

Technology Research and Application of High-Rise Building Foundation Slab of Mass Concrete Construction in Winter

Jianxiong Li¹, Jie Hua², Lei Ma¹, Li Zhou¹, Muye Chai³

¹Civil Engineering Institute, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot Inner Mongolia

²China MCC20 Co., Ltd., Pudong Branch, Shanghai

³Bank of Inner Mongolia Co., Ltd., Hohhot Inner Mongolia

Email: ljxnmg@126.com

Received: Mar. 11th, 2017; accepted: Mar. 28th, 2017; published: Mar. 31st, 2017

Abstract

According to the characteristics of mass concrete winter construction, through analyzing the influence of materials and temperature on the construction of mass concrete in winter, we design and optimize the winter construction scheme and study the technology of mass concrete construction in winter in northern civil construction combined with practical engineering case. The results show that through the optimization of construction scheme and elaborate construction organization and management, we can avoid the crack of mass concrete during winter construction process, to ensure the construction quality of underground structure in winter.

Keywords

Mass Concrete, Construction in Winter, Temperature Control, Quality Control

高层建筑基础底板大体积混凝土冬季施工技术研究与应

李建雄¹, 滑 杰², 马 磊¹, 周 立¹, 柴木叶³

¹内蒙古工业大学土木工程学院, 内蒙古 呼和浩特

²中国二十冶浦东分公司, 上海

³内蒙古银行股份有限公司, 内蒙古 呼和浩特

Email: ljxnmg@126.com

收稿日期: 2017年3月11日; 录用日期: 2017年3月28日; 发布日期: 2017年3月31日

摘 要

针对大体积混凝土冬季施工的特点,通过分析研究材料和温度对大体积混凝土冬季施工的影响,设计和优化冬季施工方案,并结合实际工程案例研究北方民用建筑大体积混凝土冬季施工技术。结果表明,通过施工方案的优化和精心的施工组织管理,可以避免大体积混凝土冬季施工过程中裂缝的产生,确保地下结构冬季的施工质量。

关键词

大体积混凝土, 冬季施工, 温度控制, 质量控制

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着城市人口的不断增长,城市建设用地日趋紧张,高层及超高层建筑越来越多,而其结构转换层及地下室基础混凝土体积之大已属大体积混凝土施工范畴。北方地区项目往往在下半年破土动工,组织冬季的基础结构施工势在必行。因此必须做好高层建筑大体积混凝土结构冬季施工管理及质量控制,确保地下工程的施工质量。笔者结合呼和浩特市在建的“心想是城”商住综合小区实际工程案例来探讨和研究大体积混凝土冬季施工技术。

2. 大体积混凝土冬季施工概述

大体积混凝土是指混凝土结构物实体最小尺寸不小于1 m的大体量混凝土[1]。根据《建筑工程冬期施工规程》(JGJ/T104-2011)规定,当室外日平均气温连续5 d稳定低于5℃即进入冬期施工[2]。而依据当地冬季施工气温区划分标准,呼和浩特市从当年11月15日~次年3月15日属于冬期施工。

大体积混凝土浇筑初期大量水化热使混凝土内部温度升高,内外形成较大的温差和应力,可使混凝土产生裂缝。因此,按规定控制混凝土内外温度差在25℃以内,成为大体积混凝土冬季施工的重点及难点[3]。

3. 工程概况

“心想是城”商务综合小区工程位于呼和浩特市赛罕区昭乌达路文化商场南侧。主楼由1#、2#、3#楼组成,地下均为二层,地上分别为20、23、21层,裙房为5层,总建筑面积约10万平方米(见图1)。

4. 基础底板大体积混凝土冬期施工方案

4.1. 材料选择

- (1) 采用低水化热普通硅酸盐42.5水泥。
- (2) 采用中粗砂、5~40 mm的碎石,砂、石料的含泥量:石子含泥量 $\leq 1\%$,砂含泥量 $\leq 2\%$ 。
- (3) 掺加缓凝剂、减水剂、微膨胀剂、早强型抗冻剂等外加剂,以改善混凝土的物理及力学性能。

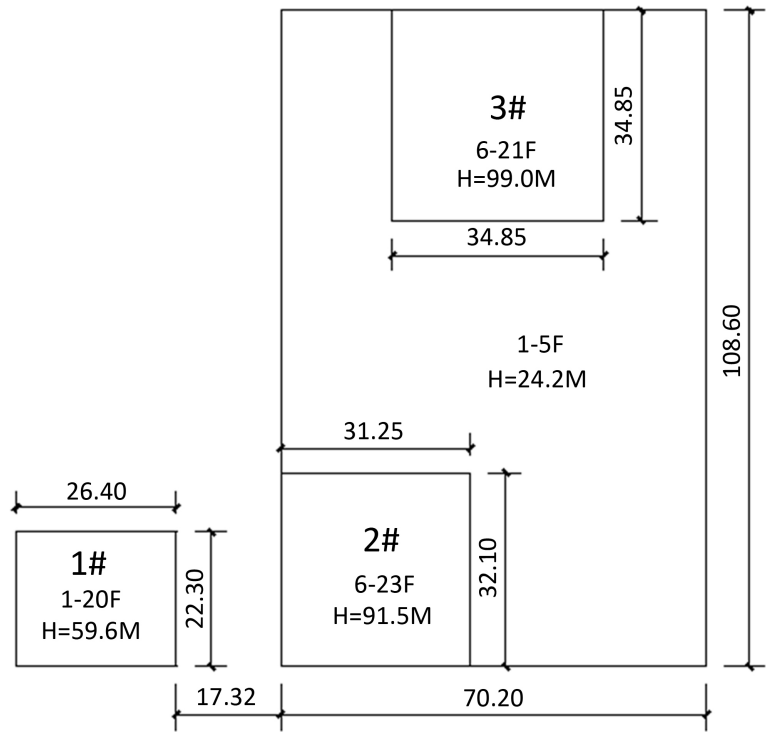


Figure 1. “Ideal City” floor plan
图 1. “心想是城”建筑平面图

- (4) 骨料碱含量应符合《预防混凝土工程碱集料反应技术管理规定》，总当量 $\leq 5 \text{ kg/m}^3$ 。
- (5) 掺加粉煤灰、矿粉，用以取代部分水泥，降低水泥水化热；水灰比 < 0.5 ，坍落度控制不低于 160 mm。

4.2. 施工组织

施工方法：由于基础底板混凝土工程量较大，基坑较深，为保证基础结构的整体性和安全性，决定两个塔楼底板浇筑作为两个施工段组织流水施工，水平方向不留施工缝，混凝土浇筑分别采用斜面分四层连续浇筑，斜面由泵送混凝土自然流淌而成，坡度控制在 1:3 左右，整体分为四层，每层厚度约 550 mm，水平方向错开距离大于 8 m，以保证分层混凝土间的施工质量[4]。

浇筑工艺：据浇筑进度定制商品混凝土→布置混凝土泵→混凝土供货验收→开机、泵送砂浆、润管→浇筑 2#楼第一层混凝土→振捣→浇筑 3#楼第一层混凝土→振捣→返回浇筑 2#楼第二层混凝土→振捣→如此反复→混凝土表面压实、抹平→及时覆盖保温保湿养护→混凝土测温监控。

施工组织：为保证基础底板混凝土的连续浇筑，现场配备两个浇筑小组三班轮流进行作业，以免疲劳作业降低工程质量，甚至发生安全事故。

4.3. 施工机械选择

经过计算，施工现场配备一台汽车泵、一台固定地泵及 9 辆混凝土搅拌运输车即可满足连续作业的要求。

本次混凝土全部采用汽车式搅拌车运输，滚筒保温套保温，混凝土输送泵应搭设保温棚，泵管用电热毯加保温被包裹，确保混凝土入模温度在 5℃ 以上。每车混凝土运输时间控制不得超过 1 小时，上下班避高峰 1 个小时间歇时段，现场须至少储备 10 辆 12 m³ 搅拌运输车，确保连续浇筑施工。

大体积混凝土浇筑、振捣过程中，容易产生泌水现象。一般情况下，上涌的泌水和浮浆会顺着混凝

土浇筑形成的坡面下流到集水坑或电梯井坑内，可以用水泵抽掉，局部少量泌水可用海绵吸除。

4.4. 混凝土保温养护

混凝土养护采用暖棚法和综合蓄热法。在 2#、3#楼搭设的暖棚里各生 20 个火炉，开始浇筑前两小时必须使棚内预热温度在 5℃以上。火炉排烟出棚顶处要做好封闭，防止棚内热量散失和雨、雪进入棚内。暖棚内设煤气监测仪，四周设送风口，所有火炉一律燃烧无烟煤，派专人生火加煤，观测棚内煤气含量并及时送风换气。

用喷雾器在混凝土表面喷洒养护剂并覆盖薄膜后待其初凝，当表面基本可以上人时，加盖 60 mm 的聚苯板(地下室外墙防水护板提前进场)和约 30 mm 保温棉被。

5. 混凝土温度控制

5.1. 测温方法及要求

采用 TM-902C 温度计配合预埋在混凝土中的测温导线进行测温。混凝土浇筑完毕 10 小时后将预留测温导线插头插入温度计 3~5 秒，待读数稳定后即可记数。具体要求如表 1 所示。

5.2. 测温布点

根据混凝土浇筑前后顺序及结构特点，其平面布置图如图 2 所示。

5.3. 温控结果分析

通过对 2#、3#楼持续近 28 天的跟踪测温，得到了大量的温度变化数据。经过对数据的统计分析，发现底板混凝土内部温度总体变化趋势基本相似。现以具有代表性的 3#楼 W2 点为例，绘制出如图 4 所示的该点上、中、下三个部位 28d 龄期的温度变化曲线。

从图 3~图 4 中可以看出：

(1) 混凝土最高温度出现在第 3 d，此时最高温度为 67℃，与理论计算最大绝热温度 65.76℃接近。内外最大温差也发生在此时间段，最大温差为 19℃，在允许范围之内。

(2) 混凝土在入模 7 d 内，温度出现“先增后减”的趋势，整体温度由高到低依次为：中部、下部、上部，说明水泥水化产生了大量的水化热；7~14 d 内，整体呈下降趋势，此时温度由高到低依次为：中部、上部、下部，说明此时保温板在发挥蓄热作用；14~28 d 内温度变化缓慢，基本达到稳定状态，此时温度由高到低以此为：下部、中部、上部，说明混凝土底板核心温度已经逐渐降下来了。

(3) 降温速率：上部 28 d 平均降温速率为 0.247℃/小时，其中阶段性降温速率在(-4~2.67)℃之间；

Table 1. Concrete temperature measurement location, time and frequency

表 1. 混凝土测温项目、时间及次数

测温项目	测温条件	测温次数	测温时间
室外温度	——	测得最高、最低气温， 昼夜 4 次	2:00、8:00、14:00、20:00 各一次
棚内温度	——	昼夜不少于 4 次	2:00、8:00、14:00、20:00 各一次
混凝土出罐温度 混凝土入模温度	——	每工作班不少于 4 次	开盘、上下午、夜间 各一次
混凝土输送泵房	——	每工作班不少于 4 次	2:00、8:00、14:00、20:00 各一次
混凝土养护温度	4 Mpa 前	昼夜 12 次	每 2 小时一次
	4 Mpa 后	昼夜 4 次	每 6 小时一次

中部 28 d 平均降温速率为 $0.254^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ ，其中阶段性降温速率在 $(-5.33\sim 2.70)^{\circ}\text{C}$ 之间；下部 28 d 平均降温速率为 $0.092^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ ，其中阶段性降温速率在 $(-4\sim 1.33)^{\circ}\text{C}$ 之间。

(4) 根据外界大气温度与棚内温度的对比计算，暖棚内温度较外界大气温度最高提高了近 13°C ，可见暖棚保温效果较明显；火炉燃烧阶段平均温度提高 7.92°C ，火炉熄灭后平均温度提高 3.33°C ，可见火炉对棚内的温度起到了一定的升温效果。

结合保温板以下、薄膜以上的温度数据，得到如下变化曲线图 5。

从图 5 中可以看到：

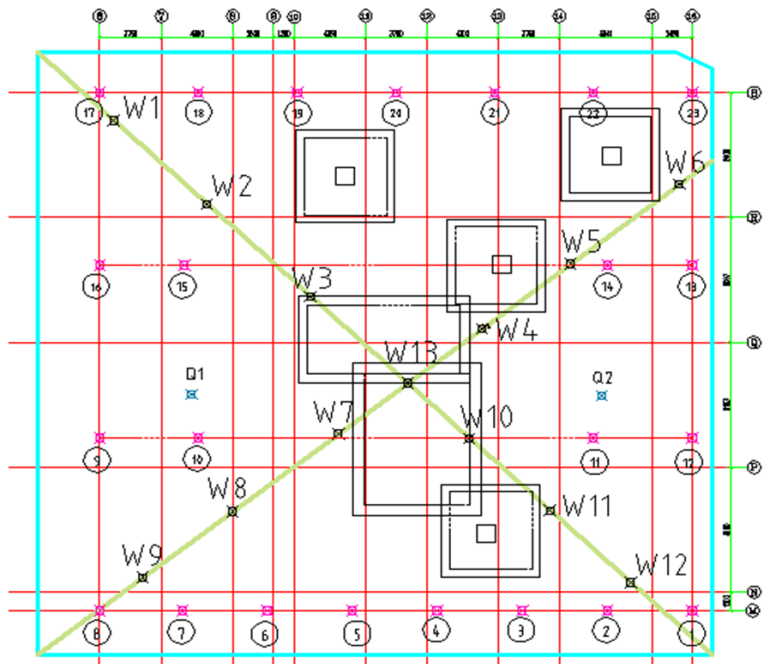


Figure 2. 3# building temperature measuring point arrangement
图 2. 3#楼测温点布置图

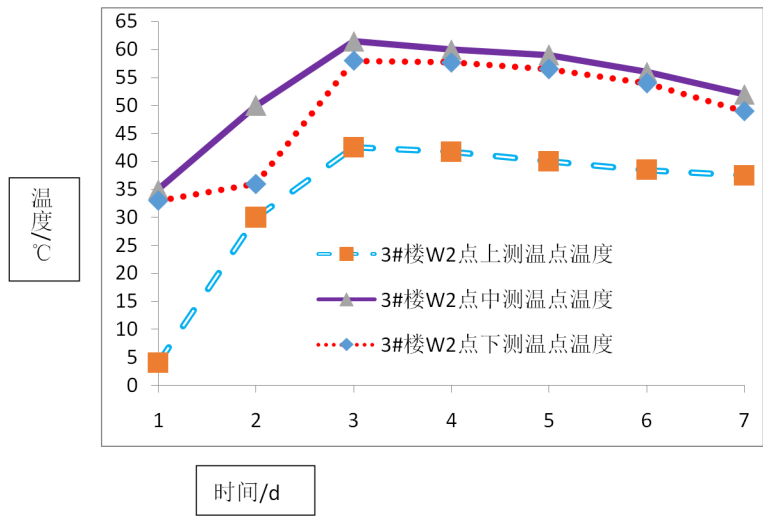


Figure 3. The temperature curve of the upper, middle, lower of W2 point of 3# Building in 7d
图 3. 3#楼 W2 点 7d 上、中、下温度变化曲线

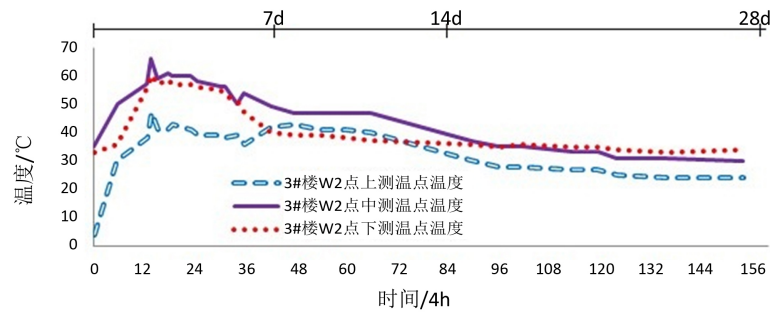


Figure 4. The temperature curve of the upper, middle, lower of W2 point of 3# Building in 28 d

图 4. 3#楼 W2 点 28 d 上、中、下温度变化曲线

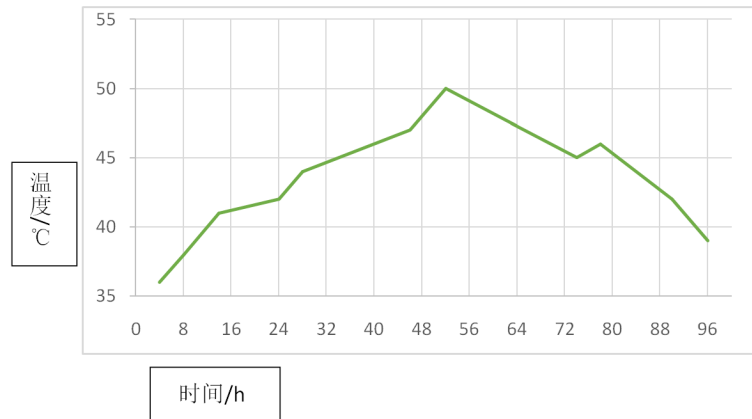


Figure 5. The temperature curve under insulation board of 3# building

图 5. 3#楼保温板下温度变化曲线

保温板以下、薄膜以上混凝土表面温度呈现“先增后减”的规律：即混凝土从浇筑完毕后，由于水泥水化热的影响，混凝土内部温度不断上升，然后通过天然散热，温度又逐渐下降。同时，将测得的 10 个保温板以下薄膜以上以及相同部位的 10 个薄膜以下混凝土表面以上的测温点对比计算得到：保温板下温度较薄膜下平均温度提高了近 20℃，足见保温板良好的保温效果。

6. 结语

(1) 混凝土配制采用“三掺技术”(即掺加粉煤灰、减水剂、膨胀剂)可减少水泥用量，降低水化热，减少混凝土收缩，延缓初凝时间，改善和易性，一定程度上避免了升温阶段裂缝的产生。

(2) 对大体积混凝土采用斜面分层间歇式浇筑方法，以及覆盖塑料薄膜、保温板、保温被养护，有助于减少混凝土内外温差，延缓收缩和散热时间，使混凝土在缓慢的散热过程中获得必要的强度来抵抗温度应力，同时可降低变形速度，防止内外温差过大而出现温度裂缝[5]。

(3) 实践证明，使用暖棚法和综合蓄热法相结合的方法进行冬施在寒冷地区是非常适合的，不但可以有效提高冬季施工效率，而且可以减少温度变化引起的裂缝，从而满足工程质量要求。

实践证明，只要能够把好原材料关，优化施工工艺，重视混凝土保温、测温工作，加强混凝土质量控制[6]，不断提高施工技术和组织管理水平，大体积混凝土冬季施工中的裂缝是可以避免的。

参考文献 (References)

- [1] 刘宗仁. 土木工程施工手册[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2009: 1681-1833.

-
- [2] 朱卫中, 朱广祥, 张桂玉. 建筑工程冬期施工规程(JGJ104-2011)[M]. 北京: 中国建筑工程出版社, 2011.
 - [3] 仲晓林, 林松涛, 孙跃生. 大体积混凝土施工规范(GB50496-2009)[M]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
 - [4] 郭昆峰, 赵邱奇. 大体积混凝土冬季施工[J]. 港工技术, 2005(z1): 69-71.
 - [5] 卢庆练. 大体积混凝土冬季施工的几点体会[J]. 山西建筑, 2006, 32(4): 164-165.
 - [6] 张保兴. 大体积混凝土基础冬季施工技术[J]. 长安大学学报(建筑与环境科学版), 2003, 20(1): 33-35.

期刊投稿者将享受如下服务:

- 1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
- 2. 为您匹配最合适的期刊
- 3. 24 小时以内解答您的所有疑问
- 4. 友好的在线投稿界面
- 5. 专业的同行评审
- 6. 知网检索
- 7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hice@hanspub.org