

文章编号: 1005—0523(2006)02—0023—05

大体积混凝土的有害裂缝的防治

沈振武^{1,2}

(1. 天津大学 建筑工程学院, 天津 300072; 2. 北京市大龙顺达建筑工程有限公司, 北京 101300)

摘要:混凝土有害裂缝控制是大体积混凝土施工成败的关键所在, 本文通过介绍在裕龙大厦主楼承台筏板基础大体积混凝土的施工中, 从控制混凝土的入模温度、混凝土的水化热升温、延缓降温速率、控制混凝土内外温差、减少混凝土收缩、提高混凝土极限抗拉伸强度、改善约束条件和设计构造等方面全面考虑, 并通过混凝土裂缝控制理论计算, 结合实际采取一系列保证措施, 从而有效地控制筏板基础大体积混凝土有害裂缝的出现和发展, 且内外温差均小于要求值, 养护期满后强度达到设计要求, 无开裂、渗漏现象。(英文摘要在吕老师处)

(可缩减为)本文从降低水泥水化热、降低混凝土内外温度差、提高混凝土极限抗拉伸强度、改善约束条件等方面采取一系列保证措施, 从而达到有效地控制底板大体积混凝土有害裂缝的出现。

关 键 词:控制; 大体积混凝土; 裂缝

中图分类号: TU31

文献标识码: A

1 前言

建筑工程中的大体积混凝土结构中, 由于结构截面大, 水泥用量多, 水泥水化所释放的水化热会产生较大的温度变化和收缩作用, 由此形成的温度收缩应力是导致大体积混凝土产生裂缝的主要原因。这种裂缝有表面裂缝和贯通裂缝两种。表面裂缝是由于混凝土表面和内部的散热条件不同, 温度外低内高, 形成温度梯度, 使混凝土内部产生压应力, 表面产生拉应力, 表面的拉应力超过混凝土的抗拉强度引起的。贯通裂缝是由于大体积混凝土在强度发展到一定程度, 混凝土逐渐降温, 这个降温引起的变形加上混凝土失水引起的体积收缩变形, 受到地基和其他结构边界条件的约束时引起的拉应力, 超过混凝土抗拉强度时产生的贯通整个截面的裂缝。这两种裂缝不同程度上, 都属于有害裂缝^[1]。

大体积混凝土有害裂缝具有易发生、难控制, 且发生后很难修补的特点; 有害裂缝控制的好坏直接关系到建筑物整体的质量和安全, 是工程施工成败的关键所在。因此, 一定要采取有效措施, 控制混凝土有害裂缝的出现和发展。下

面结合工程实例, 对混凝土有害裂缝控制措施进行阐述。

2 工程概况

裕龙大厦位于北京市顺义区潮白河畔, 该工程包括 A 段裙房与 B 段主楼两部分, 本工程大体积混凝土构件主要为 B 段桩基承台筏板, 其中 7 轴—1/8 轴+1.8 m/A—B 轴区域底板厚度为 1.0 m, 底标高为—11.1 m; 其余部位底板厚度均为 2.2 m, 板底标高为—12.3 m。混凝土强度等级 C50, 抗渗等级 S12, 混凝土总方量为 4 900 m³, 浇筑时间为 2005 年 11 月 26—27 日。

3 大体积混凝土裂缝控制的保证措施

为了有效地控制有害裂缝的出现和发展, 必须从控制混凝土的入模温度、混凝土的水化热升温、延缓降温速率、控制混凝土内外温差、减少混凝土收缩、提高混凝土极限抗拉伸强度、改善约束条件和设计构造等方面区全面考虑, 并结合实际采取一系列保证措施。

收稿日期: 2006—01—22

作者简介: 沈振武(1973—), 男, 河北秦皇岛人, 天津大学在职工程硕士, 工程师。

3.1 从设计方面采取措施

本工程采用预拌混凝土,设计要求:混凝土原材料选择低水化热、低碱水泥,混凝土碱总量低于 3 kg/m^3 ;提高掺合料掺量,降低水泥用量;根据混凝土浇筑的季节特点进行温度应力和收缩应力的分析,专门设计配合比,通过外加剂调整延长混凝土凝结时间,推迟水化热高峰出现时间;同时要求混凝土中氯离子含量不大于 0.06% ;掺用微膨胀剂,使混凝土补偿收缩,减少混凝土的温度应力;在混凝土基础内设置必要的温度配筋,在界面突变和转折处,底、顶板与墙转折处,空洞转角及周边,增加斜向构造配筋,以改善应力集中,防止裂缝的出现.混凝土配合比如下:

水	水泥	砂子	石子	掺合料	外加剂	膨胀剂
170kg	299kg	655kg	1 069kg	178kg	18.6kg	36kg

3.2 从原料方面采取措施

加强混凝土原材控制,选用低水化热的水泥配置混凝土;充分利用混凝土后期强度,降低混凝土中水泥用量.使用粗骨料,尽量选用粒径较大、级配良好的粗细骨料;控制砂石含泥量;使用掺合料或相应的减水剂、缓凝剂,改善和易性、降低水灰比,以达到减少水泥用量、降低水化热.

1、水泥:选用琉璃河长城牌 P·O42.5 低热水泥,水泥用量控制在 300 kg/m^3 ,水泥细度控制在 $340\text{ m}^2/\text{kg}$.

2、砂:选用质地坚硬、级配良好的 B 类低碱活性河北承德中砂,细度模数为 $2.4\sim 2.7$,含泥量小于 3% ,泥块含量小于 1% .

3、石子:选用低碱活性的河北三河 $5\sim 25\text{ mm}$ 破碎山石,自然连续级配,含泥量小于 1% ,针、片状颗粒含量小于 10% .

4、外加剂:防冻剂选用中冶集团建筑研究总院生产的 JD-10(高强型)防冻剂,高减水率并降低混凝土黏度,确保混凝土具有良好的施工性能;膨胀剂选用山东寿光 UEA-D 低碱膨胀剂.

5、掺合料:选用宣化环城料业公司的磨细复合掺合料(78% 矿渣粉, 22% 粉煤灰),细度为 $470\text{ m}^2/\text{kg}$.

6、水:采用自挖深井水.

7、混凝土拌制:投料顺序先放砂石,再装水泥和掺合料,之后加入外加剂,搅拌均匀,最后加水搅拌;经验证此法拌制混凝土可提高强度 15% 以上.要求搅拌站运输车装料前,把筒内积水排净,运输途中拌筒以 $1\sim 3\text{ r/min}$ 进行搅拌,防止离析, $8\sim 12\text{ r/min}$ 转 $1\sim 2$ 分钟,然后再进行反转卸料.

8、严格控制混凝土坍落度在 $180\text{ mm}\pm 20\text{ mm}$ 之间,现场 $2\sim 3\text{ h}$ 进行一次检测,发现偏差及时调整.

9、为确保混凝土质量得到有效保证,对商品混凝土搅拌站进行延伸质量管理,从混凝土的配合比、各种原材料来源、进场,到混凝土生产、供应过程全程进行监督,确保搅拌站提供合格商品混凝土.因为是冬季施工,要求混凝土供应厂家必须保证混凝土出灌温度在 $10\sim 15^\circ\text{C}$ 之间,以保证混凝土入模温度在 $5\sim 10^\circ\text{C}$ 之间^[2].

3.3 施工中采取控制措施

3.3.1 技术准备

组织项目人员认真学习相关规范、规程和规定,在施工过程中做到有据可依.实行三级交底制,即:技术部对项目部有关人员、分包技术人员进行方案交底;工程部对分包工长及班组长进行交底;分包工长、班组长对班组进行交底,并要求严格按照技术交底执行.

3.3.2 机械准备

经计算,底板施工所需机械设备如下:

序号	设备名称	型号	数量	单位	用途
1	固定式塔吊	H3/36B	2	台	材料垂直运输
2	砼罐车	$8\text{ m}^3/\text{辆}$	33	辆	混凝土运输
4	砼地泵	HBT-8090	2	台	混凝土浇筑
5	汽车泵	$100\text{ m}^3/\text{h}$	2	台	混凝土浇筑
6	布料机	FTH-12B	2	台	混凝土浇筑
7	插入式振捣器	$\Phi 70$	20	根	底板混凝土振捣
8	插入式振捣器	$\Phi 30$	2	根	底板混凝土振捣

3.3.3 劳动力准备

经计算,底板施工所需劳动力如下:

序号	工种	班组数	每班次人数	工作范围
1	钢筋工	3	4	钢筋维护
2	混凝土工	3	12	混凝土浇筑
3	混凝土振捣工	3	16	混凝土振捣
4	养护工	2	4	混凝土养护
5	砌筑工	2	40	砖胎模板砌筑及维护
6	木工	3	6	模板维护
7	抹灰工	3	12	砼面的抹压拉毛
8	架子工	2	6	脚手架及通道的铺设
9	力工	3	16	混凝土的运输及泵管的拼接
10	电工	2	3	施工用电布置及维护
11	塔吊司机	3	4	机械设备及材料吊运
12	信号工	3	3	机械设备及材料吊运

3.3.4 施工组织

1、浇筑时间安排在 2005 年 11 月 26—27 日,即周六早上开盘浇筑,周日晚上浇筑完毕,以避免交通线路拥挤.

2、成立专门混凝土供应协调小组,在混凝土浇筑开盘前,选择并确定最佳行走线路.

3、设置专职车辆调度员,避免混凝土运输车在现场形成拥堵.平衡混凝土输送泵的输送量.

4、根据车辆到场频率,确定搅拌站发车的间隔时间.

3.3.5 混凝土浇筑

1) 浇筑方式及要求:采取全面分层浇筑法,以改善约束条件,削减温度应力.该底板混凝土由低到高分 6 层,每层厚度控制在 400 mm 左右,先浇筑集水坑,再由中间向两边连续浇筑.混凝土浇筑过程中要控制好浇筑速度,每层时间间隔一般不超过 6 小时(按 10 小时配置缓凝混凝土),使上下层之间保持良好接茬,确保不产生施工缝.控制好每次浇筑厚度,减少每次浇筑长度的蓄热量,防止水化热积聚,减少温度应力.

2) 振捣方式及要求:混凝土振捣采用 2 台 $\Phi 30$ 振捣棒对电梯井、集水坑等钢筋密集区进行振捣,20 台 $\Phi 70$ 振捣棒进行大面振捣,随浇随振.插入式振捣器的振捣做到快插慢拔,快插是为了防止表层混凝土先被振实而与下层混凝土发生分层、离析现象;慢拔是为了使混凝土填满振动棒抽出时所造成的空洞.振动器插点采用“行列式”均匀布置,振捣时逐点移动,顺序进行,均匀振实,振捣混凝土的移动间距为 50 cm,振捣器与模板距离不大于 15 cm,并避免碰撞钢筋、模板、预埋件等,每一振点的振捣延续时间应使混凝土表面呈现浮浆和不再沉落,不再出现气泡,表面泛出浮浆为准,一般为 20—30 s.在振捣上一层时,应插入下一层混凝土内约 5 公分,以消除上下两层间的接缝.

在混凝土浇筑过程中采取二次振捣法(时间间歇 2 小时左右为宜),提高混凝土密实度和抗拉强度,减小内部微裂,提高混凝土抗渗性能和极限拉伸强度^[3].

3) 后浇带处混凝土浇筑:B 段底板 7 轴—1/8 轴+1.8 m 处设置 1 000 mm 沉降后浇带,该部分混凝土待主体结构封顶两个月后采用高一强度等级微膨胀混凝土浇筑,并振捣密实.

4) 混凝土浇筑后的表面处理:

做好混凝土振捣过程中的泌水处理,浇筑后采用真空吸水泵吸水^[4]及时排除表面积水,加强早期养护,提高混凝土早期或相应龄期的抗拉强度和弹性模量,以减少混凝土表面裂缝.

混凝土浇筑过程中坚持采用三次抹压成型工艺:即浇筑振捣成型后进行第一次抹压,待混凝土收水并开始初凝时(可以踩出脚印但不下陷为准),用木抹子进行第二次抹压,使面层充分密实并与底部结合一致,以防此阶段由于混凝土收水硬化而形成表面裂缝;在混凝土初凝后终凝前,使用铁抹子进行第三遍抹压,封闭其吸水裂缝,最好达到收光效果.整个抹压过程应在混凝土终凝前完成.

3.4 混凝土养护

1) 混凝土浇筑后,做好混凝土保温保湿养护,缓缓降温,充分发挥徐变特性,减低温度应力;同时采取长时间养护(本工程定为 28 天),延缓降温时间和速度,充分发挥混凝土的“应力松弛效应”.本工程混凝土采用蓄热法养护,混凝土表面覆盖塑料薄膜和阻燃草帘,塑料薄膜、阻燃草帘搭接长度不小于 200 mm,以减少水分散发;边缘及棱角部位的保温厚度为面部的 2 倍,以此降低底板表面与大气温差,避免由于温差过大造成温度裂缝.

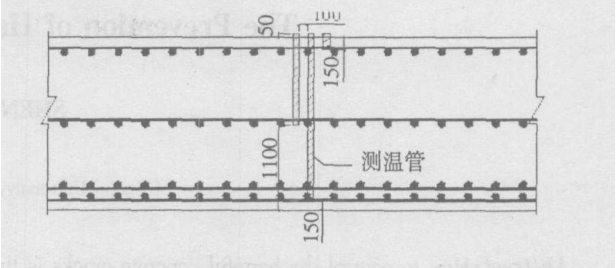
根据本工程特点,对 2 200 mm 厚底板进行热工计算^[5],由于底板浇筑混凝土在 11 月下旬施工,所以室外环境平均温度按-5℃考虑,经计算,在不考虑养护措施的情况下不能满足抗裂安全度,必须采取覆盖措施防止混凝土产生裂缝.经计算需铺设 50 mm 厚保温阻燃草帘(导热系数 0.06 W/(m·k))两层.

2) 适时拆除混凝土模板(本工程定为 28 天),拆模后及时回填土,土是混凝土的最佳养护介质,是控制混凝土早期、

中期裂缝的有效措施.

3.5 加强测温 and 温度监测与管理,实行信息化控制.

本工程采用预埋测温管,按 100 m²/点均匀梅花状布置,并顺序编号.每一测温点位均设 3 个测温管,底板上下表面及中间部位处各设一个.测温管留在外面部分长 5 cm.测温管用一端封闭 $\Phi 45$ 薄壁钢管做成,要求测温管封闭密实,不得渗漏水.测温管焊接在底板钢筋上,管口用保温材料塞住,测温时将插入测温管中,并立即加以覆盖,以免受外界气温影响,测温仪探头应在测温孔中留置 3—5 min,当温度显示值不再跳动,迅速记下温度值,测温后将测温孔用保温材料原样覆盖好.底板测温结束后用同标号细石混凝土灌注测温孔.测温管理设见下图.



根据混凝土温升规律,制定以下测温频率并按《建筑工程资料管理规程》附表 C5—14^[6]要求填写:

养护时间	测温时刻
1—7 天	6 点开始,每 2 小时一次,每天 12 次.
7—28 天	6 点开始,每 6 小时一次,每天 4 次.

随时监测混凝土内外温度的变化,及时调整保温和养护措施,使温度梯度和湿度不至过大,以有效控制有害裂缝出现.在混凝土达到设计强度 50% 以前,任意一点温度不能降至零下^[7].

经查 28 天内各实测数据,各测温点混凝土内外温差最大值为 7.4℃(热工理论计算值为 7.72℃),小于 25℃ 的控制值;基面温差最大值为 11.3℃,基底面温差最大值为 9.5℃,均小于 20℃ 的控制值;降温速率最大值为 1.9℃/d,小于 3℃/d 的控制值;混凝土内部最高温度为 30.2℃(热工理论计算值为 33.61℃),小于 75℃ 的控制值^[8].

4 效果检查

混凝土浇筑 28 天后,建设单位、设计单位、监理单位和施工单位联合对基础底板大体积混凝土施工质量进行了一次全面检查,未发现混凝土有害裂缝发生.

5 结束语

通过对该工程基础筏板大体积泵送混凝土施工的实际情况统计表明,只要从降低水泥水化热、降低混凝土内外温度差、提高混凝土极限抗拉伸强度、改善约束条件等方面采取一系列保证措施,可以减小混凝土内外温度差,降低降温

速率、减小温度应力,就能够有效地控制大体积混凝土有害裂缝的出现和发展.

参考文献

[1] 王寿华,林贤光,等. 建筑施工手册(第四版)[M]. 北京: 中国建筑业出版社,2003.
[2] 王铁梦. 建筑物的裂缝控制[M]. 上海:上海科学技术出版社,1997.
[3] 王铁梦. 建筑物的裂缝控制[M]. 上海:上海科学技术出版社,1997.

[4] 叶林昌,沈义. 大体积混凝土施工[M]. 北京:中国建筑业出版社,1987.
[5] 叶林昌,沈义. 大体积混凝土施工[M]. 北京:中国建筑业出版社,1987.
[6] 蔡金樨,张玉平. 建筑工程资料管理规程[M]. 北京市建设委员会和规划委员会,2003.
[7] 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.
[8] 赵国藩,王铁成. 高等钢筋混凝土结构学[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

The Prevention of Harmful Concrete Cracks

SHEN Zhen-wu

(Tianjin University,Tianjin 300072,China)

Abstract:How to control the harmful concrete cracks is the key to construction for mass concrete. In this paper a series of control measures in the construction of the grade slab foundation for the cushion cap of Yulong Mansion main structure is presented, such as controlling the temperature where the concrete is put into the form, the heat of hydration and the internal—external temperature difference of concrete; but also staying the cooling rate, reducing the concrete shrinkage, improving the ultimate tensile strength,the constraint condition and the design structure. By doing these treatments the harmful concrete cracks are controlled well, and the internal-external temperature difference of concrete is less than allowable value, other than the concrete hardness meets design requirements, no cracking and leaking.

Key words:control ;mass concrete ;crack