

基于入模温度的混凝土抗裂性能研究

刘 学¹ 谷 壮² 徐 云³ 刘文俊⁴

1.深圳市盐田港建筑工程检测有限公司 广东深圳 518110; 2.广州城市理工学院 广东广州 510800;
3.深圳市居安建筑科技有限公司 广东深圳 518057; 4.广州城市理工学院 广东广州 510800

摘 要: 入模温度与水泥水化热相加产生混凝土内部温度的峰值, 而水化热主要受到水泥配合比、骨料的选用、掺合料及其比例影响, 其热量来源于水与水泥发生的化学反应放出的热量。本文通过工程实例中对于入模温度与环境温度进行实时监测所得出的数据进行对比分析, 从而找到一种更加实用的、能够通过入模温度来对混凝土抗裂性能优劣进行判断的方法。

关键词: 入模温度; 抗裂性能; 环境温度; 大体积混凝土

Study on crack resistance of concrete based on mold entry temperature

Xue Liu¹, Zhuang Gu², Yun Xu³, WenJun Liu⁴

1.Shenzhen Yantian Port Construction Engineering Testing Co., LTD., Shenzhen, Guangdong 518110

2. Guangzhou City Institute of Technology, Guangzhou, Guangdong 510800

3. Shenzhen Ju'an Construction Technology Co., LTD., Shenzhen, Guangdong 518057

4. Guangzhou City Institute of Technology, Guangzhou, Guangdong, 510800

Abstract: The addition of the mold temperature and the cement hydration heat produces the peak of the internal temperature of concrete, and the hydration heat is mainly affected by the cement mix ratio, the selection of aggregate, admixture and its proportion, and its heat comes from the heat released by the chemical reaction of water and cement. In this paper, the data obtained by the real-time monitoring of the mold temperature and the ambient temperature in the engineering example, so as to find a more practical method to judge the crack resistance of concrete by the mold temperature.

Key words: mold temperature; crack resistance; ambient temperature; mass concrete

伴随着我国建设工程的不断发展创新, 水坝、地铁等需要进行大体积混凝土浇筑的工程层出不穷, 关于大体积混凝土的性能要求也愈发严格。工程调研及统计资料表明, 由于变形作用(如: 温度变形、收缩变形、不均匀沉降变形等)引起的工程裂缝约占 80%以上^[1-2]。在大体积混凝土浇筑施工过程中, 水化热使混凝土内部出现温度升高现象, 当内部温度逐渐升高的时, 大体积混凝土的表面温度与外界环境温度之差也会随之增大, 从而容易导致混凝土开裂, 给工程的品质带来负面的影响。为此, 通过对混凝土入模温度进行控制, 以期增加早期混凝土出现的抗裂性能。混凝土入模温度的控制是工程上用于降低温度应力从而减少温差裂缝的重要手段, 在水工大体积混凝土工程中更是必不可少的防裂措施^[3]。

1. 入模温度对混凝土内部温度的影响

根据 GB50496-2018《大体积混凝土施工标准》, 已知在混凝土浇筑施工时, 需要将其入模温度控制在 5℃至 30℃之间, 而观测昂鹅车辆段所测得数据不难看出该工程在浇筑混凝土时并未对其采取控制手段, 从而导致每个监测位置的入模温度皆大于 30℃。在 GB50164-92《混凝土质量控制标准》第 4.3.6 条中要求: “混凝土拌合料运输至浇筑场所时, 最高温度不超过 35℃, 最低温度不低于 5℃”, 通过表 1 以及表 2 得知, 入模温度超过 35℃的监测点有 YL2-11 以及 YL2-12, 且与其相对应所产生的拉应变值也超出 200 $\mu\epsilon$ 。众所周知, 混凝土其内部最高温度是因水泥水化放热与入模温度叠加而成。而若是混凝土入模温度越高则会变相导致混凝土最高温度越高, 则大尺寸混凝土内部温度降温速度越慢。即便此时对混凝土表面做好养护保温措施, 其内外温差仍旧会偏高, 容易造成混凝土开裂, 对于工程品质十分不利。

2. 昂鹅车辆段混凝土入模温度的检测分析

昂鹅车辆段工程当中, 普通混凝土不同监测位置其混凝土配合

比相同, 水泥水化反应所释放热能总量相同, 混凝土内部最高温度由入模温度加上水化热峰值组成, 而混凝土表面温度会逐渐降低至大气温度左右, 故而本文将大气温度作为最低的表面温度进行分析。

由于水泥水化热在每个监测位置释放热量相同, 故而变量只有入模温度以及大气温度(最低表面温度), 内外温差公式为: 入模温度+水化热-表面温度, 此时表面温度取最小值, 则可以得到最大内外温差。

该工程项目所测数据共有 12 处监测位置, 分别为 YL2-1、YL2-2、YL2-3、YL2-4、YL2-5、YL2-6、YL2-7、YL2-8、YL2-9、YL2-10、YL2-11、YL2-12。本文主要考虑各个温差梯度间的抗裂性能的优劣, 故而只考虑监测数据中的拉应变的最大值。各监测位置温度差如下表:

表 1 昂鹅车辆段工程各监测位置对应的入模温度与环境温度之差(℃)

监测位置	YL2-1	YL2-2	YL2-3	YL2-4	YL2-5	YL2-6
入模温度	37.56	37.98	32.61	32.5	33.35	34.29
环境温度	37.56	37.98	28.29	27.91	27.39	27.42
温度差	0	0	4.32	4.59	5.96	6.87

表 1 昂鹅车辆段工程各监测位置对应的入模温度与环境温度之差(℃)(续)

监测位置	YL2-7	YL2-8	YL2-9	YL2-10	YL2-11	YL2-12
入模温度	31.44	30.98	34.6	34.45	42.78	43.17
环境温度	27.3	27.44	26.83	26.57	26.57	27.28
温度差	4.14	3.54	7.77	7.88	16.21	15.89

根据所测数据所示, 12 处位置每一处所对应拉应变如下:

表2 昂鹅车辆段工程各监测位置对应拉应变最大值 ($\mu\epsilon$)

监测位置	YL2-1	YL2-2	YL2-3	YL2-4	YL2-5	YL2-6	YL2-7	YL2-8	YL2-9	YL2-10	YL2-11	YL2-12
拉应变	58.44	25.69	无	269.54	19.85	无	12.20	42.73	114.08	135.04	246.41	200.66

典型情况下混凝土从温升过后的最高温度降至环境温度左右时,每降10℃会产生10个微应变混凝土一般能够承受200左右的微应变。为方便数据的整理,本文取200微应变为混凝土承受能力限值。

由于YL2-1、YL2-2所测得环境温度不准确,故而二者所测得最终数据并不能给予十分准确的信息,暂不考虑这两个位置的数据。从统计数据来看的话,YL2-3、YL2-4、YL2-7是同处于4℃到5℃之间的温度差,然而在这个温差区间内他们所产生的拉应变的值却相差甚大,YL2-3未产生拉应变,YL2-7则产生较小拉应变,只有YL2-4产生较大拉应变并超过已知的混凝土承受能力限值。而在7℃以下除了4℃-5℃,都是微应变相对较小的,其中YL2-6的温差为6.87℃,其并未产生拉应变。从表中来看,15℃以上所产生的拉应变最大值全部超出了普通混凝土的承受能力。

通过上表得知,入模温度与环境温度之差一旦超过15℃,其产生的拉应变会导致混凝土无法承受从而导致混凝土的开裂。而15℃以下的温度差则基本可以保证在水泥水化热后,混凝土升温又降温这个过程中产生的微应变大部分在混凝土所能承受范围内。

3、混凝土入模温度的抗裂性能评价

本文选取200个微应变为混凝土承受能力限值,当混凝土所产生的微应变值大于200时,由于混凝土裂缝的形成方式是突变的,所以如果大于混凝土承受能力限值时,混凝土便会形成裂缝,所以产生微应变值大于200的混凝土其抗裂性能显然不满足我们日常工程实例中的要求;而当混凝土所产生微应变值小于200时,由于此类混凝土产生的微应变仍在承受能力范围内,并未产生裂缝,且由于混凝土浇筑完成后升温再降温至环境温度左右会产生收缩应力,而水泥水化热导致其内部升温造成内外温差出现的温度应力也会一起叠加形成温度收缩应力,水泥配合比相同的情况下,收缩应力越小,抗裂性能越好。

通过对昂鹅车辆段监测数据的分析可知,当入模温度与环境温度之间的温度差超过15℃时,微应变明显已经超过混凝土承受能力范围,由于混凝土裂缝产生是突变的且会保持该状态一段时间,所以这表示着此时的混凝土已经开始出现裂缝,故而这一温差区间内的混凝土抗裂性能差,无法应用在日常的大体积混凝土工程当中去。而当入模温度与环境温度之差在7℃到15℃之间时,混凝土升温后再降温产生的拉应变并未超出其范围,在这个温差区间内的混凝土抗裂性能与温差在15℃以上的混凝土相比稍显优势,故而认为这个温度区间段内的混凝土抗裂性能为中等。再次观测数据 YL2-5 以及 YL2-8,其产生拉应变分别为 19.85、42.73,所以我们将温差低于6℃以下的混凝土归结到抗裂性能良这一级。YL2-6并未出现拉应力,工程施工时使用此类混凝土将会大大减小混凝土开裂的可能性,故而在6℃-7℃区间范围内的混凝土属于优等一级。而在监测数据中显示出4℃到5℃这一区间范围内的混凝土所产生拉应变数据波动较大,不排除监测过程中可能出现的误差和畸异点,其中产生的较大的拉应变同样也会超过混凝土承受能力限度从而导致

混凝土产生裂缝,而较小的微应变则远远低于混凝土承受限度,其中甚至还有未产生拉应变的混凝土,所以认为普通混凝土当入模温度与环境温度之间的温差处于特殊级区间段的时候,考虑到工程施工的严谨性,在对混凝土要求比较高的大体积混凝土工程项目中使用这类混凝土前需要对该类混凝土进行更加严谨的抗裂性能检测试验。

4.混凝土浇筑控制措施

对于混凝土的入模温度控制,入模温度与环境温度之间的温差尽量控制在6℃至7℃区间范围内。冬季施工时,入模温度最低不能低于5℃;夏季施工时,入模温度最高不能高于35℃。浇筑时,应尽量避免在午间温度较高的时间段浇筑,而选择早晚间或者阴天进行浇筑。冬季施工时,若日均气温低于5℃,可采取对拌和水进行加热的措施防止混凝土温度过低受冻。混凝土在浇筑时应分层浇筑,并且需要控制好浇筑层之间的浇筑间歇时间(时间需小于等于10天,尽可能在7天左右)。不得随意留施工缝,严禁出现施工冷缝。

对于大尺寸混凝土的温控措施,可以从拌和阶段、运输阶段以及浇筑阶段入手,其相关措施如在拌和阶段加入冰屑、冷却拌合水,而在混凝土准备浇筑时尽可能避开炎热天气以及炎热时段施工;运输阶段时可以在运输车辆表面使用遮盖物来防治阳光对车辆表面加热升温,同时还可以定期进行车辆喷淋进行物理降温。由于混凝土硬化阶段水泥水化放热且热量集中在一起,且大尺寸混凝土截面厚度大无法将热量散发出去,因此便出现了内外温度梯度,进而导致了混凝土开裂。实际工程当中使用较为频繁的保温材料主要是模板、草袋等等,除了对表层覆盖保温以外,还需注意的是,其浇筑体附近的环境温度也需要采取措施对其进行控制,通常情况下对外界气温的保温工作需要持续28d或28d以上。

5.结论

本文通过对深圳市轨道交通14号线昂鹅车辆段工程实例的监测数据进行分析,从而找到入模温度与抗裂性能的某种联系,进而找出能够利用入模温度来评价抗裂性能的方法。当入模温度与环境温度之间的温度差超过15℃时,微应变明显已经超过混凝土承受能力范围,混凝土抗裂性能差。当入模温度与环境温度之差在7℃到15℃之间时,产生的拉应变并未超出其范围,混凝土抗裂性能为中等。并未出现拉应力,工程施工时使用此类混凝土将会大大减小混凝土开裂的可能性,当入模温度与环境温度之差在6℃-7℃区间范围内的混凝土未出现拉应力,其抗裂性能优良。

参考文献:

- [1]王铁梦. 工程结构裂缝控制的综合方法[J]. 施工技术, 2000, 29(5): 5-9.
- [2]金伟良, 赵羽习. 混凝土结构耐久性研究的回顾与展望[J]. 浙江大学学报(工学版), 2002, 36(4): 371-380
- [3]华卫兵, 刘冠国, 明静, 曹鹏飞. 基于原材料温度的混凝土入模温控研究[J]. 江苏建筑, 2011, 142(4): 91