

文章编号: 1004-9762(2005)01-0045-03

大体积混凝土裂缝控制*

吕宏云¹, 杨景峰²

(1. 内蒙古科技大学 建筑与土木工程学院, 内蒙古 包头 014010; 2. 包头钢铁(集团)公司 金属结构安装公司, 内蒙古 包头 014010)

关键词: 大体积混凝土; 基础; 裂缝

中图分类号: TU755.7 文献标识码: A

摘要: 分析了大体积混凝土裂缝形态及原因, 阐述了大体积混凝土裂缝控制基本要点, 结合工程实例研究了大体积混凝土施工技术措施。

Control of the mass concrete crack

LU Hong-yun¹, YANG Jing-feng²

(1. Architecture and Civil Engineering School, UST Inner Mongolia, Baotou 014010, China; 2. Steel Structure Co., Baotou Iron and steel(Group) Co., Baotou 014010, China)

Key words: mass concrete; foundation; crack

Abstract: The form and cause of the mass concrete crack were analyzed and the main idea of crack control was expounded; the construction technology for mass concrete was discussed through a project example.

整体连续浇筑的大体积混凝土基础, 水泥水化热积聚于混凝土内部不易散发, 使其温度短期内大幅上升, 达到 50~70℃ 以上, 温度达到峰值后开始缓慢下降。混凝土温度变形与硬化收缩(凝结硬化过程中水分蒸发、水化反应及胶体凝结产生的收缩)形成变形作用, 变形作用受到来自大体积混凝土基础内部与外部约束条件的限制, 引起大体积混凝土基础裂缝。严重时, 裂缝贯通, 破坏结构整体性, 影响结构安全。

1 大体积混凝土基础裂缝形态及原因分析

大量工程案例表明, 大体积混凝土裂缝一般呈 2 种形态:

(1) 表面裂缝(如图 1), 这种裂缝在混凝土升温阶段和降温阶段都有可能发生, 混凝土热量通过表面向周围环境散发过程中, 表面温度低于内部温度, 形成内外温差, 混凝土表面膨胀量低于内部膨胀量, 引起对抗性应力, 内部产生压应力, 表面产生拉应力。内外温差越大, 对抗性应力越大。

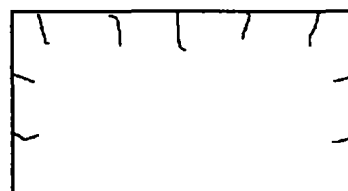


图 1 大体积混凝土表面裂缝

Fig. 1 Mass concrete crack in surface.

起初混凝土处于塑性状态, 凝结硬化过程中, 其弹性模量随强度不断增长, 当温差产生的拉应力超过当时混凝土的极限抗拉强度时, 就会在混凝土表面产生裂缝。

升温阶段一般在混凝土浇筑后的 3~5 d 内, 混凝土温度膨胀变形与硬化收缩变形从总体上呈抵消趋势。但由于养护原因造成表面失水多于内部失水时, 硬化收缩会加剧表面裂缝的发生和发展。

* 收稿日期: 2004-12-16

作者简介: 吕宏云(1968-), 男, 内蒙古包头人, 内蒙古科技大学讲师, 硕士。

(2)贯通裂缝(如图2),又称体裂缝.这种裂缝一般发生在降温阶段,大体积混凝土基础呈降温收缩状态,降温收缩受到基底及自身约束作用,产生很大的收缩应力(拉应力),拉应力超过当时混凝土的极限抗拉强度时,就会在混凝土中产生收缩裂缝.这种收缩裂缝有时会贯穿全断面,成为结构裂缝.基底及自身构造约束作用越强,峰值温度越高,贯穿裂缝出现的可能性越大.

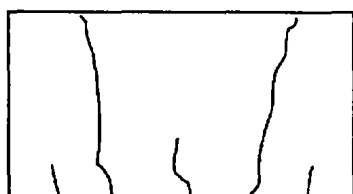


图2 大体积混凝土贯通裂缝
Fig.2 Mass concrete crack in body

降温阶段经历时间较长,大约从3~5 d开始,延续1个月或更长时间.降温收缩与混凝土硬化收缩呈叠加趋势,硬化收缩会大幅度加剧裂缝出现的可能性与程度.

2 大体积混凝土基础裂缝控制的基本要点

通过裂缝形态及原因分析可以得知,控制裂缝应从以下几个方面入手:

(1)控制混凝土内外温差.《混凝土结构施工规范》(GB50204-2002)规定^[1],大体积混凝土内外温差不应高于25℃.内外温差越大,裂缝可能性与程度越严重.

研究表明,在相同的环境温度与保温条件下,降温阶段的内外温差低于升温阶段.

(2)控制混凝土温度峰值.峰值温度与环境温度之差决定温度变形总量,峰值温度越高,温度变形量越大,可能引起的后果越严重.

应该指出的是,控制峰值温度与控制内外温差是相关的.在升温阶段,既要控制内外温差,又要保持一定的内外温差,以便混凝土热量能够在升温阶段尽可能多地向外散发,从而使峰值温度有所降低.

(3)从混凝土基本性能角度控制混凝土硬化收缩量.不论是升温阶段还是降温阶段,硬化收缩本身可以引起裂缝,同时会加剧温度裂缝的程度.

(4)改善边界约束条件.通过合理的构造设计减少内部约束,通过在地基与基础之间设置滑移层,减弱地基的外部约束作用.

(5)延缓降温阶段的温度递减速度,增加降温收缩阶段经历的时间.一方面可以通过地基水分、气体的缓慢排出增加地基的塑性变形;另一方面可以通过增加降温阶段时间增加混凝土较高温状态下的徐变变形量,减小基础降温阶段的收缩应力.

(6)加强温度测控,密切注视外界气温变化,妥善做好应急准备.

3 工程实例

包头市软件园工程,建筑面积3.5万m²,框剪结构,11层,高度50m,抗震按8度设防.3座塔楼采用筏板基础,混凝土等级C30,长、宽、厚分别为44,21.6,1.5m.

混凝土材料品种及配合比如表1,塌落度14~18cm.

表1 混凝土材料品种及配合比
Table 1 Ingredient list of concrete

材料品种	42.5级 矿渣水泥	水	中砂	5~31.5mm 碎石	(Ⅱ级) 粉煤灰	GL-D膨胀剂	GL-B ₃ 减水、缓凝 复合泵送剂
用量/(kg·m ⁻³)	328	188	750	1 140	45	19.7	4.2
配合比	1	0.57	2.29	3.48	0.137	0.06	0.013

采用斜面分层法纵向推进,每层浇筑厚度60cm,一次整体浇筑.混凝土初凝后二次抹压,终凝后蓄水养护,蓄水厚度150mm,蓄水21d后改为草袋覆盖洒水养护.沿纵横对称轴设置测温孔,中

心测温点位于1/2厚度处,每隔6h测温一次.同时测量中心温度及表面温度.

施工期间环境气温15~26℃.

计算混凝土拌合温度 t_0 ^[2]:

$$t_c = \sum t_i w_i C_i / \sum w_i C_i,$$

式中, t_i 为各组分材料拌合前的温度(℃); w_i 为混凝土各组分材料用量; C_i 为混凝土各组分材料比热。

计算混凝土最大绝热温升 $t_h^{[3]}$:

$$t_h = (w_c + KF) Q / C \rho,$$

式中, w_c 为水泥用量(kg/m^3); F 为混凝土活性掺合料用量; K 为掺合料折减系数, 粉煤灰取 0.25 ~ 0.3; Q 为水泥 28 d 水化热(kJ/kg); C 为混凝土比热, 取 $0.97(\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; ρ 为混凝土密度, 取 $2400(\text{kg}/\text{m}^3)$ 。

计算混凝土中心最高温度值 $t_{\max}^{[3]}$:

$$t_{\max} = t_0 + 0.1 w_c + 0.02 F,$$

式中, t_0 为混凝土浇筑温度; w_c 为每立方米混凝土水泥用量(kg/m^3); F 为每立方米混凝土粉煤灰用量(kg/m^3)。

混凝土温度计算值与实测值见表 2。

表 2 混凝土温度计算值与实测值
Table 2 Temperature list of the mass concrete

温 度	拌合温度 $t_c/^\circ\text{C}$	浇筑温度 $t_0/^\circ\text{C}$	中心最高温度 $t_{\max}/^\circ\text{C}$	最大绝热温升 $t_h/^\circ\text{C}$
计算值	21	-	65	59
实测值	24	31	64	-

混凝土中心最高温度计算值与实测值基本接近, 浇筑温度高于拌合温度是由于运输灌车温度较高所致。

实测温度变化曲线(如图 3)。内外温差最大值为 24°C 。中心最高温度 64°C , 出现在浇筑后 60 h。最高温度持续 12 h 后开始下降, 养护 21 d 时温度下降到 34°C , 混凝土表面裂缝与贯通裂缝均未出现。

4 大体积混凝土施工技术措施总结

通过资料研究并结合本工程, 总结大体积混凝土基础施工技术措施如下:

(1) 选用水化热低的矿渣水泥。

(2) 尽可能减少用水量, 降低水灰比。

(3) 利用混凝土后期强度(如 60 d 强度 f_{60} 作为设计强度依据), 可减少水泥用量 40 ~ 70 kg, 资料研究表明, 水泥用量每减少 10 kg, 可使混凝土温度下降 1°C 。

(4) 改善配比。掺适量粉煤灰替代水泥; 选用粒径大、级配好、含泥量小的骨料; 通过试验尽可能降

低砂率。

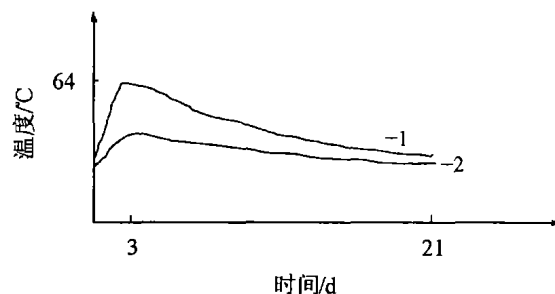


图 3 混凝土温度变化曲线

Fig.3 The temperature figure of the mass concrete

(5) 降低混凝土拌合温度。骨料遮阳储存, 必要时喷水雾降温; 水中加冰降低水温。

(6) 掺外加剂。掺减水剂改善塌落度, 以便减少水泥用量和用水量; 掺微膨胀剂补偿混凝土硬化收缩。

(7) 混凝土初凝后进行二次抹压, 必要时利用吸水泵排出表面泌水。

(8) 表面蓄水养护, 必要时采用内降外蓄法, 在混凝土内部设置循环水冷却管道, 与表面蓄水形成循环系统。

(9) 延缓降温速度, 减少内外温差, 延长降温阶段保温保湿养护时间。

(10) 做好测温工作, 合理布设测温点, 同时测量内部温度、表面温度和环境温度, 随时调整养护状况。

(11) 设置后浇带, 分块浇筑, 减少收缩应力。

(12) 在垫层上铺设沥青油毡, 在岩石地基上铺设 300 mm 砂石缓冲层, 使基础收缩变形时能够与地基发生相对滑移。

此外, 通过资料研究发现, 在大体积混凝土基础温度应力计算方面, 一个很关键的参数是混凝土弹性模量 E_c , 我国目前采用标养条件下 E_c 。随时间变化公式存在问题, 得出的混凝土最大拉应力出现时间相对滞后。应该发现, 大体积混凝土在高温下强度增长类似于蒸汽养护, 其弹性模量增长是与强度相关的。因此, 大体积混凝土弹性模量随养护温度与时间的变化问题有待继续研究。

参考文献:

- [1] GB50204-2002, 混凝土结构施工规范[S].
- [2] 侯君伟. 现浇混凝土建筑结构施工手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 江正荣. 实用高层建筑施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.