

文章编号:1004-3918(2002)06-0740-04

聚丙烯纤维自密实混凝土的研究及应用

郭景强, 陈贺新, 翟延波

(天津市建材研究所, 天津 300381)

摘要:主要论述聚丙烯纤维免振自密实混凝土的研究,包括原材料的选择和性能研究。重点介绍该材料在天津市某立交桥维修美化工程中修补加固的应用。

关键词:聚丙烯纤维;自密实混凝土;修补加固

中图分类号:TU528.572 **文献标识码:**A

通常认为,混凝土是一种较为耐久的材料,混凝土建筑物或构筑物具有使用寿命长和无需维护的特点。然而,在长期的工程实践中,人们也发现在很多情况下,混凝土结构由于各种原因而遭受破坏是相当严重和迅速的,如设计的失误、施工质量的低劣,材料选择不当,高温、潮湿、腐蚀、超载等恶劣的使用环境,遭受地震、爆炸、火灾等灾害的破坏,均使混凝土结构受到灾难性的损坏,从而影响混凝土结构的耐久性和使用寿命。混凝土建(构)筑物在长期自然环境和作用环境作用下将逐渐破坏,以至丧失其功能,是一个不可逆的客观过程,然而事实上,如对混凝土进行适宜的维护和及时的修补,就能大大延长混凝土构筑物的使用寿命。

目前国际流行的加固方法是增大截面加固法,也称为外包混凝土加固法,它是增大构件的截面和配筋,用以提高构件的强度、刚度、稳定性和抗裂性,也可用来修补裂缝等,这种加固法适用范围广,可加固板、梁、柱、基础、屋架等。增大截面加固法的优点是施工方便、经济有效。缺点是养护时间长,影响建筑物净空。并且当材料采用不恰当时,会引起钢筋锈蚀和混凝土的破坏。

增大截面加固法所采用的材料通常为普通高强混凝土(强度高于原混凝土一个等级)、喷射混凝土(砂浆)等。近年来,无收缩水泥基灌浆料(砂浆或混凝土)应用逐渐广泛,由于其强度高,施工性能好,与原混凝土结合好,性能价格比高,广受业主和施工单位的赞誉。

天津市某立交桥建于80年代,由于多年盐侵蚀、冻融以及碱集料反应的破坏,对结构已形成很大的影响,外观较差,需对该桥进行维修美化。桥的柱子和梁损坏最为严重,表皮部分泛碱、脱落,严重的露出钢筋。经各部门商讨,维修方案如下:柱子和梁需剔除表面松动混凝土,锈蚀钢筋除锈,严重锈蚀还需补筋,将柱子和梁用混凝土加厚5cm。由于加固厚度较薄、易开裂,柱子较高,梁跨度大,无法振捣,一般混凝土无法完成结构的修补加固,因此选用了合成纤维免振自密实混凝土进行施工。该材料具有较高的流动性、较好的稳定性、良好的自密实性、极佳的抗开裂性以及优良的力学性能和耐久性能,而且该材料在现场加水即可应用,施工无需振捣,拆模后外观较好,适合本工程的应用。本文将就合成纤维免振自密实混凝土的材料性能和施工进行简单的论述,以供同行参考。

1 材料性能简介

1.1 原材料选择

原材料的选择应根据工程的实际要求进行选择。

1.1.1 胶凝材料 对于合成纤维免振自密实混凝土,不仅要求具有较高的强度,而且必需具有较大的流动性以及内部较高的粘聚性以保证混凝土拌合物不离析分层,所以一般胶凝材料用量较大。为了降低水化热,减小收缩,抑制碱集料反应,需掺入大量的矿物掺合料如粉煤灰、硅灰、矿渣粉以及增钙液态渣复合矿物掺合料等。

为了补偿自密实混凝土的收缩,在胶凝材料中需加入低碱膨胀剂,一方面可激发掺合料的活性,另一方

收稿日期:2002-03-18

基金项目:天津市建委2000年计划项目(2000-14)

作者简介:郭景强(1972-),男,内蒙赤峰人,天津市建材研究所工程师。

面可产生适当的膨胀补偿混凝土的收缩。

1.1.2 骨料 合成纤维免振自密实混凝土中骨料的好坏将影响混凝土的工作性和硬化性能。骨料的粒径、粒形、软弱颗粒以及泥土含量影响自密实混凝土的强度和工作性能。粒径越大,内部缺陷越多,胶凝材料与骨料界面大、过渡带厚,对自密实混凝土强度及耐久性有不利影响,另外自密实混凝土要求骨料能均匀悬浮于水泥浆体中,骨料粒径过大,易分离析,不利于混凝土的流动和填充,因此粗骨料粒径不宜过大,根据本工程加固厚度在50mm左右,因此要求粒径小于12mm。细骨料一般要求使用级配合理粒型均匀圆滑干净的河砂,0.63累积筛余大于65%,0.315累积筛余在85~95之间,0.16累积筛余大于98%,含泥量小于1%,细度模数大于2.8。

1.1.3 外加剂 高效减水剂能降低用水量,增加自密实混凝土的流变性能。自密实混凝土的强度、耐久性要求用水量小,而为了满足流动性,自密实混凝土的用水量较大,因此为了满足二者的要求,必需合理解决这一矛盾,主要途径就是加入高效减水剂。自密实混凝土所需高效减水剂要求减水率在25%以上。

为了增加流动性,国内外均加入少量的引气剂,在自密实混凝土内部形成均匀、不连通的小气泡,由于其滚珠效果,而大大增加自密实混凝土的流动性能。由于强度及耐久性的要求,引气量要求小于5%。

为了保证体系具有足够的粘度及内聚力以保证自密实混凝土不离析、不泌水,需加入稳定剂或增稠剂。该类材料的引入还可降低体系原材料变化如砂的细度模数、加水量等对自密实混凝土流变性能所引起的变化,使得自密实混凝土的质量更易于控制。

为了增加自密实混凝土与基材的粘接,引入了可分散再乳化粉状树脂。

1.1.4 合成纤维 聚丙烯纤维是一种新型的混凝土防裂合成纤维,也被称为“次要增强筋”,主要功能是抑制混凝土塑性裂纹的产生,同时改善混凝土的匀质性,抑制混凝土内部由于失水、水化热、泌水、收缩、温差、自干燥引起的微裂隙生成。再通过低碱膨胀剂产生适当的预应力,抑制混凝土硬化后产生裂纹,二者复合作用可有效抑制混凝土裂缝的产生。

本试验对目前市场常见的几种聚丙烯纤维进行了选择,主要考察其对混凝土抗开裂性和流动性的影响,并优选一种应用于本混凝土。

表1 不同纤维的阻裂效应比较

Table 1 The comparison of crack-stopping effect of different fiber

	空白	纤维网1	纤维网2	杜拉纤维	单丝纤维1	单丝纤维2
纤维掺量(kg/m ³)	0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
塑性裂纹宽度(mm)	1.578	0.965	0.870	0.762	0.425	0.745
裂缝比例(%)	100	61.1	55.1	48.3	26.9	47.2

注:该试验参照文献[1]使用的测试方法并改进后进行的,以裂缝的宽度为评定指标。试验条件为环境温度35℃,相对湿度50%,风扇吹风。

由上表可知,单丝纤维1阻裂效果最佳。

表2 不同纤维不同掺量流动效应比较

Table 2 The comparison of flowability effect of different fiber and different dosage

	空白	纤维网2	纤维网2	单丝纤维1	单丝纤维1	单丝纤维1
纤维掺量(kg/m ³)	0	0.9	1.2	0.6	0.9	1.2
坍落度(mm)	275	235	195	265	265	235
扩展度(mm)	720	580	515	715	710	655

由上表可知单丝纤维1掺量达到0.9kg/m³时对流动度的影响并不明显,但加入1.2kg/m³时则明显降低流动度。纤维网对流动度的影响较为显著,不适合于自密实混凝土中的应用。

1.2 工作性能

自密实混凝土要求拌合物具有较高的流动性、不分层、不离析、不泌水,而且具有一定的保持能力,具有较高的钢筋通过性、填充性等。

1.2.1 检测方法

自密实混凝土工作性的检测方法参照自密实混凝土的检测方法,主要采用坍落度和坍落流动度、改进型L型仪、U型槽的方法。坍落度和坍落流动度测试自密实混凝土拌合物的坍落高度和扩展直径。自密实混

混凝土满足应用最基本的要求是坍落度大于 25cm、扩展度大于 60cm。U 型槽可同时测定自密实混凝土的屈服应力、塑性粘度,匀质性以及自密实混凝土拌合物的填充能力和间隙通过性,自密实混凝土两边高差应小于 0.5cm,但施工现场测试困难;改进型 L 型仪是基于 L 型仪和钢筋间隙通过仪改进而来的,该仪器可测试出自密实混凝土的流动速度(V)、立筒内自密实混凝土坍落高度(T)、水平流动距离(L),V、T、L 反映出自密实混凝土的粘度和剪应力,流变性能良好的拌合物 T/L 约为 0.3,自密实混凝土 L 应大于 80cm, T 小而 L 大有离析倾向, T 大而 L 小,由于粘性阻力大,不能自流平, T 应与坍落度实验中的坍落高度相差小于 2cm。我们建议在研究时应采用 U 型槽与改进型 L 仪相结合,在施工现场采用坍落度、坍落扩展度以及倒坍落度筒来进行质量控制。

1.2.2 性能指标

表 3 合成纤维自密实混凝土工作性能指标

Table 3 The workability of pp fiber reinforced self-compact concrete

坍落度(cm)	坍落扩展度(cm)	U型槽高差(cm)	匀质性	L型仪流动度(cm)	L型仪坍落度(cm)	L型仪流动时间(s)
27.5	72.0	0.5	好	80*	26	14

注:L型仪长度 80cm

1.3 硬化性能

由于自密实混凝土的骨料用量相对较少,弹性模量也稍有所降低。但采用低水胶比,或适当增加配制强度,或掺加纤维等措施可适当提高自密实混凝土的弹性模量。

胶凝材料用量一般较大,因此其自收缩较大。但由于其水灰比较小,用水量少,其干缩较小。拌合物中一般含有矿物掺合料和膨胀剂补偿自密实混凝土的收缩,提高自密实混凝土中骨料与水泥石的粘结强度,因此可大大弥补自密实混凝土用胶凝材料较多造成的自收缩,使得自密实混凝土总的收缩量小于普通混凝土的收缩,可有效抑制自密实混凝土裂缝的产生。由于自密实混凝土具有较高的密实度,孔隙率较低,故此其抗渗性较高,水及有害离子、化合物不易渗入自密实混凝土内部,提高自密实混凝土的耐久性。由于拌合物中含有大掺量的矿物掺合料如粉煤灰、矿渣粉、硅灰等,可大量消耗自密实混凝土中的氢氧化钙,降低碱度,抑制碱集料反应。

表 4 合成纤维自密实硬化指标(28天)

Table 4 The mechanical property of pp fiber reinforced self-compact concrete(28d)

抗压强度(MPa)	抗折强度(MPa)	轴心抗压强度(MPa)	粘接强度(MPa)	弹性模量	收缩($\times 10^{-6}$)	抗渗
>60	>6.5	>50	>2.0	>4.0	<300	>S12

综上所述,合成纤维免振自密实混凝土是一种具有较高流动性、高填充性、高抗离析性、高钢筋间隙通过性和良好匀质性的拌合物;在硬化后,具有适当的强度、较小的收缩、较好的抗开裂性能和良好的耐久性。施工方便,无需振捣,解决施工扰民问题,对工人要求较低,易于保证施工时自密实混凝土的质量,尤其适用于浇筑困难无法振捣以及配筋较为密集的结构。

2 自密实混凝土的施工及应用部位

2.1 搅拌

自密实混凝土应严格按照推荐水固比(0.095-0.098:1)加水,不得随意加水。搅拌应采取强制式搅拌机,搅拌时间不少于 3min。

2.2 支模

模板应按结构的要求支设,模板应严密以防灌浆料浆体的漏出。对于结构复杂的部位,应采用木模板支设。由于在该工程中,柱子的加固比较简单,只需模板支设整齐、严密即可;帽梁和箱梁的结构较为复杂,需要木模板支设,而且模板支设应紧固,否则易于涨模,在本工程中采用了木模板外加钢管肋的紧固方案,在浇筑后,无跑浆涨模现象。

2.3 浇筑

2.3.1 柱子 柱子的浇筑较为简单,将拌合好的灌浆料用小桶或砂浆挤压泵从一端灌入模板即可。

2.3.2 梁 由于箱梁和帽梁的结构较为复杂,而且长度一般较长,最长的梁有14m,因此,采用挤压泵压力灌浆。将拌合好的灌浆料直接加入挤压泵的储料斗,经挤压泵灌入模板,两台挤压泵同时工作,分别从梁的两端挤入模板,直至模板上侧均有混凝土溢出为止。

2.3.3 拆模及养护 浇筑24h后即可拆模,浇水养护7天,或涂刷养护剂。

2.4 性能检测

浇筑不同部位应分别进行材料性能的检测,包括工作性能和抗压强度。

表5 工作现场检测性能

Table 5 The property on site

部位	坍落度(cm)	坍落扩展度(cm)	匀质性	抗压强度(MPa)
1	27.5	72.0	好	68.2
2	27.0	71.5	好	66.8
3	27.2	71.5	好	67.2
4	26.8	70	好	69.1
5	27.0	71	好	68.4

3 自密实混凝土的质量控制

自密实混凝土的施工较为简单,对施工人员的要求较低,但对管理人员(包括生产和施工)的要求较高。为了确保施工质量,需进行全面的质量控制。(1)对原材料要严格按上述要求进行选择。(2)对自密实混凝土的配合比应进行多次试配,以根据不同的原材料以及施工现场的要求,合理的调整配比。(3)严格控制拌和水的用量,应根据厂家推荐用水量加水或由施工指导人员指导加水。(4)控制新拌自密实混凝土的质量,在试验室用U型槽和L型改进仪控制自密实混凝土的流动度、粘度等指标,在施工现场采用坍落度流动度来控制。适当时候可采用超塑化剂和增稠剂来调整自密实混凝土拌和物的状态,以满足施工的要求。(5)确认自密实混凝土不离析、不泌水。根据自密实混凝土拌和物的状态调整自密实混凝土的浇筑距离和浇筑点的分布。

4 结论

(1)合成纤维免振自密实混凝土具有良好的施工性能、力学性能、抗开裂和耐久性能,适合于结构加固及结构复杂难以浇注的部位。(2)合成纤维与膨胀剂二者的复合叠加效应可有效抑制混凝土的开裂。(3)该材料的应用缩短了工期,使得该立交桥维修加固美化工程提前完成。(4)该材料的应用使得结构的外观光滑,无蜂窝麻面等现象,是一种理想的市政构筑物加固材料。

参考文献:

- [1] Paviz Soroushian. Secondary Reinforcement-Adding cellulose Fibers[J]. Concrete International, June 1997.
- [2] 曹诚,王春阳. 低掺量聚丙烯纤维在混凝土中的效应分析[J]. 混凝土与水泥制品, 2000, (增刊): 34-36.
- [3] 吴中伟,廉慧珍. 高性能砼[M]. 中国铁道出版社, 1999.
- [4] 廉慧珍,张青,张耀凯. 国内外自密实高性能砼研究及应用现状[J]. 施工技术. 1999, 28(5): 1-3.
- [5] 钱晓倩. 高性能砼原材料和配合比设计中的问题和对策[J]. 混凝土, 1998, (1): 5-9.

Research and use of pp fiber reinforced self - compact concrete

GUO Jing-jiang, CHEN He-xin, ZHAI Yan-bo

(Tianjin building material science and research institute, Tianjin 300381, China)

Abstract: The paper gives the research on pp fiber reinforced self - compact concrete, including materials choosing and performance researching. The pp fiber reinforced self - compact concrete used in repairing and strengthening project of a cross - bridge of Tianjin is also introduced.

Key words: polypropylene fiber; self - compact concrete; repairing and strengthening