

现浇连续梁钢管支架的施工材料及计算

张萍

江苏润通项目管理有限公司, 江苏 镇江 212000

[摘要]满堂碗扣式支架单个杆件轻, 操作简便, 周转灵活; 安装速度快, 劳动强度低; 扣件为轴心连接, 稳定性及承载力高, 施工时可依据箱梁断面情况, 施工荷载大小进行不同间距的布置与组合等优点。在恒、活载作用下稳定性比较好, 现就使用前在组合恒、活载作用下对模板支架、立杆地基承载力进行检算。安装时须注意的事项及安装顺序。支架安装完成后, 应做预压试验, 以检查支架的压缩量及稳定性。

[关键词]钢管脚手架; 支架检算; 搭设

DOI: 10.33142/sca.v3i2.1850

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Construction Material and Calculation of Cast-in-place Continuous Beam Steel Pipe Support

ZHANG Ping

Jiangsu Runtong Project Management Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract: The full hall bowl buckle bracket has the advantages of light single member, simple operation, flexible turnover, fast installation speed, low labor intensity, axial connection of fastener, high stability and bearing capacity, which can be arranged and combined with different spacing according to section condition of box girder and construction load during construction. The stability is better under action of dead load and live load. Now, the bearing capacity of foundation of formwork support and pole is checked under action of combined dead load and live load before use. Precautions and installation sequence should be paid attention during installation. After the support is installed, a pre-compression test shall be conducted to check compression capacity and stability of support.

Keywords: steel pipe scaffold; bracket checking and calculation; erection

碗扣式钢管脚手架工程结构强度高, 较一般钢管支架缩短周转时间, 提高有效承载力, 没有扣件, 施工方便; 对于加快施工速度十分有利, 提高工效, 缩短工期, 在荷载作用下稳定性较好。现以泰州长江公路大桥北接线 A02 标 C1 匝道现浇连续箱梁碗扣式钢管支架的计算施工为例。

1 工程概述

该桥孔跨布置为: C₁ 匝道为 4×22m+(25m+2×26m+25m)+4×22m 预应力混凝土连续箱梁, 全长 278m, 截面类型为单箱三室结构、等高度连续梁, 顶板宽 17.5m-17.75m, 翼缘板宽 2.5m, 梁高 1.5m, 本桥现浇梁支架采用满堂碗扣式钢管脚手架。

2 满堂脚手架的布置

该桥陆地上梁体浇筑施工均采用满堂支架。支架材料为碗扣式钢管脚手架, 支架基础必须经碾压并硬化达到要求后, 再搭设支架。地面进行硬化方法为: 灰土采用压路机分层碾压, 压实度不小于 90%, 地基承载力采用轻型地基触探仪检测, 地基承载力灰土顶不小于 200Kpa; 素土采用压路机分层碾压, 压实度不小于 87%, 地基承载力采用轻型地基触探仪检测, 现浇箱梁地基承载力素土顶不小于 80Kpa; 顶面采用 10cm C20 素混凝土封闭。碗扣式钢管脚手架立杆的横向间距: 支架翼板部位为 1.2m, 腹板位置为 0.6m, 底板位置为 0.9m; 支架纵向中端横梁步距为 0.6m, 过渡段 0.9m, 正常段 1.2m。所有支架应依据规范要求设置水平剪刀撑、横向和纵向剪刀撑。

3 支架检算如下:

3.1 荷载计算

由于箱梁为等高度箱梁, 跨中和支点截面型式见图, 从支座向跨中方向 3m 范围内逐渐由支点截面变化为跨中型式截面。现取 1m 长的跨中型式的箱梁来计算。

(1) C₁匝道箱梁自重:

经计算, 跨中截面箱梁横截面面积为 $A = 10.254\text{m}^2$, 则 1m 长箱梁自重为: $10.254 \times 1 \times 25 = 256.35 \text{ kN}$

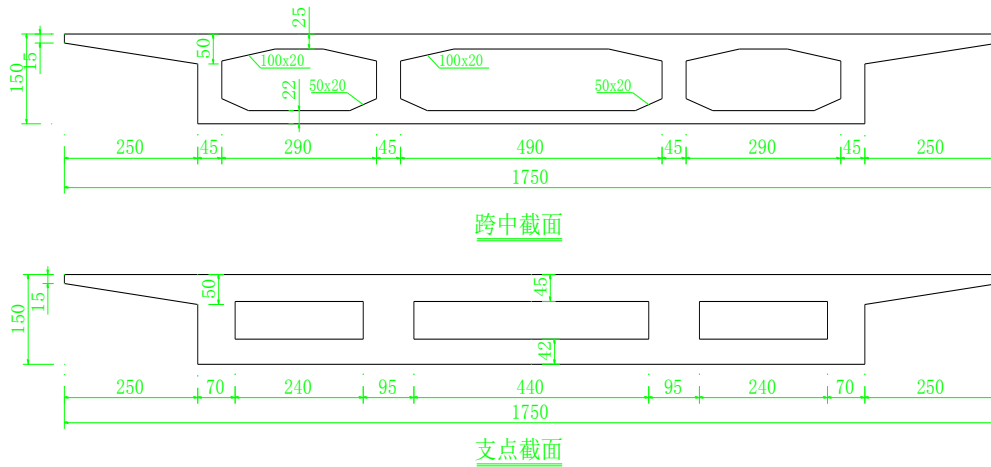


图 1

(2) 模板自重:

底模采用竹胶板, 外侧模采用精致钢模, 内膜则采用组合钢模, 竹胶板容重 9.0kN/m^3 , 厚 12mm, 钢模重量为 1kN/m^2 。

底模: $(12.5+2 \times 2.53) \times 1 \times 0.012 \times 9 = 1.9\text{kN}$

外侧模: $2 \times 1 \times 1 \times 1 = 2\text{kN}$

内膜: $(2 \times 0.9+2 \times 1.9+2.9+3.9+8 \times 1.02+8 \times 0.54) \times 1 \times 1 = 24.88\text{kN}$

(3) 方木自重: 方木容重 7.5kN/m^3 ,

大横杆方木: $35 \times 0.15 \times 0.15 \times 1 \times 7.5 = 5.9\text{kN}$

小横杆方木: $1/0.3 \times 0.1 \times 0.1 \times 20.4 \times 7.5 = 5.1\text{kN}$

(4) 支架自重: 支架重量 0.0384kN/m , 立杆以 5m 高计算,

立杆: $147/102 \times 35 \times 5 \times 0.0384 = 9.69\text{kN}$

横杆: $(20.4 \times 5 \times 1/0.6+3.9 \times 2 \times 1/0.6+5 \times 1 \times 35) \times 0.0384 = 13.75\text{kN}$

(5) 施工荷载: 取 2.5kN/m^2

$17.5 \times 1 \times 2.5 = 43.75\text{kN}$

(6) 倾倒与振捣荷载: 取 2kN/m^2

$17.5 \times 1 \times 2 = 35\text{kN}$

(7) 其他荷载(张拉施工): 取 2kN/m^2

$17.5 \times 1 \times 2 = 35\text{kN}$

每米的总重量: $256.35 + (1.9+2+24.88) + (5.9+5.1) + (9.69+13.75) + 43.75+35+35 = 433.32\text{kN}$

3.2 碗扣支架承载力验算

荷载按 1.2 倍的系数考虑, 则每平方米的重量为 $1.2 \times 433.32 / (12.5 \times 1) = 41.6\text{kN/m}^2$ 。

支架采用多功能碗扣式支架, 沿桥纵向步距 90cm, 横向步距 60cm, 每根立杆受正向压力为: $41.6 \times 0.9 \times 0.6 = 22.47\text{kN}$, 安全系数按 1.3 考虑, 则每根立杆受正向压力为: $2.247 \times 1.3 = 2.92\text{t}$, 小于碗扣式支架立杆允许承载力 3.31t (规范), 符合要求。

3.3 模板强度、刚度验算

方木间距按 60cm \times 30cm 排列, 由于荷载为均布荷载, 故可取 60cm \times 30cm 的面积荷载验算模板强度和刚度, 计算

荷载 $q=41.6\text{kN/m}^2$ 。

$$\text{模板抗弯截面系数: } W = bh^2/6 = 0.6 \times 0.012^2 / 6 = 1.44 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\text{惯性矩: } I = bh^3/12 = 0.6 \times 0.012^3 / 12 = 8.64 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\text{板承受线荷载: } q = 0.6 \times 41.6 = 24.96 \text{ kN/m}$$

$$\text{板跨中弯矩: } M = ql^2/8 = 24.96 \times 0.3^2 / 8 = 0.281 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{弯拉应力: } \sigma = M/W = 0.281 / (1.44 \times 10^{-5}) = 19.5 \text{ MPa} < [\sigma] = 66.9 \text{ MPa} \text{ (厂家提供)}。$$

$$\text{竹胶板弹性模量: } E = 7.9 \times 10^4 \text{ MPa}$$

$$\text{挠度: } f = 5ql^4/384EI = 5 \times 24.96 \times 0.3^4 / (384 \times 7.9 \times 10^7 \times 8.64 \times 10^{-8}) = 0.386 \times 10^{-3} \text{ m} \\ = 0.154/400 \leq 0.3/400$$

模板强度和刚度都满足施工要求。

3.4 大、小横杆验算

(1) 小横杆横向方木 (10cm×10cm), 长 4m, 间距为 0.3m, 跨距 0.6m。木材 $[\sigma] = 11\text{MPa}$, $E = 1.1 \times 10^4\text{MPa}$ 。

$$I = bh^3/12 = 10 \times 10^3 / 12 = 833.3 \text{ cm}^4$$

$$W = bh^2/6 = 10 \times 10^2 / 6 = 166.67 \text{ cm}^3$$

$$q_{\text{总}} = 41.6 \times 0.3 = 12.48 \text{ kN/m}^2$$

$$M = q_{\text{总}} L^2 / 8 = 12.48 \times 0.6^2 / 8 = 0.562 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = M/W = 0.562 / (166.67 \times 10^{-3}) = 3.37 \text{ MPa} < [\sigma] = 11 \text{ MPa}, \text{ 强度符合。}$$

$$f = 5q_{\text{总}} L^4 / 384EI = 5 \times 12.48 \times 0.6^4 / (384 \times 1.1 \times 10^4 \times 833.3 \times 10^{-8}) = 0.23 \text{ mm}$$

$$f/L = 0.23 / (0.6 \times 10^3) = 1/2609 < [1/400], \text{ 刚度符合。}$$

(2) 大横杆纵向方木 (15cm×15cm), 长 4m, 间距为 0.6m, 跨距 0.9m。木材 $[\sigma] = 11\text{MPa}$, $E = 1.1 \times 10^4\text{MPa}$ 。

$$I = bh^3/12 = 15 \times 15^3 / 12 = 4219 \text{ cm}^4$$

$$W = bh^2/6 = 15 \times 15^2 / 6 = 562.5 \text{ cm}^3$$

$$q_{\text{总}} = 41.6 \times 0.6 = 24.96 \text{ kN/m}^2$$

$$M = q_{\text{总}} L^2 / 8 = 24.96 \times 0.9^2 / 8 = 2.527 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = M/W = 2.527 \times 10^{-3} / (562.5 \times 10^{-6}) = 4.49 \text{ MPa} < [\sigma] = 11 \text{ MPa}, \text{ 强度符合。}$$

$$f = 5q_{\text{总}} L^4 / 384EI = 5 \times 24.96 \times 0.9^4 / (384 \times 1.1 \times 10^4 \times 4219 \times 10^{-8}) = 0.46 \text{ mm}$$

$$f/L = 0.46 / (0.9 \times 10^3) = 1/1957 < [1/400], \text{ 刚度符合。}$$

3.5 碗扣节点承载力验算

立杆承受大横杆传递来的荷载:

$$P_c = q_{\text{总}} L / 2 = 41.6 \times 0.6 \times 0.9 = 22.47 \text{ kN} \leq Q_0 = [60] \text{ kN}$$

节点承载力满足要求。

3.6 支架稳定性验算

对于碗扣支架钢管 ($\Phi 48\text{mm}$, 壁厚 3.5mm), 中间横杆间距 0.9m,

$$I = \pi (D^4 - d^4) / 64 = \pi (4.8^4 - 4.1^4) / 64 = 11.5 \text{ cm}^4 = 12.18 \text{ cm}^4$$

根据欧拉公式:

$$[P_{cr}] = \pi^2 EI / (\mu H)^2 = \pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 12.18 \times 10^{-5} / (1 \times 1)^2 = 252 \text{ kN} > 40 \text{ kN}$$

符合稳定性要求。

3.7 基础验算

(1) 立杆下端设一层厚度为 5mm 的钢板, 尺寸为 10cm×10cm, 再在下面铺设 5cm 厚的脚手板, 尺寸为 150cm×30cm。

布置见图：

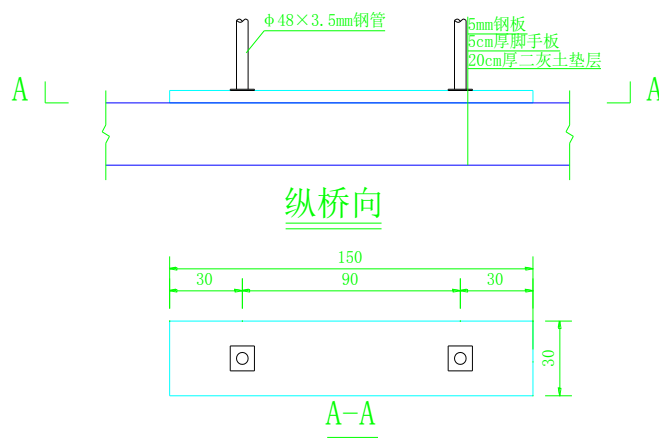


图 2

地基设定厚 20cm 厚的二灰土垫层，扩散角为 $\theta = 28^\circ$ ，二灰土压实度为 95%，7 天无侧限抗压强度为 0.6MPa。则加固后地基顶面压应力：

$$\sigma = N/A = 22.47 \times 10^{-3} \times 2 / (1.5 \times 0.3) = 0.1 \text{MPa} < 0.6 \text{MPa}。$$

满足要求

(2) 原来土层承载力验算

$$\begin{aligned} \sigma &= (N + \gamma hA) / A = [22.47 \times 2 + 18 \times 0.2 \times (1.5 + 2 \times 0.2 \times \tan 28^\circ) \times (0.3 + 2 \times 0.2 \times \tan 28^\circ)] / [(1.5 + 2 \times 0.2 \times \tan 28^\circ) \\ &\times (0.3 + 2 \times 0.2 \times \tan 28^\circ)] \\ &= 54.8 \text{kPa} \leq f_g = 200 \times 0.4 = 80 \text{kPa} \end{aligned}$$

其中地基承载力标准值按中密状态粉土标准值 $f_k = 200 \text{ kPa}$ 计算，砂土地基承载力调整系数： $k_b = 0.4$ 。

地基承载力满足要求。

4 钢管脚手架搭设注意事项

4.1 碗扣式脚手架用钢管应采用符合现行国家标准《直缝电焊钢管》(GB/T13793-92)或《低压流体输送用焊接钢管》(GB/T3091)中的 Q235A 级普通钢管，其材质性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T700)的规定。

4.2 碗扣式脚手架用钢管产品出厂前应有生产商检验部门按出厂检验项目(包括焊缝质量、构件尺寸和外观质量)，逐件检验合格并签发产品合格证后方可出厂。

4.3 地基采取横向排水，基础外侧 1m 位置处设置排水边沟，通过排水沟流向附近地面辅道桥河道，保证基础上及基础周边的水及时排出，避免长期浸泡基础，防止产生不均匀沉降。

4.4 斜撑及剪刀撑：

本工程支架高度较高，为加强支架的整体稳定性，必须设置纵、横向垂直剪刀撑和水平剪刀撑，剪刀撑与地面夹角取 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。具体布置参数及要求如下：

水平剪刀撑设置：应在架体顶/底层水平杆设置层、竖向每隔不大于 8m 设置一道水平剪刀撑。水平剪刀撑应在水平面上与立杆用旋转扣件相连接。水平剪刀撑设置还应符合以下规定：

- (1) 水平剪刀撑应连续设置，剪刀撑的宽度宜为 6m~9m。
- (2) 水平剪刀撑应延伸至排架最外侧立杆。
- (3) 为保证支架稳固牢靠，在架体底层水平杆设置层上增设一道水平剪刀撑。

纵、横向竖向剪刀撑设置：应在架体周边、内部纵向和横向每隔不大于 6m 设置一道竖向钢管扣件剪刀撑；每道竖向剪刀撑应连续设置，剪刀撑的宽度宜为 6m~9m。在竖直面上和立杆形成 $45^\circ \sim 60^\circ$ 夹角，并与立杆用旋转扣件相连接。

垂直、水平剪刀撑应符合下列规定:

- (1) 应与立杆、水平杆同步搭设。
- (2) 应紧贴立杆(水平杆)。
- (3) 杆件的接长方式应采用搭接。
- (4) 杆件应采用旋转扣件固定在与之相交的立杆或横向水平杆上,旋转扣件中心线至主节点的距离不宜大于 150mm。
- (5) 根据《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ166-2016 要求,立杆底层纵、横向水平杆作为扫地杆,扫地杆设置离地面高度 $\leq 350\text{mm}$;立杆上端包括可调螺杆伸出顶层水平杆的长度不得大于 650mm。

剪刀撑杆件搭接接长: 搭接长度应大于 1m, 搭接扣件数量不得少于 3 个, 且扣件的间距应为 450mm~800mm, 扣件盖板边缘距离杆件端部不得小 100mm。

4.5 拼装时应经常检查横杆水平和立杆垂直度, 框架必须方正, 不得偏扭。

4.6 支架安装完毕后, 检查支架搭设平面位置、顶部标高, 节点相联处及纵横向连接处进行全面检查, 模板安装后测量、放线、检查中线, 核对断面几何尺寸满足设计。

4.7 满堂支撑需待砼达到设计强度, 张拉压浆完成后方可拆除, 拆除顺序和搭设顺序相反。

4.8 由于排架搭设是依靠碗扣件紧固完成的, 因此每节点的碗扣扣件施工中都必须用力矩扳手进行检查。

4.9 碗扣支架搭设过程中应加强碗扣件的检查, 避免破损或折旧严重的碗扣架用于架体搭设; 碗扣式支架进场后, 应按壁厚进行抽检验收, 验收合格方可进行搭设施工使用。

4.10 支架搭设时应严格按照图纸支架纵横向排距及步距进行施工, 确保箱梁受力。

4.11 支架搭设之前应进行测量放样, 以找出准确的支架搭设位置, 过程中应加强监测, 确保支架垂直度满足要求, 保障支架整体稳定性及承载力满足要求。

4.12 为保障支架整体稳定性, 支架应严格按规范设置扫地杆、封顶杆、水平剪刀撑及纵、横向垂直剪刀撑; 竖向剪刀撑应扣立杆, 水平剪刀撑应扣横杆。

4.13 支架搭设过程中应注意保护支架不受撞击或其他外力作用。

4.14 支架在墩柱位置搭设时, 应加强对墩柱成品外观进行保护, 必要时采用土工布缠绕保护, 避免墩柱表面受到污染或破坏。

4.15 加强支撑体系施工关键工序的管控。

4.16 刚度、稳定性等不符合要求等问题要及时处理、更换; 混凝土浇筑时, 浇筑顺序、速度要符合施工方案要求, 浇筑过程应有专人对模板及支撑体系进行观测。

4.17 定期专项安全检查, 针对现浇箱梁主要风险源, 进行专项安全检查, 突出检查重点, 细化检查内容, 明确检查责任, 全面、彻底排查治理事故隐患。

5 结语

钢管支架完成后应做预压试验以检查支架的稳定性和支架变形情况。卸载后, 按经确定的沉降值及设计标高, 调整模板标高, 调整底模标高时, 除为消除支架非弹性、弹性变形而设置的预拱外, 跨中应设预拱度, 预拱度应包括结构本身需要的预拱度和施工需要的预拱度两部分。

[参考文献]

- [1] 刘宝泉. 现浇连续梁钢管支架的计算及施工[J]. 中国包装科技博览, 2011(036): 161-161.
 - [2] 安丰利, 马靖宇, 刘炜. 碗扣式脚手架在现浇连续梁施工中的应用[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报, 2018(1): 31-32.
 - [3] 王兵. 公路桥涵施工技术规范[J]. 中华人民共和国交通运输部, 2011(50): 75-76.
- 作者简介: 张萍 (1978-), 男, 路桥工程专业, 现就职于江苏润通项目管理有限公司。