冬期混凝土综合蓄热法养护施工技术*

冀长勇[1],陈晓杰[2]

(1. 中国二冶集团有限公司房地产开发公司,内蒙古 包头 014010;
2. 中国二冶集团有限公司建安工程技术分公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章通过对混凝土养护施工热工计算,介绍了冬季采用综合蓄热法养护混凝土的施工方法,对冬季大体积混凝土施工质量控制有一定的鉴借作用。

关键词: 混凝土;养护;冬期施工;综合蓄热法;热工计算
中图分类号: TU742 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)02-0096-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.029

Construction Technology of Maintenance with Comprehensive Method of Heat Accumulation for Concrete in Winter

Ji Chang-yong[1], *Chen Xiao-jie*[2]

(1. *Real Estate Development Co. of China Second Metallurgy Group Corp., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Construction and Installation Engineering Technology Branch Co. of China Second Metallurgy Group Corp., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is introduced the construction method of maintenance with comprehensive method of heat accumulation for concrete in winter based on the thermodynamic calculation of maintenance and construction for concrete, which could be as the reference for the quality control of mass concrete construction in winter.

Key words: concrete; maintenance; winter construction; comprehensive method of heat accumulation; thermodynamic calculation

乌海市海勃湾区青山公园南安置区工程建筑面积为347 910 m^2,其中地上建筑面积为264 690 m^2,地下建筑面积为83 219 m^2。住宅楼筏板基础高度1 300 mm,地下车库筏板基础高度为600 mm,柱子跨度8 100 mm,柱墩4 100 mm×4 100 mm,高度600 mm,筏板基础砼标号C35,抗渗等级P6,冬期砼施工范围地下车库筏板基础。

1 工程水文气象

乌海地区每年11月15日即进入冬期施工阶段,至第二年3月15日止解除冬期施工,历时四个月左右。其中11月中旬至12月中旬及次年2月中旬至3月中旬为低温施工阶段,11月份白天气温大多在10 ℃以上的约为20天,11月28日开始降温

* 收稿日期:2020-02-28
作者简介:冀长勇(1968-),男,山西省山阴县人,高级工程师,现从事建筑施工工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

晚上最低气温 -10 ℃，平均气温为 -5 ℃，12 月下旬至次年的 2 月中旬为严冬施工阶段，约 70 天。乌海地区最低气温在 -12 ~ -18 ℃左右。如遇寒流最低气温在 -22 ℃左右。

2　冬施方案选择

由于工期紧，地下车库不封顶，二次结构无法施工，因此准备冬季施工地下车库砼基础，为第二年施工创造条件，筏板基础为大体积混凝土，通过热工计算，采用综合蓄热法养护施工混凝土能够满足技术质量要求，同时为防止寒流气温骤降对混凝土施工质量影响，在冬施中采用综合蓄热法并加强保温，适当提高砼入模温度，在寒流到来时极端天气则宜暂停混凝土浇筑，气温回升后再进行砼浇筑，能够保证混凝土的施工质量。

3　混凝土冬期施工保温措施

3.1　搅拌站保温措施

(1)水泥使用 P. O42. 5 以上普通硅酸盐水泥，水灰比不超过 0. 6，掺加少量混凝土高效减水剂，尽量减少混凝土中水的掺量，提高早期强度。

(2)外加剂应选用含有引气组分或掺入引气剂，含气量宜控制在 3% ~5%。混凝土防冻剂应具有抗冻早强作用[1]。

(3)混凝土的搅拌一律由指定的搅拌站进行。对水采用加热的方法，水温控制在 60 ~80 ℃，粗骨料、砂不加热，但采取覆盖保温措施。

(4)当最低气温低于 -10 ℃且高于 -15 ℃时，砼拌和水应加热至 80 ℃。此时，砼搅拌应避免热水直接与水泥、外加剂直接接触，防冻剂按 -15 ℃添加。保证混凝土出罐温度确保 15 ℃以上，在现场施工时进行测量控制。

3.2　混凝土浇筑措施

(1)混凝土浇灌前，浇灌部位若有积雪或冰屑应清除干净。

(2)混凝土泵应采取保温措施，泵管采用保温被进行包裹覆盖，以减少热量损失。

(3)现场浇灌混凝土前应做好充足的施工准备，采用快铺料、快振捣及时覆盖的快速施工法。

(4)混凝土收面时，为避免因温度过低造成混凝土表面冻结，应随压光随覆盖，为避免收好面的混凝土表面被踩踏破坏，所有覆盖保温材料、测温、搓毛人员均须在跳板上行走，跳板铺设在预埋于基础中的马凳铁上，马凳铁沿基础长跨方向布置，间距为 2 m。

3.3　混凝土的养护保温措施

综合蓄热法施工混凝土采用掺加外加剂，提高混凝土的早期强度。混凝土浇筑后，利用原材料加热及水泥水化放热，采取覆盖保温措施，防止热量及水分散失过快及风雪侵袭，抵御气温骤降，采取下列措施：

(1)模板暂时不拆，以利混凝土的强度增长。

(2)地下车库基础混凝土采用综合蓄热法养护：11 月份乌海白天气温大多在 0 ℃以上，砼基础施工完随打随覆盖。先用一层塑料布覆盖表面，再用棉毯、棉被覆盖，如果进入 12 月天气最低气温低于 -15 ℃，基础表面覆盖二层棉被，模板侧面覆盖一层棉被，用彩条布围挡。

(3)当寒流来临，最低气温低于 -20 ℃，应暂停混凝土浇筑，气温回暖后，选择在白天进行混凝土浇筑，浇筑完成后及时覆盖保温。

4　混凝土热工计算

以 W - CA 轴和 15 - 20 轴之间的砼筏板基础为例进行计算，筏板基础长 38 m，宽 31. 6 m，高 0. 6 m，筏板基础上面有 20 个柱墩，边长 4. 1 m × 4. 1 m，高 0. 6 m，钢筋直径 18 mm，间距 200 mm。

(1)结构表面系数 M 计算。

$$M = A/V \tag{1}$$

式中，A 和 V 分别为基础表面积和基础体积。

$A = 31.6 \times 38 + (4.1 \times 0.6 \times 4 \times 20) + 31.6 \times 2 + 38 \times 2 = 1\,536.8\ \mathrm{m^2}$

$V = 31.6 \times 38 \times 0.6 + (4.1 \times 4.1 \times 0.6 \times 20) = 922.2\ \mathrm{m^3}$

带入式(1)得：

$M = 1\,536.8/922.2 = 1.67\ \mathrm{m^{-1}}$

(2)现场检测搅拌站的砼入模温度普遍在15 ℃以上，以入模温度 $T_1 = 14$ ℃为例进行热工计算。

(3)考虑钢筋及模板吸热影响，混凝土浇筑成型完成时的温度 T_3：

$$T_3 = (C_cM_cT_1 + C_fM_fT_f + C_sM_sT_s)/(C_cM_c + C_fM_f + C_sM_s) \tag{2}$$

式中：C_c—— 混凝土的比热容，1 kJ/(kg·K)；

C_f—— 模板的比热容，2. 1 kJ/(kg·K)；

C_s—— 钢筋的比热容，0. 46 kJ/(kg·K)；

M_c—— 每方砼的重量，2 500 kg；

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

M_f—— 与每方砼接触的模板重量,23.4 kg;

M_s—— 与每方砼接触的钢筋的重量,48 kg;

T_f,T_s—— 模板、钢筋的温度,采用当天实际温度进行计算。

以环境温度为 -10 ℃进行计算:

$T_3 = 1 \times 2\ 500 \times 14 + 2.1 \times 23.4 \times (-10) + 0.46 \times 48 \times (-10) / 1 \times 2\ 500 + 2.1 \times 23.4 + 0.46 \times 48 = 13.3$ ℃

以环境温度为 -15 ℃进行计算:

$T_3 = 1 \times 2\ 500 \times 14 + 2.1 \times 23.4 \times (-15) + 0.46 \times 48 \times (-15) / 1 \times 2\ 500 + 2.1 \times 23.4 + 0.46 \times 48 = 13.19$ ℃

以环境温度为 -20 ℃进行计算:

$T_3 = 1 \times 2\ 500 \times 14 + 2.1 \times 23.4 \times (-20) + 0.46 \times 48 \times (-20) / 1 \times 2\ 500 + 2.1 \times 23.4 + 0.46 \times 48 = 13.06$ ℃

(4)结构围护层总传热系数 K,基础外围采用木模板,砼表面覆盖一层塑料布,一层棉被,棉被导热系数为 $\lambda = 0.06$ W/(m·k),厚 d = 0.02 m。

$$K = 3.6/\left(0.04 + \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i}\right) \quad (3)$$

$K = 3.6/(0.04 + 0.02/0.06) = 9.65$ kJ/(m²·h·k)

(5)综合参数 θ、ψ、η 计算

透风系数:$w = 1.3$ m/s,水泥发热量:$Q_{ce} = 350$ kJ/kg,水泥水化速度系数:$V_{ce} = 0.015$ h^{-1},砼质量密度:$P_c = 2\ 500$ kg/m^3

$$\theta = wKM/V_{ce}C_cP_c \quad (4)$$

$$\psi = V_{ce}Q_{cemce}[m_{ce}]/(V_{ce}C_cP_c - wKM)$$

将以上数据带入式(4)得:

$\theta = 1.3 \times 9.65 \times 1.67/(0.015 \times 2\ 500) = 0.56$

$\psi = 0.015 \times 350 \times 355/(0.015 \times 2\ 500 - 1.3 \times 9.65 \times 1.67) = 112.6$

(6)以外界温度为 $T_{m,a} = -20$ ℃ 进行计算:

$\eta = T_3 - T_{m,a} + \psi = 13.06 - (-20) + 112.6 = 146.2$

(7)混凝土蓄热养护过程中的温度计算 T_4。故砼温度降低到 0 ℃ 所用的时间用逼近法计算,混凝土蓄热养护开始到 7 天(168 h)后的平均温度:

$T_4 = \eta e^{-\theta \cdot V_{ce} \cdot t} - \psi e^{V_{ce} \cdot t} + T_{m,a} = 146.2 \times e^{-0.56 \times 0.015 \times 168} - (112.6 \times e^{-0.015 \times 168}) - 20 = 6.59$ ℃

通过混凝土筏板基础热工计算,发现砼结构表面系数较小,钢筋含量较小,属于大体积砼,温度降低对钢筋及模板吸收热影响较小,温度降低对混凝土浇筑成型完成后的温度基本影响不大,根据不同温度与龄期下养护时的混凝土强度增长率,混凝土养护到 7 天砼的平均温度为 6.59 ℃,混凝土强度达到 50% 大于混凝土受冻临界强度,满足《建筑工程冬季施工规程》(JGJ/T—104—2011)抗渗要求的混凝土受冻临界强度不小于 50%。

5 混凝土测温要求

(1)为检验和控制冬施期间混凝土的质量,对浇筑成型的混凝土需进行温度测试,每 15 m² 设一测温点,筏板基础砼温度测温线预埋在上下砼结构表面 150 mm 内,基础墩上中下预埋三条测温线。

(2)在混凝土成型开始每 4 h 测温一次,达到混凝土受冻临界强度停止测温。

(3)在测量混凝土温度时,将预留测温线探头插入建筑测温仪 JDC-2 中测量砼内部测温度,基础墩砼平均温度 32 ℃,筏板基础砼平均温度 27 ℃,砼达到峰值平温度为 35 ℃,养护 7 天砼平均温度 18 ℃,满足冬季砼蓄热法的施工要求。

6 结束语

混凝土冬季施工,物资材料消耗大,而且安全隐患大,每个施工环节都要认真控制,要根据本地区历年气温统计情况采取不同的蓄热养护施工方法。12 月初乌海天气突然降温,最低温度为 -22 ℃,由于项目部对天气突然降温提前进行考虑,制定了保温措施,编制冬季施工方案进行热工计算,按要求对混凝土出罐、入模温度及混凝土蓄热养护温度进行测量,掌握混凝土养护期的平均温度和冷却时间,保证了冬季混凝土的施工质量。

参 考 文 献

[1] JGJ/T—104—2011,建筑工程冬季施工规程[S].

[2] 江正荣,朱国梁.简明施工计算手册(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net