

大体积混凝土施工表面温度裂缝控制工艺研究

张高海

(中铁十八局集团有限公司 天津 300222)

摘要: 介绍了大体积混凝土施工表面温度裂缝产生的原因和大体积混凝土内部温度计算, 并阐述了控制温度裂缝的措施。

关键词: 混凝土 温升计算 温升控制

中图分类号: TU2

文献标识码: A

文章编号: 1672-3791(2008)01(a)-0013-02

在现代建筑施工中, 现浇大体积混凝土的规模越来越大, 高层建筑采用的箱形基础及深梁一次浇筑的混凝土数量达几千立方米已屡见不鲜, 桥梁施工中的大体积混凝土承台, 公路施工中的拱桥拱座等一次浇筑混凝土数量常常超过 500m³, 这都属于大体积混凝土。

根据《混凝土结构工程施工及验收规范》规定, 对于大体积混凝土的定义: 建筑物的基础最小边尺寸在 1~3 米范围内就属于大体积混凝土。

混凝土是由多种材料组成的非匀质材料, 除具有较高的抗压强度特点外, 也具有抗折、抗弯、强度低, 易开裂的特点。

大体积混凝土施工过程中, 由于混凝土中水泥的水化作用是放热反应, 大体积混凝土自身又有一定的保温性能, 因此其内部温升幅度较其表层的温升幅度要大得多, 而在混凝土温升峰值过后的降温过程中, 内部降温速度又比其表层慢得多。在这些过程中, 混凝土各部分的温度变形及由于其相互约束及外界约束的作用而在混凝土内产生温度应力, 一旦温度应力超过混凝土所能承受的拉力极限值时, 混凝土表面就会出现裂缝。大体积混凝土裂缝产生有以下特点:

(1) 温差和收缩越大, 温度变化和收缩的速度越快, 越易开裂;

(2) 基底对混凝土约束作用越大, 越易开裂;

(3) 温度梯度越大, 承受均匀温度收缩的厚度越小, 越易开裂

(4) 混凝土几何尺寸越大, 越易开裂。

从以上四点看, 一旦设计条件确定后, 影响混凝土裂缝的主要因素是温差, 我国规范规定大体积混凝土内部最高温度与外界气温之差不得超过 25 。

1 大体积混凝土内部温度计算

根据美国垦务局提出的公式, 混凝土内部最高温升与混凝土的绝热温升有关, 计算公式如下:

$$T_{max} = (W \cdot Q_0) / (C \cdot T) \quad (1)$$

其中: T_{max} —混凝土的最高绝热温升

()

W —每立方混凝土的水泥用量 (kg/m³)

Q_0 —单位水泥 28d 积累水化热

C —混凝土比热, 取 993.7J/(kg·K)

T —混凝土的密度, 取 2400kg/m³

根据混凝土最高绝热温升 T_{max} 可求出混凝土内部的实际最高温升 T_t , 对于不同的混凝土浇筑厚度 (H) 和浇筑后不同龄期的温度变化, 通过大量的实测, 得到的结果如图 (1) 所示, 根据图可求出各种龄期时混凝土内部的实际最高温升 T_t 。计算公式如下:

$$T_t = T_t + T_0 \quad (2)$$

其中: T_t —混凝土浇筑后内部最高温度

()

T_t —混凝土浇筑后内部实际最高温升

()

T_0 —混凝土浇筑时成型的温度 ()

2 降低混凝土表面裂缝的措施

通过上述公式计算, 不难看出为了避免大体积混凝土出现表面裂缝, 必须要使其内部与表面温差尽量减少, 以满足我国规范规定的温度限值 25 要求, 可采取以下措施:

2.1 采用低水化热的水泥品种及减少水泥用量

从公式 (1) 知, 影响混凝土内部最高温升的主要因素是每立方米混凝土中的水泥用量及单位水化热, 施工过程中可在保证混凝土强度的前提下减少水泥用量, 宜优先选用低水化热的矿渣硅酸盐水泥。同时施工时掺加早强减水剂可减少同等强度下的单位混凝土的水泥用量及拌和用水量, 混凝土内掺加一定数量的粉煤灰不仅可代替部分水泥, 而且由于粉煤灰颗粒呈球形, 具有一定的活性可改善混凝土的粘塑性, 增加混凝土的和易性, 有效降低混凝土的水化热反应。

2.2 采用较大粒径的粗骨料

在规范允许的条件下, 尽量采用较大粒径级配连续的骨料配制混凝土, 因为增大骨料粒

径, 可减少用水量而使混凝土的收缩和泌水随之减少; 同时亦可减少水泥用量从而使水泥的水化热减少, 最终降低了混凝土的温升。实践表明, 采用较大粒径的骨料配制同样强度的混凝土, 在水灰比相同的条件下水泥用量可减少 40kg~50kg, 用水量也会相应减少。如混凝土配制时采用细度模数较大的粗砂较采用细砂水泥用量及单位用水量都会减少, 可有效降低混凝土内部温升。

2.3 有效降低大体积混凝土的成型时的温度

从式 (2) 可看出, 混凝土浇筑后内部最高温度与混凝土浇筑时成型的温度有关, 降低该温度可有效控制混凝土结构物的内部温升。混凝土成型时的温度可由混凝土拌和物的温度、混凝土拌和物的出机温度及混凝土拌和物运输及浇筑时的温度增量等计算确定。

(1) 混凝土拌和物的温度

$$T_0 = (0.9(m_{ce} \cdot T_{ce} + m_{sa} \cdot T_{sa} + m_g \cdot T_g) + 4.2 \cdot T_w \cdot (m_w - w_{sa} \cdot m_{sa} - w_g \cdot m_g) + C_1 \cdot (w_{sa} \cdot m_{sa} \cdot T_{sa} + w_g \cdot m_g \cdot T_g) - C_2 \cdot (w_{sa} \cdot m_{sa} + w_g \cdot m_g)) / (4.2m_w + 0.9 \cdot (m_{ce} + m_{sa} + m_g)) \quad (3)$$

式中 T_0 —混凝土拌和物的温度 ()

m_w 、 m_{ce} 、 m_{sa} 、 m_g —水、水泥、砂、石的用量 (kg)

T_w 、 T_{ce} 、 T_{sa} 、 T_g —水、水泥、砂、石的温度 ()

w_{sa} 、 w_g —砂、石的含水率 (%)

C_1 、 C_2 —水的比热容 (kJ/(kg·K)) 及溶解热 (kJ/kg)

当骨料温度大于 0 时, $C_1=4.2$, $C_2=0$

当骨料温度小于 0 时, $C_1=2.1$, $C_2=33.5$

(2) 混凝土拌和物的出机温度

$$T_1 = T_0 - 0.16 \cdot (T_0 - T_i) \quad (4)$$

式中 T_1 —混凝土拌和物的出机温度 ()

T_i —拌和机棚内温度 ()

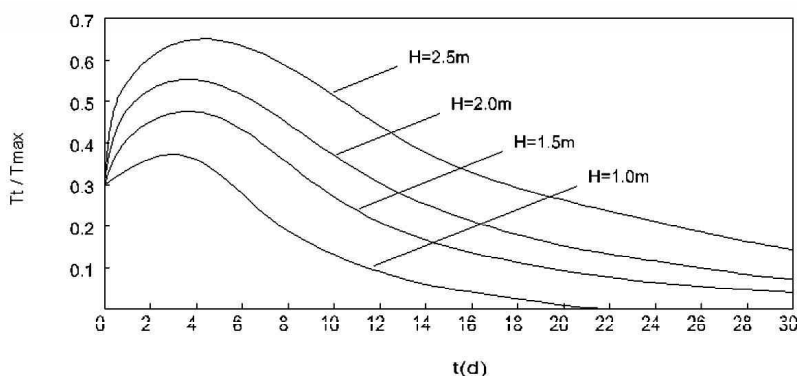


图 1 $\frac{T_t}{T_{max}}$ 与龄期 t 的关系曲线

表 1 部分水泥水化热

28d 发热量	Q_0 (J/kg)		
水泥标号	325	425	525
普通硅酸盐水泥	288700	376560	460240
矿渣硅酸盐水泥		334720	

王滩电厂 500KV 并联电抗器运行及 500KV 电压运行

杨宝昌

(河北大唐王滩发电有限公司 河北唐山 063611)

摘要: 超高压电力系统并联电抗器的正常运行直接关系到电力系统的安全可靠运行, 本文通过对电力系统其它电抗器以前出现的故障进行了分析研究, 根据王滩电厂特有的电气一次接线方式对 500KV 电抗器的运行提出了运行方案和借鉴措施, 并针对王滩电厂 500KV 系统的电压调整做出针对性说明。

关键词: 并联电抗器 过电压 振动 励磁电流 进相运行

中图分类号: TM

文献标识码: A

文章编号: 1672-3791(2008)1(a)-0014-02

为了补偿电功率, 抑制过高的工频过电压, 并联电抗器是超高压电力系统必不可少的电气设备。超高压并联电抗器有改善电力系统无功功率有关运行状况的多种功能。随着 500KV 输电系统的建设, 各大电网陆续有大批并联电抗器投运, 经过长期的运行, 无论那种型式电抗器都发生了不少问题, 甚至设备烧毁, 给运行带来了麻烦。

目前, 各大电网感性补偿容量不足, 电压普遍偏高。500KV 系统电压最高达到 565KV, 220KV 系统电压高达 262KV。给安全运行带来了威胁。新的 500KV 电网在继续扩大, 王滩电厂根据京津唐地区电网的需要, 在 500KV 系统安装了一组 50MVAR 的电抗器。为此, 对于如何解决运行中发现的设备质量问题以及如何改进运行中发现的各种问题, 需要分别

进行研究, 以使并联电抗器能够得到安全合理的应用。

1 超高压电力系统并联电抗器的作用

超高压并联电抗器有多种功能, 主要包括: (1) 轻空载或轻负荷线路上的电容效应, 以降低工频暂态过电压; (2) 改善长输电线路上的电压分布; (3) 使轻负荷时线路中的无功功率尽

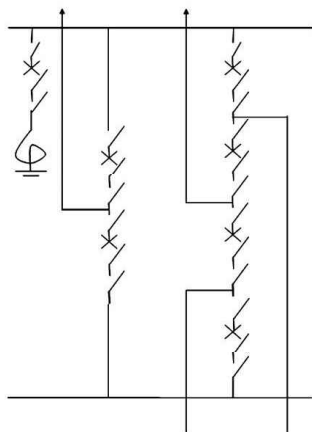


图 1 500kv 电抗器接线方式

表 1 500kv 电抗器具体数据

工作号 2005IB02	相数 1
产品代号 2BB.712.069	型号 BKDK-50000\550
冷却方式 ONAN	频率 50Hz
额定容量(Kvar)	50000
额定电压(KV)	550/√3
额定电流(A)	157.5

性能数据	设计值	规定值	偏差
损耗(Kw)	101.1	93	+10%
电抗(Ω)	2015	2016.7	±5%

(3) 混凝土拌和物经运输至成型完成时的温度

$$T_2 = T_1 - (\alpha \cdot t + 0.032 \cdot n) \cdot (T_1 - T_a) \quad (5)$$

式中 T_2 —混凝土拌和物经运输至成型完成时的温度()

t_1 —混凝土自运输至浇筑成型完成的时间

(h)

n —混凝土转运次数

T_a —运输时的环境气温()

α —温度损失系数(取 0.2~0.3 之间)

从式(3)可知, 石子的比热容虽然较小, 但每立方米混凝土中石子的重量占 50% 左右, 水的重量在每立方米混凝土中占的比例虽然不大, 但比热容较大, 因此影响混凝土拌和物温度的主要因素是石子 and 水的温度。要想获得较低的混凝土拌和物温度, 最有效的措施就是降低石子及水的温度。

本文建议混凝土的浇筑温度控制在 40 以下为宜, 施工过程中可通过调整混凝土作业时间来保证这一措施实现。

2.4 提高混凝土的表面温度

施工过程中对大体积混凝土表面进行保温养护, 使其保持一定温度, 浇筑后可在其表面挂草帘、覆盖黑色塑料布进行保温, 减少内外温差。

2.5 有效降低混凝土内部温度

大体积混凝土施工前进行降温管设计, 降温管可采用 40 钢管制成, 根据混凝土的结构物形状降温管按一定间距布置, 降温管之间采用管接头相互连接。在混凝土施工时将降温管埋入其内, 待混凝土浇筑完成后即可将冷水压入降温管使其循环降低大体积混凝土内部温升, 防止大体积混凝土表面产生温度裂缝。

2.5 充分利用混凝土的后期强度

有关数据表明, 每立方米混凝土水泥用量每增加 10kg, 水泥水化热将使混凝土内部温度上升 1℃, 为了减少混凝土表面温度裂缝, 降低单位体积水泥用量, 施工过程中可根据结构物的承载时间要求, 充分利用混凝土在一定养护条件下随时间的推移其强度继续增长的这一特性, 采用 f45、f60 或 f90 替代 f28 作为混凝土控制强度, 这样单位体积的混凝土水泥用量将减少 40kg~70kg, 如上海宝钢一期工程几个大混凝土基础采用 f60 强度代替 f28 强度作为控制强度指标; 四川某施工单位预制的 20 米拱箱梁也采用 f45 强度替代 f28 强度作为控制强度指标。

3 结语

总之, 控制混凝土表面裂缝的理论及方法

很多, 但任何一种措施都要专门进行设计, 通过试验数据证明再推广, 且大体积混凝土施工时宜在混凝土的不同部位埋设铜热传感器, 用混凝土温度记录仪进行混凝土施工全过程的温度监测, 做到施工过程信息化, 根据不同的温度变化情况采用不同的措施予以解决, 从而提高混凝土施工质量, 减少混凝土表面温度裂缝的产生。

参考文献

- [1] 龚仕杰. 混凝土工程施工新技术[M]. 北京: 中国环境出版社.
- [2] 涂鸣等. 简明混凝土结构设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社.