

文章编号:1674-2869(2011)08-0064-04

天兴洲大桥提升站设计及安装控制

金永忠

(中铁大桥局集团五公司,江西 九江 332001)

摘 要:介绍了天兴洲公铁两用长江大桥铁路箱梁移动模架整体提升施工方法,主要包括地基承载力、钢管立柱、吊装钢箱梁的设计计算,结构稳定性计算,以及提升站安装时应该控制要点.实践表明,移动模架整体提升加快施工速度,移动模架的结构质量也易于保证;移动模架整体吊装有其自身特点和优势,在施工中安全可控,操作简单.

关键词:移动模架;箱梁;提升站;设计;施工控制;整体吊装

中图分类号:U24 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.08.016

1 工程概况

武汉天兴洲公铁两用长江大桥,位于武汉长江二桥下游约 9.5 km 处,是武汉市城市总体规划三环路及武广客运专线跨长江的桥梁,其主桥为

双塔三索面三主桁斜拉桥,主桥桥式布置为 99.2+196+504+196+99.2 m.铁路南引桥桥式布置为 15 孔 40.6 m 简支箱梁,P0~P5#墩为主桥,P5~P20#墩为南引桥,具体布置见图 1.

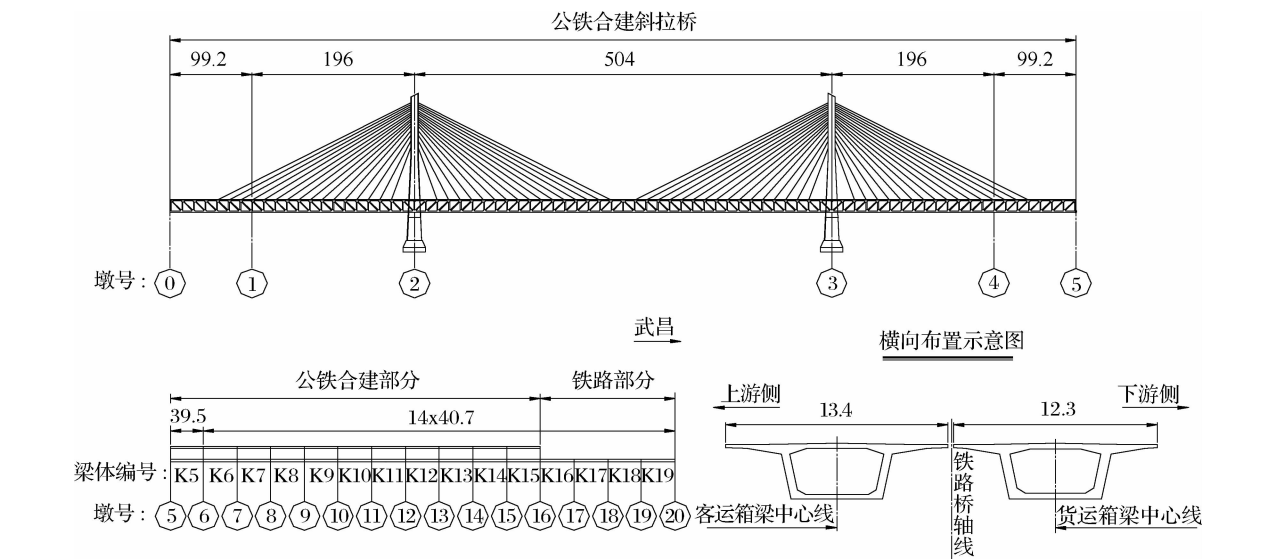


图 1 桥式布置图

Fig.1 Bridge layout diagram

注:单位为 m.

铁路引桥为 40.6 m 简支箱梁,分为客运箱梁和货运箱梁两幅并排布置,货运箱梁顶板宽 12.3 m,客运箱梁顶板宽 13.4 m,底板宽均为 5.54 m,采用移动模架原位现浇的方法施工.

武昌岸引桥墩身高度平均为 30 m,根据本桥的工程特点及场地条件,采用移动模架造桥机现浇施工方案,引桥共有 21 片 40.6 m 箱梁,根据现场实际情况,确定移动模架在 P10、P11#墩之间

的货运侧提升上桥,然后按照施工的工期安排,首先浇筑货运 K10~K5 箱梁,再浇筑客运 K5~K19 箱梁,因此需要设计一套移动模架整体提升装置,即移动模架的提升站.

2 提升站设计组成

提升站主要由主立柱(墩旁)、副立柱(墩顶)、承重横梁、提升结构、横移结构组成.

提升站设在 P10、P11 墩墩旁货运侧,在提升站下方地面上拼装好移动模架(长 93 m,高 11 m,重约 450 t),通过提升站将移动模架提升到墩顶.其安装过程如下,首先将移动模架与提升站连接到位,然后利用提升站的垂直提升机构将移动模架提升到位,再通过提升站顶的横移机构将其整体横移到位,横移到位后,固定移动模架的前后支腿,完成移动模架的提升工作.移动模架及提升站的总体布置详见图 2.



图 2 提升站总体布置图
Fig. 2 Station general layout

3 关键部位计算

3.1 承重横梁的计算

根据经验初步确定承重横梁为箱形截面(高 1.5 m,宽 1 m),其横截面见图 3.

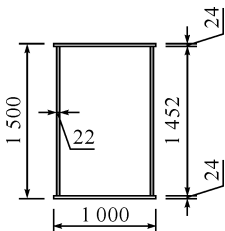


图 3 钢箱梁横截面结构图

Fig. 3 Steel box girder cross section structure

注:单位 mm.

钢箱梁的截面几何特性:

$$A=111\,888\text{ mm}^2$$

$$I=3.839\times10^{10}\text{ mm}^2$$

$$W=I/750=5.119\times10^7\text{ mm}^3$$

将结构简化为简支梁受力模型,由简支梁的受力特点可知:当移动模架移到主梁跨中位置时,主梁受力为最不利位置,受力简图见图 4.

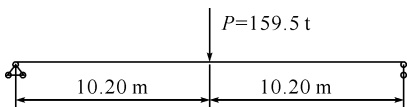


图 4 承重梁最不利受力简图

Fig. 4 The most unfavorable load of bearing beam

$$M=1/4PL+1/8q\times L^2=860.268\text{ t}\cdot\text{m}$$

计算结构弯曲应力:

$$\sigma=M/W=860.268\times10^7/5.119\times10^7=168.1\text{ MPa}<215/1.2=180.0\text{ MPa}$$

变形计算: $f=44\text{ mm}$.

P:移动模架自重.

q:钢箱梁的均布荷载.

用 midas civil 建模计算钢箱梁的局部应力,建模时模拟结构的真实受力状态,轨道布置在钢箱梁顶板中部,只在轨道下垫钢板,钢箱梁顶板局部受力较大,程序计算顶板的应力见图 5.

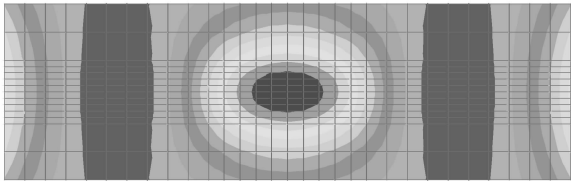


图 5 箱梁顶板应力云图

Fig. 5 Roof of box girder stress cloud chart

由图可见,钢箱梁顶板局部应力较大, $\sigma=212.5\text{ MPa}$,超过钢材容许强度,不满足施工的要求,因此根据结果对箱梁局部进行补强,在跨中设置横隔板,每隔 0.8 m 设置一道横隔板,并在顶板下方设通长的加劲肋 2 道,补强后的箱梁截面见图 6.

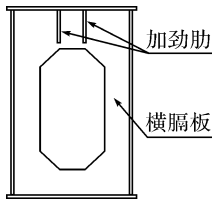


图 6 承重钢箱梁横截面结构图

Fig. 6 Bearing steel box girder cross section structure

3.2 主立柱钢管柱部分计算

主立柱由 4 根直径为 1 m 的钢管柱组成,钢管之间利用连接系相连形成整体结构.

a. 整体计算

钢管群结构截面几何特性计算

$$A=37\,246\times4\text{ mm}^2$$

$$I=2.52\times10^{11}\text{ mm}^4$$

回转半径为 $i=1\,000\text{ mm}$

单立柱自由长度为 $40\,000\text{ mm}$

结构长细比为 $\lambda=40\,000/1\,000=40$

查表知 $\varphi=0.899$

竖向力 $N=357\text{ t}$ $M=135\text{ t}\cdot\text{m}$

$$\sigma=N/\varphi A+M/W=3\,570\,000/(0.899\times37\,246\times4)+135\times107/1.4\times10^8=26.65+9.6=36.3\text{ MPa}<215/1.2=180.0\text{ MPa}$$

结构强度满足要求.

b. 局部计算

钢管结构截面几何特性计算

$A=37\,246\text{ mm}^2$

$I=4.545\times10^9\text{ mm}^4$

回转半径为 349 mm

竖向力 $N=106\text{ t}$

$\sigma=N/A=1\,060\,000/37\,246=28.5\text{ MPa}<$

$215/1.2=180.0\text{ MPa}$

强度满足要求

单立柱自由长度为 2 000 mm

结构长细比为 $\lambda=2\,000/349=5.7<200$

满足要求.

3.3 主立柱扩大基础计算

基础结构见图 7.

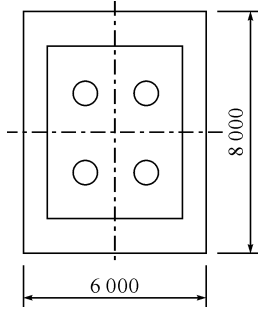


图 7 主立柱基础结构图

Fig. 7 The main column foundation structure

注:单位 mm.

钢管群在起吊状态下,承受竖向力 $P=319\text{ t}$,
检算风速为 10 m/s(沿桥梁中心线方向)

基本风压强度; $W=10\times10/1.6=62.5\text{ Pa}$

计算风压强度; $W=1.56\times62.5\times0.8=78\text{ Pa}$

a. 立柱在纵桥向的倾覆性计算:

风压按照均布荷载作用于立柱上,计算按照
集中力加载在立柱 1/2 高的位置上, $P=3.12\text{ kN}$
(单个立柱),主梁及模架结构所受风荷载在立柱
顶,水平风力为 3.9 kN.

风力作用下立柱的倾覆弯矩为

$M=3.12\times20\times4+3.9\times40=405.6\text{ kN}\cdot\text{m}$

立柱抗倾覆弯矩为:在安装过程中,提升装置
结构自重为 160 t(含混凝土基础)

$M=160\times4=640\text{ t}\cdot\text{m}$

结构倾覆安全系数为:

$K=6400/405.6=15.8$ [大于 1.5]

纵桥向稳定性满足要求.

b. 立柱在横桥向的倾覆性计算:

立柱所受的水平力:

①立柱和钢箱梁所受水平风力

$F_1=40\times4\times78=12\,480\text{ N}=12.48\text{ kN}$

②移动模架构架所受水平风力

$F_2=(11\times43.3+1.5\times31\times0.4+1.5\times17\times$
 $0.4)\times78\times0.6=23\,640\text{ N}=23.64\text{ kN}$

③起重物的横向摇摆力

$F_3=160\text{ kN}/2=80\text{ kN}$

④起吊时天车与起重物不在一条竖直线上,
引起的水平力(瞬时力,忽略不计).

倾覆弯矩为

$M_1=12.48\times20=249.6\text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_2=23.64\times40=945.6\text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_3=80\times40=3200\text{ kN}\cdot\text{m}$

$M=M_1+M_2+M_3=4395\text{ kN}\cdot\text{m}$

结构抗倾覆弯矩为:

(取最不利位置时,竖向力 $P_1=5\,675/20\,300\times$
 $319=89\text{ t},P_2=52+85=137\text{ t})$

$M=226\times3=678\text{ t}\cdot\text{m}$

结构倾覆安全系数为: $K=6\,780/4\,395=$
 1.54 [大于 1.5]

结构抗倾覆系数大于 1.5,结构是稳定的.

c. 地基受力情况:

计算地基承载力: $[f]=200\text{ kPa}$

① 纵桥向:

$W=1/6\times6\times82=64\text{ m}^3$

$P_{\max}=N/A+M/W=3\,570/48+4\,056/64=$
 $137.8\text{ kPa}\leq1.2[f]$

$P=N/A=74.4\text{ kPa}\leq[f]$

地基承载力满足要求.

②横桥向:

$W=1/6\times8\times62=48\text{ m}^3$

$P_{\max}=N/A+M/W=3570/48+4395/48=$
 $165.9\text{ kPa}\leq1.2[f]$

$P=N/A=74.4\text{ kPa}\leq[f]$

地基承载力满足要求.

3.4 横移结构

在承重钢箱梁上布置钢轨、横移机构.横移机
构主要是通过横移水平顶升油缸,使横移小车在
钢轨顶面进行滑移(滑动摩擦系数按 0.15 计).利
用行程 1.1 m 的油缸作为移动模架横移的水平顶
升油缸.在承重钢箱梁顶面按 1 m 的间距布置螺
栓孔(并攻丝),来安装顶升油缸的反力装置.

3.5 提升机构

分别在 10#、11#墩墩顶横移机构的横移小
车上安装 LSD200 液压提升系统. LSD200 液压提
升系统由 4 台 LSD200-300 连续千斤顶,2 个
YTB.B 阀体柜,2 台 YTB 泵站,1 台 LSDKC-8
主控台组成.每台 LSD200-300 液压缸以 12 根直

径 $\Phi 15.24$ 、强度 1 860 MPa 级的钢绞线穿过千斤顶,与移动模架下吊点连接,构成承力系。

4 提升站施工控制

提升站安装过程做到可控,安全得到保障,以下几点控制措施:

4.1 基础施工

主立柱基础施工前,应对地基进行夯实处理,并设排水沟;扩大基础采用钢筋混凝土小承台基础,在承台基础上事先作好立柱的预埋件,预埋件的平整度满足规范要求。

4.2 主立柱施工控制

按照立柱材料数量和类型进行准备,并按照规定要求进行检查验收。满足各项要求后按照该结构的施工设计图进行钢管柱安装。钢管柱在拼装前先对基础的预埋件标高进行测量,根据预埋件的标高对钢管进行下料,确保钢管的顶部与施工设计图的标高相吻合。由于钢管柱的高度不高,为了方便钢管的连接以及保证钢管对接的焊接质量,钢管可以在地面进行下料及对接焊接,焊接好后经现场技术人员进行焊缝检查,检查合格后通过吊机进行吊装。吊装时应该注意钢管的位置以及垂直度,钢管就位后先与钢管的四周进行焊接或栓接,待各检查项均满足有关施工规范的要求后再进行焊接,钢管柱之间按照施工设计图的要求进行横纵向连接,确保钢管柱的整体稳定性。

4.3 横梁及其他施工

所有钢管立柱以及柱顶的分配梁全部安装完毕后,必须组织相关部门进行检查并签证,待检查合格后方可进行下道工序钢箱梁的拼装工作,因墩身高度 30 米,采用 120 吨吊机进行对钢箱梁整体吊装安装施工,同时做好缆风临时固定工序,再在钢箱梁上布置好横移滑道及横移顶,控制好设计标高及横坡。

4.4 提升施工

整个支架安装完成后进行提升,移动模架的提升前做好相应位置的技术交底工作,每个部位必须执行检查并进行签证后再提升施工,四台起升顶必须统一指挥,统一信号,做到同步行程一致,防止倾覆,LSD200 液压提升装置的各油表度数一致,明确受力均匀,做到每个过程可控,做到

安全结构可控,所有起吊时应选择在无风的天气下操作,确保结构安全万无一失;提升移动模架横移到位,固定好移动模架的支腿。

5 注意事项

a. 移动模架提升站设计每个细小的构件部位必须有计算单;

b. 移动模架提升站提升前,必须经过检查验收,合格后才能施工使用;

c. 提升过程必须由专人负责总指挥,做到信号准确,安全可靠;

d. 提升的每个工序细化交底到人,且熟悉各工况细则,各工序准备工作事前考虑充分全面;

d. 提升站提升移动模架时应选择无风的白天施工。

6 结 语

整体提升站施工对于高空、重结构的拼装有着非常广阔的应用前景。优点是:

a. 结构在地面组拼化高空作业为地面,操作方便,施工安全,对机械要求低,能做到各工序可控,减少许多安全隐患。

b. 工序简单明确,操作快,减少临时支墩的装拆,缩短工期,节省成本。

c. 提升、横移均通过计算机控制数控液压千斤顶来完成,操作简单、快捷、可控、同步性和平稳性高,精度可控。

经过天兴洲公铁两用长江大桥引桥箱梁移动模架这一成功的事例证明,这种提升结构适合在城市建设圈对高架桥箱梁移动模架的整体提升,结果安全可靠,施工方便,值得推广。

参考文献:

- [1] 张启文,夏志斌. 钢结构设计规范 GB500017—2003 [M]. 北京:中国计划出版社,2003.
- [2] 黄熙龄,腾延京,土铁宏,等. 建筑地基基础设计规范 GB500017—2002 [M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 宋曼华. 钢结构设计与计算 [M]. 2 版. 北京:机械工业出版社,2000.

(下转第 102 页)