

# 聚丙烯纤维混凝土超长结构抗裂防渗施工工法 (YJGF16-2000)

浙江中成建工集团有限公司

[中图分类号] TU528.572

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2002)12-0044-03

## Anti-crack and Anti-seep Construction Method of Ultra-long Polypropylene Fiber Concrete Structure (YJGF16-2000)

Zhejiang Zhongcheng Construction Engineering Group Co., Ltd.

本工法是根据我们承担的露天架空游泳池钢筋混凝土结构,即超长、超宽、较薄钢筋混凝土盛水泳池抗裂防渗工程实践,总结出一套避免渗漏和裂缝现象发生的施工技术。该研究成果2000年10月25日经上海市建委科技会鉴定通过,评为国内领先水平,具有明显的经济效益和社会效益。

### 1 特点

本工法从钢筋混凝土材料(采用聚丙烯纤维和低碱膨胀剂)入手,结合结构设计,采用无缝施工工艺和技术措施、综合成套施工技术,解决了地下结构裂缝和渗漏的难题。

### 2 适用范围

本工法适用于工业与民用建筑钢筋混凝土结构(外墙、楼顶板和屋面等),特别是长、宽在50m左右的露天游泳池及抗裂防渗的地下、地上结构。

### 3 工艺原理

(1)材料 在商品混凝土双掺粉煤灰、早强缓凝剂的基础上双掺聚丙烯纤维和低碱膨胀剂(UEA),利用纤维抑制混凝土早期产生的收缩裂缝,通过保湿养护,膨胀剂的水化产物钙矾石不断生成,在混凝土内部产生自应力,对混凝土产生补偿收缩,起到防止开裂作用,提高了混凝土的抗渗性及耐久性。

(2)施工 通过合理配筋,约束混凝土的塑性变形,减小混凝土的内应力,控制裂缝扩展,减小裂缝宽度。根据结构体形,设置足够强度、刚度的混凝土模板支撑和模板,并实施避免施工冷缝的连续浇灌混凝土施工方案。

### 4 施工流程(见图1)

### 5 施工要点

(1)本工法混凝土除采用水泥、砂、石、水4种基本材料外,掺泵送剂、膨胀剂、粉煤灰和聚丙烯纤维4种改性材料。

(2)混凝土配合比必须试配,掌握最佳配合比和相应的抗压强度、抗折强度、抗渗等级、混凝土的坍落度。

(3)混凝土浇捣前,施工单位须对搅拌站的材料、设备

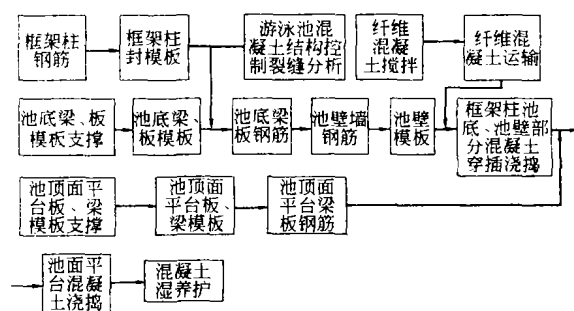


图1 钢筋纤维混凝土施工流程

情况、生产能力作全面考察与监督。

(4)混凝土浇捣前施工单位必须对商品混凝土运输、泵送设备和数量及布置等作出施工方案,经有关单位审批后,才能施工。

(5)施工前对钢筋混凝土工程的模板及其支撑、钢筋以及混凝土浇捣及其养护方案必须编制施工组织设计,并进行必要的计算,经批准后予以实施。

(6)本工法掺加聚丙烯纤维和膨胀剂UEA至关重要,必须严格按掺量和施工流程施工。

(7)认真布设结构的沉降观察点,特别是荷载差异较大处,作好沉降观察前和加载后(混凝土浇捣后)的观察记录、竣工后一段时间的记录,由此及时掌握处理结构沉降信息,防止结构裂缝产生。

### 6 材料

#### 6.1 聚丙烯纤维在水泥混凝土中应用的试验研究

目的是着重研究纤维掺入水泥中的早期抗裂性和在C30大流动性混凝土中掺入纤维对混凝土抗压强度、抗折强度的影响。

##### 6.1.1 试验用原材料

[单位地址] 上海市共康路8号 200435,电话:13501682917,主要完成者:刘有才,吴菊珍,钟来根,裘新民,董利华,陈尧火

(1)聚丙烯纤维 主要参数如表 1 所示。

表 1 聚丙烯纤维质量参数

试验项目	长度/mm	线密度/(g/10 <sup>4</sup> m)	线密度偏差率/%	断裂强度/cN	断裂伸长率/%	长度偏差率/%	孔洞体积分数/%
数据	15	15.1	3.7	4.7	4.2	12.2	3.8

(2)水泥 P.O.425 号普通硅酸盐水泥,其质量符合《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175-92 标准。

(3)中砂 细度模数 2.7,其质量符合《建筑用砂》GB/T14684-93 标准。

(4)碎石 5~25mm 连续级配,其质量符合《建筑用卵石、碎石》GB/T14685-93 标准。

(5)外加剂 试验所用外加剂符合《混凝土泵送剂》JC473-92 标准。

(6)水 清洁饮用水。

### 6.1.2 试验内容及结果

(1)掺入聚丙烯纤维对早期抗裂性的影响 试模采用外圆  $\phi 250\text{mm}$ 、内圆  $\phi 190\text{mm}$ 、高 50mm 的有底圆环,内圆为无缝钢管,外圆模为 2 个半模。

未掺纤维和掺聚丙烯纤维的净浆水灰比均为 0.476,采用水泥胶砂搅拌机拌和,先在搅拌锅中加入一定量的水泥和纤维,干拌 0.5min,缓慢加一定量的水,将拌合料拌匀搅拌 3min,将物料取出浇入模中,等初凝后即松开外模及底模,在  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $65\% \pm 5\%$  的条件下,用风扇吹风 24h 观察裂缝开展情况。

试验结果为:在水灰比 0.476 时,未掺纤维的净浆在成型后 2h 即产生数条裂缝,掺有聚丙烯纤维的净浆经 24h 风吹均未产生裂缝。

(2)聚丙烯纤维对 C30 大流动性混凝土性能影响 采用 425 号普通硅酸盐水泥,中砂,5~25mm 连续级配的碎石,II 级粉煤灰,外加剂适量,不掺和掺聚丙烯纤维,在配合比相同、仅调整水灰比以控制坍落度在  $12 \pm 2\text{cm}$  的情况下,研究纤维对混凝土抗压及抗折强度的影响,试验结果如表 2 所示。从表中数据可以看出,掺聚丙烯纤维有利于抗压强度改善,同时也有利于抗折强度的改善。

表 2 C30 大流动性混凝土性能

掺加纤维情况	水灰比	坍落度/cm	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa
			7d	28d	28d
未掺	0.618	14.5	22.2/100	33.3/100	8.2/100
掺	0.578	12.3	28.0/126	44.3/133	8.6/105

### 6.2 聚丙烯纤维在混凝土中的抗裂防渗作用

与其它常用的水泥混凝土增强纤维相比,聚丙烯纤维有着明显的价格优势,且其密度低,仅为  $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ ,耐酸碱性好,混凝土专用聚丙烯纤维与混凝土界面结合得到优化和增强,因而掺加聚丙烯纤维可大大改善混凝土的抗渗性和抗冻性。混凝土配合比及其抗渗、抗冻性能如表 3、4 所示。

表 3 混凝土配合比

混凝土品种	水泥	砂	石	水	SN-II	纤维
基准	453	583	1183	181	2.27	/
纤维混凝土	483	583	1183	181	2.27	0.8

表 4 混凝土的抗渗、抗冻和干缩值的比较

混凝土	抗渗性	抗冻性(50 次)		干缩值( $\times 10^{-4}$ )	
		强度损失率/%	重量损失率/%	28d	60d
未掺纤维	S10	8.5	0.33	3.12	5.02
掺聚丙烯纤维	S14	0	0	2.92	4.17

加入混凝土中的纤维有阻裂效应,能延缓裂缝的产生和扩展,减少及细化裂缝,这与混凝土的抗渗性及抗裂性密切相关。由于聚丙烯纤维密度低,掺入混凝土后,其数量巨大(每  $\text{cm}^3$  混凝土中有 20 多条纤维),填埋了部分混凝土内部孔隙,减少了孔隙大小和数量,极大地增加了混凝土基体的密实性,大大提高了混凝土的抗渗性、抗冻性及抵抗有害介质侵蚀的能力,提高了纤维混凝土建筑物的耐久性。

聚丙烯纤维掺入混凝土,能满足以下要求:①能适应较强的碱性环境(pH 值在 12 以上);②暴露在大气中,能耐日光照射及防老化;③在商品混凝土搅拌站生产中能满足商品混凝土生产工艺要求,能在水泥混凝土中快速分散均匀分布;④与混凝土有良好粘结力,能起增强作用。

聚丙烯纤维掺入混凝土中其主要作用:①改善和易性,使混凝土不离析泌水;②提高混凝土抗塑性收缩的能力。

聚丙烯纤维加入混凝土中,纯粹是物理作用。纤维的主要作用是从混凝土浇注到硬化前,混凝土尚未产生足够的强度以抵抗水泥收缩的应力导致微裂缝时,加入的纤维可以部分抵消内部应力,抑止微裂缝产生和发展。

纤维的加入可以改善裂缝尖端的应力集中,防止裂缝进一步发展,当裂缝发展与纤维相交时,纤维可抵消部分或全部的应力,加入的纤维呈三维无规则分布,有助于削弱混凝土的塑性收缩,收缩的能量分散到每  $\text{m}^3$  数千万条具有高抗拉强度和相对较低弹性模量的纤维单丝上,有效地增强混凝土的韧性,抑止微裂缝的产生和发展。同时无数纤维在混凝土内部形成乱向支撑体系,有效阻止骨料的离析,使混凝土粘聚性好,从而阻止了由于干缩引起的裂缝产生,所以掺加聚丙烯纤维,使混凝土内部有害裂缝(裂缝宽度大于  $0.05\text{mm}$ )的数量得到有效控制,混凝土渗透性降低,不易碳化。

### 7 质量要求

(1)在混凝土搅拌站投料搅拌时,必须严格计量投料,保证搅拌时间,使混凝土的配料分布均匀,防止成团结块,确保纤维均匀分布。

(2)为确保聚丙烯纤维计量准确,事先将聚丙烯纤维按每拌用量分别过秤小袋包装,搅拌时按袋投放。

(3)混凝土浇捣前,施工单位应根据混凝土工程实际情况,明确分工、岗位、职责,使混凝土浇捣时有条不紊,紧

张有序进行施工。

(4)应根据主、次梁、板荷载确定模板及其支撑钢管纵横间距,计算模板支撑的整体稳定性。

(5)模板施工时,除一般质量要求外,池壁墙柱模板对拉螺栓应按混凝土侧压力分布情况设置,以防混凝土浇捣时模板变形,并设止水片防渗漏。

(6)严格按照设计设置钢筋,采用双层细钢筋,密间距,池壁、池板四角宜设置辐射斜向钢筋。

(7)混凝土浇捣时,应严格控制坍落度,不得加水,不得使用坍落度过大的混凝土。

(8)混凝土浇捣过程中,严格按施工方案中的浇灌流程实施,先部分底板,再部分池壁、再底板、再池壁如此循环连续浇捣,在避免出现施工冷缝情况下,完成池体和平台的浇捣。

(9)混凝土浇捣时,各部分必须充分振捣,谨防由于振捣不充分,在梁板连接处产生沉缩裂缝。

(10)本工法特别强调保湿养护,游泳池壁外侧、池底板外侧、梁外侧等不能保湿养护的区域,除根据规范要求满足混凝土强度和以跨度决定拆模天数外,其拆模时间必须大于内壁、内底盛水、淋水养护时间,即拆模工作安排在湿养护完成后进行。

## 8 机具选择

同一般钢筋混凝土工程类似。

## 9 安全要求

认真贯彻安全生产、预防为主方针,符合规范有关安全规定要求,同时做好以下几方面工作。

(1)池底板、主、次梁的模板支撑间距须经计算确定,荷载选取时,应适当考虑泵送混凝土的高度和堆载作用。

(2)预防高空坠落伤人,施工层外围护必须安全可靠。

(3)泵送混凝土浇捣时,泵管出料口的混凝土堵管拆

接头时,操作人员头部、脸部不要正对,以免突然喷出的混凝土伤人。

(4)预防机械设备损坏伤人。

(5)预防电气设备线路破损伤人。

(6)加强安全自查、专查工作。

## 10 效益分析

(1)由于本工法成套施工技术,省去了后浇带设置,由此加快部分材料周转,省去后浇带施工缝清理、支模、混凝土浇注、养护拆模等工时,从而加快施工总周期。

(2)由于不渗漏、无裂缝,起到自防水作用,因此减少粉刷及防水层处理,可节约费用。

(3)本工法对当前工业与民用建筑地下地上工程抗渗、防裂提供了丰富的实践经验,具有明确的社会效益。

## 11 工程实例

上海复旦大学体育中心游泳馆工程 3 层的露天游泳池,池内净尺寸为长 50m、宽 25m、深 1.2~2.0m,池壁由框架柱及柱间墙组成,墙厚 300mm,池底为钢筋混凝土现浇板,板厚 300mm,与池面相连形成一体的是游泳池平面,长 70m,宽 56m,整个结构混凝土强度等级为 C30。游泳池从挖土到投入使用,仅用了近 4 个月时间。

游泳池 2000 年 6 月 17 日晨 6:30 开始浇灌,至当日 23:00 浇完,共计方量 1100m<sup>3</sup>,后经 15d 的保湿养护,池内开始刮糙抹面贴面砖,池外面(包括底和壁外侧)拆模并保持清水混凝土,2000 年 8 月 15 日交付使用。从混凝土浇完至 2001 年 12 月,游泳池经历了 2 个酷暑和近 2 个严寒季节的考验,在盛水的情况下,未出现任何渗漏水及裂缝,工程质量得到保证,获得成功,通过鉴定,成套技术达国内领先水平。

(执笔人:刘有才、吴菊珍、钟来根、裴新民、董利华、陈尧火)

(上接第 43 页)

要的审查批准,否则,不宜任意改动此系数。

## 4.4 实体检验是否影响工期

有人认为,实体检验采用的同条件试件,要等到等效养护龄期时才能试压,此龄期可能长达 60d,会影响结构施工的工期。实际上,如果在确定某一强度等级同条件试件时,事先考虑到等效养护龄期可能较长带来的影响,尽量采取较早浇筑的混凝土制作同条件试件,而不要等到顶层或结构封顶时再制作试件,就可以在很大程度上减少或避免对工期的不利影响。

## 5 混凝土结构实体检验的意义

对混凝土结构开展实体检验,在我国工程建设史上尚属首次,其效果尚有待实践检验。正是由于这个原因,《混凝土验收规范》将实体检验的项目、数

量均规定在一个较低的水平上。实际上,目前实体检验更主要的作用,在于促进施工单位提高对结构质量的重视程度,加强结构质量验收的威慑力。

实际上,在国家作出上述规定之前,我国各地的部分质量监督机构和一些监理单位就已经开始使用一些简易仪器对结构质量进行探查,希望利用少量抽样检验,来了解结构质量的真实状况。北京市质量监督总站规定:监督人员可以使用回弹仪对结构构件进行抽查测试,结果,在数年内先后发现了 20 余起结构隐患。现在,将这种对结构质量的复验,由国家强制性标准规定下来,而且将复验的责任交由监理和施工单位来完成,其意义是积极的,影响是深远的。结构实体检验的规定,将会显著增加建筑工程结构的安全性,使我国的工程质量,提高到一个新的水平。