

既有桥墩扩大截面加固混凝土开裂原因分析

马晓可¹, 林丽军², 张志国¹

(1.石家庄铁道大学 土木工程学院,河北 石家庄 050043;

2.中建交通建设集团有限公司,北京 100071)

摘要:针对大莱龙铁路海港路中桥桥墩加固混凝土开裂问题,结合裂缝分布特征,对可能引起开裂的因素进行分析。采用有限元分析方法对加固混凝土水化热温度与应力进行了模拟计算。结果表明,加固混凝土表面拉应力分布以及超限情况与实际裂缝分布较为吻合,验证了开裂的必然性,其中水化热温差以及加固混凝土复杂的截面形状、不同的厚度变化应该是造成开裂的主要原因。另外,新旧混凝土收缩差异和环境温度变化也会起到综合影响,加固混凝土终凝前列车过桥产生的动力效应对已有裂缝延展具有促进作用,也是不利的影响因素。研究为采取针对性的措施,避免开裂事故的发生具有一定的参考意义。

关键词:桥墩;加固混凝土;裂缝;有限元分析;水化热

中图分类号:U44 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2022)03-0050-08

在既有线桥梁加固工程中,经常采用混凝土加大截面的方法,这种方法具有很强的可塑性,而且成本较低,施工便捷,尤其在桥墩刚度不足时,具有明显的优势^[1-2]。但是新浇筑混凝土和原有混凝土如何可靠黏结、共同传力是普遍关心的问题。另外,近年来在该类加固工程中,还常伴有混凝土开裂问题,不仅带来处理成本,也一定程度地影响了混凝土的整体性,这一问题值得进行深入研究,厘清裂缝产生的机理并采取针对性的解决措施,保证工程质量。以大莱龙铁路桥梁墩身扩大截面加固工程为背景,对墩身加固混凝土开裂情况进行现场调查,并进行原因分析,以促进该类问题的根治。

1 工程概况及混凝土开裂情况

1.1 工程概况

既有大莱龙铁路建成于2005年,是一条地方专用铁路,主要以货运为主,单线铁路。跨越222省道处海港路中桥,采用12 m+2×20 m+12 m四跨简支T梁结构,桥墩为单柱式轻型桥墩,其中,1#和2#桥墩高度5 m,3#桥墩高度5.5 m。因列车速度和载重等级提高,为提高其横向刚度,对该桥桥墩进行加固。同时对原桥承台进行扩大,并增设桩基础,每个桥墩横向增加2根桩基,承台扩大方式为横桥向加长、高度与原承台持平。

该桥墩柱采用扩大截面法进行加固(如图1、图2所示),原墩柱为圆形,直径 $D=1.8$ m,扩大加固成圆端形,图1为桥墩加固前后平面图,图1中加固后参数 $a=95$ cm, $b=130$ cm,最薄处加固厚度30 cm,最厚处加固厚度为95 cm,加固混凝土采用C45级,加固墩高比原墩高矮1 m。

墩身加固混凝土采用混凝土泵供应,墩身浇筑按每节1 m高进行。浇筑时混凝土各分段高度应浇筑到距模板上口距离10 mm,并采用插入式捣固器进行振捣。侧模处已浇筑混凝土强度达到2.5 MPa以上,拆除拉杆及模板,并采用缠裹塑料薄膜洒水养生,不少于14 d。

收稿日期:2022-05-26 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxbzb.20220146

基金项目:中建股份科技课题(CSCEC-2020-Z-22)

作者简介:马晓可(1999—),男,硕士研究生,研究方向为桥梁工程。E-mail:1411490271@qq.com

马晓可,林丽军,张志国.既有桥墩扩大截面加固混凝土开裂原因分析[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2022,35(3):50-57.

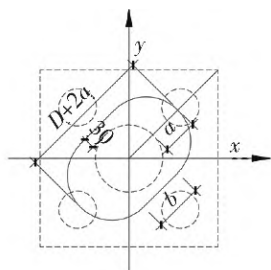


图1 墩身加固平面布置图(单位:cm)



图2 2#墩加固施工现场图

1.2 加固混凝土开裂情况

桥墩加固施工完成后,墩身扩大截面新浇筑混凝土普遍出现裂缝,且各桥墩裂缝程度相近,裂缝分布表现出明显的规律性,在桥墩墩身加固混凝土靠近顶端向下还普遍有长短不一的多条竖向裂缝,多分布于加固截面厚度较薄处(见图3),比如典型的2#桥墩共有7条竖向裂缝,裂缝宽度介于0.15~0.25 mm之间。由于加固混凝土裂缝普遍出现,且呈规律性,因此其必然有共性的缘由,值得进行讨论,希望能在今后类似加固工程中通过技术措施规避该风险。



图3 典型竖向裂缝

2 加固混凝土水化热温升及温度应力

新浇筑混凝土硬化过程中,因水化热效应产生大量热量而无法快速散发出去,故会出现混凝土芯部温度快速上升,而外表面和内表面受环境或界面影响,温度会相对较低,由此造成混凝土芯部与表层、以及新旧混凝土接触面出现温度差。当温度差值较大时,就会产生拉应力,混凝土受钢筋、模板、界面等的约束作用,当拉应力超过混凝土抗拉设计强度值时,就会造成混凝土产生温度裂缝。根据文献[3],此类裂缝多为竖向,一般会产生一条或多条,宽度较宽,可达0.2 mm以上。根据本桥墩加固混凝土的裂缝分布特征,综合上述分析,可以基本确定该工程混凝土裂缝应与水化热存在一定关联,为详细分析水化热温升及其影响,下面主要采用仿真模拟法进行建模计算分析。

2.1 加固混凝土材料参数取值

根据配合比设计,该加固桥墩所使用C45混凝土采用掺加粉煤灰以减少水泥用量,1 m³混凝土含水水泥340 kg、粉煤灰150 kg、细骨料728 kg、粗骨料1 123 kg、外加剂12.35 kg、水162 kg,水胶比为0.33。

(1)混凝土导热系数以及比热容参考文献[4]~文献[7]按质量分数加权方法进行估算,具体如下:

①导热系数 λ

$$\lambda = p_1\lambda_1 + p_2\lambda_2 + p_3\lambda_3 + p_4\lambda_4 + p_5\lambda_5 \quad (1)$$

式中, $p_1 \sim p_5$ 分别为单位体积混凝土中水泥、粉煤灰、细骨料、粗骨料、水所占比例; $\lambda_1 \sim \lambda_5$ 分别为水泥、粉煤灰、细骨料、粗骨料、水的导热系数。

②比热容 c

$$c = p_1c_1 + p_2c_2 + p_3c_3 + p_4c_4 + p_5c_5 \quad (2)$$

式中, $c_1 \sim c_5$ 分别为水泥、粉煤灰、细骨料、粗骨料、水的比热容。

(2)混凝土最大绝热温升^[8]

$$T_{\max} = \frac{(m_c + kf)Q}{c\rho} \quad (3)$$

式中, m_c 为1 m³混凝土中水泥用量; k 为掺合料折减系数,粉煤灰取0.25~0.30; f 为1 m³混凝土中粉煤灰掺量; Q 为1 kg水泥水化热量; c 为混凝土比热容; ρ 为混凝土密度。

(3)混凝土与空气接触面采用第三类边界条件^[4,9]进行计算,对流系数

$$\beta = 18.46 + 17.36 v_a^{0.883} \quad (4)$$

式中, v_a 为风速。

(4) 结合配合比设计以及式(1)~式(4)进行计算, C45 混凝土材料特性汇总如表 1 所示。

表 1 C45 混凝土材料特性

物理量	弹性模量/ MPa	密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	泊松 比	导热系数/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-1} \cdot$ $\text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)	比热/ ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot$ $^\circ\text{C}^{-1}$)	对流系数/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot$ $^\circ\text{C}^{-1}$)	绝热 温升/ $^\circ\text{C}$	热膨胀 系数/ $^\circ\text{C}^{-1}$
参数取值	3.35×10^4	2 400.00	0.20	9.198	0.93	77.50	63.20	1.00×10^{-5}

2.2 加固混凝土水化热计算模型

为了更准确地了解混凝土因水化热产生的内部温度和应力分布情况,建立了 2# 桥墩加固混凝土水化热分析有限元模型,模型尺寸按照加固设计图的实际尺寸进行建立,混凝土采用空间六面体实体单元模拟(8 节点),共划分 38 048 个节点,60 423 个单元,划分后计算模型如图 4 所示。

模型按照 C45 素混凝土进行建模,主要参数如前述,由于主要进行加固墩身部分水化热分析,为简化分析,建模时未考虑钢筋效应,以及未考虑墩帽和桩基础这些没有直接影响关系的结构部分,承台底面按固结边界条件考虑。根据混凝土浇筑季节及测试结果,承台四周及底面按恒定温度 17°C 取值,加固混凝土顶面和外圈按对流边界设置,环境温度取施工现场实际温度(17 ± 6) $^\circ\text{C}$,加固混凝土按照实际浇筑顺序考虑,分析持续时间为 720 h。

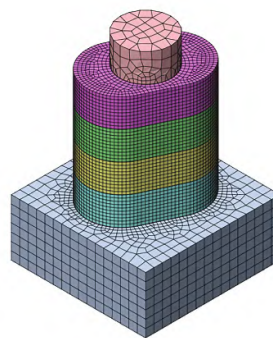


图 4 2# 墩水化热分析模型

2.3 有限元模拟结果分析

2.3.1 水化热温度效应分析

水化热主要产生在混凝土浇筑后水化作用阶段,随着时间的推移,水化热的影响就会逐渐减弱,最终回降到环境温度状态。根据有限元分析结果,在桥墩加固混凝土浇筑后 40 h 左右,加固区混凝土内部温度达到最高,此时墩身加固混凝土温度分布见图 5。

从图 5 可以看出,墩身加固区混凝土内部温度沿竖向分布较为均匀,表现为圆端形截面较厚部分内部温度较高,较薄部分温度较低,在配合比和施工条件一定时,水化热效应主要与截面尺寸有关。为进一步考查芯部混凝土温度变化,选取距承台高度 2 m 处加固区较厚区域芯部到外表面 4 个点位,以及较薄区域芯部到外表面 3 个点位进行趋势分析,计算结果如图 6 所示,图 6 中编号数字 1 是代表芯部混凝土,依次到外表面。

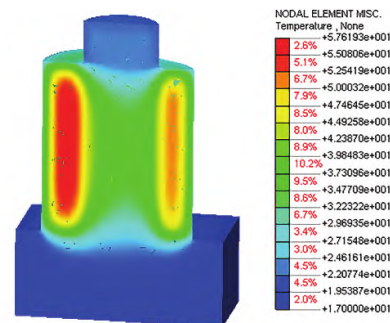


图 5 2# 墩混凝土浇筑 40 h 时整体温度分布(单位: $^\circ\text{C}$)

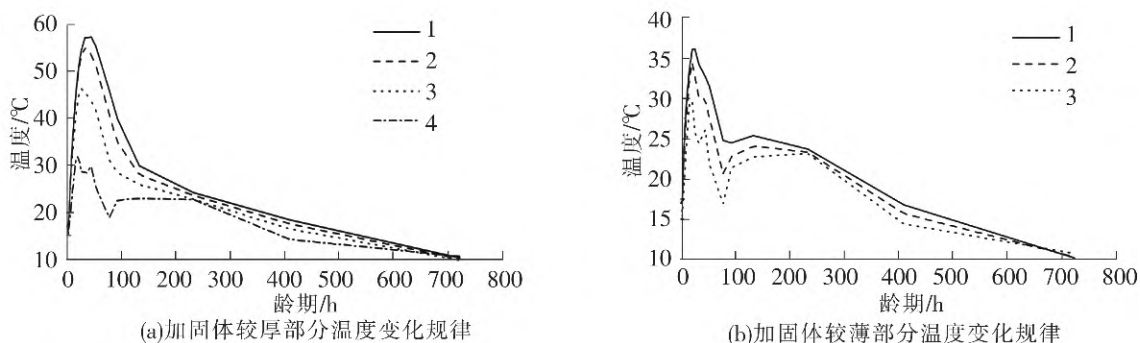
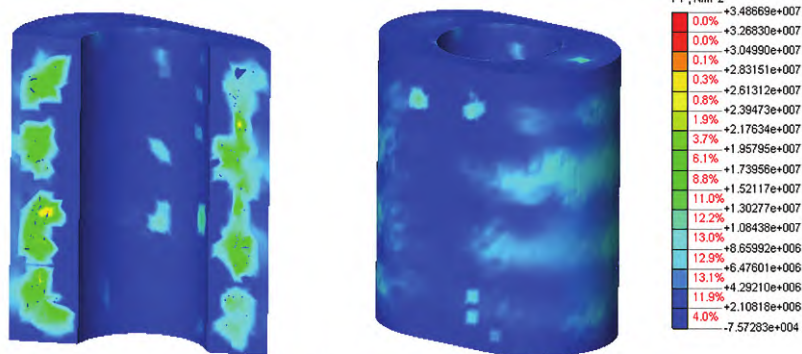


图 6 2# 墩加固混凝土温度变化规律

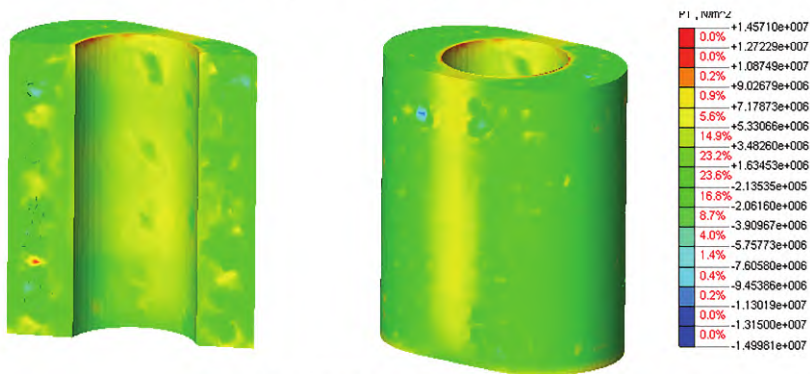
根据图6可知,混凝土表面温度波动较大,主要受环境温度影响。在混凝土浇筑后40 h左右,最厚区域芯部温升值达到最高,之后会迅速降低,随着时间发展,温度降低速度变缓,在600 h左右降低到环境温度。从混凝土芯部到表面,越靠近外表面温升值越低,形成了明显的温度梯度效应。其中,最厚区域芯部最高温度达到57.6℃左右,内外最大温差达到30℃,超出规范要求的限值25℃^[10]。较薄混凝土区域芯部升温最高温度仅为36.2℃,内外温差在150 h前始终保持在9℃左右,之后慢慢恢复到环境温度,未超过规范温度限值要求。

2.3.2 水化热温度应力分析

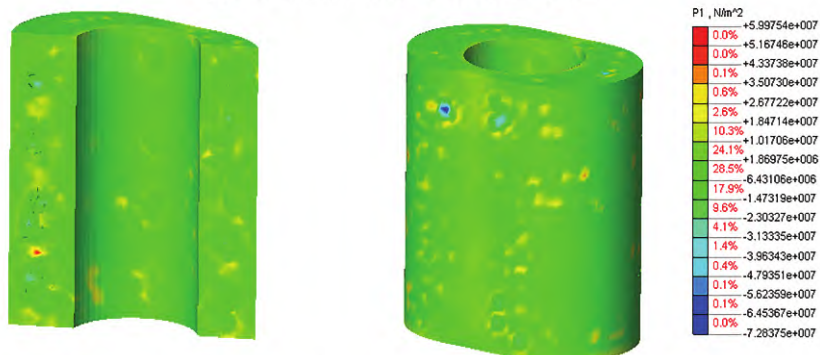
由前述分析可知,加固混凝土浇筑后40 h左右达到温度峰值,现对混凝土浇筑后40 h的应力云图进行分析,如图7所示,在混凝土浇筑后短时间内,出现不均匀温升,较厚部分混凝土芯部因温升高而体积膨胀趋势明显,同时受到原桥墩界面以及升温较低混凝土部分的约束作用,不均匀的温度场以及较大的内外温度梯度,最终致使混凝土芯部以及表面均出现拉应力,新旧混凝土界面附近混凝土为受压状态。其中芯部混凝土最大拉应力达到28.3 MPa,混凝土表面拉应力达到5.7 MPa,远高于C45混凝土抗拉强度设计值,不可避免地会产生裂缝。随着水化热效应的减弱,加固混凝土较厚部分表面应力值逐渐下降,而较薄部分表面出现高应力区,且随着时间的推移持续处于高应力状态。



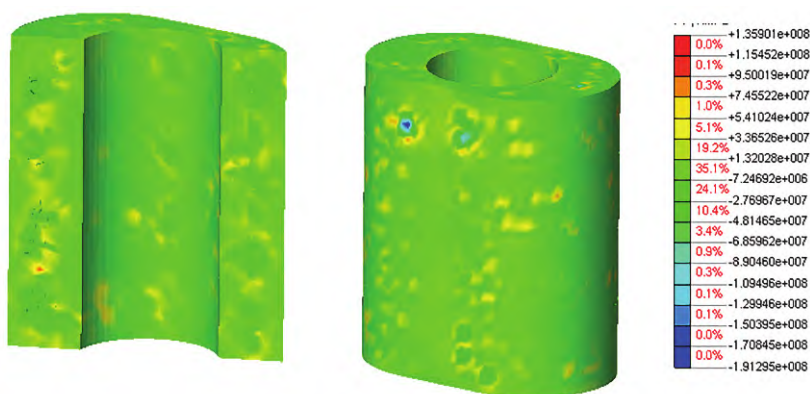
(a)2#墩加固混凝土浇筑40 h应力分布



(b)2#墩加固混凝土浇筑168 h应力分布



(c)2#墩加固混凝土浇筑360 h应力分布



(d) 2# 墩加固混凝土浇筑 720 h 应力分布

图 7 2# 墩温度应力云图(单位:Pa)

为了解桥墩表面的受力变化情况,分别选取加固混凝土最厚以及最薄处外表面,高度分别为 1、2、3 m 处各 3 个节点进行分析。计算结果如图 8 所示。

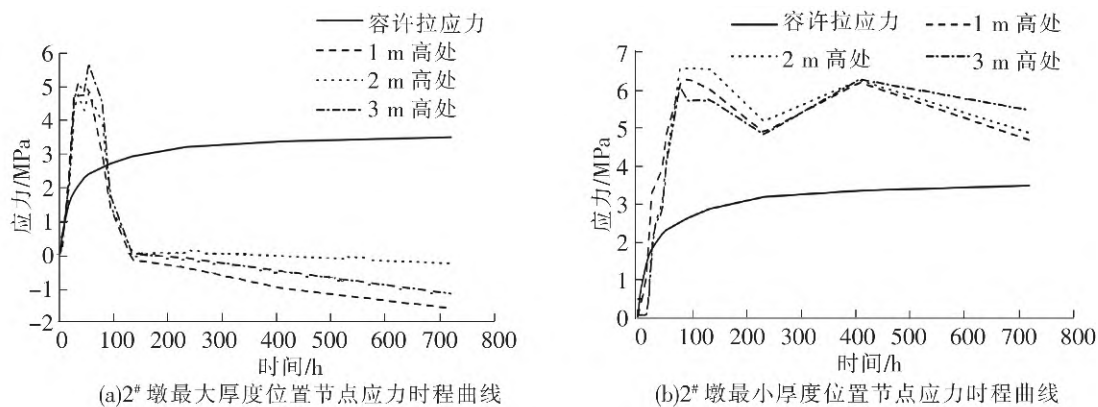


图 8 2# 墩节点应力时程曲线

根据图 8 可知,墩身加固混凝土在浇筑后 40 h 左右,加固混凝土较厚位置表面拉应力随着温度的升高而快速增加,最大值达到 5.7 MPa,高于 C45 混凝土该龄期容许抗拉强度。随着水化热反应减弱,加固混凝土较厚位置表面拉应力逐渐减弱并转为受压状态。

加固混凝土截面厚度不一致,在厚度较薄区域易出现应力集中,此处混凝土表面拉应力在浇筑后 120 h 左右达到峰值 6.8 MPa,然后逐渐降低,在 250 h 时降到 4.9 MPa,随后拉应力再次略有增加,并在 400 h 左右开始降低直至稳定,按弹性模型进行计算,在早期这段时间内该区域混凝土始终处于高拉应力状态,这一结果与模型未考虑钢筋效应和开裂释放应力影响有关。根据拉应力变化趋势,可知此处产生裂缝可能性较大,与实际裂缝分布情况比较吻合。

由有限元分析结果可知,工程复杂截面加固混凝土水化热所引起的温度梯度是造成开裂的主要原因。因此,降低水化热以及加强养护是预防出现这类裂缝的重要措施。

3 裂缝成因其他因素分析

混凝土浇筑可能产生裂缝的原因有很多,其中受原材料变异性影响导致混凝土出现明显的收缩变形、水化热过高而引起的内外温度差、施工过程中振捣不到位在凝结过程中出现局部下沉塌陷、养护不及时或者养护不到位等因素均可能造成混凝土开裂^[11-13]。另外,对既有线加固施工是在天窗点内进行的,在混凝土尚未完成终凝时就要通行列车,由此产生的振动也可能是混凝土开裂的一个因素^[14-15]。可见,产生裂缝的原因存在不确定性,可能是其中的一种,也可能是多种因素共同作用的结果。下面主要对除

水化热以外的其他可能因素进行分析。

3.1 混凝土收缩变形的影响

收缩是混凝土的性质决定的,这是一个不可避免的复杂变化过程,需要注意的是混凝土的自由收缩是不会引发开裂的,但在实际施工项目中,混凝土构件都会存在约束作用,为此,可能产生高于抗拉强度的拉应力值而发生开裂^[16]。

混凝土的收缩变形、收缩速率和混凝土龄期有关,一般混凝土在初期(60 d)收缩量将达到总收缩的50%^[17],初期收缩速率较快,随着时间的推移,收缩速率会逐渐变小。该桥墩进行墩身加固时,桥梁已经过长期运营,承台以及桥墩原有混凝土的收缩变形早已稳定,收缩速率极小。桥墩加固混凝土在浇筑时,初期硬化时收缩速率较大,新浇筑混凝土的收缩变形与承台和墩身的收缩变形不协调,承台和桥墩具有较大的刚度,因此对新浇混凝土有较强的约束性。由此墩身加固混凝土会产生横向拉应力,当横向拉应力超过混凝土的抗拉强度时,便会产生裂缝,由于越靠近承台约束力越大,因此该类型裂缝一般应出现于墩身加固区下部中间位置。另外,若因墩柱原有混凝土和新浇混凝土收缩差而产生裂缝,应该表现为竖向多条,且应该分布墩柱环向四周,而实际竖向裂缝更多是靠近上部区段,条数较少,其特征与收缩裂缝特征存在一定差异,可见新旧混凝土收缩差异应该不是本加固工程开裂的主要因素,但依然会对裂缝的产生造成一定影响。

3.2 列车过桥产生的振动影响

车辆过桥时,桥梁受到列车动力作用也会伴随着产生振动,这一振动会从梁体通过支座而传至桥墩,桥墩也会受到振动特性的影响^[18]。海港路中桥2#墩加固混凝土初凝时间为326 min,终凝时间为396 min,在天窗点施工结束后,混凝土尚未终凝,有列车通行。所以在新浇混凝土凝结硬化过程中,会受到列车过桥振动因素的影响。基于此种考虑,在桥墩新增混凝土浇筑完成后,通行列车时对桥墩动力特性进行了监测,动力测点设在该桥2#墩墩顶中心,共采集货运列车14次,其中测得桥墩横向振动幅度最大值为1.5 mm,振动频率为1.04 Hz。监测得到的典型位移时程曲线如图9所示。

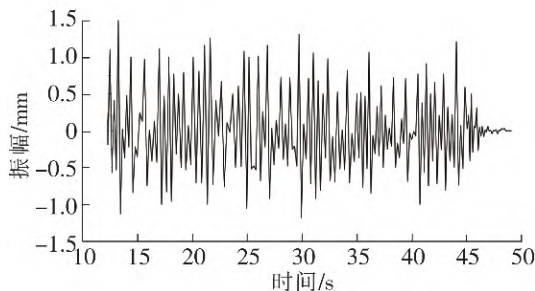


图9 2#墩位移时程曲线

为了满足交通需求,减少封闭交通带来的不良影响,许多学者对开放交通状态下的桥梁混凝土施工进行了力学性能研究。王春福等^[19]研究了模拟行车振动对混凝土凝结硬化以及结构受力性能的影响,结果表明,在最大振幅为2.54 mm的振动模拟范围内,对混凝土凝结硬化以及受力特性并无不利影响。张淑琴等^[20]利用振动台对新旧T梁桥现浇连接混凝土进行了力学性能分析,其结果表明在振动频率低于2 Hz、振幅小于7 mm时,振动对现浇混凝土力学性能不会产生显著影响。Harsh et al^[21]研究了车辆振动对桥面修复混凝土带来的影响,其试验结果表明,在一定配比下的混凝土,行车振动不但不会影响新浇混凝土与钢筋之间的握裹力,反而使其黏结性以及构件的抗压强度有所提高。魏建军等^[15]研究了处于初凝与终凝之间的混凝土材料在不同振动参数的振动作用下,混凝土的抗拉性能的变化,结果表明,在初凝前后、初凝终凝之间以及终凝前后受到低频较小振幅(3 mm以下)的振动,对混凝土的抗拉性能影响较小;受到较大振幅(5 mm以上)的振动时,混凝土的抗拉强度会出现明显下降,从而导致裂缝的发生。

根据现有研究成果来看,本工程测得加固完成、混凝土终凝前的最大振幅仅为1.5 mm,振幅较小,对混凝土受力性能影响不大。但由于墩柱加固混凝土在水化热作用产生温度应力裂缝后,列车振动会加剧裂缝扩展,是裂缝变宽延伸扩展的一个诱因。

4 温度裂缝控制措施

根据计算分析,针对这种加固混凝土的温度裂缝,应采取以下措施进行控制:

(1)优化混凝土配合比,选用较大粒径骨料,适当增加矿物掺合料替代水泥的比例,进一步降低水泥

用量,延迟水化热过程,采用低水胶比配合比,降低水化热温度峰值^[22]。

(2)施工前掌握混凝土水化热升温过程,选择适合的环境温度进行开盘,严格控制新浇筑混凝土芯部与表层,以及既有混凝土界面的温度差值不超过规范限制要求,有效降低温度梯度,控制拉应力的产生^[23]。

(3)加强早期养护,在温度变化较大的时候,要采用合理的手段如蓄水法等,对混凝土内外温度差进行控制。

5 结论

以大莱龙铁路海港路中桥 2# 桥墩裂缝加固处置为背景,对桥墩混凝土的开裂影响因素和处理措施进行了研究,并得出以下结论:

(1)在桥墩加固混凝土浇筑施工时,水化热引起的温度梯度效应会致使混凝土出现明显的不均匀变形和较大的拉应力,加之自身截面不规则,厚度变化,会使产生的不均匀体积变形更加显著,混凝土开裂风险增加,通过模拟计算表明,导致本工程加固混凝土开裂的主要因素是截面变化以及过高的水化热温度效应。

(2)新浇筑混凝土的收缩会受到既有混凝土的约束,从而导致新浇混凝土在硬化过程中产生拉应力,当其超过混凝土抗拉强度时会出现开裂,根据本加固混凝土工程裂缝形态,表明不是由新旧混凝土收缩差异这单一因素造成的开裂事故。

(3)加固混凝土要点施工,在其终凝前一般要通行列车,其振动影响也是加速混凝土开裂的可能诱因。根据本工程实测列车过桥动力特性结果表明,该振动应该不是混凝土开裂的主要因素,但是当水化热过高而产生裂缝后,振动因素将是混凝土裂缝发展的可能诱因,这一点也应该引起重视。条件允许时应该在混凝土终凝后再通行列车。

参 考 文 献

- [1]曹兴,魏洋,李国芬,等.钢筋混凝土桥墩加固与修复技术研究[J].施工技术,2011,40(15):60-64.
- [2]司炳君,孙治国,杜修力,等.钢筋混凝土桥墩地震弯剪破坏机理与震后快速修复技术研究[J].土木工程学报,2011,44(7):90-99.
- [3]蒋贤军.某铁路桥梁墩身裂缝成因分析及处理措施[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2014,27(S1):9-11.
- [4]朱伯芳.大体积混凝土温度应力与温度控制[M].北京:中国水利水电出版社,2012.
- [5]侯炜,宋一凡,马超.基于管冷系统的大体积混凝土水化热时变温度效应[J].长安大学学报(自然科学版),2021,41(4):65-77.
- [6]王新刚,高洪生,闫宝联.ANSYS 计算大体积混凝土温度场的关键技术[J].中国港湾建设,2009(1):41-44.
- [7]张志贺,项彦勇,李成学.浇筑混凝土温控仿真参数的研究[J].铁道建筑,2005(3):84-86.
- [8]江正荣.建筑施工计算手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [9]吴献,回国臣,穆春龙,等.混凝土筏板基础水化热研究[J].混凝土,2010(8):16-20.
- [10]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB 50496—2018 大体积混凝土施工标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [11]褚世洪,张惠平,王庆海,等.某工程混凝土开裂事故的分析与处理[J].混凝土,2005(5):69-70.
- [12]侯经宇.地铁主体结构混凝土裂缝的产生与预防[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2018,31(S1):51-54.
- [13]巫美强,王露,刘数华.混凝土开裂机理及其生物水泥修复评述[J].混凝土,2019(3):14-18.
- [14]黄维蓉,习磊,易金明,等.行车振动对现浇混凝土力学性能的影响研究[J].混凝土,2018,345(7):37-41.
- [15]魏建军,邢姣秀,付智.行车荷载引起桥梁振动对修复混凝土性能影响[J].东南大学学报(自然科学版),2010,40(5):1057-1060.
- [16]陈肇元,崔京浩,朱金铨,等.钢筋混凝土裂缝机理与控制措施[J].工程力学,2006(S1):86-107.
- [17]陈玉奎.一铁路桥桥墩开裂原因分析及处理[J].铁道建筑,2009(9):15-17.
- [18]潘慧敏,赵庆新,付军.早龄期混凝土受扰性能研究进展[J].硅酸盐通报,2017,36(1):64-70.
- [19]王春福,殷殿有.公铁两用桥公路桥面在火车运行振动下现浇钢筋混凝土试验研究[J].混凝土,1999(3):45-50.
- [20]张淑琴,元路宽,叶锦华.振动下新旧 T 梁桥现浇连接混凝土力学性能室内试验研究[J].公路,2014,59(12):104-107.

- [21] Harsh S, Darwin D. Effects of traffic induced vibrations on bridge deck repairs[R]. Kansas: University of Kansas Center for Research Inc., 1984.
- [22] 马雄. 水工大体积混凝土配合比优化设计[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2017, 30(S1): 89-92.
- [23] 刘亚南. 大体积水工混凝土温控防裂技术[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2014, 27(S1): 89-91.

Analysis on Cracking Causes of Concrete Reinforcement by Expansion Section of Existing Bridge Piers

Ma Xiaoke¹, Lin Lijun², Zhang Zhiguo¹

(1. School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. China Construction Transportation Construction Group Co. Ltd., Beijing 100071, China)

Abstract: Aiming at the cracking problem of bridge pier reinforced concrete in Haigang Road of Dalailong Railway, combined with the distribution characteristics of cracks, the factors that may cause cracking were analyzed. The finite element analysis method was used to simulate the hydration heat temperature and stress of reinforced concrete. The results show that the distribution of tensile stress on the surface of reinforced concrete and the overrun situation are consistent with the actual crack distribution, which verifies the inescapability of cracking. The temperature difference of hydration heat, the complex cross-section shape of reinforced concrete and the change of different thickness should be the main reasons for cracking. In addition, the shrinkage difference between old and new concrete and the change of ambient temperature also have a comprehensive impact. The dynamic effect of the train passing through the bridge before the final setting of the reinforced concrete has a promoting effect on the extension of the existing cracks, which is also an adverse factor. This study has certain reference significance for taking targeted measures to avoid cracking accidents.

Key words: bridge pier; strengthened concrete; fissure; finite element analysis; hydration heat