



第20章

大致积混凝土养护温度自动调控 热养抗裂技术——热养技术

[返回总目录](#)

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

教学提醒：这是一种老话题，但是从长江三峡大坝和核电站反应堆基础出现裂缝现象后来，重新引起了工程界的关注。这里提出的养护温度自动调控抗裂技术是一项新提议，需要大家来共同探索。

★ 教学要求：希望引导学生用批判的精神来讨论这项技术，以臻完善。

既然构造裂缝将造成许多工程事故，那么只要控制住了构造裂缝现象，就等于控制住了多数工程事故的发生几率。所以，怎样控制构造裂缝的问题，就成了钢筋混凝土构造问世近160年以来土木工程学术界最为关心的一道课题。伴随时代的迈进、经济的发展、技术的提升，人类建设规模也在与时俱进，空前发展。以三峡大坝工程为例，不论其尺度、规模，还是各项技术指标，无疑都是空前的。然而在众多的居世界之最的各项高水准、高技术中，有关大体积混凝土的温度变形裂缝的控制，却仍是一种老大难的问题，为此已付出了很高的代价。一样，在核电站工程的建设中，虽然引进了居世界领先地位的国外技术，仍难免陷入“从第一罐混凝土浇筑开始，混凝土裂缝问题就一直在困扰着建设者”的尴尬境地。最终要为混凝土裂缝的修复补强付出高昂的代价。可见有关大体积混凝土控裂技术至今仍是一种值得工程学术界继续探索研究的课题。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

本章内容

- 定义与特征
- ★ • 开裂机理
- 裂缝的危害性
- 一般防裂措施
- 自动调控混凝土养护温度抗裂技术
- 结 语
- 思索题与习题

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

定义与特征

一. 定义

有关“大体积混凝土”这一词的定义，各类文件中的说法略有出入。广义而言是泛指构造断面尺寸在1000mm以上、轻易因水泥水化热而引起裂缝的构造。最新的欧洲规范竟将厚度在300mm以上的构件视为需要考虑水泥水化热引起裂缝的大体积混凝土，也有其一定的道理。按美国ACI116R原则的要求和王铁梦先生在《工程构造裂缝控制》一书中的意见，则是指“在工业与民用建筑构造中，一般现浇的连续式构造，地下构筑物 and 基础，轻易因为温度收缩应力引起裂缝的构造，通称大体积混凝土构造”。本文讨论的大体积混凝土的范围专指大基础、长厚墙板和大坝体等轻易因为温度变化热胀冷缩引起变形裂缝的现浇混凝土。所谓大，只是相对而言，没有必要作详细界定。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动控制热养抗裂技术——热养技术

定义与特征

★ 二. 特征

大致积混凝土具有下列特征。

- (1) 尺度大，因而边界条件复杂，受约束程度高。
- (2) 水泥用量多，因而产生的水化热高。混凝土在早期强度发展和养生阶段，体内与体外的温差大；在环境气温低的条件下，情况就更严重。
- (3) 配筋量少。大致积混凝土因为尺度大，一般只要求按构造配筋，甚至于不配筋就能够满足构造的承载力要求。所以其配筋率往往偏低，抗极限变形的能力也低，轻易引起温度变形裂缝。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

★ 一. 大块度基础开裂机理

★ 在第6章已经对一般混凝土的温湿胀缩引起的裂缝进行过讨论，这里再进一步对大致积混凝土裂缝的机理、特征作进一步考察。大块度基础不但其平面尺寸大，而且厚度也大，能够高层建筑的整浇筏板基础和核电站的核岛厂房基础为代表。例如上海金茂大厦的基础为 $64.0\text{m} \times 64.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ 的C50混凝土板；某核岛厂房基础则为 $103.0\text{m} \times 90.0\text{m} \times 14.5\text{m}$ 的C30混凝土板；另一反应堆基础则为直径 44.0m 、厚度 1.68m 、中夹两层聚乙烯薄膜、下垫 0.47m 垫板的C35圆板。这些均属于大致积混凝土基础。因为其块度大、配筋量相对稀少，怎样控制温度变形、降低裂缝威胁成为一种极其复杂的技术问题。现以直径 44m ，厚度 1.68m ，下面垫 0.47m 素混凝土的底座在某反应堆基础为例，来阐明其开裂机理。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

1. 设计抗裂措施

★ 设计上除了要求按规范采用一般通用的抗裂措施外，还设计了下列特殊抗裂措施。

1) 放松约束

在板底与垫板之间设计了两层聚氯乙烯薄膜滑动层，放松地基的约束。

2) 抗裂钢筋

除了利用分6层均匀分布在底板内的126道预应力束管道抗裂外，还在板底和板顶都配有 $\phi 30 @ 310$ 的双向钢筋网抗裂。

2. 混凝土配合比

所用混凝土材料如砂、石、水泥、减水剂、引气剂、粉煤灰等，均为经过反复试验、仔细筛选、严格控制的合格品。水灰比0.44~0.47，砂率0.34~0.35，粉煤灰掺量17.6%~24.8%，现场配合比掌握严格。★

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

3. 浇筑工艺

φ44.0m×1.68m的块体采用水平分段(期)跳仓，垂直分层连续法浇筑。分段浇筑的间隔时间一般为8天~10天，最长达15天~30天。即后一段混凝土浇筑时，相邻的前一段混凝土已接近或到达混凝土的设计强度。分层浇筑的层厚控制在45cm下列，按斜面放坡引浆，连续推动。1.68m厚度一气呵成。

4. 养生测温

每小时测温一次，连续7天，测得块体中心的最高温度为75.5℃。用麻布片覆盖浇水养生，养护期7天。还利用筏板内预埋的6层、126道、总长4700m的预应力束管道输送循环冷却水进行内部降温。

5. 裂缝情况

底板面共出现了36道裂缝，最先浇筑的第一块段(中心段)不出现裂缝。随即浇筑的第二、第三块段出现的裂缝几率相等，每段各3块，各有相同裂缝18道。裂缝长度最大在10.0m以上，最短为2.0m左右。缝宽在0.19mm~0.34mm之间。深度不大，属于表层裂缝。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

6. 机理研究

★ 大块度基础混凝土的开裂机理是一种极其复杂的技术问题，涉及到诸多变化不定的物理原因和力学参数，极难用确切的数学模型来进行定量计算。实际上，繁琐的计算工作对于指导设计与施工和控制裂缝出现并无裨益。而用理论结合实际的措施进行某些定性分析、总结经验，这对实际工作是有意义的。

温度应力的出现和温度变形裂缝的产生必须具有两个前提条件：一是约束；二是温度。首先从研究详细约束条件开始。约束分为基底约束、边界约束、本身约束等情况。

(1) 基底约束。基底受约束程度与基底岩性有关。约束程度高则基面(接触界面)上产生的抵抗热胀冷缩变形的剪应力大。用理论公式 $\tau = -C_x U$ 来表达。 τ 为剪应力， U 为热胀或冷缩引起的变形(相对位移)量。 C_x 为一百分比常数，与基底岩性有关。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

(2) 边界约束。边界约束有如后浇的块段受到先浇的相邻块段的约束，或岩性地坑对基础的约束。约束程度与混凝土龄期和强度发展情况有关。按绝对刚性约束(混凝土完全到达强度后)考虑时，温度应变 $\varepsilon=at$ ；温度应力 $\sigma=Eat$ 。 a 为混凝土的线胀系数 1×10^{-5} ； t 为温差； E 为实测的混凝土弹性模量。

(3) 自约束。混凝土经终凝硬化到达一定强度后来，因为其体内关键区与外表面的温度高下不同，存在温差。有温差就有胀缩变形。变形将受到混凝土本身强度的约束，称为自约束。自约束引起温度弯矩，其理论值为 $M=EIat/h$ ，表面冷缩应力 $\sigma_z=atE$ ，式中 a 为混凝土线胀系数， t 为内外温差， h 为混凝土内部高温区到表面低温区之间的距离， I 为计算断面(高度 h)的惯性矩， E 为弹性模量。

总之，从理论上说，大致混凝土在多种受约束条件下，各龄期的温度应力值都是能够进行定量计算的。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

★ 然后再研究其温度变化情况。温度变化幅度(或称温差)是引起温度变形裂缝的决定性原因。实际上,基土(或基岩)深埋地下,与大地一体,本身温度变化不大。而上部大块基础的温度变化幅度则可能很大。

(1) 以基底温度为基准,当混凝土温度上升时,底板发生热胀变形,接触界面上必产生一种阻止其热胀变形的约束力(剪力)。这个约束力对于混凝土块体来说是个偏心压力,不会在接触界面处产生混凝土裂缝。偏心力矩对混凝土块体有产生上凸变形的趋势,因而有可能在块体内产生倒八字型裂缝的。但在温差幅度不是很大,而板的厚度很大,抗变形刚度大的情况下,这种倒八字型裂缝是不会出现的。



★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

★ (2) 当混凝土温度下降时，底板会产生冷缩作用。阻止冷缩作用的约束应力为界面上的背向剪应力，也就是张拉力。这个张拉力会使底板从下向上撕裂。应力强度为 $\sigma_t = \alpha t E$ 。但在一般温差幅度条件和厚实底板的情况下，这种裂缝也只是出目前底板下面，不致贯穿究竟板表面。因为界面上产生的背向剪力对于底板来说是偏心受拉，偏心弯矩有产生下凹变形趋势，因而有在底板内产生正八字型裂缝的可能。只是在厚板的抗弯变形刚度较大的情况下，这种正八字型裂缝实际也不会出现。

综上所述，以为在基底面受约束和温度变化时，对大致积混凝土产生贯穿性裂缝构成威胁的可能性并不大。少许冷缩裂缝可能出目前基底界面上，裂缝宽度、深度都有限。所以以为、在基底下面增长厚实的混凝土垫块和聚氯乙烯滑动层的设计措施实际意义不大，反而对于工程的整体性和抗滑移、抗地震等功能会构成严重损害。★

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

★ (3) 混凝土块体受边界(相邻先浇块体)约束条件下的温度变化。后浇块体受到先浇块体的侧面约束，且温度上升时，则只在块体内产生热胀引起的压力，对混凝土无致裂威胁。当混凝土块体释放水化热产生体内高温引起热胀时，就是如此。但是假如温度下降，则将在后浇块体内产生冷缩力，冷缩裂缝可能沿界面(新旧混凝土交接的施工缝)形成，也可能出目前其他单薄点。

★ (4) 混凝土块体在内约束条件下的温度变化。当混凝土内的水化热温升进入高潮(龄期3天~6天)，体内温度很高(一般在60℃以上)时，假如保温养护措施不力，再遇上环境气温骤降时，则混凝土的内外温差会失控。根据大致积混凝土施工规范，其内外温差应控制在20℃(或25℃，各国规范有出入)下列。不然混凝土表层就必然出现冷缩裂缝，而且裂缝深度可能从表面对关键高温区延伸。一旦遇到这种养护温度失控的情况，则所采用的其他任何抗裂措施都极难见效。某核电站的2#反应堆施工时，鉴于1#反应堆基础的开裂教训，进而采用了一系列强化抗裂措施。只因没有对内外温差幅度进行有效控制，成果是2#堆基础的开裂程度反比1#堆基础要严重得多，原因就在于此。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

二. 长厚墙开裂机理

★ 长墙一般指 $h/L < 0.2$ 的带壁柱连续墙。下面以地下室外墙为研究对象，进行探讨。

1. 约束条件

长厚墙的约束以受基础约束的程度为最高，可按刚性约束考虑。其他三个界面如左右墙与墙顶，因为在一般情况下，其材料物理性质即线胀系数相同，温度也相同或基本接近，所以相互约束的程度不高，甚至能够按自由边考虑。

2. 温度变化

基础的温度相对较稳定，墙身温度则受大气环境温度变化影响较大。尤其是外墙，还有室内、室外两面温度差和向阳面与背阳面温度差的问题。厚墙则还有受水化热温度影响的体内温度与体外温度差的问题。所以，★ 随温度变化的不同和受约束条件的不同，情况也就复杂化。

★ 第二十章大体积混凝土养护温度自动 调控热养抗裂技术——热养技术

开裂机理

★ 3. 开裂机理

1) 整体均匀降温条件下的开裂机理

上部墙身均匀降温时，受到下部基础的约束，在接触界面上会产生一种阻止冷缩、方向相背离的剪应力。这组剪应力以对称线(不动点)为中心，由两端向中心汇集。当其所汇集的强度不小于墙体的允许抗拉极限时，裂缝就从墙底界面处向上逐渐撕开，形成下粗上细的竖直裂缝。裂缝分布基本上是间距相等，从中点向两端逐渐按序分期扩展。因为这组剪力对于墙板来说是偏心受拉，所以会使墙板出现下凹(或称上翘)的变形趋势。温差幅度大时，在墙两端接近基脚处可能形成正八字型裂缝。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/148046033065007014>