分类号:TQ346.26;TU755

文献标识码:B

1 前言

自从有水泥混凝土以来,裂缝问题一直困扰着人们,不少学者企图从不同的途径来解决收缩裂缝。至今,膨胀混凝土在建筑物抗裂抗渗控制方面的研究和应用较多。然而,掺膨胀剂的混凝土需要严格做到保温、保湿养护。因此,冬季施工裂缝控制比常温条件下来得难;高标号混凝土比低标号混凝土容易开裂;大流动性混凝土抗裂比干硬性混凝土差;底板控制易于墙板,中厚板裂缝控制难度小,厚板及薄板难度大,加上目前工地大都采用商品泵送混凝土施工,掺有膨胀剂的混凝土坍落度损失大,在钢筋密集的外墙中浇注振捣费力费时,容易造成“老鼠洞”。工程实践也证明,一般的掺粉煤灰外加剂的商品混凝土或掺膨胀剂的商品混凝土对外墙板裂缝控制有一定的效果,但因施工、养护及人的因素等,往往在混凝土浇捣后裂缝仍在所难免。

据文献报导,近年来,美国、德国和丹麦等国都指出在混凝土中掺加纤维,赋予混凝土具有一定的韧性,以改善混凝土的抗裂性能。

如美国耐空(NgcoN INC)公司是第二代增强材料—尼龙纤维的生产者和销售者,用于预制混凝土和现场浇注的混凝土中已有二十年,改进了混凝土的表面质量及整体性,提高混凝土抗裂性能。该公司还对聚丙烯及聚酯纤维在混凝土中的应用进行了研究。

丹麦也研究用聚丙烯纤维来改善混凝土的早期收缩裂缝,认为,掺加纤维会降低坍落度,然而对混凝土的工作性没有影响。

德国 Messrs P Baumhuter Rheda—Wiedenbrück 研究聚丙烯纤维和它在混凝土中应用。他提出,掺有该种纤维可以提高混凝土的抗裂及抗渗性能,阻止混凝土早期裂缝的产生。

在国内,从1993年起,上海市建筑科学研究院对纤维在混凝土中应用,开展研究工作,着重于碳纤维

和尼龙纤维的研究。1994年上海市建筑科学研究院与中国纺织大学化学纤维研究所协作,对聚丙烯纤维在粉煤灰商品混凝土中应用作研究。试验表明,聚丙烯纤维对控制减少水泥硬化早期裂缝的产生有很大作用。在此基础上,1995年,将聚丙烯纤维在水泥混凝土中的应用效果广为宣传,该项目工作得到有关设计、施工、房产公司及商品混凝土搅拌站等单位的大力支持。

由张家港市第二合成纤维厂所提供的改性聚丙烯纤维已在上海港泰广场C40、S6地下室墙板1000m³混凝土中和上海瑞安广场C50、S8、400m³地下室墙板混凝土中以及上海国际体操中心C35、S8、2200m³地下室墙板、墙顶板中获得应用。该工作在上海建筑设计院浦东分院、上海冶金建筑设计院以及浙江省建筑设计院的支持和认可下,并得到建筑施工单位绍兴三建、中国核工业部华兴建设公司直属二处以及上海九海利益房地产有限公司,长宁区区委的支持。

掺加改性聚丙烯纤维的商品泵送粉煤灰混凝土分别由上海浦东新区北蔡混凝土制品联营公司,上海建强混凝土有限公司、上海安东商品混凝土有限公司以及上海天利商品混凝土公司生产。

工程实践证明,掺加改性聚丙烯纤维的商品混凝土可泵性好,坍落度损失小,混凝土的表面质量光滑平整。

掺加改性聚丙烯纤维在混凝土用于地下室墙板工程,可以大大改善混凝土的抗裂性能,提高混凝土的抗渗性。改性聚丙烯纤维是一种有前途的抗裂防渗新材料,在混凝土应用有发展前景。

2 改性聚丙烯纤维(polypropylene fibre)在水泥混凝土中应用的实验室研究

首先就中国纺织大学化学纤维研究所研制的合成纤维——聚丙烯纤维在实验室中进行在水泥混凝

土中应用性能研究,着重对纤维掺入水泥中的早期干裂性和在 C30 大流动度混凝土中掺入不同纤维来研究对抗压强度、抗折强度的影响,进一步弄清这不同纤维在水泥混凝土中的不同行为。

2.1 试验用原料

2.1.1 改性聚丙烯纤维

改性聚丙烯纤维试样由中国纺大化学纤维所提供,共有 1 号、2 号和 3 号三种。

2.1.2 其它原材料

水泥:试验采用上海水泥厂 525 号(象牌)普通硅酸盐水泥,其质量经上海市建筑材料及构件质量监督检验站进行检测,其质量符合 GB175-92 标准。

表 1 上海象牌 525 号普通硅水泥质检结果

检验项目	标准值	检验结果	检验项目	标准值	检验结果
细度(筛余量%)	≤10.0	4.7	抗折	3d 4.0	6.0
初凝时间	不得早于 45 分	1 小时 39 分	强度	7d /	/
终凝时间	不得迟于 10 小时	2 小时 39 分	(MPa)	28d 7.0	8.5
安定性(沸煮法)	必须合格	合格	抗压	3d 22.0	33.0
水泥中 SO ₃ %	≤3.5	2.4	强度	7d /	/
烧失量%	≤5.0	2.0	(MPa)	28d 52.5	60.0
水泥中 MgO%	≤5.0	2.5	标准稠度%	/	23.80
不溶物%	/	/	其它	/	/

砂:中砂细度模数为 2.7,其质量符合 GB/T14684-93 建筑用砂国家标准。

石:5~25mm 连续级配碎石,其质量符合 GB/T14685-93 建筑用卵石碎石国家标准。

粉煤灰: I 级粉煤灰(石洞口发电厂),其质量符合 GB146-90 国家标准。

外加剂:试验所用的外加剂质量 JC473-92 标准。

水:饮用水

2.2 试验结果

2.2.1 掺入改性聚丙烯纤维对水泥早期干裂性的影响

(1) 试模 试验采用外园 Ø250,内园 Ø190,高 50mm 的有底园环,试模内园为无缝钢管,外园模为二个半模。

(2) 净浆配合比及试样制备

表 2 净浆配合比

纤维编号	水泥比	水(g)	水泥(g)
/	0.476	1000	2100
1 号	0.476	1000	2100
2 号	0.476	1000	2100
3 号	0.476	1000	2100

试样的拌制是采用胶砂搅拌机拌和,先在搅拌锅

中加入一定量的水泥和纤维,先干拌半分钟,缓慢加入一定量水,将物料拌匀,搅拌 3 分钟后,将物料取出倒入模中,等初凝后即松开外模及底模,置于 20±3℃,相对湿度 60~70% 的条件下,用风扇吹风 24 小时,观察裂缝开展。

(3) 试验结果

在水灰比 0.476 时,未掺纤维的净浆在成型后 2 小时即产生数条裂缝,掺有 1 号、2 号、3 号纤维的净浆经一昼夜风吹均未产生裂缝。

2.2.2 掺入改性聚丙烯纤维对 C30 大流动度混凝土性能影响

采用 525 号象牌普通硅酸盐水泥、中砂 5~25mm 连续级配碎石, I 级粉煤灰,外加剂适量,不掺或掺入 1 号、2 号、3 号纤维条件下,配合比均相同,仅调整水灰比以控制坍落度在 12±2cm,研究不同纤维对混凝土抗压、抗折强度的影响,试验结果见表 3。

表 3 在 C30 大流动度混凝土中不同纤维

对混凝土性能影响

序 号	纤维 编号	水灰 比	坍落度 (cm)	抗压强度(MPa)		抗折强度(MPa)	
				7d	28d	7d	28d
1	1 号	0.578	12.3	28.0/126	44.3/133	8.6	
2	2 号	0.638	11.0	24.2/109	26.0/108	7.9	
3	3 号	0.618	13.4	18.9/85	29.8/89	4.7	
4	未掺	0.618	14.5	22.2/100	33.3/100	8.2	

注:①改性聚丙烯纤维用量及水泥、粉煤灰、砂、石、外加剂均相同;

②混凝土坍落度为 12±2cm。

从表 3 的数据可以看出,掺改性聚丙烯纤维 1 号,不仅有利于抗压强度的改善,同时也有利于抗折强度的改善;其次是 2 号纤维;3 号纤维掺入混凝土中使抗压、抗折强度降低,不适合使用。

3 改性聚丙烯纤维在地下室墙板商品泵送粉煤灰混凝土中的应用研究

3.1 上海港泰广场地下室外墙工程试点应用

港泰广场地下室位于上海市黄浦区延安东路以北,广西北路以西,云南中路以东,北海路以南所围 101 地块,占地面积 4500m²,地下室两层,建筑面积 8890m²,外墙面积 2300m²,该工程由港泰房地产有限公司投资开发,上海建筑设计研究院浦东分院设计,绍兴县第三建筑工程公司承建。

该地下室外墙采用钢筋混凝土结构,外墙四周长为 280m,被后浇带一分为二,靠延安路侧 180m,靠北海路侧 100m,外墙总高 8.2m,分二层,地下二层高 4.0m,地下一层高 4.2m,外墙壁厚 40cm,采用 C40 商品泵送混凝土,其抗渗等级为 S6,每层为一次浇

捣混凝土,外墙采用结构自防水,外墙面不作任何处理。

该工程由上海浦发混凝土专业公司所属上海浦东新区北蔡混凝土制品联营公司和上海建强混凝土有限公司来承担。因为该工程是在国内第一个采用掺聚丙烯纤维的商品混凝土,为了保证万无一失,首先在北蔡混凝土制品公司予试拌,置模板,浇 1m^3 纤维混凝土,实体观察效果较好,于1996年1月2日进行工程应用。混凝土采用上海金山525号普通硅酸盐水泥,中砂,5~25连续级配碎石,掺加一定量的磨细粉煤灰及改性聚丙烯纤维(由张家港第二合成纤维厂提供),混凝土坍落度控制在 $14\pm 2\text{cm}$ 。

这两次浇捣的纤维混凝土,其新拌混凝土及硬化后混凝土的抗压强度及抗渗性能均符合设计要求,地下二层六组试块平均强度为53.1MPa,达到设计强度的133%;地下一层六组试块平均强度为49.2MPa,达到设计强度的123%,混凝土抗渗等级达到S6,地下室外墙板工程质量良好,亦为后面工程应用树立了良好的样板。

3.2 上海瑞安广场地下室外墙工程试点应用

上海瑞安广场建筑总面积约76000 m^2 ,其中二层地下室面积约11000 m^2 ,基础埋深-10.8m。因受地铁影响,地下室分二期施工,第一期于1995年8月中旬完工,外墙总延长米约250m,单用普通防水混凝土C50,数月后发现数十条垂直裂缝,渗水严重,化了10多万元堵漏。第二期于1996年1月底开工,外墙总延伸长约70m,采用混凝土设计强度等级为C50。混凝土是由上海安东混凝土有限公司供应,采用宁国525号R普通硅酸盐水泥,中砂,5~25mm连续级配碎石,掺加一定量的II级粉煤灰和改性聚丙烯纤维及混凝土外加剂。

纤维混凝土的施工操作工艺和普通混凝土一样,无需采用特殊的操作手段,为了控制拌台混凝土质量,施工单位派了一人在搅拌站监督纤维掺加过程。

实践证明,纤维混凝土对防止墙体细裂缝的产生是有效的。后来又又在污水处理池,水箱等结构中应用,至今,这些纤维混凝土构筑物均未发现因干缩而引起的微细裂缝,无渗漏现象。

4 微膨胀纤维混凝土在上海国际体操中心地下室侧墙板工程中试点应用

上海国际体操中心位于中山西路武夷路口,该项目是为第八届亚运会配套工程,要求地下室墙板必须做到不裂不渗。混凝土设计为C35、S6,墙板高度为4m左右,厚为40cm,外墙板周长为200多米,施工时

为一次浇捣,取消后浇带不留施工缝。

为了保证工程质量,工程施工单位华兴建设公司委托上海市建筑科学研究院进行外墙板混凝土的配合比设计,即掺入聚丙烯纤维,以抑制混凝土早期裂缝开展,又掺入UEA膨胀剂在混凝土中产生一定的自应力并起密实作用。工程混凝土采用商品泵送混凝土,由上海天利混凝土搅拌站供应,混凝土坍落度值控制在 $14\pm 2\text{cm}$,总共浇捣368 m^3 外墙板。

对工程浇捣的混凝土在施工现场取样,试样带模至实验室拆模、养护及膨胀值测定数值结果见表4。

表4 膨胀测定结果

龄期	测量值($\times 10^{-4}$)	规定值($\times 10^{-4}$)
水中养护14d	1.6	1.5

注:上述试验按照GBJ119-88“混凝土外加剂应用技术规范”进行试验。

由表4测定结果可知,膨胀值测定结果满足规定值,混凝土抗压强度及抗渗标号满足规定值和设计要求。

侧墙板混凝土采用木模板进行支撑,拆模时可先松动模板,并在模板与混凝土间隙中浇水养护,使混凝土表面始终保持湿润,模板拆除后,对侧墙混凝土表面涂刷混凝土表面养护液二遍。

经质监站检查,该工程被评为优良工程,混凝土表面质量均匀,平整光滑,达到较为理想的状态。

5 结语

(1)由张家港市第二合成纤维厂所提供的改性聚丙烯纤维(建筑专用)其相对表观密度小、耐酸、碱性能好,在粉煤灰商品混凝土中具有良好的分散性,是一种有前途的新型抗裂防渗新材料。

(2)聚丙烯纤维已在上海港泰广场C40、S6地下室墙板1000 m^3 混凝土中和上海瑞安广场C50、S8地下室墙板400 m^3 混凝土中以及在上海国际体操中心地下室围墙及主馆5m平台共2200 m^3 商品混凝土中应用,其掺量为0.6~0.9 kg/m^3 混凝土。

工程实践表明,掺加改性聚丙烯纤维商品混凝土可泵性好,坍落度损失小,混凝土表面质量均匀、平整,掺加改性聚丙烯纤维的混凝土用于地下室墙工程以及墙顶板工程,可以大大地改善混凝土的抗裂性能,提高混凝土的抗渗性能。

(3)在混凝土生产过程中加入一定量的改性聚丙烯纤维,这是一种生产工序简便、价格合理、效果良好的混凝土防裂措施,并且可与混凝土膨胀剂同时使用,正确养护混凝土,对混凝土抗裂防渗会获得更佳效果,可在混凝土工程中进一步推广应用。