

大体积混凝土承台温度裂缝控制技术

河北省张家口市地方道路管理处 张彦峰

工程概况

康都公路永定河大桥位于官厅水库拦河坝下游怀来县与北京市交界永定河上，桥梁全长308m，跨径布置为(58m+93m+97m+58)m。1号桥墩、2号桥墩承台混凝土651.2m³，3号桥墩承台混凝土484m³，三个承台均属于大体积混凝土施工。

温度控制理论及标准

温度裂缝理论分析

由于水泥的水化热作用，混凝土浇注后要经历升温期、降温期和温度稳定期三个阶段。升温阶段，水泥产生的水化热大量的聚集在混凝土内部不易散发，内外温差使混凝土内部产生压应力，外部产生拉应力，若大于相应龄期的容许拉应力时就有可能产生裂缝；降温阶段，新浇混凝土受内部钢筋、封底混凝土及桩头约束而不能自由收缩，此时弹性模量相对较低，若降温梯度过大就容易产生较大的温度拉应力，当该拉应力大于相应龄期的混凝土容许拉应力时，也容易产生温度裂缝，因此控制温差尽量降低温度梯度是保证不产生裂缝的根本。

混凝土内部最高温度计算

一般可采取下式近似计算大体积混凝土内部最高温度：

$$T_{\max} = T_0 + \frac{\omega \theta}{C \rho} \xi$$

式中：T₀—混凝土入模温度，以混凝土浇注时的实际测量数据为准；

ω—每方水泥用量，kg/m³；

θ₀—水泥28d水化热，本工程选用42.5R水泥，通过试验28d水化热为350J/g；

C—混凝土比热取0.98kJ/kg·°C；
ρ—混凝土的密度（由配合比确定）；

ξ—不同厚度的浇筑块散热系数（参考相关资料），取ξ=1.0m；

混凝土平均入模温度为23°C时，将以上数据代入式（1），计算墩承台中心点的最高理论温度为65°C。

温度控制标准

综合考虑混凝土的入模温度、混凝土水化热的发展变化规律、养护条件、通水散热等因素，制订了以下混凝土的温控标准：

混凝土的内表温差不超过25°C；

拆模时内外温差小于25°C；

最大降温速率要小于2.0°C/d。

大体积混凝土温度控制措施
通过对大体积混凝土产生裂缝的机理分析，我们主要从降低水泥水化热、降低混凝土入模温度、通水散热、混凝土养护、严格控制拆模时间等几方面做好混凝土温度控制工作，确保内外温差控制在25°C以内，尽量降低混凝土内部温度

的升降速率。

混凝土配合比设计

为降低水化热，同时满足混凝土防腐、抗冻、泵送的设计要求，掺加了一定量的矿物质超细粉，等量取代水泥；掺入一定量的高效缓凝减水剂，改善了混凝土的和易性，减少拌和用水量，降低水灰比，同时推迟了混凝土温度峰值出现的时间，相应地提高了同龄期的容许拉应力。

粗骨料选用连续级配石子，细骨料选用中砂，施工中严格控制粗细骨料的含泥量<1.5%，以提高混凝土的均匀性，增加抗裂能力。水泥选用42.5R普硅水泥，水泥中严格控制C3A含量小于6%，碱含量小于0.6%。

合理的布设散热和测温系统

承台内沿竖向布设四层降温冷却水管，竖向间距1m，顶端和底端的两层距承台顶、底面距离均为0.5m，采用Φ48m的薄壁钢管。混凝土浇注后，即可在该层水管内通水。通过水循环，带走基础内部的热量，使混凝土内部的

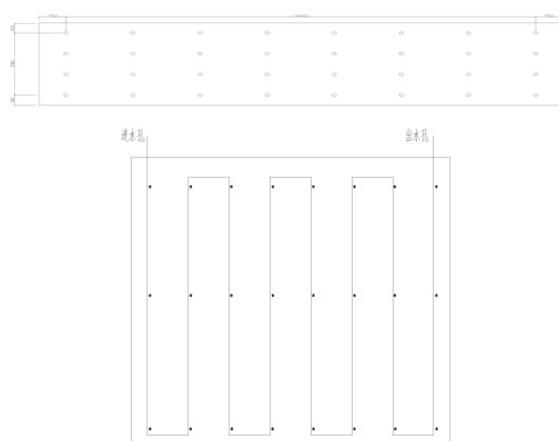


图1 冷却管布置示意图、散热管的布置

温度降低到要求的限度。控制循环冷却水进、出水的温差不大于20℃。

各层冷却水管均各自独立，以便根据测温数据相应调整水循环的速度，以充分利用混凝土的自身温度，即中部温度高、四周温度低的特点，在循环过程中自动调节温差，产生好的效果。冷却管采用钢筋竖向固定，要以Φ25钢筋骨架绑扎固定牢靠，Φ25钢筋两端分别于承台上下层钢筋网焊接，沿承台11m方向设置3根，间距2.5m，沿14.8m方向根据冷却管位置设置8排。水管之间的联接使用胶管，为防堵管和漏水，灌注混凝土前应做通水试验。降温循环管路的布置及加固见图1。

混凝土浇筑

承台采用C40混凝土。混凝土浇筑前，对支架、模板、钢筋和预埋件做进一步的全面检查，当发现有松动、变形、移位的及时处理，合格后方可浇筑；同时检查现场人员组织分工、机具安排、混凝土的运输及养护设施，等全面准备就绪，方可开始浇筑。

因承台面积较大，施工中采用自制旋转布料杆旋转进行，按一定的厚

度、顺序和方向分层进行浇注，每层的浇注厚度不大于50cm，相邻两区的交界处要注意振捣，防止出现漏振。混凝土的浇注顺序为自墩身预留钢筋位置向外浇注，主要目的是保证墩身附近处混凝土的质量，在浇注过程中要防止承台边部浮浆太多，造成表面收缩裂缝。

混凝土浇筑采用汽车泵输送。利用加固墩座预留筋的脚手架搭设承台中心区浇筑平台。混凝土浇筑按0.5m一层，分层浇筑振捣，在下层混凝土初凝之前或能重塑前浇筑完成上层混凝土。使用插入式振捣器振捣时分层厚度均不超过0.3米。移动间距不应超过振动器作用半径的1.5倍；与侧模保持50~100mm距离；插入下层混凝土50~100mm，避免振动器碰撞模板、钢筋及其他预埋件。对每一振捣部位，必须振捣到密实为止。浇筑过程中还要注意及时清除粘附在顶层钢筋表面上的松散混凝土。

混凝土的浇筑应连续进行，因故必须停止时，其间断时间应小于前层混凝土初凝时间，特殊情况下如不能保证间断时间小于初凝时间应按施工缝处理。浇筑时应设专人检查支架、模板钢

筋和预埋件的稳固情况，当发现有变形、位移时应及时处理。

承台大体积混凝土养护

混凝土浇注完毕后即转入养护阶段，此时浇注混凝土的水化作用已基本确定，温度的控制转为降温速度和内外温差的控制。在塑料布上覆盖草袋保温进行养护。

根据需要，在埋设冷却水管时在混凝土中一起布设测温点。测温点布置图详见下图。养护中通过量测测温点的温度，用于指导降温、保温工作的进行，控制混凝土内外温差在20℃左右。

在养护中要加强温度监测和管理，及时调整保温和养护措施，延缓升降温速率，保证混凝土不开裂。养护需要7天以上（浇筑完7天内是混凝土水化热产生的高峰期），具体时间将根据现场的温度监测结果而定。

冷却水管使用完毕后用与承台等强度的水泥浆灌满整个管道以达到封闭的效果（图2）。

结语

大桥1号桥墩、2号桥墩大体积承台混凝土浇注完毕，拆模观察：表面平整、光洁，没有发现温度裂缝，证明采取的温控措施是有效的。结合施工过程，得出以下结论供借鉴。

完善的施工方案，充分的原材料准备、合理的人员和机械设备配置是大体积混凝土顺利完成的基本要素。

大体积混凝土的施工必须从原材料、混凝土的配合比开始控制。实践证明，采用矿物质超细粉等量代换一定量的水泥，并掺加一定量的高效缓凝减水剂，可以明显起到降低水化热和延缓温度峰值出现时间的，但并不影响混凝土的强度及和易性。

合理的设置降温系统、严格的施工过程控制和周密的养护措施是大体积混凝土成功的关键。◆

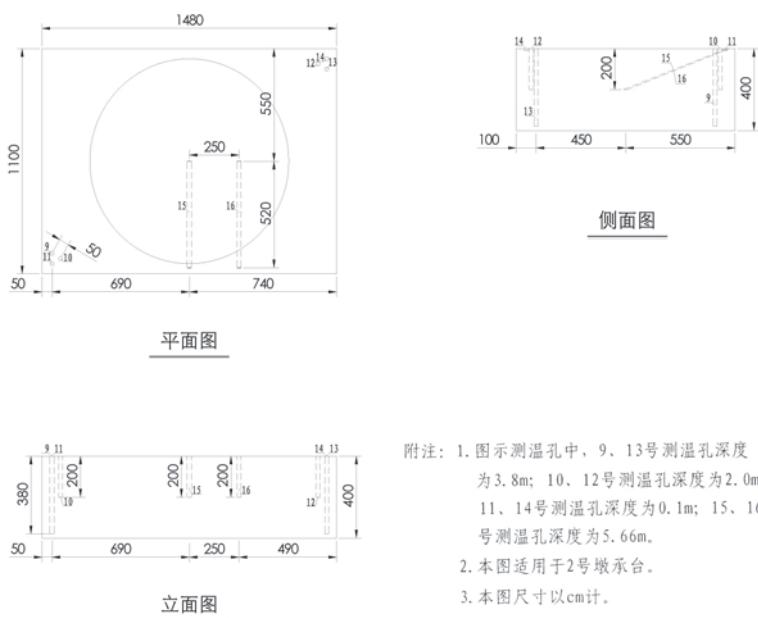


图2 承台养护测温布置图