

文章编号: 1674—8247(2020)01—0038—03
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.01.008

桥梁工程大体积混凝土裂缝成因分析及控制措施

魏 林 马成贤

(中国国家铁路集团有限公司, 北京 100844)

摘 要:桥梁工程大体积混凝土施工过程中,裂缝控制的质量直接影响其成桥运营期的结构安全与耐久性。针对这一问题,本文对桥梁工程中大体积混凝土裂缝的成因进行了阐述,并从施工过程中的混凝土温度控制和后期养护等方面分析裂缝控制的可行方法,以达到提高桥梁工程质量的目的,并为工程运营期结构安全与耐久性提供基本保障。

关键词:桥梁工程;大体积混凝土;裂缝;控制

中图分类号:U214.1+8 **文献标志码:**A

Cause Analysis and Control Measures of Cracks in Mass Concrete of Bridge Engineering

WEI Lin MA Chengxian

(China State Railway Group Co., Ltd., Beijing 100844, China)

Abstract: The quality of crack control during the construction of mass concrete in bridge engineering has a direct influence on the safety and durability of bridge structure during the operation period. This paper expounds the formation reasons of mass concrete crack in bridge engineering, and analyzes the feasible methods for crack control from the aspects of concrete temperature control and late maintenance during the construction, so as to improve the quality of bridge engineering and provide basic guarantee for the structural safety and durability in the operation period of the project.

Key words: bridge engineering; mass concrete; crack; control

随着我国国民经济水平的不断提高和城市化进程的加速推进,作为交通基础建设的重要组成部分,桥梁工程也进入了高速发展的阶段,朝着更大体量、跨度、荷载以及更长运营寿命周期等方向不断突破^[1]。混凝土是桥梁工程的主要建筑材料,具有可塑性强、经济性和耐久性较好、抗压强度较高的优点,但也同时存在结构效率较低、易裂、抗拉强度低、质量控制难度大等缺点,尤其是大体积混凝土结构,易产生表面裂缝,对结构耐久性影响较大,若形成贯穿裂缝则会严重削弱结构体受力性能。因此,需对施工过程中混凝土结构

的裂缝成因进行分析,并分阶段制定控制措施,提高施工质量。

1 裂缝成因分析

施工期间,大体积混凝土裂缝主要成因可分为四个部分:(1)内部水泥水化热反应;(2)外界温度变化;(3)外部约束作用;(4)混凝土收缩变形^[2]。

1.1 内部水泥水化热反应

混凝土在凝结过程中,以水泥为主的组成物与约20%的拌和水会发生水化热反应,其中铝酸三钙

收稿日期:2019-10-29

作者简介:魏林(1966-),男,高级工程师。

引文格式:魏林,马成贤.桥梁工程大体积混凝土裂缝成因分析及控制措施[J].高速铁路技术,2020,11(1):38-40.

WEI Lin, MA Chengxian. Cause Analysis and Control Measures of Cracks in Mass Concrete of Bridge Engineering [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(1): 38-40.

($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)和硅酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3$)为组成物中的主要水化放热化合物,化学能转化为大量热能,形成粘结砂石材料的可塑性浆体,最后凝结硬化成为石状体。在一定的环境温度下,断面厚、表面系数和导热效率较低,使得大体积混凝土结构水化放热速度显著高于自发散热速度,并形成由芯部至表面的温度梯度,大温差将产生较大的温度应力,该应力受外部及外层混凝土约束。在温升阶段,表现为浇筑体芯部受压,表面受拉,当温度拉应力超过混凝土极限拉应力时,将在局部形成裂缝。

1.2 外界温度变化

环境温度随时间呈周期性变化,且变温幅度一般较大。混凝土表层温度受内部传热等因素影响,其变化速率相对缓慢。当浇筑体表层与环境温度温差较大时,热传导速率增高,将加剧混凝土内外温度梯度,加剧裂缝发育。混凝土结构在试验室绝热、恒温环境及现场施工环境下应力随龄期的发展曲线如图1所示。从图1可以看出,温差控制对降低混凝土受拉开裂风险影响显著。

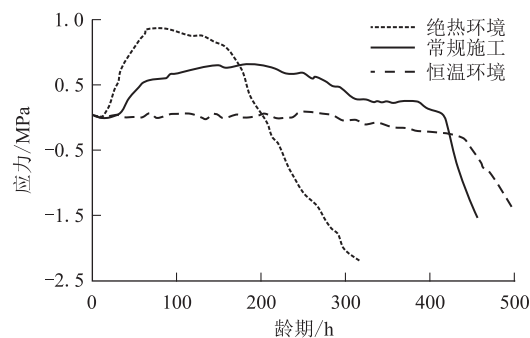


图1 混凝土在不同温控环境下应力-龄期曲线图

1.3 外部约束作用

在水化热反应末期,混凝土由内至外开始逐渐导热降温,非水化热反应水分散失,其叠加作用导致混凝土体积逐渐收缩。收缩趋势受到原浇筑基础等的外部约束作用(嵌固或摩擦),将会产生较大的局部拉应力。

1.4 混凝土收缩变形

在养护阶段,混凝土若遭受风吹日晒,则会加剧毛细孔道失水,从而加剧混凝土收缩。同时,含水量的减少将导致后续硬化效率降低,而此时混凝土尚处于强度发展的初期,抗裂能力不强,从而易产生裂缝。

相对低标号混凝土而言,高强混凝土水灰比较小,在水化反应中需消耗的内部水分较多,其收缩特性更为明显。目前大跨度桥梁工程广泛使用高强混凝土,因此更加需要关注收缩变形产生的混凝土裂缝。

2 裂缝控制措施探讨

大体积混凝土施工裂缝可从设计阶段、前期施工阶段、后期施工阶段分别进行控制。

(1) 设计阶段

①在构造方面,通过设置混凝土保护层防裂网、在结构中间部位增设水平钢筋网以及适度加密构造钢筋等措施,限制大体积混凝土易裂部位的收缩,提高其抗裂能力。

②在配合比设计方面,首先可从水化反应散热源头出发,优选胶凝材料及掺合料,降低水化热总量或其反应速率,从而达到减小混凝土绝热温升、增强其抗收缩性能的目的^[3]。作为活性材料,粉煤灰有改善细骨料级配、减小泌水的作用。同时,其释放的水化热量(同等含量下)一般仅为水泥放热量的5%~35%,并可一定程度上延缓前期水化反应速率,从而降低温升速率和峰值温度,减小早期自收缩^[4]。与粉煤灰相比,矿渣虽能有效缓释早期水化热反应,但其收缩性较大,在大体积混凝土配合比设计中不宜大掺量使用。

其次,选用合适的外加剂,能在一定程度上发挥改善混凝土工作性能、控制水化反应速度或补偿后期收缩的功效。膨胀剂水化生成的细微结晶产物可以填堵毛细孔,降低孔隙率,因此,在混凝土中掺入适量的膨胀剂,可使混凝土的强度和膨胀同步发生,协调发展,达到适宜的应力状态,从而提高混凝土抗裂能力。但目前仍存在其作用期与混凝土温度升降期不协调的情况,使得在大体积混凝土中,膨胀效能在早期温升过程中被大量无效释放,补偿温降收缩的实际能力有限。此外,膨胀材料基本不降低混凝土的温升,仍需从混凝土水化放热源头开展研究,优化并控制结构的温度历程。在混凝土中掺用减水剂可分散水泥,提升混凝土流动性。掺加缓凝剂可推迟初凝时间,降低水化速度且不影响后期强度,但在一定程度上会引起混凝土泌水和离析。

再者,可应用钢纤维和聚丙烯腈纤维等掺用技术。聚丙烯腈纤维可在混凝土中分散成单丝状,从而形成内部约束,减少离析,并降低混凝土失水收缩率,有效提高混凝土的抗拉强度^[5]。

(2) 前期施工阶段

在正式浇筑前,宜对前轮施工完成的混凝土作3 d以上的喷淋保湿处理,使混凝土充分吸水湿胀,从而达到减小对上节新浇混凝土收缩约束的目的。在不影响既有结构物受力特征的前提下,还可在浇筑体底部涂刷沥青等材料,并铺设油毡,以形成滑动面,减弱嵌固作用下基础部位对硬化阶段混凝土的约束程度。

在控制入模温度方面,应根据施工期间外界环境的温度、湿度来确定相应的温控措施,如低温天气下,原材料应保温、防雨雪,拌和用水可提前利用锅炉加热再进行供应,泵管采用橡塑海绵等保温材料包裹;高温天气下,应搭设遮阳棚遮盖防晒,骨料堆应适当喷水降温^[6],拌和水可适当掺加冰块,同时还应考虑泵送管道的沿程降温,如在泵送管道外包缠土工布或麻袋等保水材料并持续洒水保湿等。单位水加冰量参考公式(1)计算。

$$X = \frac{(T_{w0} - T_w) \times 1000}{80 + T_w} \quad (1)$$

式中: X ——每吨水需加冰量(kg);

T_{w0} ——加冰前水的温度(℃);

T_w ——加冰后水的温度(℃)。

在浇筑施工方面,宜选取环境温度较为稳定的夜间施工,水平均匀分层连续浇筑,并严格控制分层厚度,配合振捣密实,加速早期过量水化热能向外界的均匀传导。在高温天气下还应应对模板进行遮阳及喷水雾降温处理。若采用预埋冷却水管调控新浇大体积混凝土的内部温度,应根据温升情况调整冷却水流量,快速带走热量,削弱温度峰值,并控制混凝土芯部与表面温差。冷却水与周围混凝土温差也应控制在一定范围内,防止局部冷击导致裂缝。在降温阶段,逐步降低冷却水进水流量直至关闭,使大体积混凝土内部缓慢匀速降温^[7]。

(3)后期施工阶段

①拆模前养护

混凝土浇筑完成后,在高温环境下可采取通水喷淋养护方式,在低温环境下可采用铺设防风棉被养护方式,养护过程中不得干湿交替,避免反复收缩加剧裂缝发育。应避免持续日照曝晒,施工前根据水泥及外加剂类型或试验结论,规划拆模前后养护时间,现场还宜根据温度、湿度监控结果,合理判定,保证带模养护时间,减缓混凝土表面温度、湿度变化速率,使混凝土局部温度应力恒低于抗拉强度。

②拆模后养护

拆模后应及时延续对混凝土表面进行控温保湿,并可在大体积混凝土表面涂刷防护剂(如硅烷液体等),在混凝土表面形成薄膜层,延缓水分流失。初凝前表面刮平、终凝前再适当抹面也可在一定程度上减少表层裂缝的生成。

3 结束语

目前,大体积混凝土在大桥梁工程领域的应用越来越普遍,质量标准也日益提升,但限于混凝土自身特

性和裂缝控制技术的欠缺,混凝土裂缝病害在许多工程项目中仍难以避免。因此应针对其内在机理,分阶段制定抗裂质量控制措施。重点是从源头出发,优化混凝土材料组分设计。随着新材料、新理念的不断诞生,其研发应用前景广阔^[8]。理论基础的不断加深拓宽、跨界工艺的不断融合改良、工装设备的不断升级提效,将为大体积混凝土的施工质量奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 《中国公路学报》编辑部. 中国桥梁工程学术研究综述·2014 [J]. 中国公路学报, 2014, 27(5): 1-96.
Editorial Department of China Journal of Highway and Transport. Review on China's Bridge Engineering Research · 2014 [J]. China Journal of Highway and Transport, 2014, 27(5): 1-96.
- [2] 李庆. 桥梁工程中大体积混凝土非荷载裂缝的成因与控制分析 [J]. 交通世界, 2018, 25(30): 84-85.
LI Qing. Cause and Control Analysis of Non-Load Crack of Mass Concrete in Bridge Engineering. TranspoWorld, 2018, 25(30): 84-85.
- [3] 张志军. 混凝土原材料质量控制的研究 [D]. 天津: 河北工业大学, 2014.
ZHANG Zhijun. The Study on the Quality Control of Concrete Raw Materials [D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2014.
- [4] 韩吉禄. 大掺量粉煤灰混凝土抗裂性能的试验研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
HAN Jilu. Experimental Study of Crack Resistance of High-volume Fly Ash Concrete [D]. Yangling: Northwest A & F University, 2010.
- [5] 王锡伟. 聚丙烯腈纤维自密实混凝土基本力学性能和耐久性试验研究 [D]. 锦州: 辽宁工业大学, 2015.
WANG Xiwei. Experimental Study on Basic Mechanical Properties and Durability of Polyacrylonitrile Fiber Self-compacting Concrete [D]. Jinzhou: Liaoning University of Technology, 2015.
- [6] 江昔平. 大体积混凝土温度裂缝控制机理与应用方法研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.
JIANG Xiping. Research on Mechanism and Application of Mass Concrete Temperature Crack Control [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2013.
- [7] 阎蕊珍. 高温对 C40 高性能混凝土物理力学性能的影响 [D]. 太原: 太原理工大学, 2015.
YAN Ruizhen. Influence of High Temperature on Physical and Mechanical Properties of C40 High Performance Concrete [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2015.
- [8] 李化建, 谢永江. 我国铁路混凝土结构耐久性研究的进展及发展趋势 [J]. 铁道建筑, 2016, 56(2): 1-8.
LI Huajian, XIE Yongjiang. Progress and Development Trend of Research on Concrete Structure Durability in Railway of China [J]. Railway Engineering, 2016, 56(2): 1-8.

(编辑: 苏玲梅 张红英)