

地下室边墙裂缝成因分析及防裂措施探讨*

边振华

(广东水利电力职业技术学院, 广东 广州 510635)

摘要:介绍了地下室边墙施工期裂缝状况及裂缝成因和所采取的防裂措施。通过分析认为,裂缝的主要原因为水化热温升,次要原因为后期干缩。提出的防裂措施为,选择放热速度缓慢、放热期相对较长的水泥;添加适量的粉煤灰;用散热效果好的模板;掺加适量的 UEA 膨胀剂以及适当的养护措施等。

关键词:边墙裂缝;成因分析;防裂措施

中图分类号: TU755.7 **文献标识码:** A

1 前言

混凝土是热的不良导体。当混凝土结构尺寸较大时,内部水化热不易散失,会在内部累积使温度升高。经过一定时间散热降温,混凝土产生收缩。当收缩变形受到约束时就有可能产生裂缝。一般工民建混凝土结构最小尺寸边大于 0.8 m 时认为是大体积混凝土,即水化热温升对结构变形影响不可忽视,须研究采取温度控制措施。

广州新白云国际机场航站楼工程地下一层边墙厚度为 0.6 m,不属于大体积混凝土。但在施工过程中发现裂缝严重。经研究后认为,边墙施工期裂缝确实是由于水化热温升引起。在采取一定措施后,裂缝大为减少,有的墙段长度超过 40 m 而没有出现一条裂缝。本文介绍分析边墙裂缝成因过程,总结所采取的各种温控措施,对一般混凝土长墙结构施工期裂缝控制方法提出一些看法。

2 基本情况

2.1 工程概况

广州新白云国际机场航站楼工程地下一层总面积 30 000 m²,中间为轻轨站面积 5 600 m²,其余部分被轻轨站分为对称的东西两块。

航站楼地下一层边墙总长度 2 066 m,其中行李通道部分 170 m 长为墙高 4.05 m,墙厚 0.6 m;506 m 长墙高 4.28 m,墙厚 0.3 m,其余 1 390 m 墙高 8 m,墙厚 0.6 m。采用 C40 混凝土。

本次裂缝主要发生在墙高 8 m 部分。这部分边墙 - 7.7 m 以下与底板同时浇筑。- 7.7 ~ - 1.4 m 为一次浇筑, - 1.4 m 以上与 ±0 板同时浇筑。在边墙浇筑时,底板部分已浇筑 7 d 以上,温度已趋于稳定,对边墙温度变形起约束作用。

边墙分缝位置与底板分块相统一。浇筑段墙长度 20 ~ 55 m。

2.2 混凝土性能要求

本工程有自防水功能。设计要求混凝土设计强度等级 C40,抗渗等级 W8。

(1) 工程所用材料

水泥。1[#] P 42.5R、2[#] P 42.5R 级。两种水泥均为转窑生产,中热偏高,质量稳定。

碎石。0.5 ~ 2.5 cm 单级配碎石。

砂。河砂,细度模数 2.2 ~ 2.5,平均 2.3。

微膨胀剂。天津豹鸣股份有限公司生产的低碱 UEA。

粉煤灰。广州黄埔电厂二级煤灰。

外加剂。珠海森瑞化学建材有限公司红墙 CSP - 2 型缓凝高效减水剂。

聚丙烯纤维。美国产杜拉纤维。

(2) 配合比

根据施工方案,混凝土运输入仓采用搅拌车运输、泵送入仓形式。要求混凝土坍落度 18 ±2 cm,初凝时间不小于 12 h。用粉煤灰取代 18 % 水泥;内掺胶材 8 % 的低碱 UEA,每方混凝土掺 0.67 kg 杜拉纤维。配合比如表 1 所列。施工过程中,根据情况曾经对配合比进行了调整,施工配合比如表 2 所列。

表 1 底板混凝土配合比

水灰比 水胶比	砂率 / %	坍落度 / mm	材料用量/ kg · m ⁻³					
			水泥	煤灰	UEA	砂	石	水
0.510 0.480	40.0	160 ~ 200	300	86	33.5	668	1 088	195

表 2 施工用配合比

编号	水泥 品种	W/C	材料用量/ kg · m ⁻³						
			水泥	煤灰	UEA	砂	石	水	外加剂 纤维
1	1 [#]	0.51	289	83	40	668	1 088	195	6.293 0.67
2	2 [#]	0.49	309	95	0	668	1 088	195	6.293
3	2 [#]	0.49	300	86	33.6	668	1 088	195	6.293 0.67

* 收稿日期: 2004 - 02 - 24

作者简介: 边振华(1962 -), 男, 广东人, 高级工程师, 工学硕士, 主要从事水利工程施工科研、教学工作。

3 施工期裂缝状况及裂缝原因分析

3.1 施工期裂缝状况

东 3 块底板南侧边墙(简称东 3 南墙,其余同此)为第一

段浇筑,西 3 南墙为第二段浇筑。在东 3、西 3 边墙浇筑时发现
有裂缝,在后来浇筑过程中取典型段研究。典型各段配合
比及浇筑状况、裂缝情况如表 3 所列。

表 3 典型段裂缝情况

段别	配合 比号	浇筑时间	模板类型	气温 /	浇筑温 度/	内部最高 温度/	出现时间 / h:m	墙长/直 段长/m	3 d 内裂 缝条数	10 d 内裂 缝条数	裂缝间 距/m
东 3 南	1	03-25 ~ 03-26	钢模 + 竹胶钢框	12 ~ 23	28			45/33	8	8	1.5 ~ 4.3
西 3 南	1	03-29 ~ 03-30	2 cm 胶合板	26	31			45/33	22	22	0.9 ~ 3.3
西 1 南	2	04-09 ~ 04-10	2 cm 胶合板	24	29			36/33	2	4	2.0 ~ 2.5
西 1 西	2	04-09 ~ 04-10	2 cm 胶合板	24	29			41.5/22	2	3	3.0 ~ 3.5
东 1 南	2	04-18	钢模 + 竹胶钢框	24	30			36/33	0	0	
东 1 东	2	04-18	钢模 + 竹胶钢框	24	30			41.5/22	0	0	
东 5 北	2	04-12	钢模 + 竹胶钢框	17 ~ 22	29	45	22:00	48.5/33	0	0	
西 5 北	2	04-21 ~ 04-22	2 cm 胶合板	17 ~ 23	27	55	33:00	35/27	2	2	
轻轨站南	3	04-29	2 cm 胶合板	25 ~ 37	32	66	34:00	38/38	4	4	4
轻轨站东	2	05-18	2 cm 胶合板	20 ~ 26	27	49	33:00	45.5/45.5	8	8	0.9 ~ 3.3
轻轨站西	2	06-07	2 cm 胶合板	24 ~ 25	30	59	24:00	45.5/45.5	9	9	2 ~ 4
西 2 西	2	07-10	2 cm 胶合板	28 ~ 37	39	66	17:00	55/18.5	1	1	
东 2 东	2	07-15	钢模 + 竹胶钢框	24 ~ 28	31	59	15:00	55/18.5	0	0	

3.2 裂缝产生原因分析

(1) 气温冷击

东 3 南墙与西 3 南墙使用 1[#] 水泥。东 3 南墙于 2001 年
3 月 25 日 20:00 至 26 日 6:30 浇筑,3 月 28 日下午拆模。29
日下午发现有裂缝,30 日上午检查南侧有 7 条裂缝,北侧有
6 条裂缝,其中南北各 6 条两两相对。裂缝间距 1.5 ~ 4.3
m,长 1.6 ~ 3.5 m,缝最宽处接近 1 mm。裂缝下部起始点均
在距老混凝土 0.1 ~ 0.3 m 处(南北合计 8 条起始点距老混
凝土 0.2 m)。

因 28 日晚开始降温,并伴随 5 ~ 6 级大风。29 日早 8:00
温度降至 12 (28 日白天气温 23),至 29 日下午发现裂
缝。最初认为是拆模过早又遇降温冷缩造成开裂。西 3 南
墙浇筑时决定晚拆模,靠模板保温并绝湿养护 4 d。到拆模
时,发现开裂更严重,与东 3 南墙长度、结构均相同的情况
下,南侧有裂缝 22 条,北侧有 15 条,间距 0.85 ~ 3.30 m,长
度 0.7 ~ 4.5 m。裂缝起始点距老混凝土 0.0 ~ 0.5 m,大部
分在 0.0 ~ 0.2 m。如此由气温冷击为主因产生裂缝推论被否定。

(2) 掺 UEA 膨胀剂

在研究分析裂缝原因时,其它施工单位和监理单位提出
可能是 UEA 膨胀剂原因引起开裂。在分析 UEA 膨胀剂机
理及试块强度发展规律后认为,虽然 UEA 膨胀剂有一定的
促凝作用,但不至于引起如此程度的裂缝。从后来的轻轨站
南与轻轨站东、西 3 段边墙裂缝状况比较也说明了这一点。
轻轨站南段掺 UEA,长度 38 m,在两侧边墙均已浇筑完毕、
不能自由变形的情况下浇筑,而且浇筑温度及气温均高,出
现裂缝 4 条;后 2 段没有掺 UEA,虽然墙长增加 7.5 m,但在
浇筑温度和环境温度较低情况下出现裂缝 8 条和 9 条,并没
有发现掺 UEA 裂缝增多的迹象。相反,西 3、东 3 段在 10 d
后观察裂缝均已闭合,而西 1 边墙没有掺 UEA,后期出现的

裂缝,应该与掺入 UEA 补偿有关。

(3) 水泥品种影响

在浇筑边墙之前,基础筏底板混凝土东 3、东 5、西 3、西
1 块用 1[#] 水泥浇筑,西 5、东 1 块用 2[#] 水泥浇筑。在底板大
体积混凝土测温过程中,对两种水泥混凝土放热规律进行了
对比,发现 2[#] 水泥混凝土放热比较温和,温度峰值低且出现
时间拖后,温度降低较慢;1[#] 水泥温度峰值高,升温快降温也
快。二者温度峰值相差 9 ,温峰出现时间相差 6 h(2[#] 为
32 h,1[#] 为 26 h)。据此分析,边墙裂缝可能是由于水泥放热
集中,混凝土温度急升急降所致。

在东 5 南边墙浇筑时改用 2[#] 水泥,并设温度观测点。
温度观测数据表明,60 cm 厚边墙采用 2[#] 水泥,混凝土中心
最高温升 22 ,模板内侧最高温升 16 ,最高温度出现在
浇筑后 22 h 左右。浇筑后 33 h 内外温度趋于平均,浇筑后 5
d 温度降到周围环境温度。拆模后,未发现有裂缝。1[#] 水泥
浇筑侧墙未取得温度观测资料。但通过用手试温对比,1[#] 水
泥混凝土浇筑侧墙模板表面温度超过 2[#] 水泥,而且在 2 d 至
3 d 后温度就下降到环境温度。

(4) 模板类型影响

在边墙混凝土测温过程中,发现模板类型对混凝土散热
影响很大(表 3)。东 5、西 5 边墙长度相同,所用配合比相
同;东 5 边墙用钢模板(0.1 m × 1.2 m)与钢框竹胶模板(0.6
m × 1.2 m),西 5 边墙用 2 cm 厚大块胶合模板(0.9 m × 1.8
m)。在浇筑温度及环境温度相仿的情况下,内部温度相差
10 ,最高温度出现时间相差 11 h。这应该是西侧边墙裂
缝多于东侧边墙的原因。

(5) 边墙裂缝原因

通过以上分析,总结边墙裂缝原因如下:

(下转第 103 页)

式为载波监听多路访问;避免冲撞(CSMA/CA)并支持多主节点、多优先级信息传输;系统中重要部分可双冗余配置,在线自检、自诊断和恢复能力强,确保完善的系统质量。

4 系统结构

针对中、小型水电站的机组容量等级和机组数量的不同,系统结构可灵活配置,一般配置如下:由操作员站、工程师站、通信管理站、服务器、一体化工控机和就地控制单元(LCU)组成,通过网络和现场总线将采集到的数据上传至操作站,将机组控制命令下传至就地控制单元。就地控制单元融采集、控制于一体,同时根据需要可将保护信息、转速信号、温度、励磁信息上传至工作站。

5 系统通讯

该装置为本系统的中枢,主要完成各相关装置及调度间的数据采集的传递,包括人机对话、通讯管理、数据管理、规约处理和系统检测等功能,可进行现场控制和维护。采用现代工业控制机为主机,双冗余热备用,故障自动切换。通讯口配置限流、隔离设备,载波 MODEM 配备防雷盒。通过

CAN 网络采集各节点信息,支持多路通道,多规约、多通讯方式,可拨号上网,通过电话网远程维护。

6 系统配置

系统采用屏式(或台式)结构,以通讯为核心,以总线形式把各功能单元联成一个完整系统。设置调试窗口,可备有后台机(便携式)、GPS 时钟及与交直流屏、智能电能表的通讯接口、微机防误闭锁系统。自动化系统装置的电源由交流 220 V 主供,直流 220 V 备用,装置本身具有交、直流电源自动切换功能。另配置 3~5 kW 的 UPS 一套。整个系统接地,接地系统应与整个水电站接地装置连接成一体。

7 结语

中小型水电站采用具有先进技术和完备功能的微机综合自动化设计,要求在选型时注重产品质量,考察运行实绩以及厂家是否具有好的售后服务。另外,良好的通讯设施也是非常重要的,这样在运行管理上可完全实现少人或无人值班的运行方式,既减少一次性投资,又减少运行维护,实现减员增效的效果。

(上接第 101 页)

裂缝开裂规律均为由下部老混凝土开始向上部延伸(一般下端距老混凝土面 0~0.2 m),距墙顶 2 m 以上终止。可以肯定是由于墙体混凝土收缩变形受到下部老混凝土约束而引起。

1[#]、2[#]水泥均为中热水泥。通过分析资料,二者矿物成分中 C₃S 含量约 60%,7 d 水化热总量相近。但 2[#]水泥比表面积平均为 368 m²/kg(4 月份 310 m²/kg 左右),而 1[#]水泥达 400 m²/kg 以上,水泥过细造成 1[#]水泥水化热释放集中,温度升高过快;后期水化热较少而降温迅速。急热急冷是造成混凝土开裂的主要原因。

大块木模板对散热不利,造成水化热累积、混凝土温升过高而温降时产生裂缝。

木板导热系数为 0.233 W/(m·),钢板导热系数 42~50 W/(m·),相差 200 倍;木板厚度 20 mm,钢模板厚度 2 mm,是木模 1/10;钢模边框起到“散热片”作用。所以内部热量很容易散发,不易造成温度裂缝。相对来说,木模板对散热不利,造成混凝土温升过高,降温时产生裂缝。

4 采取措施与防裂效果

在东 3 南墙与西 3 南墙发现裂缝,经研究认为属于水泥原因后,即申报甲方要求更换放热和缓的水泥品种,其后的墙段裂缝大为减少。从表 3 可以看出,在后来浇筑温度和气温明显增高的情况下,裂缝大为减少。

航站楼东区全部采用钢模板与钢框竹胶模板,可以看出裂缝明显少于西区。因为本航站楼基础工程量、工期紧,钢模板与钢框竹胶模板准备不充分,西区仍用大块胶合模板。造成西区裂缝控制不理想。

对于有些单位提出可能是 UEA 膨胀剂原因引起开裂问题,曾选择墙段进行对比,并没有发现掺 UEA 增加开裂的迹象,相反掺 UEA 混凝土过一定时间裂缝均已闭合,而不掺 UEA 后期可能出现新的裂缝。

广州市地铁 2 号线地铁站边墙厚 0.6 m,甲方原要求全部用本工程同样的 1[#]水泥和大块木模板,也曾发现侧墙裂缝严重,后接受我们建议改用本工程 2[#]水泥和尽量用钢模,改善了裂缝状况;广州某高层建筑地下室边墙厚仅 0.4 m,

C40 混凝土,用大块木模板,拆模后发现裂缝间距 2~4 m,疑与模板有关。

5 结论与建议

地下室边墙虽然一般厚度小于 0.8 m,但大多强度等级较高,水泥用量大,水化热温升有可能导致裂缝。

对于边墙、底板等板式结构,因散热情况较好,对于混凝土水化热温升起控制作用的不应该是水化热总量,而应该是水化放热速度。所以在混凝土强度能够满足施工和工程使用的前提下,最好不选早强水泥。应该选择放热和缓、延续时间较长的水泥品种。特别是对掺 UEA 膨胀剂的工程,降温缓慢有利于 UEA 补偿作用的发挥。

钢模和钢框模板散热较好。在单位水泥用量大、气温不是很低而影响混凝土强度发展时,不主张采用大块木模板,而采用钢模和钢框模板效果较好。

用粉煤灰取代部分水泥有降低水化热总量、减缓水化放热速度和提高混凝土后期强度的作用。本工程用粉煤灰取代 18%水泥是正确的选择。

适宜的膨胀剂可以补偿混凝土部分收缩,减少后期裂缝发生。但应该深入研究掺膨胀剂混凝土的性质、适宜掺量和浇筑、养护工艺。

在高温季节浇筑边墙要注意分段长度。从表 3 统计资料可发现,同样条件下分段合理则裂缝很少或不发生。所以要根据情况确定分段长度。

拆模时间对施工期裂缝影响不大。但浇筑后遇气温下降时,建议晚拆模,靠模板保温避免气温冷击引起裂缝。

拆模后加强养护。在养护期内最好采用喷洒湿润,挂彩条布、塑料薄膜或麻袋片等保湿的方法,避免表面干燥或水流过大造成表面冷却过快。

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.
- [2] 龚自熊.水工混凝土温度控制与防裂[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [3] 朱伯芳.大体积混凝土温度应力与温度控制[M].北京:中国电力出版社,1999.