

托帕水库预应力混凝土 T 梁桥原位现浇施工技术

巨伟涛 谢文璐 张旻 曾理

中国葛洲坝集团市政工程有限公司, 湖北 宜昌 443002

[摘要] 以托帕水库泄洪冲沙洞(兼导流洞)故闸井闸房预应力混凝土 T 梁桥施工为背景, 介绍了搭设支架原位现浇, 并通过砂箱实现梁体落架的施工方法, 最终完成桥梁施工, 为类似工程提供了参考。

[关键词] 预应力混凝土 T 梁; 钢支架; 原位现浇; 施工技术

DOI: 10.33142/ec.v4i6.3846

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Cast in Situ Construction Technology of Prestressed Concrete T-beam Bridge in Tuopa Reservoir

JU Weitao, XIE Wenlu, ZHANG Min, ZENG Li

Gezhouba Group Municipal Engineering Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443002, China

Abstract: Based on the construction of pre-stressed concrete T-beam bridge in the old gate chamber of the flood discharge and sand flushing tunnel (also as the diversion tunnel) of Tuopa reservoir, this paper introduces the construction method of erecting the support in situ and dropping the beam through the sand box and finally completes the bridge construction, which provides a reference for similar projects.

Keywords: prestressed concrete T-beam; steel support; cast in situ; construction technology

1 工程概况

托帕水库工程位于新疆维吾尔自治区克孜勒苏柯尔克孜自治州乌恰县境内, 工程等别为III等中型, 主要由拦河坝、溢洪洞、泄洪冲沙洞和灌溉放水洞等组成。泄洪冲沙洞布置在左岸, 其进口高程 2397.5m 平台与泄洪冲沙洞(兼导流洞)故闸井闸房之间布置 1 座交通桥, 桥梁设计为 1 跨, 采用预应力混凝土 T 梁。桥面宽度 6.35m, 桥上设置 80mm 厚 C50 混凝土现浇层、热熔型 SBS 防水层和 100mm 厚沥青混凝土桥面铺装。

2 施工方案比选

交通桥原计划采用先预制、再吊装的施工方案。实际施工中, 受进水口边坡工程地质影响, 导致原规划的施工平台和道路不复存在, 预制场地和吊装场地均不能满足需求, 若继续采用原方案, 工期和施工成本均无法保证。鉴于该情况, 提出了原位现浇的施工方案, 并结合工程现状对两种方案进行了比选。

表 1 方案对比表

方案	设备投入	施工条件变化后产生的额外工作量	对工期的影响	对比情况
先预制、再吊装	500t 履带吊两台; 运梁车 1 台	梁运距增加 3km; 修筑施工道路填方约 20 万 m ³	因新修筑道路, 进水口边坡工作面须停止施工, 影响总进度约 45 天	设备投入量大, 附加工作成本高, 影响整体工期
原位现浇	已有的塔吊 1 台	新增钢支架搭设工程量约 70t	与进水口边坡同步施工, 不影响整体工期	无需新投入设备, 附加工作成本较低, 不影响整体工期

根据对比情况, 从工期角度和经济角度来讲, 原位现浇方案具有明显优势。

3 支架设计

3.1 支架布置形式

翼缘板下立杆置于纵向 I22b 工字钢上, 外侧翼缘板下设 3 根, 内侧翼缘板下设 4 根; 腹板下纵梁采用 2 根 I32a 工字钢。下横梁采用双拼 I32a 工字钢, 横梁置于砂箱顶部; 钢管立柱采用 $\phi 630 \times 8$ mm 螺旋管, 立柱间设置 [16 槽钢剪刀撑。钢管立柱底部置于 C15 混凝土条形基础上, 条形基础长 \times 宽 \times 高=9.3 \times 0.8 \times 1.0m, 见图 1。

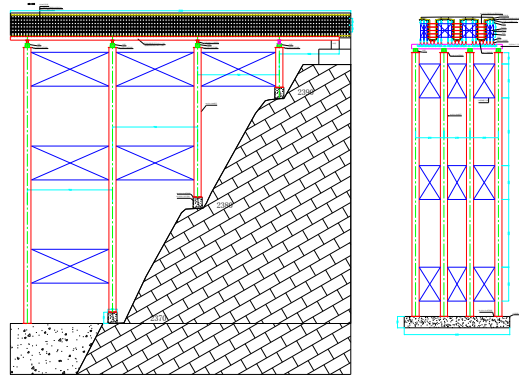


图1 支架体系布置图

3.2 荷载分布计算

支架体系按3片T梁施工平台设计,混凝土自重荷载计算如下:

(1) 翼缘板下荷载

单位面积混凝土自重荷载计算如下:

$$p_{11} = \frac{\gamma A}{B} = \frac{26 \times 0.14}{0.775} = 4.7 \text{ kN/m}^2 \quad (1)$$

考虑混凝土超灌,系数取1.05,则翼缘板部位混凝土分布荷载为:

$$p_1 = 4.7 \times 1.05 = 4.9 \text{ kN/m}^2 \quad (2)$$

(2) 腹板下荷载

单位面积混凝土自重荷载计算如下:

$$p_{22} = \frac{\gamma A}{B} = \frac{26 \times 1}{0.5} = 52 \text{ kN/m}^2 \quad (3)$$

考虑混凝土超灌,系数取1.05,则翼缘板部位混凝土分布荷载为:

$$p_2 = 52 \times 1.05 = 54.6 \text{ kN/m}^2 \quad (4)$$

(3) 顶底板下荷载

单位面积混凝土自重荷载计算如下:

$$p_{33} = \frac{\gamma A}{B} = \frac{26 \times 0.3}{1.65} = 4.7 \text{ kN/m}^2 \quad (5)$$

考虑混凝土超灌,系数取1.05,则翼缘板部位混凝土分布荷载为:

$$p_3 = 4.7 \times 1.05 = 4.9 \text{ kN/m}^2 \quad (6)$$

荷载分布:

(1) 强度计算时荷载分布

计算底模板、模板下纵横梁强度时,荷载设计值=①+②+③+④+⑤,故荷取值计算如下:

外侧翼缘板下:

$$q_1 = 4.9 + 5 + 2.5 + 4 + 2 = 18.4 \text{ kN/m}^2 \quad (7)$$

腹板下:

$$q_2 = 54.6 + 5 + 2.5 + 4 + 2 = 68.1 \text{ kN/m}^2 \quad (8)$$

内侧翼缘板下:

$$q_3 = 4.9 + 5 + 2.5 + 4 + 2 = 18.4 \text{ kN/m}^2 \quad (9)$$

(2) 刚度计算时荷载分布

计算底模板、模板下纵横梁强度时,荷载设计值=①+②+③,故荷取值计算如下:

外侧翼缘板下:

$$q_1 = 4.9 + 5 + 2.5 = 12.4 \text{ kN/m}^2 \quad (10)$$

腹板下:

$$q_2 = 54.6 + 5 + 2.5 = 62.1 \text{ kN/m}^2 \quad (11)$$

内侧翼缘板下:

$$q_3 = 4.9 + 5 + 2.5 = 12.4 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

3.3 支架演算

3.3.1 纵梁检算

(1) 腹板处纵梁检算

腹板下纵向采用 2 根 I32 工字钢, 按照多跨连续梁进行计算, 跨径布置方式为: 1.5m+7.5m+7.5m+7.2m+4.9m。计算强度时:

$$q_1 = 0.5 \times 68.1 = 34.1 \text{ kN/m} \quad (13)$$

计算刚度时:

$$q_2 = 0.5 \times 62.1 = 31.1 \text{ kN/m} \quad (14)$$

腹板下采用 2 根 I32a 工字钢:

$$\sigma_{\max} = \frac{280.9}{2} = 140.5 \text{ MPa} < [\sigma_w] = 145 \text{ MPa}, \text{ 故弯曲强度满足要求。}$$

$$\tau_{\max} = \frac{56.8}{2} = 28.4 \text{ MPa} < [\tau] = 85 \text{ MPa}, \text{ 故剪切强度满足要求。}$$

$$\omega = \frac{25.48}{2} = 12.74 \text{ mm} < [\omega] = \left[\frac{l}{400} \right] = \frac{7500}{400} = 18.75 \text{ mm}, \text{ 故刚度满足要求。}$$

(2) 内侧翼缘板处纵梁检算

内侧翼缘板纵向采用 4 根 I22b 工字钢, 按照多跨连续梁进行计算, 跨径布置方式为: 1.5m+7.5m+7.5m+7.2m+4.9m, 计算荷载按照集中力取值。

计算强度时:

$$F_1 = 1.65 \times 30 \times (18.4 + 2.06) \div (30 \div 0.6) = 20.3 \text{ kN/m} \quad (15)$$

计算刚度时:

$$F_2 = 1.65 \times 30 \times (12.4 + 2.06) \div (30 \div 0.6) = 14.3 \text{ kN/m} \quad (16)$$

内侧翼缘板下采用 4 根 I22b 工字钢:

$$\sigma_{\max} = \frac{573.8}{4} = 143.5 \text{ MPa} < [\sigma_w] = 145 \text{ MPa}, \text{ 故弯曲强度满足要求。}$$

$$\tau_{\max} = \frac{75.2}{4} = 18.8 \text{ MPa} < [\tau] = 85 \text{ MPa}, \text{ 故剪切强度满足要求。}$$

$$\omega = \frac{54.92}{4} = 13.73 \text{ mm} < [\omega] = \left[\frac{l}{400} \right] = \frac{7500}{400} = 18.75 \text{ mm}, \text{ 故刚度满足要求。}$$

3.3.2 横梁检算

横向双拼 I32a 工字钢横梁可简化为四跨连续梁, 跨径布置方式为: 0.35m+2.5m+2.3m+2.5m+0.35m, 横梁检算时荷载选取纵梁传递最不利支反力进行检算, 检算横梁最外侧操作平台荷载: $q = 7.5 \times 7.5 = 56.3 \text{ kN/m}$,

横梁采用双拼 I32a 工字钢:

$$\sigma_{\max} = \frac{242.6}{2} = 121.3 \text{ MPa} < [\sigma_w] = 145 \text{ MPa}, \text{ 横梁弯曲强度满足要求。}$$

$$\tau_{\max} = \frac{149.5}{2} = 74.8 \text{ MPa} < [\tau] = 85 \text{ MPa}, \text{ 横梁剪切强度满足要求。}$$

$$\omega_{\max} = \frac{3.49}{2} = 1.75 \text{ mm} < [\omega] = \left[\frac{l}{400} \right] = \frac{2500}{400} = 6.25 \text{ mm}, \text{ 横梁刚度满足要求。}$$

3.3.3 钢管立柱强度及稳定性检算

钢管立杆采用 1 根 $\Phi = 630 \text{ mm}$, 壁厚 $\delta = 8 \text{ mm}$ 钢管, 钢管柱承受上部横向工字钢传递荷载。

(1) 荷载计算

钢管立柱承受上部型钢传下的荷载最大验算值 $R = 680 \text{ kN}$ 。

(2) 钢管立柱强度及稳定性计算

钢管高度按最高处取 24m 计算, 立柱受压计算自由长度取 24m 计算, 按两端铰支, $\mu = 1.0$ 。钢管回转半径:

$$i = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} = \frac{\sqrt{630^2 + 614^2}}{4} = 220 \text{ mm} \quad (17)$$

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{1.0 \times 24000}{220} = 109 < [\lambda] = 150 \quad (18)$$

依据《钢结构设计规范》(GB50017-2014)附录D, 得 $\phi = 0.569$

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{\phi A} = \frac{680 \times 4 \times 10^{-3}}{0.569 \times 3.14 \times (0.63^2 - 0.614^2)} = 77 \text{MPa} < [\sigma] = 140 \text{MPa} \quad (19)$$

故: 立柱强度及稳定性满足要求。

4 支架施工

4.1 条形基础施工

为保证条形基础的稳定性, 施工前在边坡马路上部搭设锚筋与条形基础连接, 并固定钢板。每块钢板下部设置 4 根锚筋, 锚筋深度不小于 40cm, 上部与钢板预埋筋焊接固定。

4.2 钢管立柱安装

本工程 $\phi 630$ 钢管单根长度 12m, 安装前根据立柱高度提前完成钢管下料, 采用法兰连接分节安装。高空安装操作平台采用 14 号槽钢焊接在立柱上部。吊装采用 QTZ50 型塔吊。

4.3 剪刀撑安装

剪刀撑采用 16 号槽钢, 与立柱连接采用焊接, 剪刀撑安装中, 槽钢的与立柱上钢板连接处要满焊, 保证连接强度, 槽钢交叉处需焊接固定。

4.4 砂箱安装

钢管立柱安装完成后, 每个立柱顶部安装 1 块 800*800*20mm 钢板作为砂箱平台。

砂箱采用钢管和钢板加工而成, 分为两部分, 上部分采用 $\phi 530 \times 10 \text{mm}$ 钢管和钢板加工而成, 下部分采用 $\phi 630 \times 10 \text{mm}$ 钢管和钢板加工而成, 钢管底部用钢板封底。

安装时, 砂箱下部结构钢板严格按照定位的轮廓线进行就位, 焊接固定后, 将冲洗干净并晾干的河沙灌进砂箱下部结构, 铺填厚度 10cm, 人工捣实并整平。

4.5 工字钢梁安装

底部主梁双拼 32a 工字钢安装前预先焊接成整体, 然后吊装。安装完后, 在主梁两侧焊固定钢筋防止主梁滑动跑偏。纵梁 22b 工字钢采用塔吊起吊, 人工定位, 焊接。每跨纵梁两端均用 $\phi 25 \text{mm}$ 圆钢与底部横梁焊接固定。

4.6 支架预压

采用吨袋预压, 荷载按最大施工荷载的 120% 控制。荷载加载分 60%、100%、120% 三个等级逐步进行。预压完成后, 根据支架变形情况及地基沉降程度, 采取必要的措施对薄弱环节进行加强, 确保施工安全和工程质量。

5 梁体施工

T 梁支模前将梁底模清净, 并涂刷优质脱模剂, 加设软塑料密封条。侧模每块模板的平面位置按照编号顺序排放, 安装时一一对应就位, 按准确位置落模安装, 要求模板的安装精度应高于预制梁精度要求。

本工程共 3 片梁, 混凝土浇筑顺序为先中梁, 再边梁。浇筑完成待混凝土强度达到设计强度的 90%, 进行预应力张拉并压浆封端。梁体张拉完成后, 从梁中间开始, 将立柱上砂箱排砂孔打开卸荷, 然后再进行中间两跨立柱上砂箱的卸荷, 直至落架到位。梁体落架后完成横隔板、湿接缝及桥面铺装层的施工。

6 结语

托帕水库泄洪冲沙洞(兼导流洞)故闸井闸房交通桥受施工条件改变的影响, 无法采用常规的预制、吊装施工方法。为此, 本工程结合施工场地特点, 采用搭设钢支架、配合砂箱, 顺利实现了预应力混凝土 T 梁的原位现浇施工, 在保证工期的前提前, 大大节约了工程成本, 取得了较好的成效, 为其他类似工程提供参考。

[参考文献]

- [1] 肖军. T 梁高空原位现浇施工技术[J]. 城市地理, 2017, 24(12): 125-126.
 [2] 刘熙. 高速公路桥梁现浇箱梁支架施工技术研讨[J]. 中外建筑, 2018, 02(02): 153-154.
 [3] 王小靖. 桥梁现浇箱梁支架施工方案研究[J]. 北方交通, 2019, 309(01): 45-48.

作者简介: 巨伟涛(1988-), 男, 陕西岐山人, 汉族, 大学本科学历, 中级工程师, 研究方向道路桥梁施工、水利水电工程施工、市政工程施工; 谢文璐(1987-), 男, 湖北天门人, 汉族, 大学本科学历, 中级工程师, 研究方向道路桥梁施工、水利水电工程施工、市政工程施工; 张旻(1987-)男, 湖北汉川人, 汉族, 大学本科学历, 中级工程师, 研究方向道路桥梁施工、水利水电工程施工、市政工程施工; 曾理(1987-), 男, 湖北京山人, 汉族, 大学本科学历, 中级工程师, 研究方向道路桥梁施工、水利水电工程施工、市政工程施工。