

浇筑桥梁大体积混凝土的防裂控制要点

涂勇¹ 刘晓霞²

1 抚州市恒通路桥工程有限公司 2 江西省嘉和工程咨询监理有限公司

DOI:10.12238/btr.v6i5.4191

[摘要] 桥梁大体积混凝土结构施工时,极易产生裂缝,如何避免裂缝的产生,是控制大体积混凝土施工质量的关键。本文以王安石特大桥的施工为背景,通过从混凝土原材料的选用、配合比设计、拌制的水温、拌合时间、入模温度控制及浇筑后的养生等施工技术细节进行分析,通过试验检测施工各项指标,提炼检验数据,查看建成后的工程实体,总结出施工的具体工法,提出了控制桥梁大体积混凝土结构施工的防裂要点,为同行提供借鉴。

[关键词] 大体积混凝土; 防裂; 控制; 要点

中图分类号: TV331 文献标识码: A

Key Points for Crack Prevention Control in Pouring Large Volume Concrete for Bridges

Yong Tu¹ Xiaoxia Liu²

1 Fuzhou Hengtong Bridge Engineering Co., Ltd

2 Jiangxi Jiahe Engineering Consulting and Supervision Co., Ltd

[Abstract] During the construction of large volume concrete structures in bridges, cracks are prone to occur. How to avoid the occurrence of cracks is the key to controlling the quality of large volume concrete construction. This article takes the construction of the Wanganshi Grand Bridge as the background, and analyzes the construction technical details from the selection of concrete raw materials, mix design, water temperature for mixing, mixing time, mold temperature control, and post pouring maintenance. Through experiments, various construction indicators are tested, inspection data is extracted, and the completed engineering entity is viewed to summarize the specific construction methods. The key points for crack prevention in controlling the construction of large volume concrete structures in bridges have been proposed, providing reference for peers.

[Key words] mass concrete; crack prevention; control; key points

引言

目前,我国的特大桥常采用大体积混凝土结构。大体积混凝土施工时易产生裂缝,其主要原因是因结构体积大,水化热向外传导散热的效率差,越靠近结构中心处的热量越大,而其表面对外接触面积大,热传导快,导致外表面快速降温,造成结构物内部和表面温差较大,致温度应力产生,当应力超过结构物的表层抗拉强度时,即产生裂缝,且随着这种应力向结构物内部发展,最终导致贯穿性裂缝,影响桥梁的耐久性、安全性。

通过对王安石特大桥的施工分析,从混凝土配合比、拌合和浇筑时间、入模温度和顺序、养护等方面着手,逐个采取改善措施,并运用到实际的施工过程中,在工程完成后,对实体进行检验并分析结果,总结出控制大体积混凝土施工的防裂要点。

1 工程概况

王安石特大桥为抚州市东外环高速公路中上跨抚河的一座特大桥。全桥长为1417米,共布置9联,第4联为主孔,采用了

60+168+60m飞燕式钢管混凝土系杆拱桥。

1.1 拱肋

采用钢筋混凝土结构,主拱肋长26m、宽2.7m、高4.2m;边拱肋长31.81m、宽2.7m、高4.2m;拱脚处设拱肋与承台进行连接,设计强度等级为C60。

1.2 拱座

主墩承台上采用左右幅分离式拱座,拱座座底纵桥向长11.8m,横桥向宽12.3m,高11.3m,横桥向两端设置成圆弧状,全桥共4个。设计强度等级为C50。

2 混凝土配合比设计

根据《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018对大体积混凝土的定义:“实体最小尺寸大于或等于1m,或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土”。按此定义,王安石特大桥的拱座和拱肋属于大体积混凝土结构。

配合比设计原则：选择高强度的母岩制作的碎石为粗集料，选择洁净的中、粗河砂，性能优良的硅酸盐水泥、粉煤灰、矿粉，外加剂等优质的原材料，通过科学的配合比设计，在确保混凝土设计强度等级的基础上，以抗裂为核心，满足水化热低、可泵性好、体积稳定性好、耐久性优良，制备抗拉强度高的混凝土。

2.1混凝土原材料

2.1.1水泥

C50拱座、C60拱肋混凝土，分别采用江西万年青P.042.5级水泥、P.052.5级水泥。

2.1.2掺合料

掺合料的种类有：粉煤灰、矿粉、钢渣粉、硅灰等。

目前主要使用粉煤灰和矿粉。其优点为：掺入粉煤灰和矿粉可以改善拌合物的和易性、流动性及密实性，能使混凝土获得抗渗性好、干缩性小、水化热低等一系列优良性能。其缺点有：粉煤灰、矿粉的质量的优劣对混凝土的内在质量会产生影响。

施工时选用了双掺粉煤灰(大唐发电厂II级)和矿粉(S95新余市中治环保资源开发有限公司)，降低了混凝土的水泥用量，减小了混合料水化热能，也降低了生产成本。

2.1.3碎石

采用了抚州市南城徐田采石场生产的规格5-20mm辉绿岩碎石，由9.5-19mm(80%)、4.75-9.5mm(20%)组成。压碎值为10%(规范要求≤10%)，针片状<5%，含泥量<0.1%。

2.1.4河砂

采用抚河内的河砂，细度模数2.6-2.9，含泥量<1.0%。施工中控制砂的含水率，确保混凝土状态及强度的稳定。

2.1.5外加剂

选用了苏博特高性能外加剂，其与水泥和掺合料相容性好、缓凝时间长、坍损小、包裹性好。

2.2混凝土配合比设计

2.2.1拱座C50配合比设计

根据《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310-2019规定，C50最大水胶比不得超过0.36，最大胶凝材料用量不得超过480kg，最小胶凝材料用量不得小于360kg。大掺量矿物掺合料混凝土的水胶比不大于0.42。

经过反复试配，C50配合比的胶凝材料总量480kg，双掺粉煤灰和矿粉，水胶比0.29，外加剂掺量1.2%。坍落度200~220mm，扩展度480~530mm；1h坍损值小于20mm；标养环境下初凝时间20~25h(对应夏季实际工况初凝12~15h)，含气量不应超过3.0%。R7d抗压=56.3MPa，R14d抗压=59.1MPa，R28d抗压=63.6MPa。施工效果好。

拱座C50配合比(kg/m³)

混凝土标号	P.042.5水泥	II级粉煤灰	S95矿粉	河砂	5~20mm碎石(20%:80%)	水	外加剂	其他材料
C50	264	130(27%)	86(18%)	750	216+864	140	5.76	—

2.2.2拱肋C60混凝土配合比设计

根据《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310-2019规定，C60最大水胶比不得超过0.30，最大胶凝材料用量不得超过530kg，最小胶凝材料用量不得小于400kg。

根据《公路桥涵施工规范》JTG/T 3650-2020规定，高强混凝土胶凝材料总量宜采用550-600kg/m³，水泥重量不宜超过500kg/m³，其中矿料掺合料不宜大于40%，水胶比宜控制在0.24-0.38，砂率控制在28%-34%，外加剂掺量为胶凝总量的0.5-1.8%。

拱肋C60泵送混凝土为大体积、高强、泵送混凝土。

经过反复试配，选用了胶凝材料总量498kg，双掺粉煤灰和矿粉，水胶比0.28，降低水泥用量，减少水化热，外加剂掺量1.56%。坍落度230mm，扩展度达到600mm，1h坍损值小于20mm；标养环境初凝时间16~18h(对应夏季实际工况初凝9~11h)，含气量不应超过3.0%。R7d抗压=65.6MPa，R14d抗压=67.9MPa，R28d抗压=72.5MPa。混凝土包裹性很好，泵送效果非常满意。

拱肋C60配合比(kg/m³)

混凝土标号	P.052.5水泥	II级粉煤灰	S95矿粉	河砂	5~20mm碎石(20%:80%)	水	外加剂	其他材料
C60	298	100(20%)	100(20%)	742	214+856	140	7.77	—

3 施工控制

3.1混凝土混合料制作

每次拌制混凝土混合料在开盘前都要检查原材料，每盘拌和时间为120S。第一车混凝土前三盘都必须检测坍落度及扩展度，混凝土状态稳定后，每车检测一次坍落度及扩展度，最后一车混凝土坍落度控制在200mm，扩展度控制在480mm。控制好成型后结构物的表面浮浆，减少其表面的细小干缩裂缝。

现场制作混凝土试块的数量要比规范要求的数量多，每次放料下来做坍落度时都要做试块，实际施工时至少做了10组以上，确保能在7、14、28天等不同的时段能检验混凝土的强度。通过对试块的试压，绘制用水量与强度变化关系曲线，做到对用水量的极限控制。

3.2混凝土施工温度控制措施

混凝土结构的温度应力产生的原因有其自身的水化热、外部环境温度变化等方面，采用有效的措施控制混凝土结构内部温度升高值和混凝土结构外部温度变化值。

混凝土结构的温度控制的原则是内散外保，结构内部装冷凝水管散热，外部采用保温保湿。但由于本项目的拱座、拱肋的钢筋布置过于密集，无法安装冷凝水管，仅靠控制内部降低温度和外部保温保湿来降低温差，采取以下措施：

- (1) 控制混凝土搅拌时的原材料温度和拌合水的温度；
- (2) 控制混凝土浇筑时入模温度；
- (3) 控制混凝土浇筑后的结构实体的温升、延缓结构实体的温峰出现时间；
- (4) 控制混凝土结构实体的温峰过后的结构实体深部和表层的降温速率；
- (5) 降低混凝

土结构实体深部和表层之间、新旧混凝土结合部的温差;(6)控制混凝土表面温度和气温之间的差值;(7)控制好模板外表面的保温和脱模时间。

3.3 混凝土温度评价指标

3.3.1 混凝土入模温度

根据《大体积混凝土施工标准》GB50496-2018规定,入模温度宜控制在5-30℃。

本项目对入模温度控制在 $\geq 5^{\circ}\text{C}$,且 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 。在现场施工中,通过给碎石、河砂堆料场设置棚盖,在夏、秋季采用在拌合用水中加20%的冰块,降低拌和水温度,使混凝土入模温度控制在20-25℃,冬季混凝土入模温度控制在10-15℃。

3.3.2 混凝土内部最高温度

根据《公路桥涵施工规范》JTG/T 3650-2020规定,大体积混凝土内部最高温度不应大于75℃,根据《大体积混凝土施工标准》GB50496-2018规定,混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于50℃。

通过对混凝土的物理、热学参数、导热系数、比热、混凝土弹性模量的计算,施工时混凝土内部最高温度控制值为 $\leq 75^{\circ}\text{C}$ 、绝热温升值的控制值为拱座48.9℃、拱肋55.8℃。

3.3.3 混凝土最大内表温差

混凝土内部最高温度与同一时刻距表面50mm处的混凝土最低温度之差为最大内表温差。

根据《公路桥涵施工规范》JTG/T 3650-2020规定,大体积混凝土最大内表温差控制在25℃。根据《大体积混凝土施工标准》GB50496-2018规定,混凝土浇筑体里表温差宜不大于25℃。

本项目控制混凝土最大内表温差控制值为 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 、混凝土降温速率 $\leq 2^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 、新浇混凝土与下层已浇混凝土温度之差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 、混凝土表面与养护环境温度之差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。

℃、混凝土表面与养护环境温度之差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。

浇筑后的混凝土表层采用棉被覆盖养生。在冬季时,当养护水温度与混凝土表面温度之差 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 时,用4根电热得快烧热水进行养护,确保混凝土结构的表层温度。

4 混凝土养护

现场养护时间为14天。上表面2天后拆除模板,表面开始洒热水及局部蓄水保湿养护,包裹水能量保湿膜+棉被+防雨篷布保温保湿养护。侧面带钢模养护,6d拆除侧钢模后,洒热水+水能量保湿膜+棉被+防雨篷布保温保湿养护。通过确保混凝土表层的温度,缩小混凝土表层和体内的温差,运用保湿保温养护手段,控制混凝土的塑性收缩、自收缩、干燥收缩及内表温差。

5 结语

通过从混凝土的原材料、配合比设计、混合料拌合、入模浇筑工艺、浇筑后养护等环节进行有效控制,提高混凝土的浇筑密实性和均匀性,防范了因水化热、内表温差等原因产生的裂缝,增强了混凝土的抗拉或抗裂能力,保证了工程施工质量,延长了桥梁的使用寿命,具有较好的经济效益。

[参考文献]

- [1]杨辉,李北星,倪嵩,等.主塔墩承台C35大体积混凝土配合比设计与性能研究[J].混凝土,2020(05):94-97.
- [2]中交一公局集团有限公司.公路桥涵施工规范:JTG/T 3650-2020.北京:人民交通出版社,2020.
- [3]苏交科集团股份有限公司.公路工程混凝土结构耐久性设计规范:JTG/T 3310-2019.北京:人民交通出版社,2019.
- [4]住房和城乡建设部标准定额研究所.大体积混凝土施工标准:JTG/T 3650-2020.北京:中国建筑工业出版社,2019.