

分离式立交现浇箱梁盘扣式支架方案设计及检算探讨

王仲

山东恒建工程监理咨询有限公司

[摘要]在支架整体现浇工法中,支撑体系的可靠性、稳定性、适应性起着相当重要的作用。为保障施工过程中的安全,满足相关标准及设计要求,需要在前期支撑体系选型、支架方案设计及检算方面做到充分的考虑。本文结合项目特点,紧扣方案设计依据,从支架设计、参数选取、支架稳定性及承载力计算等几个方面分析。检算该方案是否可行,为类似的支架方案设计提供借鉴和参考。

[关键词]盘扣式支架;现浇箱梁;方案设计;检算

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.1921

引言

支架整体现浇工法受项目特点及场地条件制约较多,而传统桥梁支架的适应性较差。盘扣式支架体系作为一种更加可靠的支撑架体,相比传统桥梁支架具有适用性强、安全性好、使用寿命长、承载力高、拆卸方便等优点。在该类支撑体系应用上做到把握和理解,具有更加广泛和长远的意义。本文结合项目特点,对盘扣式支架在跨郝集工业园分离式立交桥上的应用进行方案设计及检算。

1 项目概况

跨郝集工业园分离式立交起讫里程K43+612.5~K43+791.5,总长179m,在K43+709处上跨郝集工业园道路,设计交角50°,交叉点位于郝集工业园道路直线段。

桥梁孔跨布置结构形式为(40+45+45+40)m预应力混凝土连续箱梁,左右幅桥面净宽11.75m,总宽26.55m。梁体采用单箱双室箱型截面,箱梁顶宽12.75m,底宽8.75m,梁高2.4m,采用C50预应力砼结构,混凝土用量3393.3m³,采用支架整体现浇法施工。

2 编制依据

《跨郝集工业园区分离式立交施工图》;《建筑施工承插型盘扣式钢管支架安全技术规范》(JGJ231-2010);《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ162-2008);《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012);《钢结构设计标准》(GB50017-2017)。

3 支架设计

3.1 立交桥满堂支架采用Φ60的盘扣立杆,立杆纵向间距120cm;立杆横向间距腹板区取60cm,空腔、翼缘板区取120cm。横杆步距采用150cm,在立杆的顶部和底部步距调整为100cm。竖向斜杆满布设置,竖向每隔4~6个标准步距设置水平向斜杆或者扣件钢管剪刀撑。

模板采用1.8cm厚的竹胶板;模板底纵向支垫10×10cm方木,方木在腹板底中心间距为20cm,其他位置间距为30cm;方木下采用I14a工字钢支撑,横向布置,放置在支架顶部的可调托座上。

3.2 地基处理

支架搭设范围内,将承台、柱边、基坑、泥浆池等坑槽采用低压缩性材料回填密实。必要时采取整体换填措施。确保地基承载力不小于220kPa。表面采用18cm厚C20砼铺筑,设0.5%双向排水横坡。

4 支架检算准备

4.1 支架搭设参数

4.1.1 最不利截面砼厚度(m):①空腔0.9;②腹板2.4;③翼板0.45。

4.1.2 满堂支架:①底模:1.8cm竹胶板。②纵向方木:空腔及翼板,10×10方木@30cm;腹板,10×10方木@15cm。③横向工字钢:空腔及翼板,I14a工字钢@120cm;腹板,I14a工字钢@60cm。④Φ60、δ3.2盘扣支架:空腔及翼板@120cm×120cm;腹板@60cm×120cm。

4.2 荷载、材料参数

4.2.1 荷载取值

①活载:施工人员及设备荷载标准值取3kN/m²,施工荷载标准值取3kN/m²;②恒载:取梁体的容重为26kN/m³;③永久荷载分项系数取1.2,可变荷载分项系数取1.4。

4.2.2 支撑系统各构件和材料参数

①Φ60、δ3.2盘扣支架参数由计算得出:A=571mm²;E=2.06×10⁵N/mm²;I=2.31×10⁵mm⁴;EI=4.7586×10¹⁰Nmm²;W=7.7×10³mm³;i=20.1mm;[σ]=215N/mm²。

②地基承载力参数由触探试验得出:承载力≥220kPa。

③C50钢筋砼、1.8cm厚竹胶板、10×10cm东北落叶松方木、I14a工字钢的计算参数在后续强度、刚度检算中列出。

5 支架稳定承载力计算

5.1 不组合风荷载

不组合风荷载情况下支架承载力[N]为: $N/\phi A \leq f$ 。

横杆步距取1500mm,其中顶层水平杆步距取1000mm,分别计算立杆计算长度, $l_0 = \eta h = 1.2 \times 1500 = 1800\text{mm}$, $l_0 = h' + 2ka = 1000 + 2 \times 0.7 \times 650 = 1910\text{mm}$,取较大值 $l_0 = 1910\text{mm}$ 。 $\lambda = l_0/i = 1910/20.1 = 95.02$;查《盘扣规》(JGJ231-2010)立杆材质为Q345查附录D-2,得 $\phi = 0.512$ 。

$A = 571\text{mm}^2$, $N \leq f \phi A$

$[N] = 300 \times 0.512 \times 571 = 87705.6\text{N} = 88.71\text{kN}$

5.2 组合风荷载

组合风荷载情况下支架承载力[N_w]为: $N_w/\phi A + M_w/W \leq f$ 。

μ_s 风荷载体型系数,圆管取1.2;

μ_z 风压高度变化系数,支架最高10m,在B类场地,取1.0;

w_0 基本风压,聊城地区,10年重现期基本风压取0.3kN/m²,故取 $w_0 = 0.3\text{kN/m}^2$;

$$w_k = \mu_z \mu_{sw_0} = 1.2 \times 1.0 \times 0.3 = 0.36 \text{ kN/m}^2$$

$$M_w = 0.9 \times 1.4 w_k \times L_a \times h^2 / 10 = 0.9 \times 1.4 \times 0.36 \times 1.2 \times 1.5^2 / 10 = 122472 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$W = 7.7 \times 10^3 \text{ mm}^3, M_w / W = 15.9 \text{ N/mm}^2$$

$$N_w \leq (f - M_w / W) \phi A$$

$$[N_w] = (300 - 15.9) \times 0.512 \times 571 = 83057.20 \text{ N} = 83.06 \text{ kN}$$

6 盘扣支架检算

根据满堂支架的布置和以上检算准备的数据对各个部分进行荷载的计算。空腔区、翼缘板区按120cm布置，翼缘板厚度45cm小于空腔区厚度(45+45)90cm，因此翼缘板区可不检算，只计算腹板区和空腔区。挠度限值按1/400取值，数据如下：

6-1满堂支架荷载计算书 (10^{-3} N/mm^2)

①采用标准值计算刚度荷载。活载 p_1 施工均布荷载标准值：不计；腹板砼自重 $p_2 = 26 \times 2.4 = 62.4$ ；空腔砼自重 $p_2 = 26 \times 0.9 = 23.4$ 。

②考虑荷载分项系数计算强度荷载。活载 $p_1 = 6 \times 1.4 = 8.4$ ；腹板 $p_2 = 62.4 \times 1.2 = 74.88$ ；空腔 $p_2 = 23.4 \times 1.2 = 28.08$ 。

6.1竹胶板

厚18mm，由4.1.2可知：腹板处 $l_1 = 150 \text{ mm}$ ，底板和翼缘板处 $l_2 = 300 \text{ mm}$ 。其属性参数为： $W_1 = 54 \text{ mm}^3$ ； $EI_1 = 4.86 \times 10^6 \text{ Nmm}^2$ ； $A_1 = 18 \text{ mm}^2$ 。按简支梁计算。

6.1.1强度。强度荷载(N/mm)： $q_1 = (p_1 + p_2) \times 1$ (式1)；弯矩(Nmm)： $M_{\max} = q_1 l^2 / 8$ (式2)；抗弯强度(N/mm²)： $f = M / W$ (式3)；剪力(N)： $V_{\max} = 0.5 q_1 l$ (式4)；抗剪强度(N/mm²)： $\tau = 1.5 V / A$ ；(式5)；抗弯限值 $[\sigma]_1$ (N/mm²) = 30；抗剪限值 $[\tau]_1$ (N/mm²) = 2； l —跨径(mm)。

①腹板 f 按(式1、2、3)取 l_1 、 W_1 ， $f_1 = 4.3 < [\sigma]_1$ ； τ 按(式4、5)取 A_1 ， $\tau_1 = 0.52 < [\tau]_1$ 。②空腔 f 同理取 l_2 、 W_1 ， $f_2 = 7.6 < [\sigma]_1$ ； τ 取 A_1 ， $\tau_2 = 0.46 < [\tau]_1$ 。

6.1.2刚度。刚度荷载(N/mm)： $q_2 = p_2 \times 1$ (式6)；挠度(mm)： $5 q_2 l^4 / 384 EI$ (式7)。

①腹板按(式6、7)取 l_1 、 EI_1 ，挠度=0.085<0.5。②空腔同理取 l_2 、 EI_1 ，挠度=0.507<0.75。

6.2纵向方木

纵向分配梁采用10×10cm方木，由4.1.2可知： $l_3 = 1200 \text{ mm}$ ，腹板处间距 $a_1 = 150 \text{ mm}$ ，底板、翼缘板处间距 $a_2 = 300 \text{ mm}$ 。其属性参数为： $W_2 = 1.67 \times 10^5 \text{ mm}^3$ 、 $EI_2 = 8.33 \times 10^{10} \text{ Nmm}^2$ 、 $A_2 = 10000 \text{ mm}^2$ ，按三跨连续梁计算。

6.2.1强度。强度荷载： $q_1 = (p_1 + p_2) \times a$ (式8)；弯矩： $M_{\max} = q_1 l^2 / 10$ (式9)；剪力： $V_{\max} = 0.6 q_1 l$ (式10)；抗弯限值 $[\sigma]_2 = 17$ ；抗剪限值 $[\tau]_2 = 1.6$ 。

①腹板 f 按(式8、9、3)取 a_1 、 l_3 、 W_2 ， $f_3 = 10.8 < [\sigma]_2$ ； τ 按(式10、5)取 A_2 ， $\tau_3 = 1.35 < [\tau]_2$ 。②空腔 f 同理取 a_2 、 l_3 、 W_2 ， $f_4 = 9.4 < [\sigma]_2$ ； τ 取 A_2 ， $\tau_4 = 1.18 < [\tau]_2$ 。

6.2.2刚度。刚度荷载： $q_2 = p_2 \times a$ (式11)；挠度： $0.667 q_2 l^4 / 100 EI$ (式12)；

①腹板位置按(式11、12)取 a_1 、 l_3 、 EI_2 ，挠度=1.554<3。②空腔同理取 a_2 、 l_3 、 EI_2 ，挠度=1.17<3。

6.3工字钢

横向分配梁采用I14a工字钢，由4.1.2可知：腹板处 $l_4 = 600 \text{ mm}$ ，空腔、翼缘板 $l_5 = 1200 \text{ mm}$ ，工字钢间距 $a_3 = 1200 \text{ mm}$ 。材料参数属性为： $W_3 = 101700 \text{ mm}^3$ ， $EI_3 = 1.47 \times 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ ， $I / S = 121.9 \text{ mm}$ ， $b = 7 \text{ mm}$ ，按三跨连续梁计算。

6.3.1强度。抗剪强度： $\tau = V / (I / S) / b$ (式13)；抗弯限值 $[\sigma]_3 = 205$ ；抗剪限值 $[\tau]_3 = 125$ 。

①腹板 f 按(式8、9、3)取 a_3 、 l_4 、 W_3 ， $f_5 = 61.9 < [\sigma]_3$ ； τ 按(式10、13)取 I / S 、 b ， $\tau_5 = 42.16 < [\tau]_3$ 。②空腔 f 同理取 a_3 、 l_5 、 W_3 ， $f_6 = 158.8 < [\sigma]_3$ ； τ 取 I / S 、 b ， $\tau_6 = 69.97 < [\tau]_3$ 。

6.3.2刚度。

①腹板按(式11、12)取 a_3 、 l_4 、 EI_3 ，挠度=0.053<1.5。②空腔同理取 a_3 、 l_5 、 EI_3 ，挠度=0.95<3。

6.4立杆轴力。

$$N = (P_1 + P_2) \times L_x L_y \text{ (式14)}; N_w = (0.9 P_1 + P_2) \times L_x L_y \text{ (式15)}。$$

①腹板取 $L_{x1} = 600$ 、 $L_{y1} = 1200$ ，按(式14)， $N_1 = 59.96 < [N]$ ；按(式15)， $N_{w1} = 59.36 < [N_w]$ 。

②空腔取 $L_{x2} = 1200$ 、 $L_{y2} = 1200$ ，同理， $N_2 = 52.53 < [N]$ ； $N_{w2} = 51.32 < [N_w]$ 。

6.5地基承载力

立杆底座为 $b \times d = 140 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}$ ，垫层厚度 $h = 180 \text{ mm}$ ，应力扩散角取 45° 。因此， $B = D = 140 + 2 \times 180 \times \tan 45^\circ = 500$ ， $A = B \times D = 250000 \text{ mm}^2$ 。

由计算书6-1可知腹板处立杆传至基础顶面的轴力标准组合值最大值： $N_k = (62.4 + 6) \times 600 \times 1200 = 49248 \text{ N}$ ； $p = N_k / A = 0.197 \text{ MPa} = 197 \text{ kPa} < 220 \text{ kPa}$ ，

同理，空腔处： $N_k = (23.4 + 6) \times 1200 \times 1200 = 42336 \text{ N}$ ； $p = N_k / A = 0.169 \text{ MPa} = 169 \text{ kPa} < 220 \text{ kPa}$ 。

因此，支架地基承载力达到220kPa时，可以满足要求。

结束语

经过计算分析，该盘扣式支架方案可行，支架稳定、安全、可靠。需要注意的是：支架中的单独构件对其强度计算时，容许应力可以按照临时构件予以提高；预拱度的计算需要综合考虑现浇梁板的自重、加载后的弹性和非弹性变形以及基础的沉降量等。尽管目前盘扣式支架的一次投入成本较高，大约是碗扣式支架成本的两倍。但是其所具有的安装拆卸效率高及使用寿命长达15~20年的优点，从支架寿命周期的角度考量，在成本方面仍然具有优势。

参考文献

[1] 廖金红. 公路桥梁施工中现浇箱梁的施工技术探讨[J]. 珠江水运, 2019(23): 84-85.
[2] 董安仁. 公路桥梁施工中现浇箱梁的施工技术探讨[J]. 建材与装饰, 2019(35): 255-256.