



# 聚丙烯纤维膨胀混凝土在大体积混凝土中的应用

翟红侠<sup>1</sup>, 廖绍锋<sup>2</sup>, 章家海<sup>2</sup>, 冯兰芳<sup>2</sup>

(1.安徽建筑工业学院,安徽 合肥 230022;2.安徽省建筑科学研究设计院,安徽 合肥 230001)

**[摘要]** 本文论述了聚丙烯纤维膨胀混凝土的防裂机理,介绍安徽农业大学林业辐照中心工程中屏蔽室大体积混凝土采用聚丙烯纤维膨胀混凝土防裂的试验研究、工程应用及效果。

**[关键词]** 聚丙烯纤维;膨胀;混凝土;裂缝

**[中图分类号]** TU528.2;TU528.572

**[文献标识码]** B

## 1. 概述

混凝土裂缝问题是混凝土材料科学与工程领域至今难以解决的重大技术难题,它涉及到结构、材料、施工、环境等多专业、多学科。混凝土裂缝的主要成因有3种:①由外荷载(如静、动荷载)的直接应力作用,即按常规计算的主要应力引起的裂缝;②由外荷载作用,结构次应力引起的裂缝;③由变形变化引起的裂缝,即在约束条件下温度、湿度等变形产生的应力引起的裂缝。国内外调查资料显示,工程实践中结构物的裂缝原因,属于由变形变化引起的占80%以上。而理论和实践研究证明,变形变化引起的裂缝绝大部分是由于早期混凝土干燥和水泥水化升温后降温所产生的收缩应力引起。

目前,对裂缝的控制主要采用降低水泥用量来降低收缩,用膨胀补偿混凝土收缩,或采用配制阻裂钢筋,掺入纤维增强(如合成纤维、钢纤维、碳纤维等)降低混凝土的脆性,提高体积稳定性的方法来降低由变形变化引起的裂缝。笔者多年来进行了聚丙烯纤维膨胀复合阻裂增强混凝土试验研究,利用性价比比较好的聚丙烯纤维对混凝土在3个方面达到增强效果:①减少塑性裂缝;②提高抗冻性;③增加韧性,提高抗冲击、耐疲劳等力学性能。这是利用膨胀剂在混凝土中产生的膨胀能作功实现补偿收缩与自应力两大主要功能。充分发挥纤维和膨胀的复合效应,实现“超叠加”,可达到更高阻裂和增强的目的,解决变形变化引起的裂缝问题。本研究已成功应用到建筑工程中。

## 2. 工程概况

安徽农业大学林业辐照中心屏蔽室由安徽省建筑设计研究院设计,中建七局二公司施工。屏蔽室为1层钢筋混凝土结构,层高5.60m,建筑面积265m<sup>2</sup>,底板厚度为0.80m,侧壁墙厚为0.40m~2.50m,顶板厚度为1.90m,混凝土设计强度等级为C25,属大体积混凝土。屏蔽室中设储源井1座,井底标高-7.08m,其底板厚度为0.50m,墙厚为0.45m。

## 3. 试验研究

为防止大体积混凝土温升开裂,确保工程不开裂,在混凝土施工前,进行模拟测温试验。

### 3.1 原材料

水泥采用巢湖水泥厂P.S32.5;舒城Ⅱ区中砂;巢湖散兵20mm~40mm单粒级碎石;掺合料为淮南平圩电厂I级粉煤灰;外加剂采用具有减水、缓凝及膨胀性能的复合膨胀剂;纤维用格雷斯聚丙烯抗裂防渗纤维;饮用水。

### 3.2 配合比

### 3.3 测温

项目	水	水泥	砂	石	外加剂	掺合料	纤维
混凝土材料用量(kg/m <sup>3</sup> )	136	238	626	1271	27.2	102	0.6
配合比	0.57	1	2.63	5.34	0.114	0.43	0.00252

### 3.3.1 试件

采用2000mm×2000mm×2000mm混凝土试件。

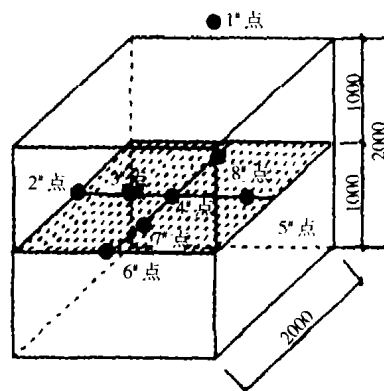
模拟现场施工条件,该混凝土试件模拟为屏蔽室侧壁中的混凝土单元:相对的一侧(左右)采用钢模支护;另一侧(前后)及上下采用内衬2层25mm绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料钢模支护。

### 3.3.2 测温仪器仪表

采用数显式温度计。

### 3.3.3 测点布置

测点如下图所示,测不同模板条件下的温升;在距模板内侧面200、500及1000(中心)处共设7个测点,另测空气温度,合计8个测点。测点采用预埋φ30~φ50下部为300mm钢管,上部为770mmPVC塑料管的组合管,埋设深度为1000mm,钢管底部密封,内放200mm深的水。



### 3.3.4 测温

测温试件上搭建雨篷,混凝土浇注后4h开始测温,前2d每4h测1次;3~5d每2h测1次,5d以后每4h测1次,连续测15d。

测温在11月初进行,最高温度出现在有保温的表面点第6测点,浇注后32h为55.1℃。距表面200mm的第5测点浇注后36h也为55.1℃。最高温度不是出现在内部的4、3和7点。

### 3.3.5 最大温差

测温试验结果:有保温板一侧的7、8及6点温度变化平稳,而无保温的3、5及2点温度变化较大,尤其是表面的6和2点明显,无保温的2点温度受环境温度变化而有较大的变化。同时有保温的6点与环境的温差明显比无保温的2点大,尤其是早期,这对防止早期裂纹极为有利。从总体温差看,除浇注完4h中心温度与无保温的2点温度差26℃(大于25℃)外,其他时间的温差均在25℃以内。

考虑施工时为冬季,根据模拟大体积混凝土测温情况,建议大体积混凝土施工时采用一层25mm厚挤塑聚苯乙烯泡沫

\*本项目为安徽省教育厅重点科研项目计划(编号:2002kj082ZD)



塑料进行保温。

#### 4. 施工

##### 4.1 施工顺序

按先地下后地上程序,先进行储源井施工,再依次进行屏蔽室底板、墙板及顶板施工。施工流程:屏蔽室放线→储源井土方开挖→储源井锚钉墙支护→储源井基础及井壁施工→屏蔽室土方开挖→屏蔽室垫层施工→屏蔽室底板施工→屏蔽室墙板及顶板施工,其中关键是墙板及顶板大体积混凝土施工。

##### 4.2 施工设备

采用 2 台 500L 强制式搅拌机现场自拌施工,并配备 1 台备用,垂直运输采用 2 台塔吊分区浇注。

##### 4.3 施工方法

###### 4.3.1 混凝土量

墙板 0.5m 至顶板混凝土浇注,墙板 786m<sup>3</sup>,顶板 504m<sup>3</sup>,总量 1290m<sup>3</sup>。采用分层浇注,每层 330mm,墙板分 14 层,每层 58m<sup>3</sup>;顶板 7 层,每层 72m<sup>3</sup>。

###### 4.3.2 混凝土施工

原材料用秤计量,搅拌均匀。混凝土三班连续浇注,浇注墙板时沿墙体按 2m~3m 设一帆布漏斗及吊桶,共 39 个,串筒离底层 300mm。混凝土从漏斗入模,以防离析及污染上部钢筋,帆布吊筒随着每层混凝土浇注结束,从底部用刀割除离新混凝土层 300mm。墙板混凝土浇注完毕立即进行顶板施工。

###### 4.3.3 混凝土养护

2005 年 1 月 18 日,屏蔽室墙板和顶板大体积混凝土在大雪中开始施工,为防止混凝土被冻坏,另加为水泥用量 4% 的防冻剂。混凝土连续 4d 施工完毕。施工结束后,在混凝土钢模外挂 20mm 矿棉,外包塑料薄膜;顶板表面覆盖塑料薄膜后用 25mm 聚苯乙烯泡沫塑料保温保湿。混凝土浇注后正值春节期间,大体积混凝土带模养护一个月后拆模。

#### 5. 结论及注意事项

安徽农业大学林业辐照中心工程中屏蔽室大体积混凝土采用聚丙烯纤维膨胀混凝土施工 3 个多月,未出现裂纹,达到预期目标。

##### 5.1 聚丙烯纤维膨胀复合阻裂有效

聚丙烯纤维乱向分布体系有效减少混凝土在初期收缩时容易产生的裂纹,其有效防止混凝土离析、保证混凝土早期均

=====

(上接第 19 页)

后代人满足其需要的能力构成危害。自 20 世纪 60 年代,亚洲地区的建筑师柯里亚、扬经文开始关注建筑与气候和生态的关系,直至美国于 90 年代建造“生物圈 II 号”,其间生态建筑得到了广泛的实践,尤其是发达国家,在透明绝热、玻璃、太阳能光电等生态材料的研制取得了显著的成效。设计师可将它们组合成复合的构造形式,来达到生态建筑的保温绝热、采光节能的要求。统计表明,综合利用生态技术和合理选择生态材料,所节约的建筑能耗是相当惊人的,有些设计中完全取消了常规采暖。它不仅改善了建筑的场所,同时改变了人们的理念,给建筑艺术的变化提供了更多的契机。

在新的世纪里迫切需要遵循节约化、生态化、人性化、无害化、集约化的可持续建筑的基本原则。选择低蕴能量的、可循环化与再生的材料,发展无害绿色建材,充分发掘改造地方材料,多层次的加以利用。

随着科技日新月异的发展,新的材料不断问世,设计师们

有了更广阔的天地,所有材料都为“我”所用。可塑性的有机材料、无机的复合材料、生态型建材等都在丰富着设计师的设计,推动着建筑业的发展。在设计师的经营之下,每一种材料都是一个形式,当全新的艺术形象跃然而出时,随之而来的是社会文化心理的衍变和人居环境质量的整体提高与进步;每一种材料都是一种颜色,正是这些缤纷的色彩描画了绚丽多彩的世界建筑风景。

##### 5.2 原材料及混凝土配合比合理

降低大体积混凝土温升应尽量减少水泥用量,工程中采用复合膨胀剂具有减水功能,可有效降低水泥用量,同时掺入粉煤灰,进一步降低水泥用量,再采用发热量较低的矿渣水泥,2m 试件模拟测温时内部温升的最高温度只有 55.1℃。

##### 5.3 搅拌均匀

原材料计量要准确,聚丙烯纤维在混凝土中有良好的分散性,对搅拌工艺无特殊要求,但要求搅拌时间延长 10s,对拌合物工作性无显著影响。

##### 5.4 施工规范

混凝土浇注采用串筒避免离析,混凝土浇捣人员下到作业面,墙板及顶板分层连续浇注,不留施工缝。混凝土插入式振捣器快插慢拔,插点均匀排列,逐步移动,按顺序进行,不得遗漏,做到均匀振实,不过振。

##### 5.5 保温保湿养护

覆盖矿棉和聚苯乙烯泡沫塑料板使混凝土内外温差在 25℃ 以内,使得混凝土免遭冻害。掺膨胀剂应保湿养护 14d 以上。工程中带模养护 1 个月,使聚丙烯纤维膨胀混凝土得以保温保湿养护,有效发挥膨胀效能,取得良好阻裂效果。

#### 参考文献

1. 王铁梦 工程结构裂缝控制[M] 北京 中国建筑工业出版社 1997.8
2. Control of cracking in concrete Structures reported by ACI-committee 224 1998
3. P H Emmons A M Vaysburd J E McDonald, et al Selecting durable repair materials: performance criteria[J] Concrete International 2000(3)
4. 杨医博 文梓芸 混凝土工程裂缝控制的系统方法[J] 混凝土 2001(4)
5. High performance Fiber Reinf. Cem. Compos. Proc. Int. workshop 2000

#### 参考文献

1. 刘建 建筑材料与建筑造型[J] 建筑学报 1998(12)
2. 金属在法国建筑中的运用[J] 世界建筑 1996(01)
3. 那向谦 张拉膜结构体系的应用于发展[J] 世界建筑 1996(03)
4. 李道增 王朝晖 迈向可持续建筑[J] 建筑学报 2000(12)
5. 湖南大学等合编 建筑材料[M] 中国建筑工业出版社