

槽身模板支架及成套运输系统在高渡槽 施工中的应用

赵启强

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 610072)

摘要:结合岷河供水一期工程书永分干渠高石梯渡槽特点以及现场实际条件,对高渡槽的槽身现浇支架搭设及垂直运输方案进行了优化。介绍了高渡槽现浇支架的设计、施工及其成套运输系统,可供类似工程施工时借鉴。

关键词:高渡槽;钢板牛腿;贝雷支架;运输系统;岷河供水一期工程

中图分类号:TV52;TV53

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)06-0075-04

1 概述

书永分干渠属于岷河供水一期工程蟠书灌区范围渠系,渠系全长39.137 km,其中渡槽10座、隧洞27座、明(暗)渠41段、倒虹吸1座、取水口1座、分水闸3座。高石梯渡槽桩号为书37+948.933~书38+435.533,全长486.5 m;渡槽标准跨为15 m,16#~18#异型跨段为10.8 m,共计33跨。根据设计蓝图,渡槽跨河段为最高跨,净空高度为31.6 m,其中2#~5#、25#~33#为单排架,6#~24#为双排架。I类单排架尺寸为40 cm×50 cm,II类单排架尺寸为45 cm×70 cm;双排架尺寸为40 cm×40 cm。

施工区域处于丘陵沟壑中,该渡槽穿越乡镇道路、水田及河道,现场地形多数较平直,地形坡度较缓,地面附着物较多,上部土层埋深5~10 m,下部基岩为粉砂质泥岩,特性属软岩~较软岩,抗压强度一般在30 MPa以内。

2 槽身施工方案的选择

(1)现浇支架方案的选择。根据渡槽所处位置的地形、地貌特点,结合工程实际情况,可供选择的现浇支架主要有满堂脚手架(扣件式或碗扣式)、钢管柱+贝雷梁组合支架及牛腿+贝雷支架等。

①满堂钢管架方案。由于渡槽经过区域多数为农田,农作物多,地基软,地质条件差,若采用满堂脚手架需要大面积进行地基处理,消耗的材料数量多;该渡槽还同时穿越两条乡村道路和河道,采用满堂脚手架构势必会影响道路交通,同时还将

影响河道过流,且该渡槽平均高度为28 m,在这种高度下搭设满堂钢管架必将增大底部架体宽度,消耗的材料较多且安全隐患较大。

②钢管柱+贝雷梁方案。钢管柱+贝雷梁的施工支架是以排架承台为基础,安装φ500钢管柱作为支撑,钢管柱上部安装贝雷支架。但因该渡槽高度较大,钢管柱的搭设亦相对较高,其稳定性得不到保障,存在一定的安全隐患。

③钢板牛腿+贝雷支架方案。该方案是以渡槽排架自身作为受力基础,在渡槽混凝土排架上预埋精轧螺杆,安装钢板牛腿形成支撑基础,在其上部搭设贝雷支架。

根据现场实际条件及工期要求,经过对满堂钢管架、钢管柱+贝雷梁组合支架、钢板牛腿+贝雷支架等三种方案进行技术经济比较分析后得知,钢板牛腿+贝雷支架方案在高渡槽槽身施工中更科学、合理,同时能够与渡槽运输系统相结合,可节约工程施工成本,加快施工进度。

(2)渡槽槽身施工运输方案的选择。根据渡槽施工特点,可采用25 t汽车吊、塔吊等作为施工垂直运输系统。由于汽车吊的吊装高度无法满足现场施工要求,而塔吊的覆盖范围又受到限制,考虑到该渡槽模板、贝雷片等均为小型材料,钢筋、混凝土等材料可分批分量吊运,故决定采用3 t小型龙门吊进行垂直运输。在小型龙门吊前后分别配备两台小型吊机作为水平运输系统,槽身上部所有周转材料均采用小型吊机配合小型龙门吊进行水平转运。

3 贝雷梁支架的设计

收稿日期:2017-06-10

3.1 贝雷支架结构

针对该工程提出的贝雷梁方案是利用渡槽排架作为受力基础,预埋精轧螺杆,安装钢板牛腿形成支撑,然后通过牛腿上部安装双拼 I40 工字

钢横梁、6 组贝雷梁、I16 分配梁搭建形成组合支架;在支架上部安装槽身模板,其具体结构见图 1、2 和图 3。

3.2 贝雷支架安全稳定性验算

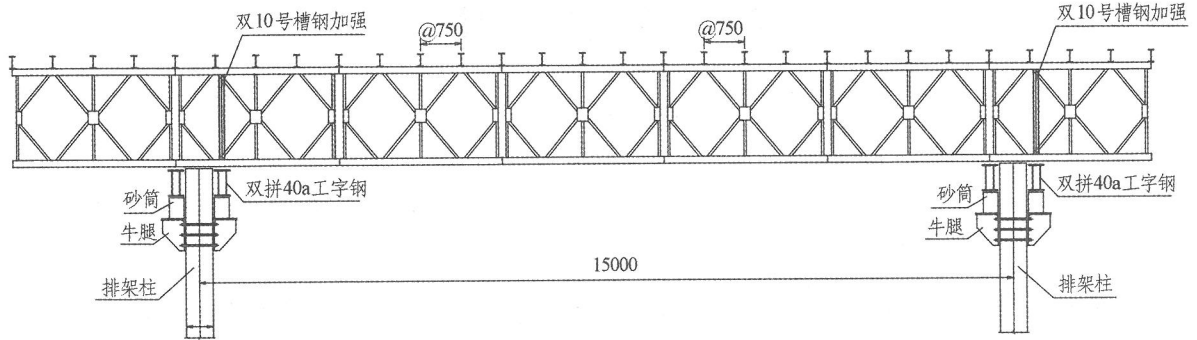


图1 渡槽支架立面图

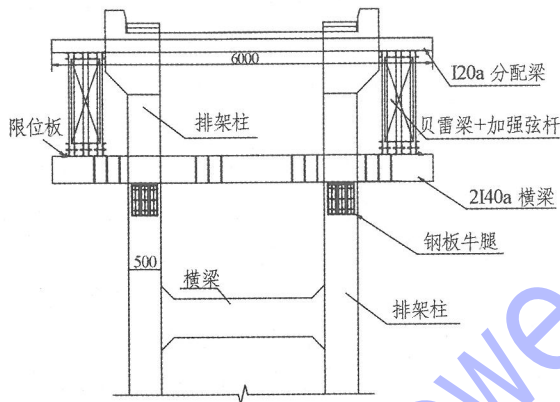


图2 渡槽支架横断面图

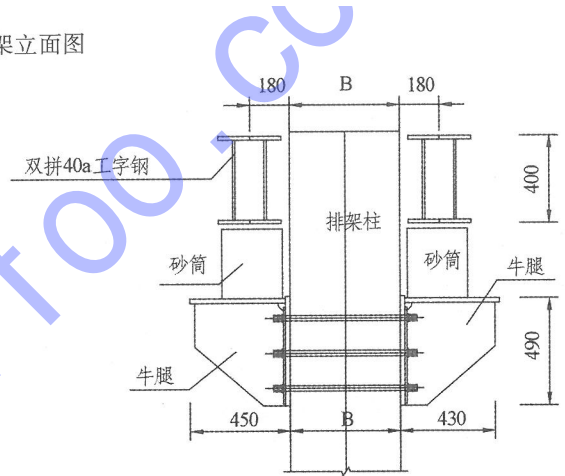


图3 牛腿安装细部图

3.2.1 牛腿计算分析

(1) 牛腿钢板结构尺寸。

牛腿钢板厚度均为 20 mm,采用 Q235 钢。钢板牛腿尺寸为高 500 mm,宽 450 mm(图 4)。

(2) 预埋钢筋的计算。

根据《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)9.7.2 条进行计算,排架立柱混凝土为 C30,锚筋假定采用 HRB235 ($\varphi 25$),计算荷载剪力 $V=314.9$ kN,弯矩 $M=110.2$ kN·m。通过计算得到预埋筋总截面积为 $4\,428.8$ mm²,取值 $4\,428.8$ mm², $4\,428.8/490.9=9.02$ (根),最终取 9 根 $\varphi 25$ 钢筋。为确保安全,采用 9 根 $\varphi 28$ 钢筋或采用 9 根 $\varphi 25$ 精轧螺纹钢可满足要求。

(3) 锚固长度的计算。

根据《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)8.3.1 条进行计算。排架立柱采用 C30 混

凝土,锚筋采用 HPB300 光圆钢筋,则锚固长度:

$$l_{ab} = a \frac{f_y}{f_t} d = 0.16 \times \frac{270}{1.43} \times 25 = 755.2 \text{ (mm)}$$

若采用机械连接可取锚固长度:

$$0.6l_{ab} = 0.6 \times 755.2 = 453.1 \text{ (mm)}$$

因立柱宽度为 400 mm × 500 mm 和 450 mm × 700 mm 两种,锚固长度为 500 mm 或 700 mm,可在锚筋中部焊接钢板或钢筋以加强锚固效果。

(4) 焊缝计算。

假定不考虑焊缝缺陷,焊脚高度 $h_f=10$ mm,采用双面角焊缝,根据《钢结构设计规范》(GB50017-2003)7.1.3 条进行计算复核。

焊缝强度(2 点为设计控制点)为:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{\perp}}{\beta_f}\right)^2 + \tau_f^2} = \sqrt{\left(\frac{61.2}{1.22}\right)^2 + 21.4^2} = 54.4 \text{ (MPa)} < 160 \text{ (MPa)}$$

根据上述计算后决定,钢材采用Q235钢,焊缝焊脚高度采用10 mm,双面角焊缝,满足规范要

求。

3.2.2 立柱承载力计算

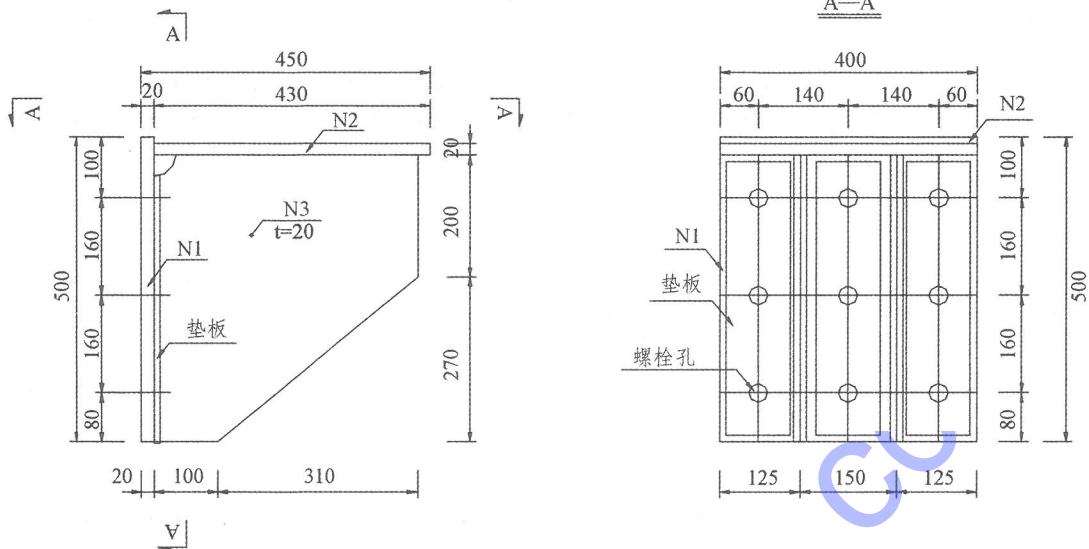


图4 所设计的牛腿结构尺寸图(mm)

该渡槽立柱分为单排柱和双排柱两种形式,针对立柱承载力验算的核心是吊车自重和吊重时产生的不平衡弯矩,以及相应的轴力下立柱的承载力。对于单排柱,在流水方向相当于单柱受力,而对于双排柱则相当于框架受力。单排柱因偏心受力较为不利,故只对单排架立柱进行受力分析。

(1) 按计算荷载验算(立柱顶截面)。

450 mm × 700 mm 立柱最高为 20 m,轴力为 629.7 kN,弯矩为 23.1 kN · m,采用桥梁通软件进行计算,其排架柱顶部偏心受力能够满足规范要求。

(2) 按计算荷载验算(立柱底部截面)。

450 mm × 700 mm 立柱最高为 20 m,轴力为 793.5 kN,弯矩为 23.1 kN · m,采用桥梁通软件进行计算,其排架柱底部偏心受力能够满足规范要求。

根据上述计算结果可知:立柱均处于小偏压状态,偏心受力及强度均满足要求。

由于构件处于偏心受压,承载力与立柱高度、弯矩和轴力有关,由计算结果可以看出:450 mm × 700 mm 的偏心受压弯矩为 70 ~ 80 kN · m,轴心受压承载力为 864.8 kN。

3.3 贝雷支架悬挑计算

小型吊机荷载按 3 t(自重)、每次吊运按 1 m³ 混凝土重量计,则共重 3 × 10 + 26 = 56(kN)。

吊机前后轮距长度为 3 m,左右轮距为 2.5 m。在悬臂长度为 9 m 时,荷载加载在端部为最不利情况,每个轮子受力为 5 6/4 = 14(kN),在模型中按三片贝雷梁共同受力参与计算,荷载施加在端部。通过有限元计算分析,其荷载能够满足规范要求。

按 3 片贝雷梁共同受力、上述荷载加载,其结构端部变形为 3.1 cm,标准组合下最大拉应力为 93.3 MPa,压应力为 -143.1 MPa,满足规范要求(按容许应力法,贝雷片容许应力为 210 MPa)。考虑到贝雷片铰接可能存在间隙,实际变形会略大于 3.1 cm,由计算得知,3 片贝雷梁可满足结构安全需要。为进一步确保结构安全,在施工现场实际使用 6 片贝雷梁对称安装。

4 槽身施工运输系统设计

槽身施工运输系统采用 2 台小型吊机与 1 台小型龙门吊相配合。在已成型槽身上部配备 1# 吊机(载重 1 t),正在浇筑的槽身跨时配备 3 t 小型龙门吊机,在正在进行的贝雷支架搭设跨配备 2# 吊机(载重 1 t)。1# 吊机主要用于已成型槽身贝雷支架的拆除并将吊物传递给龙门吊机,2# 吊机用于贝雷支架悬臂的安装,小型龙门吊机用于槽身上部小型材料的转运及垂直运输。小型龙门吊和小型吊机的布置情况见图 5。

5 牛腿 + 贝雷梁支架施工

5.1 支架搭设步骤

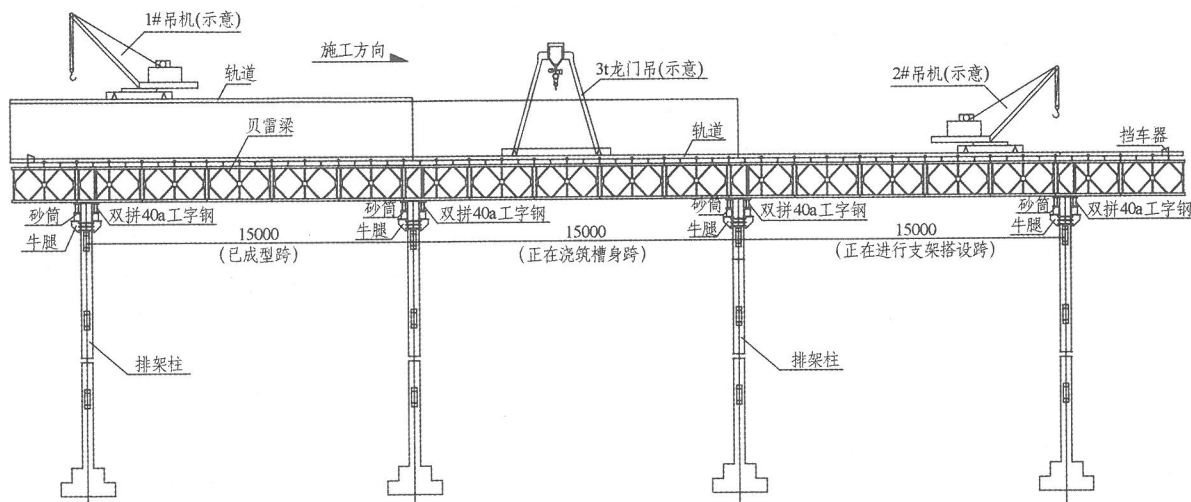


图5 小型龙门吊和小型吊机布置示意图

渡槽现浇槽身支架以自身排架作为支撑基础,预埋精轧螺杆,安装钢板牛腿形成支撑,上部依次安装砂筒、双拼工字钢横梁、贝雷支架、分配梁、吊车轨道、小型吊车及小型龙门吊,贝雷梁从排架外侧穿过形成连续梁。

钢板牛腿安装完成并经检查合格后,将砂筒放置在牛腿上部紧靠渡槽排架位置,作为重要受力点以承载上部荷载,采用限位钢板对砂筒位置进行固定。高石梯渡槽前三跨高度不超过15 m,贝雷支架的安装采用汽车吊进行吊装。对于渡槽高度较高的部位,采用小型吊机以贝雷支架自身进行悬挑形成轨道安装。该渡槽的一套支架体系需配备2台小型吊机,1台小型龙门吊,小型吊机分别配备在N-1#已成型槽身上部和N+1#槽身贝雷支架上部用于已成型槽身底模、贝雷片等的拆除和未施工跨槽身支架悬臂贝雷梁的安装,小型龙门吊配备在N#槽身用于槽身浇筑、模板拆除等。

每跨支架搭设完成后均需组织验收,以确保支架满足所制定的施工方案和相关规范要求。

5.2 支架的预压

在施工高石梯渡槽第一跨槽身前,必须按规定对槽身支架进行预压,以获取支架变形等相关数据。支架预压采用混凝土预制块或砂袋,对支架加载重量为槽身施工等重量的载体,支架预压加载采用吊车吊装并对吊装区域进行封闭,不允许非作业人员进入现场。在加载过程中,从支架两端逐渐向中部加载,在第一层加载满铺后,方准许加载第二层,逐层加载至要求重量。加载过程中,测量人员

分别测定加载至不同重量时贝雷支架的变形值并做好监测记录。支架预压卸荷时采用吊车逐块卸载,从中间向两端进行。卸载后的载体要整齐堆放在基础牢固的位置,不允许堆放在软土层或沟坎附近,防止载体倾覆造成人员伤亡。

5.3 支架的拆除

在该跨渡槽槽身混凝土结构达到设计强度后,先采用砂筒卸荷,四个砂筒需同时放砂卸荷,将槽身底板与底模分开,然后自上而下依次拆除贝雷支架各构件。

5.4 安全监测

渡槽槽身在施工过程中需要对贝雷梁支架及渡槽排架进行安全监测,在每跨贝雷梁的左右两侧各设置6个观测点,分别设置在贝雷片的4个连接点处及单跨贝雷片端头处;槽身浇筑跨的每个排架柱上设置3个观测点,分别设在排架柱底部、中部和上部。通过上述观测点在施工前后及过程中进行监测并记录,如发现有贝雷梁或渡槽排架柱变形超过允许值时则暂停施工,撤离人员并进行分析、处理。

6 结语

(1)该工程采用钢板牛腿+贝雷梁槽身现浇支架体系,节约了施工工期及施工成本。

(2)渡槽槽身施工运输采用小型吊机(自重约3 t,吊重限重1 t)与小型龙门吊(自重约3 t,吊重限重1.5 t)配合作业,节约了地面水平转运及垂直运输的成本。

(下转第92页)

料换成天然骨料的措施。同时,对已浇筑的部分,考虑无砂混凝土的渗透性,采用撒粗砂将局部表面小坑进行填补、修整的措施进行处理。

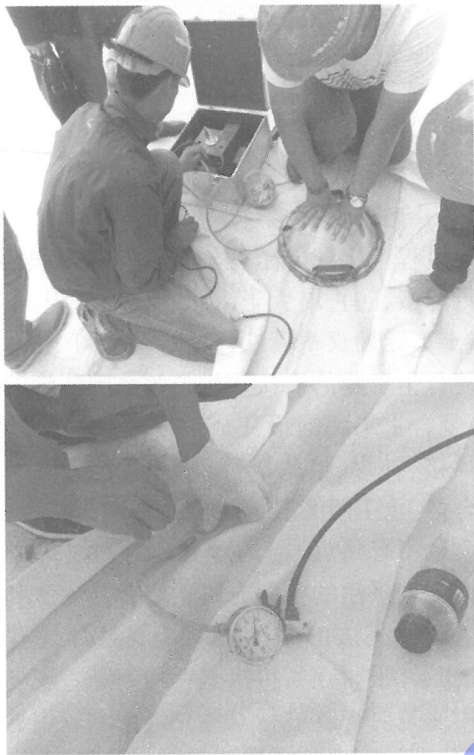


图4 土工膜质量检测照片

(2)复合土工膜的膜面处理。

现场焊接时,采用电风吹去膜面的泥土等杂物,同时用干净的纱擦拭焊缝搭接处,做到无水、无尘、无垢,土工膜应平行对正,适量搭接。

(3)无光面土工膜焊缝的特殊处理。

鉴于右岸坡面地形凹凸不平、长度不一,对于现场施工无法避免将土工膜裁剪、进行拼凑铺设的区域,由于裁剪后的土工膜不再具有光面膜,经现场试验无法保证土工布的焊接质量,为此,采用磨光机或人工将焊缝两侧土工膜焊接面的土工膜

(上接第78页)

(3)贝雷梁支架采用悬臂梁形式分段进行安装,同时以贝雷梁作为自身轨道基础在悬臂贝雷梁上方行走,该方法可用于常规吊车和塔吊无法达到的部位进行支架搭设作业及垂直运输施工。

(4)采用该施工方法,大部分槽身施工水平及垂直运输均在贝雷梁上部作业,在雨后不会因地面潮湿、泥泞等导致多天无法施工的情况出现,从而节约了施工工期。

清除干净后再进行焊接的方式。

(4)保护措施。

铺设过程中,作业人员不准直接在复合土工膜上卸放易造成土工膜损坏的器具,不准在土工膜上进行易损坏土工膜的操作。施工作业时,应将复合土工膜下垫层中的松散骨料清理干净,防止施工人员在复合土工膜上踩踏、刺破土工膜而影响防渗效果。

土工膜的原材料是高分子聚合物,该物质为链节结构,耐紫外线差,对氧化(老化)十分敏感,容易发生降解反应和交换反应,尤其是在暴晒的情况下容易引起其组成、结构的变化而逐渐失去原有的优良性能。该工程对不能及时用混凝土板覆盖的复合土工膜在其铺设验收合格后,在土工膜表面喷一层2mm厚的水泥浆,防止土工膜损坏、暴晒降低其耐久度,并及时进行土工膜上部盖重面板的浇筑。

5 结 语

在主坝右岸山脊坡面复合土工膜施工过程中,严格按照上述方法进行了施工和质量控制,对每个单元的工程质量进行了评定,其全部符合设计要求,工程质量得到了保证,确保了右岸坡面的防渗质量。

参考文献:

- [1] 土工合成材料测试规程,SL/T 235—1999[S].
- [2] 聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范,SL/T231-98[S].
- [3] 水利水电工程土工合成材料应用技术规范,SL T225-98[S].

作者简介:

李红良(1976-),男,陕西商洛人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

曹小龙(1991-),男,甘肃渭源人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(5)该工法的顺利实施,可为类似工程的渡槽、小型桥梁施工提供借鉴,特别是对于高度较大、吊车无法到达或塔吊安装不方便的部位,可将该工法作为一种施工方案进行选择。

作者简介:

赵启强(1975-),男,四川巴中人,分局副总工程师兼工程部主任,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)