

支架法现浇箱梁中支架结构模拟计算分析

孙卓

中铁建大桥工程局集团第一工程有限公司

[摘要]在桥梁上部结构施工中,支架法现浇混凝土箱梁一种比较常见的施工方法,诸多铁路、公路工程项目较为广泛的应用,其方法在施工时采用多点支撑,沉降能够得到有效控制,不过在施工过程中,常因支架结构设计不合理导致工程事故,因此支架结构设计及验算就成为施工中的重要环节。

[关键词]支架设计;荷载计算;支架预压

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.635

前言:支架法现浇箱梁中支架的设计、结构验算成为整体现浇箱梁结构施工中非常重要的部分,对上部主梁混凝土质量、线型起着至关重要的作用,在现浇上部结构施工过程中,需重视前期对架体的设计、验算等施工准备工作。

一、箱梁结构

箱梁采用等宽度、等高度简支箱梁,截面形式为单箱单室斜腹板截面。计算跨径为30m,箱梁顶板宽为12m,底板宽度为5.5m,梁高3.05m;顶板厚度为61cm,底板厚度为70cm,腹板厚度为105cm;计算取其截面面积进行验算^[1]。

二、地基处理

换填碎石土0.5m,进行分层填筑、整平、压实,压实后进行地基承载力检测后进行20cm厚C20混凝土垫层施工。

三、支架设计

支架搭设高度为6.8m,纵向立杆设计布置间距60cm,横向立杆箱梁中心线5.5m范围内布置间距60cm,翼缘板范围布置间距为90cm,横杆步距为120cm。

立杆底部设置垫板15×15cm钢板,立杆顶部设可调顶托,顶托上方铺设12×15cm横向方木(杉木),间距同立杆的间距相同。横向方木上方铺设纵向10×10cm方木,腹板间加密至15cm,底板间间距为25cm,翼缘板间间距为30cm。

四、荷载计算

按照箱梁横断面将箱梁中心线5.5m范围内及翼缘板分开计算。

单侧翼缘板面积为1.22m²。

箱梁中心线5.5m范围面积为11.95m²。

混凝土自重:26KN/m³。

模板自重为0.7KN/m²。

混凝土振捣及冲击荷载为4KN/m²。

人员及施工机具荷载为2KN/m²[2]。

(一) 支架荷载计算

立杆横向布置14排,纵向布置51排,高度为6.8m。
14×51×6.8=4855.2m。

横杆横向布置51排,纵向布置14排,沿高度方向布置6层。6×(51×7.0+14×30)=4662m。

钢管外径48mm,壁厚3.5mm,截面积4.89cm²,自重37.6N/m。

支架重量计算为:(4855.2+4662)×37.6=357.85KN。

(二) 方木荷载计算

方木容重按6KN/m³。

12×15cm方木:0.12×0.15×30×14×6=45.36KN。

10×10cm方木:0.1×0.1×7×51×6=21.42KN。

(三) 强度、刚度验算

箱梁主要重量集中在中心线5.5m范围内,则强度、刚度验算主要以中心线5.5m范围来进行验算。

计算时利用主要参数如下:

截面惯性矩:12.15cm⁴;

截面抵抗矩:5.08cm³;

横杆允许最大挠度≤1/400。

1. 截面纵向10×10cm方木强度及刚度验算

跨度为0.6m,方木间距为25cm,

方木承受混凝土的线荷载:(11.95×30×26)/(5.5×30)×0.25=14.123KN。

方木承受模板的线荷载:0.7×0.25=0.18KN/m

综上计算的荷载为1.2×(14.123+0.18)+1.4×(4+2)=25.56KN/m。

木材的弹性模量为9.0×10⁶KN/m²。

方木的惯性矩为(0.1×0.1³)/12=8.33×10⁻⁶(m⁴)

方木的抵抗矩为(0.1×0.1²)/6=1.67×10⁻⁴(m³)

弯矩计算为25.56×0.6²/10=0.92(KN·m)

抗弯强度为0.92/1.67×10⁻⁴=5.51N/mm²<13 N/mm²,满足要求。

挠度计算为5×(25.56×0.6⁴)/384×(9×10⁶×8.33×10⁻⁶)=0.58mm<1/400=1.5mm,满足要求。

2. 截面横向12×15cm方木强度及刚度验算

跨度为0.6m,方木间距为0.6m,方木承受混凝土的线荷载为(26×11.95×30)/(5.5×30)×0.6=33.89KN/m。

方木承受模板的线荷载:0.7×0.6=0.42KN/m

小方木在大方木上的线荷载:63/(5.5×30)

$\times 0.6 = 0.23 \text{KN/m}$

综上计算的荷载为 $1.2 \times (33.89 + 0.42 + 0.23) + 1.4 \times (4+2) = 49.85 \text{KN/m}$

方木的惯性矩为 $(0.12 \times 0.15^3) / 12 = 3.38 \times 10^{-65} \text{ (m}^4\text{)}$

方木的抵抗矩为 $(0.12 \times 0.15^2) / 6 = 4.5 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)}$

弯矩计算为 $49.85 \times 0.6^2 / 10 = 1.79 \text{ (KN} \cdot \text{m)}$

抗弯强度为 $1.79 / 4.5 \times 10^{-4} = 3.98 \text{N/mm}^2 < 13 \text{N/mm}^2$ ，满足要求。

挠度计算为 $5 \times (49.85 \times 0.6^4) / 384 \times (9 \times 10^6 \times 3.38 \times 10^{-6}) = 0.28 \text{mm} < 1/400 = 1.5 \text{mm}$ ，满足要求。

3. 立杆验算

变截面节段内 $5.5 \times 30 \text{m}$ 范围内，荷载合计为 $1.2 \times (9321 + 217.35 + 357.85 + 45.36 + 21.43) + 1.4 \times (1242 + 621) = 14302.97 \text{KN}$

平均每根立杆所承受的荷载为 $14302.97 / (14 \times 51) = 20.03 \text{KN} < 30 \text{KN}$ 。满足要求。

翼缘板强度、刚度验算方法与中心线范围内一致，此处只给出验算满足承载力要求。

4. 基础混凝土承载力验算

$20.03 \times 1000 / 0.15 \times 0.15 = 0.89 \text{MPa}$

基底C20混凝土垫层，强度可以达到20MPa，

5. 其他附加应力计算

(1) 横桥向线荷载

立杆布置横向20排，纵向51排，高度为6.8m：
 $20 \times 51 \times 6.8 = 6936 \text{m}$

横杆布置横向长度13.2m，共51排，纵向长度30m，共20排，总层数6层：
 $(13.2 \times 51 + 30 \times 20) \times 6 = 7639.2 \text{m}$

支架的总重量为 $37.6 \times (6936 + 7639.2) / 1000 = 548.03 \text{KN}$

下层方木长度为30m，共20排；上层方木长度为13.2m，共51排：合计 = $(0.12 \times 0.15 \times 30 \times 20 + 0.1 \times 0.1 \times 14 \times 51) \times 6 = 107.64 \text{KN}$

模板纵向长度为30m，横向长度为14m：
 $0.7 \times 30 \times 14 = 294 \text{KN}$

施工荷载及冲击荷载： $(4+2) \times 30 \times 14 = 2520 \text{KN}$

箱梁混凝土自重： $(1.22 \times 2 + 11.95) \times 26 \times 30 = 11224.2 \text{KN}$

地基基础顶面承受总荷载： $1.2 \times (548.03 + 107.64 + 294 + 2520 + 11224.2) = 17632.64 \text{KN}$

(2) 基础底面附加应力计算

基础为刚性基础，设计扩散角度为45°，基础受力面按照计算宽度分为纵向宽度 $30 + 0.5 \times \tan 45^\circ \times 2 = 31 \text{m}$ ；横向宽

度 $14 + 0.5 \times \tan 45^\circ \times 2 = 15 \text{m}$

C20混凝土垫层荷载： $14 \times 30 \times 0.2 \times 26 = 2184 \text{KN}^{[3]}$ 。

碎石土层荷载： $14 \times 30 \times 0.5 \times 25 = 5250 \text{KN}$ 。

综上所述，基础底面附加应力

$(17632.64 + 2184 + 5250) \times 1000 / (14 \times 30) = 59.68 \text{KPa} < 200 \text{KPa}$ ；该设计地基承载力满足设计要求。

五、支架搭设及预压

(一) 支架搭设

根据设计图要求进行搭设支架，底部采用15×15cm钢垫板支撑钢管，立杆按照设计要求沿纵、横桥向按间距60cm进行搭设，横向中心线5.5m范围底板及腹板内按照60cm间距进行搭设，翼缘板范围内按90cm间距进行搭设。

立杆顶部设计顶托，上部搭设两层方木，下层采用12×15cm方木，上层采用10×10cm方木进行搭设，底模板与上层方木相连组合。腹板间按间距15cm搭设，底板按间距25cm搭设，翼缘板按间距30cm搭设。

横杆由下而上进行施工，最底排距混凝土面30cm间距进行搭设，竖向步距按照120cm间距进行施工，横杆沿纵、横桥向跟随立杆进行相应布置，同时沿竖向进行剪刀撑布置，两侧均匀对称设置斜撑，保证支架相应的安全性。

(二) 支架预压

1. 预压目的

消除地基与架体的非弹性变形，消除架体的弹性变形，检查支架稳定性。

2. 加载方法

支架预压按照袋装土堆载方法进行预压，预压分级进行加载，全程分40%、60%、80%、100%进行加载，每级加载均需复测观测点沉降值。

结束语

针对架体进行设计及结构验算是支架法施工准备重要的环节，支架结构验算是对后期梁体施工安全性得以保证的关键部分，施工过程中需重视支架设计、验算等环节，现浇箱梁能否顺利进行施工，相关人员需对支架系统体系进行深入研究，结构验算结合实际工程需求出发。

参考文献：

[1] 王超. 等截面现浇箱梁满堂支架受力体系安全验收, 道路桥梁, 2017(07): 152-02.

[2] 周水兴、何兆益. 路桥施工计算手册, 2019(03): 432-439.

[3] 班晓军. 现浇箱梁满堂支架设计与施工, 北方交通, 2019(01): 15-18.