

荆州市城北快速路工程 V 型墩施工研究

汪宏强

[上海城建市政工程(集团)有限公司,上海市 201999]

摘要: V 型墩连续刚构桥刚度大,受力合理,能有效的降低主梁的建筑高度,能在一定程度上增加主梁的跨越能力,以荆州市城北快速路跨荆襄河 V 型墩连续刚构桥为研究对象,对 V 型墩柱施工中合理的支架搭设、分段及浇筑顺序进行分析,通过对方案优化、过程监测等手段圆满地完成了桥梁的施工,提高了施工质量和施工效率,该方法在 V 型墩刚构桥施工中具有一定的借鉴价值。

关键词: V 型墩;支撑;浇筑

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)06-0184-04

0 引言

国外 V 型墩连续刚构桥出现较早,工艺成熟,目前 V 型墩连续刚构桥跨径也逐渐增大,自重进一步减轻,出现了一些钢结构和混凝土箱型结构的 V 型墩。我国 V 型墩连续刚构桥起步较晚,第一座 V 型墩连续刚构桥是建于 1988 年的广西桂林雒江大桥,在此后的一段时间里我国的工程师不断总结和借鉴国外的先进经验,建设了一定规模的 V 型墩连续梁桥,从一定程度上解决了不同场景的需求,针对独有的结构外形、受力形式、预应力钢筋布设方法等方面也都有不同程度研究和施工方法优化的改进。

采用 V 型墩连续刚构桥具有主梁受力合理、结构整体刚度较大,整个结构线条流畅、轻盈美观、V 型墩的施工方法等优点一直被广泛应用,但是由于 V 型墩的两侧壁浇薄,两斜肢脚有向外侧倾覆的可能性,所以如何固定模板及支架,保证受力体系稳定,施工过程不产生超限变形,是 V 型墩施工的难点。

1 工程背景

荆襄河桥采用 37 m+66 m+37 m 跨变截面连续桥梁,斜交正做,为 V 型刚构加悬索造型,V 型墩斜腿顶部梁高 3.5 m,梁端梁高 2 m,跨中梁高 2 m,V 型墩间梁段跨中梁高 2.5 m,V 型墩斜腿顶部至梁端方向及跨中方向底板厚 28~50 cm,V 型墩两斜腿之间底板厚度 50~40 cm,均采用 2 次抛物线变化,

腹板厚度为 45~70 cm。V 型墩顶部对应主梁位置设置墩顶横梁,横梁厚 2.5;梁端设置端横梁,厚 2 m。主梁采用支架现浇,中跨合龙段长 2 m,i 主梁分次浇筑梁段划分为 7 m,0 号块长为 22 m。

桥墩采用 V 型薄壁墩,V 墩两斜肢采用矩形截面,钢筋混凝土结构,上下固结,壁厚 120 cm,承台顶设 V 墩台座,壁厚 300 cm。左右肢与铅垂线夹角均为 36°,V 型墩高度及开口宽度,随着纵坡而变化。

荆襄河桥总体布置见图 1,桥墩立面见图 2,桥墩侧面见图 3。

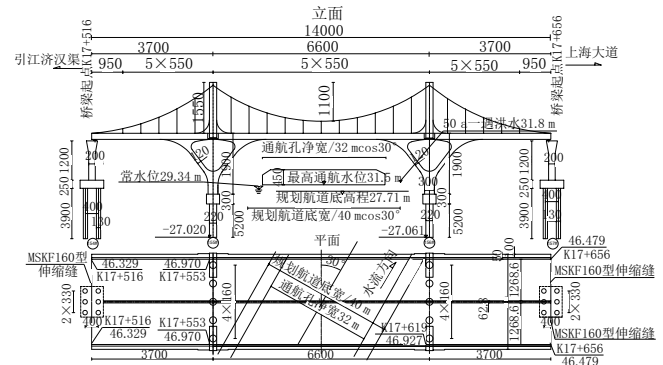


图 1 主桥总体布置图(单位:cm)

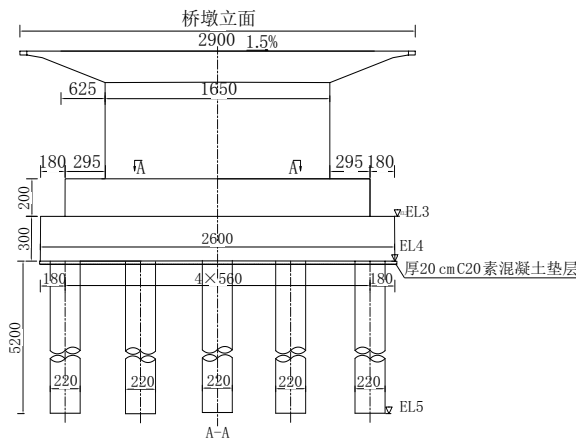


图 2 桥墩立面图(单位:cm)

收稿日期: 2023-01-18

作者简介: 汪宏强(1968—),男,学士,工程师,从事市政施工工作。

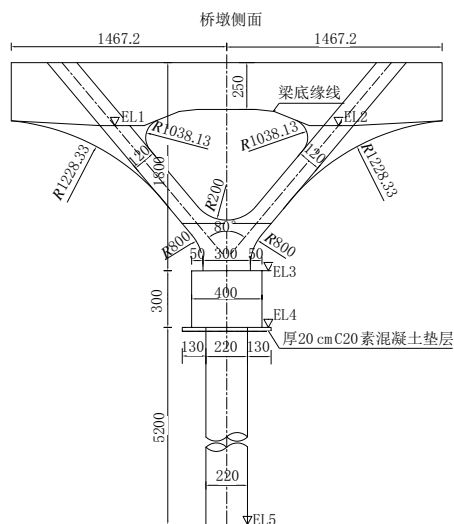


图3 桥墩侧面图(单位:cm)

3 V形墩一般工艺

作为已经相对成熟的薄壁墩技术,V形墩根据工况及环境的不同已经发展出了多种施工工艺,其中主要工艺如下:

(1)满堂支架法:通过铺设满堂支架进行整体施工。此工艺对于桥墩工况存在一定限制。对于落于水中的桥墩存在水下立模难度相对较大、一次性浪费相对较大等缺点;对于落于岸边的桥墩需要综合考虑岸边土体风险,对于土质较差的需要进行地基处理甚至土体加固。

(2)万能杆件拼装支架法:采用由角钢和链接钢板通过螺栓连接组成万能杆件,利用其能够任意调整形状的特点组装成为所需要的目标形状,相互连接形成支架进行施工。由于需要针对性的进行组合,存在由于杆件种类过多、操作繁琐导致的施工难度增大,以及由于节点增加而可能存在加载后形变继而导致混凝土开裂等质量问题。

(3)钢桁梁组合支架法:采用宽翼缘H型钢与8号角钢通过螺栓连接组成桁架结构进行施工。钢桁梁由于其本身需要定制加工,相对所需要的施工周期较长,且同样存在因节点较多等导致变形的风险。

本工程现场工况复杂,工期相对较紧,现场V形墩内钢管立柱、分配梁、贝雷梁、临时支撑等构件能重复使用,可有效的减少钢材使用,为节约施工成本最终选择满堂支架法进行施工。

4 V型墩施工难点分析

本工程荆襄河桥为40 m+60 m+40 m跨变截面连续桥梁,是V型刚构加悬索造型,桥宽29 m,桥面较宽,V型墩的宽度与桥梁的底面宽度一样,横桥向

整体布置,墩柱的浇筑属于大体积混凝土浇筑,且V型墩受力复杂,施工各环节要做到衔接紧密,施工质量及安全性得到保证是比较重要的,主要施工难点如下:

(1)V型墩壁薄、两斜肢易向外侧倾覆,需合理的设置支撑及综合考虑其拆除。

(2)V型薄壁墩0#块主梁施工量大,对支撑体系的稳定性及支架搭设体系的地基承载力有较高要求。

(3)V型薄壁墩高度较高,两斜肢壁薄的特点,浇筑时需确保分段对称浇筑保证受力均衡,并保证混凝土的施工质量。

5 工法研究

根据现场工况及实际施工难度,综合考虑保证受力对称、稳定等因素,荆州市城北快速路跨荆襄河V型墩施工采用满堂支架法。

(1)考虑到V型墩壁薄、两斜肢易向外侧倾覆的特点,通过在V墩内设置精轧螺纹钢对拉螺栓,实现了两斜肢的整体受力,继而保证外支撑体系安全可靠。除此之外,通过在薄壁墩内预埋钢板,采用锚筋使钢板与工字钢焊接,使V墩内支撑体系与薄壁墩连接成为整体;与此同时,利用三角形稳定性好的特点,确保支撑体系和V型薄壁墩整体稳定(见图4)。



图4 内部支撑现场图

(2)采用V墩内台座进行支撑体系搭设,而后进行0#块内主梁施工的工艺。通过利用自身墩柱的承台桩基基础,解决V墩内支撑基础承载力不足的问题。相比于常规的地基基础,此工艺大大增加了支撑体系基础的稳定性,减少了基础的不均匀沉降,降低了施工风险。

(3)由于V型墩高度较高,两斜肢壁薄,采用将V墩分段浇筑的工艺。在两斜肢施工时,钢筋一次性绑扎到位,混凝土分段对称浇筑;安装V墩模板时,竖向及横向每米预留30 cm见方的操作窗口,用于混凝土的振捣,浇筑完成后封闭模板,以保证V墩混

凝土的施工质量。

6 工艺优化

V型桥墩结构形式上分三部分:下部是斜腿,中部为顶帽和牛腿,上部为顶板;V型斜腿其截面为矩形。桥梁的载荷通过支座传递到牛腿,再经牛腿传到V型桥墩的斜腿,最后传到承台和基础。V型桥墩的恒载作用下的合力接近基底中心,V型薄壁墩及0#块主梁支撑体系须满足强度(承载力)、刚度和稳定性。

6.1 总体工艺构想

本工程通过对于满堂脚手架工艺结合项目实际工况等因素进行针对性优化。原则上,利用已施工的V墩台座对支撑体系进行优化。搭设内外支撑,对混凝土浇筑进行合理分段,在保证支撑体系的强度、刚度和稳定性的前提下,解决了V型薄壁墩两斜肢薄壁和0#块施施工质量问题,技术、质量指标均符合设计及相应的验收规范要求。

6.2 支架地基处理

在支架搭设前必须进行支架地基的处理。由于两个V型薄壁墩之间为河道,对于不良土质进行换填,表面硬化,硬化结构层为35 cm 宕渣+20 cm C20混凝土。在V构顶部的交汇处,受力较大,对地基的承载力要求较高,支架地基采用钢管桩加固,其上浇筑4.6 m宽,0.5 m厚的地梁,配制双层双向C16钢筋进行处理。浇筑混凝土地坪时,确保地面的平整度,以保证钢管支架的平整稳固,必要时可在钢管下安装可调支座。

6.3 V型墩支撑体系

由于两个V型薄壁墩之间为河道,受场地限制

的影响,须在河道上方搭设钢平台,V型薄壁墩支架在钢平台的基础上,搭设工字钢分配梁+碗扣式支架,与钢平台形成V墩薄壁墩的支撑体系(见图5)。然后进行V型薄壁墩分段搭设模板及混凝土浇筑。



图5 V型墩现场支撑图

6.3.1 外支撑施工流程

支架平面位置测量放样→地基处理(C30混凝土地梁)→钢管立柱施工(双拼20#b槽钢剪刀撑和横撑)→封口钢板焊接→双拼45#b工字钢安装→单层双排上下加强型贝雷梁安装→25#b工字钢安装→碗扣支架搭设→V墩两斜肢分段施工(精轧螺纹钢对拉螺栓)。

6.3.2 内支撑施工流程

V墩台座施工→V墩两斜肢分段对称施工→台座C30混凝土填平,下铺油毛毡隔离,且预埋1000 mm×1000 mm×20 mm钢板→钢管立柱施工(双拼20#b槽钢剪刀撑和横撑)→封口钢板焊接→双拼45#b工字钢安装→单层单排上下加强型贝雷梁安装→25#b工字钢安装→碗扣支架搭设→0#块主梁施工。

6.3.3 V型墩内、外支撑体系搭设设计

V型墩内外支撑体系搭设设计具体见表1。

表1 V型墩内外支撑体系搭设设计

序号	支撑结构部位	设置要求	适用部位
1	箱室部位顶板及内支撑结构	0#块底模板采用钢结构模板,面板采用厚度1 cm钢板;钢板下方焊、5 cm高,1 cm厚纵横肋;纵横肋下设置10#工字钢纵梁,以及钢管纵横支撑梁	主梁
2	V构内钢管支架	采用直径 $\phi 48$ mm,壁厚3.0 mm的钢管支架,间距按30 cm×60 cm布置	V型墩构内部
3	V构外薄板下支架	采用直径 $\phi 48$ mm,壁厚3.0 mm的钢管支架,间距按30 cm×60 cm布置。V构交汇点下,支架间距按30 cm×30 cm布置,下设二排钢管桩	V型墩构外部
4	分配梁	选择双拼25#b工字钢	V型墩构内、外
5	贝雷梁	贝雷梁布置为:总共设置26排单层单排上下加强型贝雷架,间距按45 cm布置,中间450花窗连接	V型墩构内部
6	贝雷横梁	贝雷横梁布置为:单层双排上下加强型贝雷架,间距按45 cm布置,中间450花窗连接,共设置4道	V型墩构外部
7	工字钢主梁	工字钢主梁布置为:总共设置10排双拼45#b型工字钢,间距按60 cm布置	V型墩构内部
8	工字钢横梁	工字钢横梁布置为:双拼45#b型工字钢	V型墩构内、外
9	工字钢系梁	采用双拼热轧45#b型工字钢	V型墩构内、外
10	钢管支撑	采用630钢管,无缝钢管 $t=10$ mm,钢管支撑顶焊接800 mm×800 mm×20 mm钢板	V型墩构内、外
11	剪刀撑及横撑	采用双拼20#b槽钢	V型墩构内、外

其支撑体系搭设见图 6~图 8。

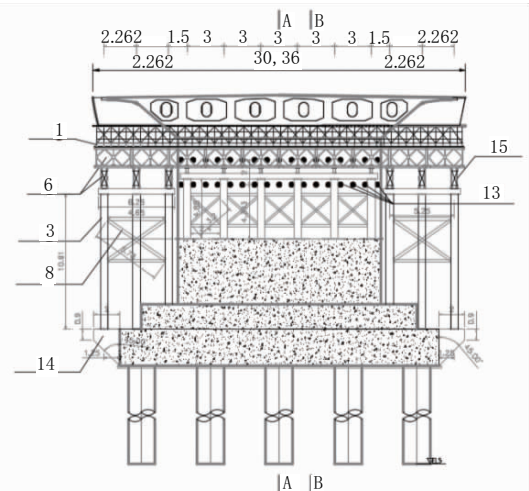


图 6 V 型薄壁墩横断面示意图(单位:m)

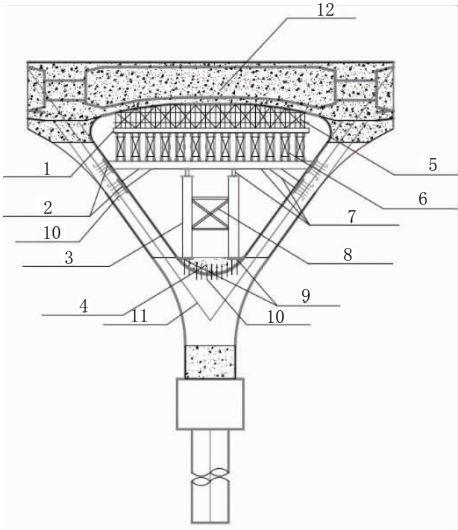


图 7 V 型薄壁墩 A-A 横断面示意图

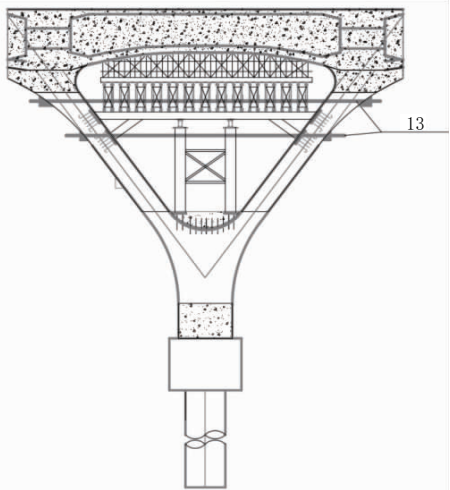


图 8 V 型薄壁墩 B-B 横断面示意图

图 6~图 8 中标记见表 2。

6.4 V 型墩及 0# 块主梁浇筑

V 型墩外侧支撑系统搭设完成后,进行 V 型墩结构施工。为保证 V 墩受力安全,减小变形,防止 V 型墩斜肢根部弯矩过大导致混凝土开裂,必须分段

表 2 支撑体系简图标记

标记序号	标记名称	标记序号	标记名称
1	双拼 25#b 工字钢 @600	9	1 000 mm × 1 000 mm × 20 mm 预埋钢板
2	1 000 mm × 1 000 mm × 30 mm 预埋钢板	10	φ12 圆钢 @150 锚筋
3	φ630 mm × 10 mm 钢管立柱	11	V 墩台座
4	C30 混凝土填平,下铺油毡隔离	12	0# 块主梁
5	碗扣式支架	13	
6	单层单排上下加强型贝雷梁	14	C30 混凝土牛腿地梁
7	双拼 45#b 工字钢	15	单层双排上下加强型贝雷梁
8	双拼 20#b 槽钢		

分层浇筑。V 型墩分为四次浇筑,第一次施工部位为 V 型墩 V 字以下直线段,第二次为 V 型墩及 V 肢下部,第三次为两斜肢薄壁,第四次为 0# 块主梁部分,具体见图 9。

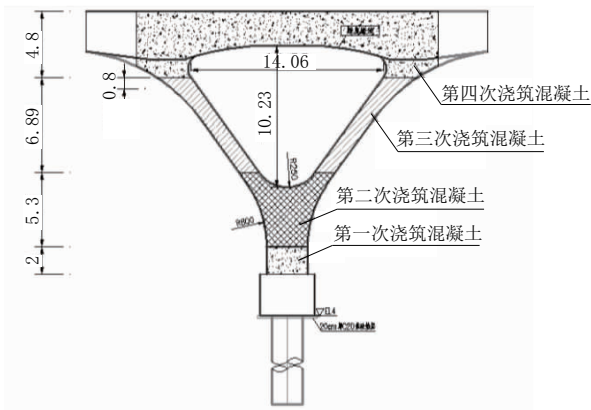


图 9 V 型薄壁墩分段浇筑示意图(单位:m)

第三次浇筑时,必须按照工艺要求控制浇筑速度和时间,应注意坚持左右对称分层浇注,并在施工技术规则的规定范围内尽量延长浇筑时间,以使下部混凝土在浇筑过程中逐步终凝,确保下部混凝土能按工艺设计达到强度、参与施工荷载的受力。插入式振动棒振捣密实,达到一定强度后进行拆模养护。

7 结 语

V 形墩作为现有桥梁墩柱的一种主要形式已经被广泛的应用于各类桥梁中,相比其他墩柱形式,其一般均需要在施工过程需考虑不同项目工况,进行针对性的工艺选择及工艺优化。本文通过结合荆州市城北快速路工程提出了一种岸边 V 形墩的施工工

(下转第 229 页)

4.2 试验结果

4.2.1 自振频率

选取 50 km 时速下测试截面振动加速度曲线(见图 11),对车辆驶离桥面后余振加速度曲线进行自谱分析,得到桥梁实测竖向第一阶频率为 2.875 Hz,大于理论计算值 2.631 Hz,说明桥梁实际刚度大于理论刚度,桥梁结构实际状态良好。

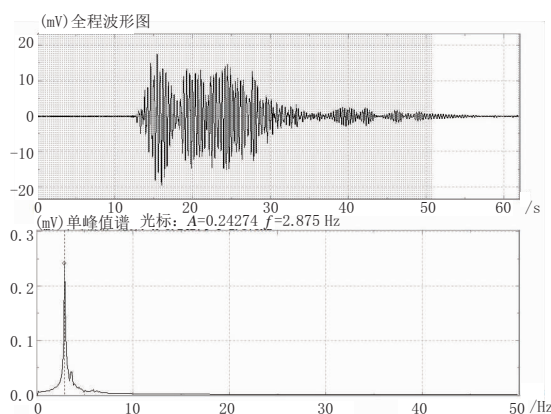


图 11 50 km 时速下余振加速度曲线自谱分析图

4.2.2 冲击系数

选取 50 km 时速下测试截面动应变时程曲线(见图 12)。采用三点法对冲击系数进行分析,选取动应变时程曲线中最大动应变峰值及相邻两侧动应变波谷值(图中 1、2、3 点),得到最大动应变幅值为 $-52.7 \mu\epsilon$, 1、2、3 点动应变平均值为 $-46.0 \mu\epsilon$, 计算出实测冲击系数为 0.146, 小于理论计算值 0.155, 说明桥梁行车性能良好。

5 结论

(1)试验桥跨在各工况车辆荷载作用下实测挠度变形趋势与理论分析基本相符,校验系数最大值为 0.85,满足规范^[4]中校验系数应小于 1 的要求,桥梁实际刚度满足设计要求。相对残余挠度最大值为 7.8%,满足规范^[4]中相对残余挠度应小于 20%的要求,说明桥梁处于弹性工作状态,变形后恢复能力较好。

(2)试验桥跨在各工况车辆荷载作用下应变横

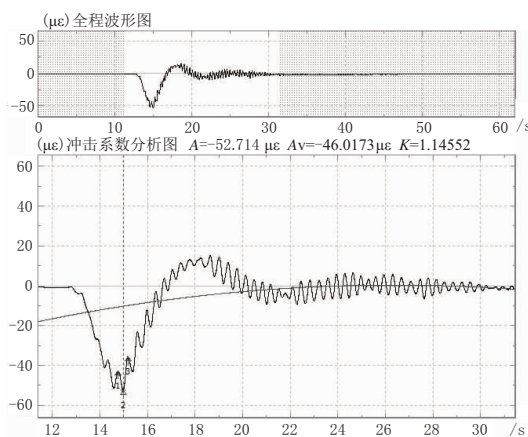


图 12 50 km 时速下动应变时程曲线

向分布与理论分析基本相符,校验系数最大值为 0.94,满足规范^[4]中校验系数应小于 1 的要求,说明桥梁强度满足设计要求。

(3)桥梁实测竖向一阶频率 2.875 Hz,大于理论计算值 2.631 Hz,说明桥梁实际刚度大于理论刚度,桥梁结构实际状态良好。实测冲击系数 0.146,小于理论计算值 0.155,说明桥梁行车性能良好。

(4)以上静力测试结果表明,该桥试验跨处于弹性工作状态,桥梁横向联接性能良好,结构刚度及强度满足规范要求。动力测试结果表明,该桥试验跨动力性能良好,桥梁结构实际状态良好。该桥试验跨承载能力满足设计规范要求。

(5)该桥计算模型分析结果与荷载试验实测结果一致,表明本次试验模型计算方法及加载过程合理可靠,能准确反映波形钢腹板组合箱梁桥在各试验工况作用下的实际受力特征,可为同类型桥梁简化分析计算提供参考。

参考文献:

- [1] CJJ/T 272—2017,波形钢腹板组合梁桥技术标准[S].
- [2] 聂建国,李发雄,等.考虑腹板剪切行为的波形钢腹板梁理论模型[A].中国公路学报,2011,24(6):47.
- [3] JTG/T J21-01—2015,公路桥梁荷载试验规程[S].
- [4] JTG/T J21—2011,公路桥梁承载能力检测评定规程[S].
- [5] JTG/T D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].

(上接第 187 页)

艺。在项目的实施过程中,成墩后线形良好,质量符合规范及设计要求。为此类型及工况下 V 形墩提供了一种行之有效的施工工艺。

参考文献:

- [1] 闵凡华.V 型墩施工技术的质量控制[J].城市建设理论研究(电子

版),2011(34).

- [2] 程翠.赤峰市友谊大桥 V 型墩连续刚构桥施工技术[J].北方交通,2018(2):21-23.
- [3] 崔仁海,刘春燕.南岸三桥预应力混凝土 V 型墩施工技术[J].广东土木与建筑,2006(3):47-49.