

大型现浇钢筋混凝土施工质量控制

姚 锋

===== (广东省潮阳市质监站) =====

【摘要】通过估算混凝土中心与表面温差及混凝土温度收缩应力,评估大体积现浇钢筋混凝土的抗裂性,建议加强养护及温度监测。

【关键词】大体积混凝土 温差 温度收缩应力

1 工程概况

近年来,随着我国经济的迅猛发展,建筑物的规模、高度不断刷新,涌现出上海金茂大厦、深圳地王大厦、广州中信大厦等高层、超高层建筑,这些建筑物的基础大多采用大体积现浇钢筋混凝土结构,如何确保这些结构的质量乃是控制整个工程质量的关键。

某建筑物位于城市新开发区,原址为一山包,三通一平后,经勘察判明,地表土为强风化砂砾岩破碎层,建筑物基础地基土为中风化砂砾岩。该工程地下3层,地上23层,建筑总标高106.3 m,总建筑面积35 934 m²,采用整体钢筋混凝土箱形基础,底板长、宽均为37.6 m,面积1 414 m²,厚1.6 m,箱壁部分厚2 m。采用C40混凝土,抗渗等级S8,不预留后浇带,一次性连续浇筑2 450 m³混凝土。由于该箱形基础底板厚、体积大,混凝土浇筑后,硬化期间会释放出大量水化热,内部温度不断升高和外部环境气温降低等因素会造成混凝土表面温差而引起拉应力。当这些拉应力超过混凝土抗裂能力时,就会出现裂缝。在大体积混凝土施工中,温度变化对混凝土应力状态具有重要影响,因此合理、有效控制混凝土的温差和温度收缩应力,是保证混凝土质量的一个重要方面。

2 施工前的质量控制

2.1 混凝土配合比设计

施工前,必须按设计要求采用接近实际的试验参数对混凝土浇筑后中心和表面温差及温度收缩应力进行估算,以确保结构安全。

经试验筛选,确定采用如表1所示的原材料及混凝土配合比。

表1 基础底板大体积混凝土配合比

材 料	水泥	砂	碎石	水	缓凝减水剂
	525 [#] 矿渣	中砂	10-40 mm	饮用水	ST-5
配合比	1	1.45	2.18	0.44	0.008

2.2 混凝土底板的抗裂性计算

(1) 混凝土拌合温度 T_c 计算

$$T_c = \sum T_i WC / \sum WC$$

式中 W ——混凝土组成材料的质量(kg);
 C ——混凝土组成材料的比热(j/kg·k);
 T_i ——混凝土组成材料的温度(℃)。

(2) 混凝土浇筑温度 T_j 计算

$$T_j = T_c + (T_q - T_c)(A_1 + A_2 + \dots + A_{11})$$

式中 T_q ——室外平均温度(℃);
 A ——温度损失系数。

(3) τ 天龄期时混凝土的绝热温升 T_2 计算

$$T_2 = WQ(1 - e^{-m\tau})C\rho$$

式中 ρ ——混凝土密度;
 Q ——每kg水泥的水化热量(kj/kg);
 e ——系数,取2.71828。

(4) 混凝土内部最高温度 T_{max} 计算

$$T_{max} = T_j + T_2 \cdot \zeta$$

式中 ζ ——降温系数。

(5) 龄期为 τ 时的混凝土表面温度 $T_b(\tau)$ 计算

$$T_b(\tau) = T_0 + 4h'(H - h') \cdot \Delta T(\tau) / H^2$$

式中 H ——混凝土计算厚度(m);

h ——混凝土实际厚度(m);

h' ——混凝土虚厚度(m), $h' = k\lambda/\beta$

(λ 为混凝土导热系数, 取 2.33

(W/m²k); k 为折减系数, 取

0.666; β 为模板及保温层的传热

系数(W/m²k));

$\Delta T(\tau)$ ——龄期 τ 时混凝土内部最高温度与外界气温之差(℃)。

计算表明, 混凝土浇筑后 5~6 d 时释放出的水化热最大: $T_{i\max} = 40.4^\circ\text{C}$; $T_{b\max} = 50^\circ\text{C}$; 混凝土底板最大中心温度 $T_{d\max} = 67.7^\circ\text{C}$ 。混凝土底板中心与表面温差 $\Delta T = T_{d\max} - T_{b\max} = 17.7^\circ\text{C} < 20^\circ\text{C}$, 所以混凝土底板不会因此温差而产生裂缝。

该基础底板混凝土设计强度等级为 C40, 28 d 龄期弹性模量值为 $E_0 = 3.25 \times 10^4 \text{ MPa}$ 。

由公式 $E(t) = E_0(1 - e^{-0.09t})$ 和 $B = (C_s / H \cdot E(t))^{1/2}$, 可依次求出不同龄期阶段 H 厚基础底板的弹性模量 $E(t)$ 、综合温差 $T(t)$ 、松弛系数 $S(t)$ 和约束状态影响系数 $\beta(t)$, 并根据底板长度求出最大温度收缩应力 $\sigma_{\max} = 1.075 \text{ MPa}$ 。

由于 C40 混凝土抗拉设计强度值 $\sigma_r = 1.8 \text{ MPa} > \sigma_{\max}$, 所以混凝土温度收缩应力不会引起底板产生裂缝。

3 施工质量控制

施工前首先应严格选用合格的原材料。采用水化热较低的矿渣水泥。按配合比设计, 采用粒径为 10~40 mm、含泥量低于 1% 的碎石, 采用含泥量低于 3% 的中砂, 同时掺加缓凝减水剂, 以减少水泥水化热释放速度, 延长初凝时间, 推迟水化热峰值时间。

浇筑混凝土时, 对碎石进行洒水降温, 并在

搅拌站搭设遮阳棚, 在混凝土泵输送管上覆盖草袋并浇水, 以降低混凝土入模温度。同时进行温差计算, 如混凝土中心与表面温差超过允许值(20℃), 还应在混凝土内部预埋管道, 通过循环水的冷却作用, 减少内外温差。

4 混凝土浇筑后的养护及温度监测

为保持适当的温度和湿度, 减少混凝土表面的热扩散和温度梯度, 在混凝土浇筑后, 表面应及时用草垫覆盖, 洒水养护, 并适当延长养护时间。

在浇筑混凝土时, 根据预定位置布置测温点, 每个测点设两个测温器, 1 个在中部, 1 个在表面。测温结果见表 2。

表 2 混凝土底板温度测量汇总表 ℃

测点	施工最高气温	入模温度	中心最高温度	表面最高温度	中心、表面最大温差	表面、大气最大温差
A	37	28~33	71.3	53.3	20.0	24.5
B	31	26.5~29	68.2	49.4	21.0	22.8
C	34.2	28~31	69.9	52.2	18.9	26.2
D	32	26~29	65.3	48.7	20.2	20.3
E	35	28~32	65.8	51.7	16.8	17.8

由表 2 可知, 各测点中心与表面最大温差大致控制在 20℃ 内, 表面与大气最大温差大致控制在 25℃ 内, 虽有个别测点稍微超出控制范围, 但经实测并未出现裂缝, 说明混凝土具有足够的抗拉强度, 同时混凝土在水化热高峰期(5~6 d)的强度随龄期增长, 也能抵抗混凝土的温度应力。

经分析, 混凝土总降温 and 收缩实际产生的最大温度拉应力 $\sigma_{\max} = 1.255 \text{ MPa}$, 虽高于估算值 1.075 MPa, 但仍低于 C40 混凝土极限抗拉强度 1.8 MPa, 因此估算所得混凝土中心与表面温差及混凝土温度应力, 可以作为大型现浇钢筋混凝土质量控制的参考依据。

改回日期: 2001-11-24

(责任编辑 李从熹)