

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2020.10.026

# 混凝土桥墩裂缝成因分析

黄冠杨

(上海市机械施工集团有限公司, 上海市 200080)

**摘要:** 大体积混凝土结构在施工过程中的后期易因水化热的温升产生裂缝, 而老混凝土的约束作用又对裂缝的产生有一定的影响。现利用有限元分析软件对一混凝土桥墩的裂缝的成因及其影响因素进行分析, 从而得出老混凝土的约束作用会加剧裂缝的产生并改变裂缝的形成位置的结论。

**关键词:** 混凝土; 桥墩; 裂缝; 成因; 温度

**中图分类号:** U443.22, U441+.5

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2020)10-0094-03

## 0 引言

混凝土因其取材广泛、价格低廉、抗压强度高、可浇筑成各种形状等特点成为当今世界建筑结构中使用最广泛的建筑材料。随着目前建筑结构的规模不断变大, 大体积混凝土的应用也越来越广泛, 而对于大体积混凝土来说, 温度应力及温度控制有重要意义<sup>[1]</sup>。这是因为结构在施工过程中常常出现温度裂缝。温度裂缝产生的原因主要是因为混凝土硬化期间水泥放出大量的水化热, 内部温度不断上长, 而外部由于与大气接触, 与内部温差较大, 从而在表面引起较大的拉应力。后期降温过程中, 由于受到基础或老混凝土的约束, 又会在混凝土内部产生拉应力。由于混凝土的抗拉能力较差, 如果产生的拉应力大于混凝土的抗拉强度的话, 则混凝土结构会产生裂缝<sup>[2,3]</sup>。

## 1 裂缝成因机理分析

### 1.1 水化热引起裂缝产生的机理

混凝土的内部温度取决于它本身所贮备的热能, 主要有两部分组成, 一是混凝土的浇筑温度, 二是水泥水化热引起的温升<sup>[4]</sup>。浇筑温度是混凝土浇筑初期的起始温度, 是不变值, 而水泥水化热引起的温升在混凝土凝固过程中会随着时间的推移而变化。大体积混凝土在浇注初期升温速度很快, 一般在几天之内即达到最高温度, 此后趋于稳定, 并开始降温, 见图1所示。但由于混凝土导热性能较差, 内部温度聚集在结构物内部长期不易消散。根据以前大量的实测数据, 混凝土内部本身的温度场基本上是均匀的, 其内部温度梯

度不足以使混凝土内部开裂, 关键在于表层混凝土与大气接触, 温度降幅与速度较大, 会在同一时刻与内部产生较大的温度梯度<sup>[5]</sup>(见图2), 这样表面混凝土收缩大, 受到内部混凝土约束从而导致较大拉应力。因此实际计算时, 可以这样来简化温度场: 在水化反应后期温度下降过程中, 其内部温度场是均匀的, 在靠近表面一定距离(根据大量已有工程实测资料可认为此距离为50 cm)的范围内, 外部温度场同样也是均匀的, 但与内部温度场有温度梯度的突然变化, 较内部温度场为低。

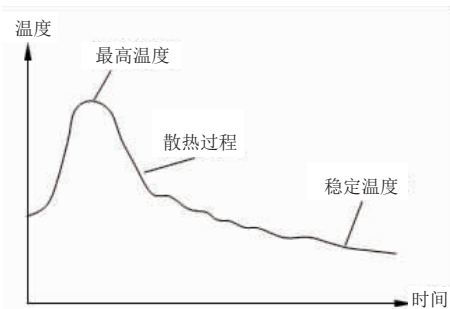


图1 混凝土内部温度随时间变化关系曲线图

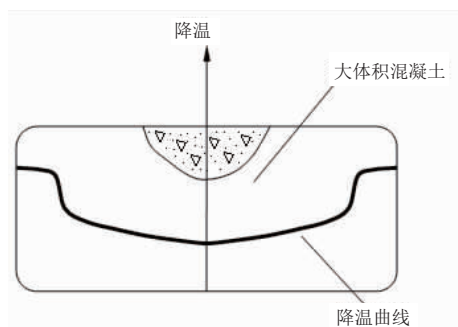


图2 混凝土降温某一时刻内部温度分布曲线图

### 1.2 新老混凝土的相互约束加剧裂缝的产生

如果水化热控制得当, 混凝土不一定发生开裂, 但是新浇混凝土与下层浇好的老混凝土浇筑在一起时, 随着温度的变化, 会受到老混凝土的

收稿日期: 2020-04-20

作者简介: 黄冠杨(1985—), 男, 工程师, 从事地铁工程施工管理工作。

限制,而产生外部约束力<sup>[6]</sup>。新浇混凝土在早期温度上升时,产生膨胀变形受到老混凝土的约束而产生压应力,但此时混凝土刚浇筑好几天,还没完全凝固,其弹性模量较小,徐应和应力松弛度较大,使混凝土与下层连接并不很牢固,从而压应力较小。当温度下降时,混凝土受冷收缩,由于老混凝土的约束会产生拉应力,此时混凝土已凝固,弹性模量较大,产生的拉应力较大,除了抵消前期产生的压应力之外,还有较大的残余应力,如果超过混凝土的抗拉强度,则新浇混凝土将会出现裂缝。由此可见,新老混凝土的相互约束会加剧混凝土裂缝的产生。

对于简单的结构,可以手工算出结构的温度场和温度应力,但稍微复杂一点的结构其温度场与温度应力很难直接求出,如果再考虑约束条件的影响,最好的方法是采用计算机进行数值模拟,下文采用 ANSYS 通用有限元分析软件,以一桥墩模型为例,分别以考虑其内部定位井子梁的约束与不考虑井子梁的约束为工况,来计算结构的温度应力,对混凝土桥墩的裂缝的形成原因及其影响因素进行分析。

## 2 算例分析

在某桥梁工程的施工中,有一桥墩由承台、井子形定位梁、立柱及湿连接四部分组成。承台半径为 5.25 m、高为 2.8 m 的圆柱,下部与柱基相连。在承台上部开挖一长为 7.25 m、宽为 3.8 m 的凹槽,在其中布置六根井子形定位梁,以用来固定墩身。接着,把预制好的截面为  $(6.25 \times 2.6) \text{ m}^2$ 、高为 10 m 的墩身用起重装置吊运至井子梁之上并固定好,如图 3 所示。这时,再在墩身与承台之间现浇湿接头并进行养护,湿接头模型如图 4 所示。

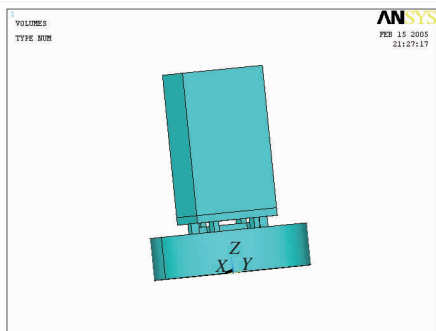


图3 先浇段的几何模型

### 2.1 计算工况

由于没有实测的水化热温度场,根据上文分析的简化,一般在靠近表面 50 cm 处有温度梯度

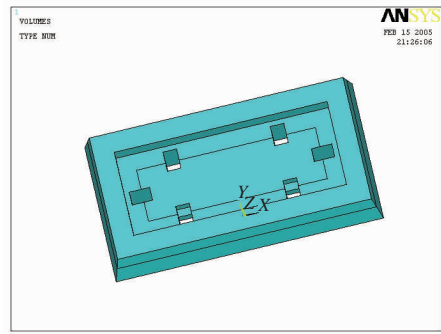


图4 湿连接段的几何模型

的突然变化,因此取内部温降  $10^\circ\text{C}$ ,外部靠近表面 50 cm 范围内温降  $25^\circ\text{C}$  作为计算温度场。

计算工况一:模拟实际的结构施工过程,即桥墩、承台、井子梁都已成型,水化反应结束。因此,在湿连接过程中先浇部位不存在由于水化热导致的温度变化,其温度变化值均为零。依此作为考虑井子梁的约束作用。

计算工况二:认为井子梁没有事先浇注,是与湿连接混凝土同步浇注的,即与湿连接内部混凝土相同的温度变化。这样就不考虑井子梁的约束作用。

### 2.2 计算结果分析

#### 2.2.1 工况一的计算结果

分析完毕,我们分别提取湿连接部分沿 X 与 Y 方向的应力云图,见图 5、图 6 所示。(图中桥墩长边方向为 X 轴,桥墩短边方向为 Y 轴)。而后作出线 1 上各点 X 方向应力随位置变化,见图 7 所示。线 2 上各点 Y 方向应力随位置变化,见图 8 所示。

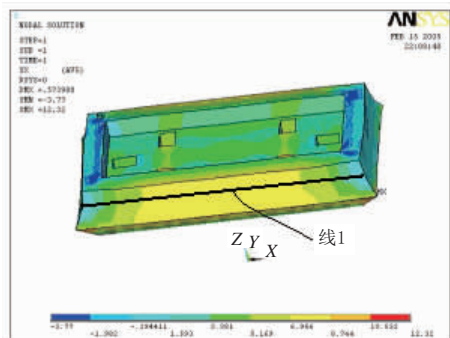


图5 X方向的应力图

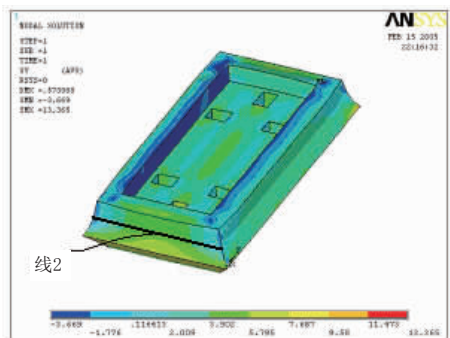


图6 Y方向的应力图

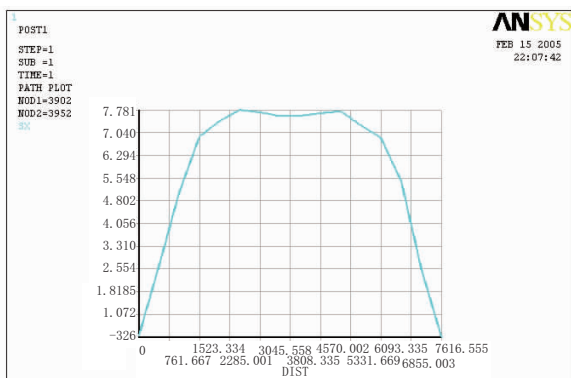


图7 线1上各点X方向应力随位置变化曲线图

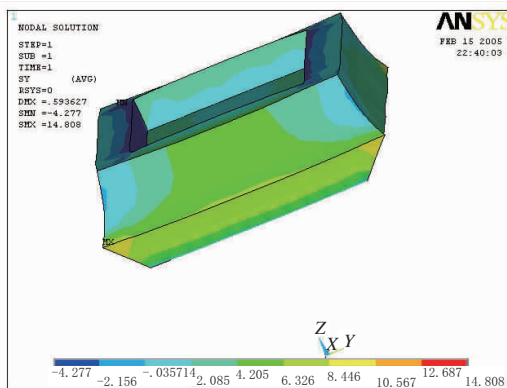


图10 Y方向的应力图

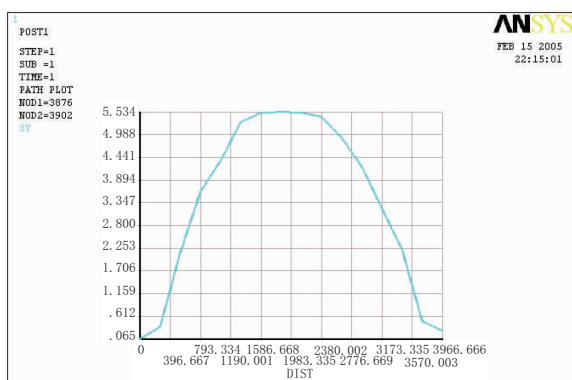


图8 线2上各点Y方向应力随位置变化曲线图

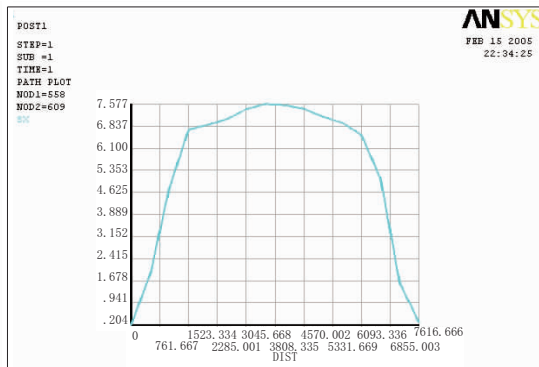


图11 线1上各点X方向应力随位置变化曲线图

由以上各图可以看出:在该温度场下,会在湿连接的外表面产生较大拉应力,而且在长边的定位梁对应位置会出现两个应力峰值(见图7),短边的定位梁对应位置也出现拉应力峰值。

### 2.2.2 工况二的计算结果

分析完毕,分别提取湿连接部分沿X与Y方向的应力云图见图9、图10所示(图中桥墩长边方向为X轴,桥墩短边方向为Y轴)。而后作出线1上各点X方向应力随位置变化见图11所示,线2上各点Y方向应力随位置变化见图12所示。

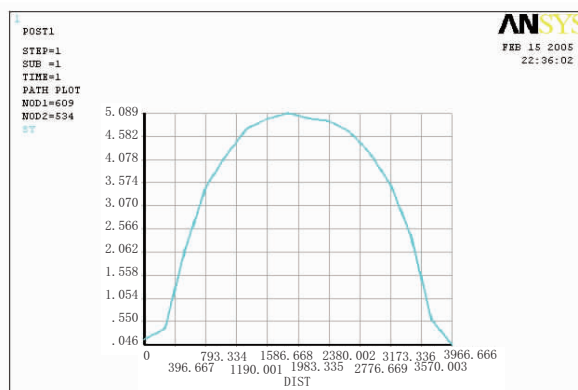


图12 线2上各点Y方向应力随位置变化曲线图

由以上各图可以看出:在井子梁与湿连接内部混凝土处于相同温度变化的情况下,依旧会在湿连接的外表面产生较大拉应力,但是峰值拉应力大小与位置均发生变化(见表1),而且存在预制定位时峰值拉应力相应增加了,最大增加幅度达10%左右。实际施工过程中,在峰值应力对应的位置会出现裂缝,此有限元模拟的结果与实际浇筑情况是相符的。

表1 两种工况计算对比一览表

项目	工况1长边	工况2长边	工况1短边	工况2短边
峰值应力/MPa	7.781	7.58	5.51	5.09
位置	定位梁对应外表面	长边的中点外表面	定位梁对应外表面	短边的中点外表面

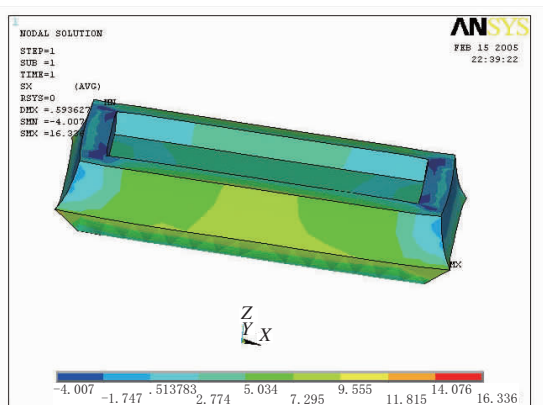


图9 X方向的应力图

