

大跨度转体拱桥主弦钢管泵送混凝土施工技术

吴家赵

(中铁十一局集团第一工程处有限公司, 湖北 襄樊 441104)

摘要: 结合吊钟岩特大桥施工, 对劲性钢骨架主弦钢管顶升法泵送混凝土施工技术和质量控制方法等进行了详细介绍, 对混凝土灌注阶段钢骨架应力和变形的实测值与设计值进行了比较分析。

关键词: 大跨度拱桥; 转体施工; 主弦钢管; 泵送混凝土

中图分类号: TU 528.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3226(2004)S1-0051-04

1 工程概况

吊钟岩特大桥跨越南水河谷及 319 国道, 桥高 79 m, 全长 510.63 m, 主跨 140 m 为上承式钢筋混凝土铁路拱桥, 采用有平衡重转体劲性钢骨架法施工, 其劲性钢骨架矢跨比 $1/5$, 拱轴系数 2.514, 上下主弦杆为 8 根直径 377 mm 的无缝钢管组成, 材质为 16Mnq, 腹杆及上、下平连为单、双肢 75×8 mm 角钢组成。在骨架转体就位, 完成焊接工作后形成无铰拱式桁架。为提高其承载能力, 在上、下弦钢管内灌注 C55 微膨胀混凝土, 浇注混凝土实行“四环六面法”, 灌注方案采用泵送顶升法施工。

2 泵送混凝土施工工艺

2.1 工艺流程

安设泵送插管、拱顶排气(浆)口 人工浇筑插管以下区段混凝土 压注水清洗湿润钢管 压注高标号砂浆 压注钢管内混凝土 关闭插管稳压 拆除输送管完成泵送。

泵送插管与钢管为焊接形式连接, 设在拱脚位置 1 m 处, 与钢管成 30° 倾角。插管以下位置的钢管采用人工浇筑, 用插入式振捣棒振捣密实。因混凝土在拱顶位置被隔板分开, 其排(气)浆口应对称设置, 直径为 $\varnothing 80$ mm。泵送过程应连续完成, 待钢管内水及砂浆完全排出后, 在临时插管上开口打入 $\varnothing 14$ 钢筋, 堵住 $\varnothing 377$ mm 钢管内混凝土, 并稳压一定的时间, 才拆除输送管, 进行其余钢管的泵送。

2.2 混凝土泵机选型及布置

该桥泵送混凝土数量较多, 8 根主弦钢管内混凝土分 4 批进行泵送, 对泵机排量无要求。根据受力要求, 泵送时, 选取 2 台泵车在两岸对称泵送。为减少设备, 采用一级泵送, 泵机布置在两侧桥台位置, 施工时, 依靠展线布置至拱脚临时插管处与钢管连接。所以泵送时是先向下而后再向上的过程, 对泵送不利, 其输送压力损失较大, 根据管道布置, 其换算水平布管长度为 400 m, 为此考虑使用我单位现有的 2 台中压地泵(楚天 TB-60 型), 其理论输出压力 2.62 MPa。

2.3 管径选择及混凝土泵送管道布置

(1) 钢管内径 353 mm, 其管壁侧面开孔设临时插管时, 考虑开孔截面不宜过大, 以免破坏骨架的受力性能, 实际选择的临时插管内径为 125 mm 与泵机输送管内径相同。

(2) 送管道布置应考虑如下措施: 由于顶升灌注混凝土, 管出口压力较大, 故临时插管需与主弦钢管开孔焊接; 与混凝土输送管采用泵机专用卡相连。布管时尽量沿地面布管, 需架空时注意支架的稳定, 以防堵管时抖动失稳。管道下行布置时, 应水平与垂直交错安排, 连接时, 尽量避免使用 90 弯管, 而代之以 45 弯管。在最上端斜管处连接带排气焊阀的弯管, 待输送泵下段混凝土灌注满后, 方可关闭排气阀。在管道阳光直接曝晒部位利用湿草袋等遮盖输送管, 防止管内混凝土塌落度损失, 造成堵管现象。

2.4 灌注方法

2.4.1 全桥骨架灌注程序

全桥骨架灌注程序见示意图 1。

(1) 压浆管和出浆管开口顺序: 3、8- 1、6- 4、7-

2、5;

(2) 压浆顺序: 同上;

(3) 灌注原则: 待先批混凝土强度达到 80% 后, 封压注管口和溢流管口, 再开口下批钢管。

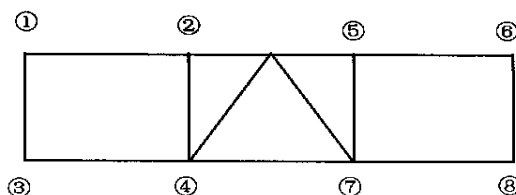


图 1 骨架灌注程序示意图

2.4.2 灌注方法

(1) 先将第一批灌注两根钢管与拱脚拱顶位置开设 $\varnothing 125$ mm 灌注口, $\varnothing 10$ mm 排气孔。

(2) 在灌注位置焊接临时插管, 临时插管利用 $\varnothing 125$ mm 普通管口加工制成。

(3) 泵送时, 先连接管道, 管接头应十分严密, 不得漏浆、漏水。

(4) 利用混凝土泵泵水或利用水管由拱顶排气口注水, 使管内湿润, 并保持泵送时前段管内存有水柱, 随混凝土泵送前进, 不断湿润各段管道。

(5) 注水完成后, 泵送 1~3 水泥砂浆至拱脚位置, 确保其进入骨架弦杆内。

(6) 泵送微膨胀混凝土, 顶推水柱及水泥砂浆从拱顶排气(浆)口排出。排出时应放慢泵送速度, 每次泵一下, 停一下, 最后阶段人工配合插捣。至完全排出、挤出混凝土为止。

(7) 插入 $\varnothing 16$ mm 钢筋, 拆掉输送管, 清洗, 准备下根钢管灌注。

(8) 待 24 h 后, 气焊割除临时插管, 用原孔壁钢板, 封焊割除孔及排气孔后, 再利用 $\delta=5$ mm 钢板围焊加固。

(9) 部钢管灌注完毕后, 利用人工检查是否存在空洞, 如有则局部钻孔压浆处理。

2.4.3 泵送要点

(1) 泵送前, 有关的机械设备应全面检修, 以确保连续泵送。

(2) 确保泵送不堵管的关键是控制好混凝土坍落度在 150~190 mm 以内。

(3) 砂、石料应取样抽检, 合格后方可投入使用, 拌制过程中, 应准确计量, 搅拌时间不少于 2 min。

(4) 泵送暂停时, 为防止混凝土假凝堵管, 每隔 2~3 min 应抽动一下泵的活塞。

(5) 应确保插管堵住混凝土后, 拆除输送管, 以防止回流。

2.5 C55 微膨胀混凝土配合比

(1) 材料。粗骨料采用天心山斜井碎石, 级配合格, 含泥量 0.5%。细骨料细度模数 2.8, 表观密度 $2\ 620\text{ kg/m}^3$ 。膨胀剂采用宏发 FB-G, 产地厦门, 掺量 9%。水泥采用华新普通 525[#] 水泥。

(2) 施工配合比。水泥 砂 石 水: 膨胀剂 = 424 700 1 050 172 40; 坍落度: 180 mm; 砂率: 45%。

3 钢管混凝土灌注时骨架应力及变形

根据计算, 劲性钢骨架在灌注钢管混凝土阶段变形及应力值均较小, 应力最大值发生在 1/2 截面下弦

杆处为 1.2 M Pa, 竖向位移最大值在 1/8 断面附近为 1.1 cm, 实际各实测值与理论值偏差均在 30% 以内, 且高程与应力的变化趋势吻合较好, 同一断面各弦杆应力比较均匀, 表明该阶段施工安全具有充分保证. 骨架各高程控制点划分见图 2. 钢管混凝土灌注完成后拱轴线高程见表 1. 钢管混凝土灌注完成后各平衡体系之间应力变化见表 2.

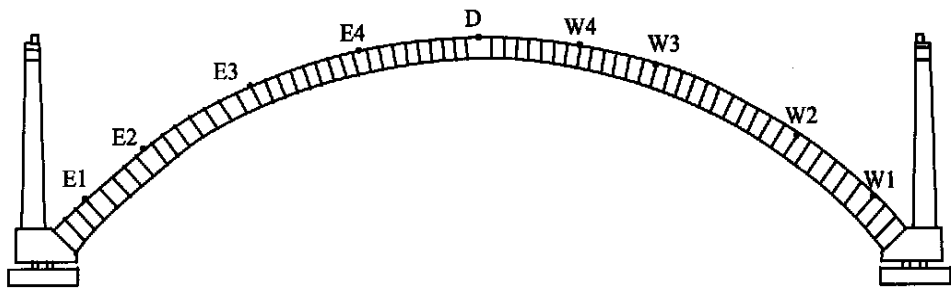


图 2 主弦钢管骨架高程控制点

表 1 钢管混凝土灌注完成后拱轴线高程

测点	E 1	E 2	E 3	E 4	D	W 4	W 3	W 2	W 1
设计	0	- 6.2	- 0.14	- 3.3	- 1.1	- 3.3	- 0.14	- 6.2	0
实测	0	- 2	- 3	- 7	0	- 6	- 5	- 2	0
差值	0	- 4.2	- 2.86	- 3.7	- 1.1	- 2.7	- 4.86	- 4.20	

表 2 温度 25.5 时各平衡体系之间的应力变化值

位 置		设 计	实 测
拱脚截面(左)	上弦	- 1.25	- 1.89
	下弦	- 0.54	- 0.65
1/4 截面	上弦	- 2.01	- 2.33
	下弦	- 0.75	- 0.88
1/2 截面	上弦	- 2.87	- 2.82
	下弦	1.05	1.2
3/4 截面	上弦	- 2.3	- 2.35
	下弦	- 0.66	- 0.58
拱脚截面(右)	上弦	- 1.34	- 1.26
	下弦	- 0.49	- 0.52

注: “-”表示截面受压.

4 施工质量控制

4.1 钢管混凝土质量检查

- (1) 敲击听音法. 通过敲击声音的变化, 可以检查出灌注混凝土与钢管内壁间的空隙, 精确度可达到 1 ~ 2 mm, 这是目前最常用的方法之一.
- (2) 超声波检查法. 超声波检测的主要目的是检查管内混凝土是否均匀、混凝土与钢管是否密贴、管内混凝土是否存在空洞和冷接缝以及强度是否达到设计要求. 为了能对钢管混凝土质量作出正确的评价, 超声检测布点采用随机抽样布点, 要求做到具有代表性, 具有一定数量可进行统计分析, 对可能产生缺陷的部位, 如拱顶和拱脚应适当增加测区, 同时, 对在泵送混凝土浇注中出现堵管的管道进行重点探测.

4.2 钢管混凝土质量缺陷控制

- 钢管混凝土最常见质量缺陷有以下几种, 在施工过程中应加强控制.
- (1) 空腔. 由灌注过程中排气不良或灌注间断而残留在混凝土内的空气造成.

(2) 收缩缝。由于混凝土水灰比过大, 水泥用量过多, 微膨胀量不足造成。

(3) 混凝土与管壁粘结不良, 由管内壁锈蝕造成。

(4) 混凝土离析, 由配料不好、骨料堆积造成。

(5) 混凝土疏松不密实, 由泵压不足, 灌注速度过快造成。

施工泵送混凝土时, 计算结果表明, 骨架各点应力变形值较小。对结构的安全无大的影响, 质量控制目标重在确保骨架泵送密实度及强度。施工时应重点控制好以下几点: 确保泵送一次顶升就位; 严防不对称灌注; 严格按照配合比配料, 保证混凝土的强度。

4.3 施工组织措施

(1) 严格工序检查, 每次泵送前对布置情况认真检查, 经检查人员签证后方可施工。

(2) 设专人负责现场组织协调各工序展开施工, 确保对称连续泵送。

(3) 材料进场应严格把关, 按配合比过秤配料, 防止出现堵管现象。

(4) 加强技术交底及现场组织指挥, 严格按施工程序进行, 以防出现意外的安全质量事故。

5 施工效果

通过采取监测监控, 泵送混凝土施工各项指标均达到预定目标。经现场检测, 质量全部合格, 该项技术对同类型桥梁的施工具有借鉴意义和推广价值, 也为下步施工奠定了基础。

参 考 文 献

[1] 赵志缙, 赵帆. 混凝土泵送施工技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 97~ 102

[2] 牟宏远, 戴永潮, 申建滕. 商品混凝土生产与泵送混凝土施工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1987. 30~ 120

Pumped Concrete Technology for Steel Tubes of the Main Chord in Long Span Arch Bridge Erected by Swing

W u J i a z h a o

(The 1st Engineering Co. L td., The 11th China Railway Engineering Bureau Group, Xianfan 441104, China)

Abstract Based on the construction of Diaozhongyan Major Bridge, pumped concrete technology for steel tubes of the main chord in an arch bridge erected by swing and the methods of quality control are introduced in detail. The stresses and displacements in the steel skeleton measured during concrete pumping stage are compared with the design values.

Key words: long span arch bridge; construction by swing; steel tube of main chord; pumped concrete

(责任编辑 杨继成)