

# 大体积底板混凝土冬季施工技术

文/孙桂勇

(北京城建道桥建设集团有限公司, 北京 100022)

**摘要:** 本文针对高层建筑底板大体积混凝土冬季施工存在的问题、防止裂缝的主要措施、有针对性的技术措施以及施工方法等进行了全面阐述, 以供相关人员参考, 从而提高混凝土底板的施工质量, 保障高层建筑的安全基础。

**关键词:** 大体积; 底板混凝土; 冬季施工; 技术  
**中图分类号:** TU755 **文献标志码:** A



在从事现场施工的几年之中, 我曾有幸先后参与过北京城建北京密码、清华大学综合实验楼以及房山区长阳镇06、07街区棚户区改造土地开发四片区项目的施工任务。在以上工程中, 北京城建北京密码、清华大学综合实验楼的底板属于大体积底板混凝土。在以上两个项目的底板混凝土施工均处于冬季施工, 如何在施工中控制混凝土水化热及混凝土的内部、表面及外部的温差, 控制混凝土的收缩, 防止温度裂缝的产生以确保底板混凝土的抗渗性能及混凝土的质量是摆在我们面前的重要课题。

## 1 大体积混凝土的特点

大体积混凝土是指混凝土结构物中实体最小尺寸大于或等于1 m的部位所用的混凝土。这种混凝土的施工必须采取措施以解决水化热及随之引起的体积变形问题, 以保证最大限度地减少开裂。

由于高层建筑的发展, 其基础多采用箱基、筏基等大体积混凝土。这种大体积混凝土具有以下几个特点:

- (1) 块体较厚, 体积较小。
- (2) 混凝土设计强度较高, 1 m<sup>3</sup>水泥用量较多, 水化热引起的混凝土内部温度较一般混凝土大得多。
- (3) 结构断面内配筋较多, 整体性要求较高, 一次性浇筑量大。
- (4) 基础结构大多埋置地下, 虽然受外界温度变化的影响较小, 但要求抗渗性能较高。

因此, 对这类混凝土, 如何控制混凝土的内外温差和温度变形造成的裂缝, 以保证混凝土的抗渗、抗侵蚀性能, 是建筑工程中大体积混凝土施工中的一类关键问题。

## 2 工程概况

在施工项目中, 清华大学综合实验楼比较具有代表性。具体情况如下: 其底板为大平板满堂红基础, 整个底板的平面尺寸为165.6 m×45.9 m, 总面积为7601 m<sup>2</sup>。整个底板被两个一米宽的后浇带分成三块: 1~17轴、18~21轴、22~38轴。

表1是底板分段情况。

表1 底板分段情况

轴线	板厚 (m)	面积 (m <sup>2</sup> )	混凝土量 (m <sup>3</sup> )
1~17	1.6	2707	4331
18~21	1.2	1125	1350
22~38	1.6	3769	6030

由表中数据可以看出, 底板混凝土属于大体积混凝土范畴。

## 3 大体积混凝土冬季施工中存在的问题及成因

混凝土的裂缝与其最终的质量有紧密的联系, 而导致混凝土裂缩的主要原因在于对原材料以及施工过程的控制, 如水泥品种及用量、骨料、混凝土的搅拌、运输、养护条件、施工环境等几方面, 以下分别从上述几方面进行分析, 找出裂缝产生的机理。

### 3.1 混凝土出现裂缝的机理

#### 3.1.1 水泥水化热引起的温度应力和温度变形

水泥在水化过程中产生大量的热量, 每1 g水泥放出的热量达约500 J, 因而使混凝土内温度升高, 一般30 左右, 有时更高, 它在1~3 d放出的热量是总热量的50%。混凝土内部的最高温度多数发生在浇筑后的3~5 d内, 当混凝土内部与表面温差过大时, 就会产生温度应力和温度变形。温差越大, 温度应力就越大。当这种温度应力超过混凝土内外约束力时, 就会产生裂缝。混凝土内温度与混凝土厚度及水泥用量相

关,混凝土越厚,水泥用量越大,内部温度越高。所形成的温度应力与混凝土结构尺寸相关,在一定尺寸范围内,混凝土结构尺寸越大,温度应力就越大,因而引起裂缝的可能性也越大。这也是混凝土产生裂缝的主因,所以防止混凝土出现裂缝,最重要的是控制混凝土内外的温差变化。

### 3.1.2 内外约束条件的影响

大体积钢筋混凝土与地基浇筑在一起,当温度变化时,受到下部地基的限制,因而产生外部约束应力。混凝土在早期温度上升时,产生的膨胀变形受到约束而形成压应力,此时混凝土的弹性模量小,徐变和应力松弛度大,使混凝土与基层连接不牢固,因而压应力较小。但当温度下降时,则产生较大的拉应力,若超过混凝土的抗拉强度,混凝土将会出现垂直裂缝。混凝土内部由于水泥的水化热而形成中心温度高,因而在中心产生压应力,在表面产生拉应力。当拉应力超过混凝土的抗拉强度值和钢筋的约束作用时,同样产生裂缝<sup>[1]</sup>。

### 3.1.3 外界气候的影响

由于综合实验楼工程底板的浇筑时间在12月中旬左右,此时北京的天气寒冷、干燥,而且昼夜的温差较大,影响混凝土的收缩。同时,低温、大风、干燥的环境极不利于混凝土的运输、浇筑以及养护工作。昼夜温差的大幅度变化,会增加混凝土内部与周围环境的温差而产生更大的附加温度应力,导致裂缝的产生。因此控制混凝土表面温度与外界气温温差,也是防止裂缝的重要一环。

### 3.1.4 混凝土的收缩变形

#### (1) 混凝土的塑性收缩变形

塑性收缩裂缝发生在混凝土硬化之前,混凝土仍处于塑性状态。它的产生主要是上部混凝土的均匀沉降受到限制,如遇钢筋或大的混凝土集料,或者平面面积较大的混凝土,其水平方向的减缩比垂直方向更难,这样就会形成不规则的深裂缝。这种裂缝通常是相互平行的,且相当深。防止这种裂缝的最好办法是连续浇筑与修整抹面,并立即养护,保护混凝土免受风吹日晒。

#### (2) 混凝土的体积变形

混凝土终凝以后会发生体积变化,温度较高,水泥用量较大,变形将增大。

#### (3) 干燥收缩

在混凝土凝结硬化过程中,80%水分要蒸发,约20%的水分是水泥硬化所必需的,而最初失去的30%自由水不会引起混凝土的收缩干裂。但随着混凝土的继续干燥,20%的吸附水逸出,出现干燥收缩。由于表面干燥收缩快,中心干燥收缩慢,表面的干燥收缩受到中心部位混凝土的约束,因而表面产生拉应力而出现裂缝。

## 4 防止大体积混凝土裂缝的主要措施

### (1) 优化混凝土配比,选用符合相关要求的原

材料,并在满足设计强度的前提下,尽量减少水泥用量,以减小水泥的水化热。

(2) 控制粗集料、细集料含泥量不超过1%和3%。

(3) 根据季节情况采取不同的保温措施。对冬季的大体积混凝土施工,应采取保温法施工,利用模板和保温材料防止冷空气侵袭,以达到减小混凝土内外温差的目的。

(4) 采取分段浇筑混凝土的方法。分层振捣密实以保证混凝土的初期水化热尽可能地消失,增加混凝土密度,提高抗裂能力。施工过程中保证分层浇筑的上下两层混凝土结合密实。

(5) 现场施工中做好测温工作,严格控制混凝土内外温差符合相关规范及设计要求。

(6) 掺入适量的微膨胀剂,使混凝土得到收缩补偿,同时掺入适量的缓凝剂,推迟混凝土水化热峰值的时间。

(7) 考虑到结构超长,与结构设计沟通后,设置后浇带以减小大体积混凝土的外约束力及温度应力,并有利于散热,降低混凝土内部温度。

(8) 在底板面层设置抗裂钢筋,提高混凝土表面的抗裂性能。

## 5 有针对性的技术措施

(1) 从以上的分析我们可以看出,主观因素即人为因素是十分重要的。施工队伍的选择、技术准备是否到位、施工员的交底是否详细,以及在执行过程中是否坚决、责任心等问题都直接影响混凝土的成品质量。为此,我所在的项目部在施工前进行充分的准备和详细的交底并建立岗位责任制,责任落实到人,各负其责。

(2) 考虑到水泥品种和水泥用量对混凝土的影响,在配合比的设计上,经过多次的讨论,采用保水性好、干缩小的425级普通硅酸盐水泥,使用双掺技术替代水泥用量,降低水化热。外加剂采用FS-H缓凝型外加剂(含有引气成分和减水成分)。同时为降低混凝土的热峰值,采用60d的强度增长值,这样可以使混凝土的热峰值较为均匀,利于大体积混凝土在冬季施工时的控制<sup>[2]</sup>。

(3) 考虑到底板比较厚,依靠1.6 m厚的底板自身的水化热完全可以保证混凝土免遭冻胀,因此混凝土中可不加抗冻剂。养护期间采用蓄热法进行养护。确保混凝土入模温度不底于10℃,上下层混凝土温差不过大。

(4) 由于施工期间温度较低,混凝土表面的水分丢失较快,为减少表面的干缩裂缝,混凝土浇筑完毕后,及时用刮杠找平,终凝前进行二次抹压,并用木抹子拍实。最后覆盖塑料薄膜及阻燃草被。应保证混凝土的表面温度与外界的大气温度及混凝土的内部温度的温差控制在允许范围之内<sup>[3]</sup>。

(5) 混凝土终凝后开始进行测温工作, 每2 h进行一次, 2 d后每4 h测温一次, 直至观测到混凝土的内部温度降为0 为止(混凝土的出罐温度及入模温度在施工时进行抽测)。在测温工作中发现温差有超过25 的趋势时, 立即加盖阻燃草被<sup>[4]</sup>。

(6) 经与设计沟通后底板表面加铺一层 $\phi 8@200$ 抗裂筋, 提高大体积混凝土的抗裂性能。

(7) 沿结构短向设置通长后浇带, 宽度为1m以减小外约束力。

## 6 施工方法

(1) 现场采用商品混凝土进行浇筑, 使用2台地泵、1台汽车泵形成泵送规模, 确保24 h内混凝土的供应量达到1500 m<sup>3</sup>。

(2) 混凝土的浇筑顺序是西段在先, 中段在后, 以后浇带为界。西段浇筑时, 应由西向东全断面分层分条浇筑。中段施工时, 由南向北全断面分层分条浇筑。

(3) 施工过程中, 混凝土的布料呈斜面薄层状, 确保上下层的浇筑间歇不超过混凝土的初凝时间(必要时塔式起重机加以配合)。同时上层混凝土浇筑时下层混凝土的温度不低于2 。

(4) 凝土连续浇筑, 不留设施工缝, 外墙浇筑高度高于底板200 mm。由于底板为全断面分层浇筑, 因此混凝土的振捣必须密实, 保证混凝土的防水性能及成品质量<sup>[5]</sup>。

## 7 热工计算

(1) 混凝土的入模温度定为+10 。

(2) 混凝土的绝热升温。3 d时水化热温度最大, 故计算龄期3d时的绝热升温。混凝土的浇筑厚度1.6 m, 普硅水泥425级每1kg水泥发热量377 kJ, 用量假设为320 kg/m<sup>3</sup>, 则混凝土最终绝热升温为(粉煤灰不予考虑)。

$$T_r = (WQ/C\rho) \times (1 - e^{-m\tau}) = (320 \times 377/0.97 \times 2400) \times 0.615 = 31.87 ( )$$

浇筑厚度为1.6m, 则

$$T_r = T_r \times \zeta = 31.87 \times 0.506 = 16.13 ( )$$

混凝土内部最高温度为

$$T_{\max} = T_r + T_0 = 16.13 + 10 = 26.13 ( )$$

混凝土表面温度计算:

用3cm`阻燃保温被加一层薄膜覆盖, 大气平均温度取-7 。

混凝土的虚铺厚度为

$$\beta = 1/(\delta/\lambda_t + 1/\beta_c) = 1/0.03 + 0.04 = 4$$

$$h' = k\lambda/\beta = 0.666 \times 2.23/4 = 0.338 (m)$$

混凝土的计算厚度为

$$H = h + 2h' = 1.6 + 2 \times 0.388 = 2.376 (m)$$

$$T_{(t)} = T_{\max} - T_0 = 26.13 - (-7) = 33.13 ( )$$

混凝土的表面温度:

$$T_{(t)} = T_q + (4/H) \times h' \times (H - h') \times T_c \\ = -7 + (4/2.3762) \times 0.388 \times (2.376 - 0.388) \\ \times 33.13 = 11.11 ( )$$

结论: 最高温度与表面温度之差

$$T_{\max} - T_{bt} = 29.15 - 11.11 = 18.04 ( ) < 25$$

表面温度与大气温度之差为11.11+7=18.11( )。

均未超过25 的规定, 故加盖一层塑料薄膜与一层3 cm厚的阻燃保温被即可保证混凝土的质量<sup>[6]</sup>。

## 8 实施效果

施工过程中, 项目部严格执行预定的施工方案, 人员到位、措施到位、管理到位、监控到位。从施工质量上得到充分的保障, 从现场的实际情况来看也获得了较好的质量效果<sup>[7]</sup>。

## 9 结束语

随着经济的发展, 高层建筑大量出现, 基础大体积混凝土的施工也越来越多, 对它的认识和理解, 在实际工作的摸索中逐步深入。北京市建委、规委联合下发《预防混凝土工程碱集料反映技术管理规程》。为有效控制混凝土工程质量, 延长结构寿命, 应对混凝土碱集料反应严格控制。混凝土碱集料反应是指混凝土中的碱和环境中可能掺入的碱与混凝土集料中的碱活性矿物成分, 在混凝土固化后缓慢发生的化学反应, 产生胶凝物质因吸收水分后发生膨胀, 最终导致混凝土从内向外延伸开裂和损毁的现象。在今后的工作中还需要通过实践更好地掌握关于碱集料反应的控制。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.大体积混凝土施工标准: GB 50496—2018[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑工程冬期施工规程: JGJ/T 104—2011[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [3] 黄啸.大体积混凝土开裂的起因及防裂措施[J].绿色环保建材, 2021(12): 23-24.
- [4] 上官明杭.高层建筑地下室承台大体积混凝土施工技术要点[J].住宅产业, 2021(12): 67-70.
- [5] 孙维东, 张之伟, 苏凯, 等.大体积混凝土水化热分析与温度裂缝控制[J].四川水泥, 2021(12): 15-17, 20.
- [6] 姜小虎, 乐德山.地下室底板大体积混凝土裂缝控制技术[J].山西建筑, 2008, 34(18): 2.
- [7] 赵幸彩.冬季高层建筑大体积混凝土底板施工研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2017(1): 7.