

跨市政道路大跨度门架墩盖梁支架施工技术浅析

张已学 赵晓辉

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 三门峡 472000

[摘要]在高速公路桥梁施工过程中根据不同现场环境因素, 选择合理的施工技术, 特别是桥梁上部结构施工中具有重要意义。文中结合广东中开高速公路 TJ-2A 标项目博爱路一号高架桥右幅 31#墩应用实例, 对跨市区门架式大跨度盖梁支架施工技术进行总结, 希望对今后同类型桥梁结构施工提供参考和借鉴。

[关键词]市政道路; 高架桥; 盖梁施工; 支架

DOI: 10.33142/ec.v8i7.17601

中图分类号: U445

文献标识码: A

Brief Analysis of the Construction Technology of Large-span Gantry Pier Cover Beam Support for Cross Municipal Roads

ZHANG Yixue, ZHAO Xiaohui

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Sanmenxia, He'nan, 472000, China

Abstract: In the construction process of highway bridges, it is of great significance to choose reasonable construction techniques based on different on-site environmental factors, especially in the construction of the upper structure of the bridge. Based on the application example of Pier 31# on the right side of the Bo'ai Road No.1 Elevated Bridge in the TJ-2A section of the Guangdong Zhongkai Expressway, this article summarizes the construction technology of the large-span gantry cover beam support across urban areas, hoping to provide reference and inspiration for the construction of similar bridge structures in the future.

Keywords: municipal roads; viaduct; cover beam construction; support

引言

高速公路线路跨城区设计时, 经常出现与原市政道路交叉情况, 设计一般采用双幅整体式预应力盖梁作为上部结构的主要受力构件。但因其跨度大、原市区道路车流量大、桥墩高的因素又不适合搭设满堂支架, 采用型钢贝雷架柱式支架体系稳定可靠, 经济、安全、科学地解决此类盖梁施工问题, 并且对原市政道路的通行影响也降到了最小。

1 工程概况

中开高速公路中山段主线采用如下设计标准: 公路等级, 高速公路; 设计速度, 主线起点至沙朗枢纽 100km/h; 汽车荷载等级, 公路-I级; 路基宽度, 双向高标 6 车道, 路基宽度 35.5m, 桥梁宽度 35m, 分离式路基宽 2×18m。本标段项目部承建的中山段二期工程博爱路一号高架桥位于中山市火炬开发区城区, 右幅起始桩号分为: RK12+309.932-RK13+663.132, 全长 1.35km, 期中 16#~31#墩盖梁施工需上跨既有市政道路博爱七路, 作业面距地面高度在 8m~19m 之间。

2 钢管贝雷架支架施工工艺

2.1 钢管贝雷架施工总体说明

钢管贝雷架盖梁施工方法适用于博爱路一号高架桥右幅 16#~31#大跨度盖梁, 门洞设计形式为单向双车道, 为不影响车辆通行, 门洞净宽设为 7m, 高 8m。顺桥向设置两根直径 426mm 的钢管支撑, 间距 2.4m, 钢管柱采用

φ426×8mm, 连接系材料为 2[10a 槽钢。原有道路纵坡较大, 基础施工时必须保证水平, 以利于钢管桩均匀受力。

选择盖梁尺寸及跨度最大的博爱路一号高架桥右幅 31#墩进行验算。

表 1 盖梁相关参数表

位置	墩号	盖梁长 (m)	盖梁宽 (m)	盖梁高 (m)
博爱路一号高架桥	右幅 31#	28.05	2.4	梁端 1.5m/2.1m, 梁中 2.5m

钢管柱施工完成后在各立柱上安装砂箱, 在砂箱上安装承重梁, 将每排钢管柱连接为整体。在承重梁上安放双拼 321 型标准贝雷梁作为纵梁, 在贝雷梁支点部位设置加强竖杆。

由于盖梁高度不等, 因此在盖梁高 2.1m 范围内, 贝雷梁纵梁上设 I40b 工字钢横向分配梁, 间距为 0.75m, 横梁上设 I20a 纵梁, 间距为 0.6m, 作为盖梁承重体系; 在盖梁不等高范围内, 贝雷梁上设 I20a 工字钢, 间距 0.5m, 顶部渐变部分采用槽钢焊接排架作为承重体系。然后铺设方木与盖梁模板, 盖梁模板采用组合钢模板。

支架下方有行人车辆通行要求的需搭设安全防护棚, 并设置限高、限速标志牌, 为防止高处坠物, 需采用密目式安全网进行全封闭, 安全网网孔不大于 20mm×20mm。安全防护棚搭方法为在钢立柱顶部下 270cm 处设置 I40b 工字钢作为纵梁, 上方设 I20a 工字钢, 间距 0.5m, 顶上铺设 70cm 宽 5mm 厚的花纹钢板。

2.2 支架结构计算

2.2.1 计算参数

各种荷载取值：(1)恒载：①混凝土荷载取 26kN/m^3 折合线荷载施加，加载区域最大值在盖梁 $18.8\sim 21\text{m}$ 段， 132.6kN/m 分配在 5 根横梁 2 上，每根横梁 2 单位荷载， 26.52kN/m ；②钢模板及其支撑体系： 3kN/m^2 ；(2)活载：①施工人员及设备： 3kN/m^2 ；(2)倾倒及振捣混凝土 2kN/m^2 ；③风载：正常工作期间取支架允许最大风力为 8 级，作用在单片贝雷梁上的横向静阵风荷载为 1.18kN ，作用在单根钢管柱上的横向静阵风荷载为 0.18kN/m 。

荷载组合：根据支架的工作状态，按照《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650—2020) 5.2.6 节进行组合，分别采用基本组合和标准组合计算结构受力情况。荷载基本组合用于构件强度及稳定性计算；标准组合 1 用于结构刚度；标准组合 2 用于计算地基承载力。荷载组合如下：(1)基本组合： $1.2\times\text{恒载}+1.4\times\text{施工荷载}+0.75\times 1.4\times\text{风荷载}$ ；(2)标准组合 1： $1.0\times\text{恒载}+1.0\times\text{风荷载}$ ；(3)标准组合 2： $1.0\times\text{恒载}+1.0\times\text{施工荷载}+1.0\times\text{风荷载}$ 。

2.2.2 受力、结构稳定计算

盖梁支架结构采用 midas Civil 2019 软件建模计算，支架结构采用的钢材包括 Q235、Q345，容许应力取值：Q235： $\leq 16\text{mm}$ ， $f=215\text{MPa}$ $f_v=125\text{MPa}$ ；Q345： $\leq 16\text{mm}$ ， $f=305\text{MPa}$ $f_v=175\text{MPa}$ 。构件均采用梁单元受力分析，相关受力计算模型见下图 1-6，贝雷梁力学参数见下表 2。

表 2 贝雷梁单元杆件力学性能

杆件名	材料	断面型式	横断面 (cm^2)	惯性矩 (cm^4)	容许承载力 (kN)
弦杆	Q345	I10	2×12.74	397	560
竖杆	Q345	I8	9.52	99	210
斜杆	Q345	I8	9.52	99	171.5

(1) 贝雷梁各构件内力和整体位移计算

由图 1-4 可知，贝雷梁弦杆最大内力为 $303.2\text{kN} < 560\text{kN}$ ；竖杆最大内力为 $139.2\text{kN} < 210\text{kN}$ ；斜杆最大内力为 $142.9\text{kN} < 171.5\text{kN}$ ，最大位移为 $12.8\text{mm} < 10500/400=26.3\text{mm}$ 。所以，贝雷梁各构件均满足受力要求。



图 1 贝雷梁弦杆内力图

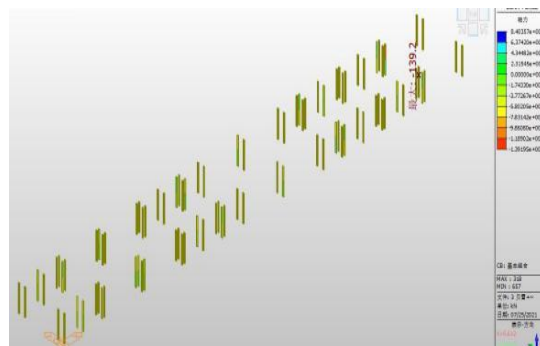


图 2 贝雷梁竖杆内力

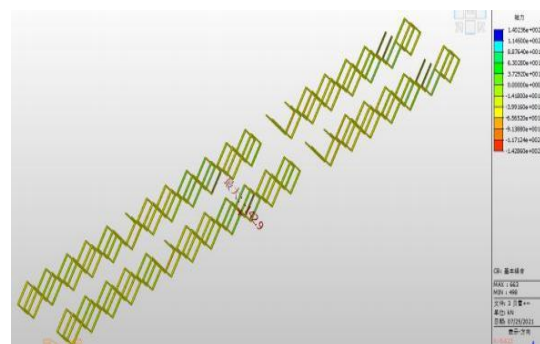


图 3 贝雷梁斜杆内力图

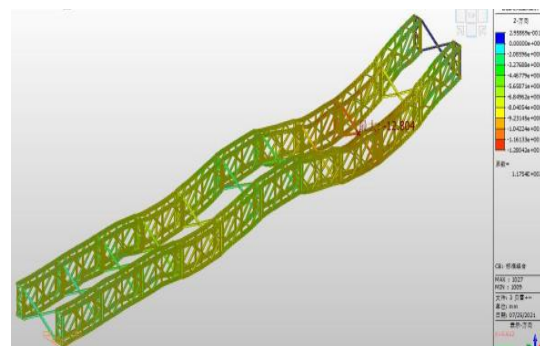


图 4 贝雷梁位移变化图

(2) 钢管立柱计算

本结构钢管立柱采用 $\Phi 426\times 8\text{mm}$ ，单排横向布置 2 根，通过平联和斜撑构成整体，应力计算结果如下。

由图 5、6 可知，在基本组合作用下，钢管立柱轴力最大值为 720.3kN ，最大弯矩为 $18.9\text{kN}\cdot\text{m}$ 。

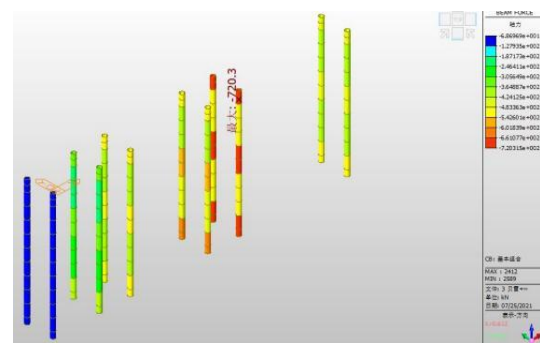


图 5 钢管立柱轴力图

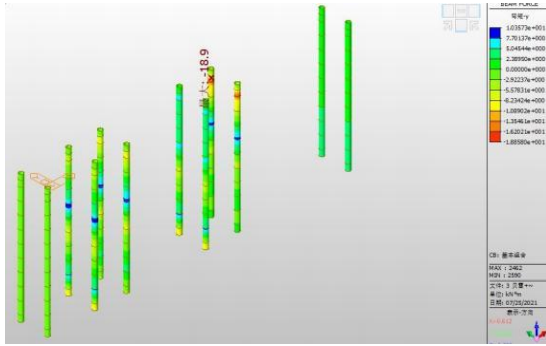


图6 钢管立柱弯矩图

强度及稳定性计算: 由设计图纸可知, $\Phi 426 \times 8 \text{mm}$ 。
钢管立柱自由长度为: $l_0 = 9.95 \text{m}$ 。

钢管立柱参数: $A = 10505 \text{mm}^2$; $W_x = 1.08 \times 10^6 \text{mm}^3$;
 $i = 148 \text{mm}$ 。

钢管立柱长细比计算: $\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{9.95}{148/1000} = 67$ 。

查《钢结构设计标准》表 D.0.2, b 类截面, $\varphi = 0.768$ 。

由计算结果可知, 基本组合下轴力最大值:

$N = 720.3 \text{kN}$, $M = 18.9 \text{kN} \cdot \text{m}$ 。钢管立柱强度计算:
$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{720.3 \times 10^3}{10505} + \frac{18.9 \times 10^6}{1.08 \times 10^6} = 86.07 \text{MPa} < f = 215 \text{MPa} \quad (1)$$

钢管立柱稳定性计算:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{W} = \frac{720.3 \times 10^3}{0.768 \times 10505} + \frac{18.9 \times 10^6}{1.08 \times 10^6} = 106.78 \text{MPa} < f = 215 \text{MPa} \quad (2)$$

由上计算可知, 钢管立柱强度及稳定性验算均满足要求。

2.3 钢管柱安装

(1) 基础处理

钢管柱基础要求地基承载力不低于 180kPa , 原有地基整平压实后, 施工前应当对地基进行动力触探试验, 确定基础承载力。地基承载力不足时, 需要采用级配碎石换填, 当基础承载力在 $150 \text{kPa} \sim 180 \text{kPa}$, 换填 0.5m ; $110 \text{kPa} \sim 150 \text{kPa}$, 换填 1m ; $90 \text{kPa} \sim 110 \text{kPa}$, 换填 1.5m ; $70 \text{kPa} \sim 90 \text{kPa}$, 换填 2m ; 60kPa , 换填 2.5m 。换填面积均为 $4 \text{m} \times 6 \text{m}$ 。

基础处理应分层换填压实, 分层填筑厚度不超过 30cm , 换填深度根据现场实际情况确定, 换填后再次进行动力触探试验, 确定基础承载力。

当地基承载力满足要求后设置 20cm 厚 C25 混凝土进行找平, 然后安放预制混凝土钢管桩基础。

(2) 钢管柱基础

钢管立柱采用扩大基础, 扩大基础设计为一层, 均采用长 4.6m 宽 1.3m 高 0.5m 。基础为预制 C30 钢筋混凝土, 在距离基础底部 10cm 处布置一层钢筋网片, 横向钢筋 $\phi 12 @ 140 \text{HRB400}$, 纵向钢筋 $\phi 16 @ 150 \text{HRB400}$, 四周钢筋保护层均为 5cm , 四角距离边缘 20cm 处预埋 $\phi 20$ 钢筋作为吊环, 基础中心位置预埋 30cm 长钢管桩, 预埋钢管桩顶部设置有法兰盘, 上部钢管桩对接直接通过螺栓与预

埋钢管桩连接。

2.4 砂箱安装

支架利用砂箱卸载拆除, 砂箱使用钢管制作, 每个钢管柱上布置一个高砂箱。砂箱内的砂子必须砂筒内的填充物选用清洁的过筛中粗砂, 且保持干燥, 模板的最终高度可以通过砂箱内砂子调节。在施工过程中注意尽量不要让砂子浸水, 以免拆模时漏砂困难。

砂箱采用集中加工, 为圆柱状, 分为大砂筒和小砂筒两部分。下钢筒采用外径 356mm 、壁厚 10mm 的无缝钢管; 上钢筒采用外径 325mm 、壁厚 10mm 的无缝钢管; 底板采用 $\Phi 400 \times 10 \text{mm}$ 钢板。制作时严格控制厚度, 对砂箱座进行 100% 验收, 试验压力符合上部承载压力。

卸载时拧开砂箱一侧的螺旋开关, 轻轻敲击, 沙子就会流出, 大梁就会随沙箱内沙子的减少在荷载作用下下沉, 流动不畅时可采用铁丝等材料辅助。

2.5 承重梁安装

承重梁采用两根 I25b 工字钢焊接而成, 焊缝间隔 1.5m 设置一道。钢管支撑安装完毕后, 采用汽车吊将提前焊接好的双拼 I25b 承重梁吊装安放到钢管支撑顶部。为防止承重梁发生滑动, 在钢管支撑顶部铺垫 $2 \sim 3 \text{mm}$ 厚土工布, 增大摩擦力。

2.6 承重体系安装

在横向工字钢顶面架设贝雷梁作为纵向主梁, 贝雷梁先提前进行拼装, 排与排之间采用横向连接片相连。贝雷梁连接时的贝雷销必须打紧, 每个销子上均上卡扣, 支撑架螺栓必须拧紧。贝雷梁在桥下拼装完成后, 由二台汽车吊运, 吊装前应在两侧工字钢上放出每组贝雷梁的准确位置并进行标记, 然后由汽车吊吊运至设计位置。

对安设完的贝雷梁为防止其移位, 在最外两侧的贝雷梁与桩顶工字钢承重梁接触处在工字钢顶面焊接短钢筋, 贝雷梁处中间部位的工字钢焊接竖向限位钢筋, 设置 2 道。贝雷梁拼接后与工字钢接触面有空隙, 采用下垫钢板。钢板垫放的长度沿纵向为双拼工字钢的宽度, 钢板宽度应不小于每片贝雷弦杆的宽度, 施工时应保证支垫密实。

安装完贝雷梁后, 开始安装贝雷架上的工字钢横梁, 施工时采用汽车吊将工字钢吊至指定位置。

2.7 支架预压

(1) 支架预压目的

检验支架整体稳定性、安全性及地基承载力; 通过测量支架受力后变形对盖梁立模标高的影响, 根据分析结果合理设定盖梁立模的预拱值。

(2) 支架预压前检查

支架搭设完成后, 对支架平面位置、顶面高程等进行全面复核, 并对支架安装的牢固、整体及安全性进行全面检查、验收, 检查支架搭设、安装、受力的整体性、均匀性, 保证支架的整体强度和刚度, 确保支架在施工过程中

的安全可靠。

(3) 观测点布设

观测点布置：预压前在支架顶设沉降观测点，在贝雷梁悬臂端部、贝雷梁 1/4、1/2 处、扩大基础上钢管支撑顶部与中点、分配梁跨中均设置观测点。

(4) 预压加载方案

①预压顺序

预压前，调整好盖梁底模，测出所有观测点高程后进行加载，纵向加载时，应从跨中处向支点处对称布载，横向加载时，应从结构中心线向两侧对称布载。

②预压分级

支架加载采用混凝土恒载、模板、枕梁、支架重量之和的 1.2 倍作为总荷载，分 60%、80%、100%三级加载。每级加载完成后，应先停止下一级加载，并应每隔 12h 对支架沉降量进行一次监测，当支架顶部监测点 12h 沉降量平均值小于 2mm 时，可进行下一级加载。加载过程中应严格按照预压顺序和分级加载要求进行加载，必须严格控制加载速率，防止因整体或局部加载量过大、过快而使地基发生剪切破坏或支架局部失稳而坍塌。

加载程序：

- a. 横向从中心线向两侧对称进行荷载施加；
- b. 跨中部位从盖梁中支点处向两端施加；
- c. 悬臂端从盖梁自由端向固定端施加；
- d. 按照示意图加载序号从小到大依次加载。

③预压方式采用预制混凝土块，堆码在模板上，采用吊车吊装，承受全部荷载的 100%，单块重达 5t，盖梁中部堆码高度控制在 3~4 层，预压过程中随时检查支架变形情况。

(5) 支架预压观测

测量采用水准仪，预压监测采用三等水准测量要求进行作业，测量人员用专用表格对每次测量数据进行详细记载（加载与卸载过程中的各测点标高值），观测同一部位采用同一基准点，由同一人读数。

加载过程中随时检查基准点是否发生沉降。加载至 60%、80%阶段，每个阶段间隔 12 个小时对支架进行一次沉降观测，当支架顶部监测点 12h 的沉降量平均值小于 2mm 时，可进行下一级加载；荷载加载至 100%后每间隔 24h 监测点高程。各监测点 24h 的沉降量平均值小于 1mm，或各监测点 72h 的沉降量平均值小于 5mm，判定支架预压合格。支架预压合格后，卸除预压荷载，卸载 6h 后监测点高程。并计算支架的沉降量、弹性变形量、非弹性变形量，以此确定模板的安装高程。

若上述条件未达到，则还须待荷进行预压，直到地基及支架沉降到位方可卸载。若发现变量不收敛、支架沉降超过理论数值或出现异常声响，则应立即采取卸载或紧急撤离等措施。当支架预压合格后，用吊车将预制块吊下，

吊至地面后摆放整齐以待下一次使用。

表 3 各套支架不同部位的允许挠度见下表。

支架类型	观测内容	容许值
型钢支架主梁	跨中挠度	L/400
	悬臂挠度	L/200
钢管—贝雷支架贝雷梁	单跨挠度	L/400
	悬臂挠度	L/200
钢管柱	垂直度	H/200 且不大于 50mm

预压后支架已基本消除预压荷载作用下支架各竖向杆件的间隙及非弹性变形。

(5) 预压卸载

支架预压分级卸载，预压卸载须对称、均衡、同步卸载。

预压卸载后的回弹量即是盖梁在混凝土浇筑过程中的下沉量，为消除支架受压变形影响，采用盖梁底模底部支垫的方式，调节底模的预拱度。

2.8 支架拆除

(1) 拆除顺序：拆除侧模→落砂箱→脱底模→抽拉纵肋、横向分配梁→安放贝雷架→拆除贝雷支架下部结构→拆除支架临时基础→恢复路面。

(2) 拆除工艺

①侧模拆除：侧模在混凝土强度能保证构件表面及棱角不因拆除模板而受损坏后方可拆除，拆除后采用吊车吊装至地面并码放整齐。

②落砂箱：待混凝土抗压强度达到设计要求后两端所有砂箱同时均匀下落，防止分配梁不均匀下落变形，贝雷梁滑移。

③脱底模：砂箱下落后盖梁底混凝土与模板形成自由空间可脱开底模，脱开后的底模先由手拉葫芦抽拉出后采用吊车吊装至地面并码放整齐。

④盖梁端联成整体的翼板底模采用手拉葫芦拖拉至梁体翼板外侧；拖拉时设专人指挥，盖梁两端同时均匀拖拉，严禁仅一端拖拉，防止掉落。拖拉时首先横向分多次拖拉外移并拢，以增强稳定性防止倾覆。再由吊车吊装至地面并码放整齐。

⑤支架拆除前首先拆除纵肋、横向分配梁，将纵肋、横向分配梁由手拉葫芦抽拉出，再采用 2 台吊车配合同时吊放至地面摆放整齐。

⑥由专人指挥采用 2 台吊车同时吊起双拼联成的整体贝雷架组吊放至地面，及时安排工人将拆下的贝雷梁打散，堆码整齐后退租。

⑦采用吊车将横向承重梁工字钢先垂直提升 30cm 再向一侧偏移，后落至地面安全位置集中堆码。

⑧拆除沙箱和钢管立柱，将拆倒的立柱和沙箱分割后，分类堆码。

⑨拆除立柱砼基础，恢复原路面。

3 结语

本工程根据现场施工条件制定门式墩盖梁钢管贝雷架支架的施工方案,在施工过程中按照:支架基础处理→预制钢立柱基础安放→钢立柱贝雷梁支架搭设→支架预压验收→上部盖梁结构施工→支架拆除的工序组织流水作业,在保证安全质量目标的前提下提高了施工效率,周转材料的租赁成本也得以节约,并且有效地保证了原有市政道路的正常通行。对同类型跨城区主干道桥梁工程有一定的借鉴意义。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国国家标准. 钢结构设计标准:GB50017-2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017:2-3.
 - [2] 刘志勇.跨越既有道路桥梁之门式墩盖梁施工技术浅析[J].四川水泥,2022(11):78.
 - [3] 李金昌.门架墩大跨度预应力盖梁支架施工技术[J].中国高新科技,2021(3):67.
- 作者简介:张已学(1988.10—),毕业于吉林大学土木工程(工民建方向),现就职于水电十一局,工程师职称。