

京杭运河淮阴 1 号桥组合梁桥面系施工

李连法

(淮阴市水利水电建筑公司 江苏 223001)

陈锡林

(江苏省水利重点工程指挥部 江苏 210004)

提要 本文介绍了淮阴 1 号桥钢筋混凝土组合梁桥面系的施工工艺, 钢梁及斜索的安装, 桥面混凝土裂缝控制等方面的问题。

关键词 组合梁桥 钢梁 斜索 裂缝

Compound Girder Bridge Deck Construction for Huaiying No. 1 Bridge over Jing-Hang Canal

Li Lianfa

(Huaiying Municipal Water Conservancy Building Corporation)

Chen Xilin

(Jiangsu Provincial Water Conservancy Key Project Headquarters)

Abstract This paper describes the construction technology of reinforced concrete compound girder bridge deck of Huaiying NO. 1 Bridge, the installations of steel girders and stay cables as well as control of concrete deck cracks.

Key words Compound girder bridge Steel girder Stay cable Crack

1 结构概况

淮阴 1 号桥为独塔、双索面混合型斜拉桥。钢筋混凝土 H 形塔, 塔高 46m。塔、梁、墩采用固结体系, 斜索每边 7 组共 42 根, 采用扇形布置。正桥岸跨主、横梁采用预应力钢筋混凝土与预制钢筋混凝土横梁微弯板桥面, 河跨设计采用 90m 跨的钢—混凝土组合结构。钢筋混凝土 V 形桥墩与塔腿相接, 岸跨主梁、现浇横梁与塔、墩在此固结。桥台下设计 20 根 $\phi 120\text{cm} \times 30\text{m}$ 钻孔灌注群桩基础。

该桥于 1988 年 9 月开工, 主桥于 1991 年 5 月竣工, 1993 年 7 月 1 日全线通车。

2 钢梁

钢梁由工地配合江南造船厂研制。关键技术是栓钉焊接、总体拼装和单梁制造质量。

2.1 单梁制作

单梁制造要求很高, 要按整梁预拱要求精密制作。本桥钢梁包括主梁 18 根, 横梁 85 根, 全部单梁均采用焊接结构。

单梁制造包括以下工艺: 放样; 下料; 气割; 安装与焊接; 矫形及校正; 焊缝探伤; 标记及编号; 验收。单梁制造的允许误差如表 1 所示。

2.2 预总装

单梁制作完成后在厂内进行预总装, 预总装的任务是: (1) 检验各个单梁的制造精度及质量, 预拼后整梁及各个部件的位置、尺寸是否能满足设计要求, 特别是整梁的纵向线型(即预拱度); (2) 模拟现场检验设计位置及预定安装方案有无不当之处; (3) 对各单梁及其连接件进行整体钻孔, 以保证螺栓通过率达百分之百。

预总装时, 首先安装纵向主梁及其垫块, 调整各主梁端点位置、纵梁间隙等, 验收合格后钻孔、标记并编号, 再按已定位的主梁横向连接筋板的位置逐根安装横梁。总装允许误差如表 2 所示。

2.3 栓钉焊接

在钢梁顶面进行栓钉焊接。选用规格为 $\phi 22 \times 150$ 的栓钉, 用半自动拉弧焊机焊接。为保证质量和安全, 使用栓钉焊接保护瓷圈。栓钉焊接完工后进行质量抽检, 用小锤侧面敲击钉头, 弯曲达 45° 后, 以焊缝无裂缝为合格。

2.4 钢梁运输

用甲板船将钢梁运至施工现场。为防止运输过程中变形, 在梁底及梁与梁之间用硬杂木垫块; 横梁每 2 块以上用角铁焊接包装, 加强其运输过程中的侧向刚度, 在施工场地加垫块站立堆放。

3 斜索

斜索共 42 根, 分 3 种规格, 河跨用 85 $\phi 5$ 共计 28 根; 岸跨用 163 $\phi 5$ 共计 12 根及 199 $\phi 5$ 共计 2 根。该桥斜索应用新的制索工艺生产, 主要工序有:

(1) 加工钢丝进行除锈处理, 有选择地进行破坏性张拉试验, 以确认其合格;

(2) 钢丝定长、下料;

(3) 进行大节距扭绞后绕缠 2~4 层高强度复合带;

(4) 将聚乙烯料高温高压形成钢丝束护套。

3 种斜索的外护套直径分别为 $\phi 61\text{mm}$ 、

单梁制造允许误差

表 1

序号	项 目	检查部位	允许误差 (mm)	备 注
1		工地孔部分	$\Delta < \pm 1$	包括面板不平度
		其余部分	$\Delta < \pm 2$	
2		工地孔部分	$\Delta < \pm 1$	
		其余部分	$\Delta < \pm 2$	
3		工地孔部分	$\Delta < 2.0$	包括主横梁腹板平面度
		其余部分	$\Delta < 3.0$	
4		全长内弯	$\Delta < 3.0$	
5		平直横梁和主梁	$\Delta < 5.0$ 不允许下凹	
		有拱度主梁	+5.0 -1.0	
6	长度误差		± 5.0	
7	宽度误差		± 1.5	
8	高度误差	工地孔部分	± 1.0	
		其余部分	± 2.0	

总装完工允许误差

表 2

序号	验收部位	允许误差 (mm)
1	总 长	± 15
2	主梁与主梁	+4
	主梁与横梁间隙	-2
3	主梁左右偏移 (侧弯)	± 3
4	联接点高度位置	± 2
5	主梁中心距离	± 3
6	螺栓孔径	+0.5
		-0.1
7	两相邻螺栓孔距	± 1.0

φ83mm、φ90mm;

(5) 将钢丝束在零应力状态下按标准温度修正长度丈量, 复核无误后垂直断料, 长度按下式修正:

$$L=L_0\{1+[1.16(t-12)+5.263]\times 10^{-5}\}$$

式中: L 为 t 温度情况下的断料长度; L_0 为设计标准条件下的长度; t 为断料时气温;

(6) 制锚;

(7) 预张拉以检定斜索的制作质量, 同时消除拉索内部(包括锚板回缩)的初伸长, 预应力采用设计静载力值的 150%, 即分别为 160t、307t、375t, 张拉后锚板回缩值控制在 7mm 之内, 实测值一般不超过 1mm, 最大值为 3.96mm;

(8) 成圈包装, 船运至工地。

4 组合梁桥面系的施工

4.1 跨河缆道吊装

施工图设计时, 根据施工机具和施工方法等综合考虑, 确定钢梁安装采用跨河缆道悬拼方案, 即将钢梁分节段在甲板船上组拼后进行整体吊装, 每节段钢梁包括 2 根主梁(10m 长)、4 根横梁及 2 对斜索的锚座。设计吊装质量为 20~24t。根据计算, 跨河主梁采用 2 根 φ46 钢丝绳, 南端支点在索塔横梁上, 锚固于岸跨南端横梁; 北端支点在经过地基处理的贝雷片龙门架上, 锚固于 72m 远处理设的 4 道地垅木上, 如图 1 所示。

4.2 钢梁安装

安装前, 钢梁表面经过喷砂处理后进行热喷锌防腐, 喷锌层厚度为 $0.2 \pm 0.04\text{mm}$ 。但上翼板顶面、栓钉以及各接头处(包括连接板)等摩擦型表面只作喷砂除锈处理, 所有喷锌部位的表面均喷涂 670-3 漆, 待主桥建成后, 再喷涂一层封闭漆。

钢梁分节段在 80t 甲板船上放样组拼, 吊拼装的具体步骤如下:

- (1) 用木材调好钢主梁、梁底放样线;
- (2) 吊拖钢主梁上船, 并按放样线调整校准;
- (3) 吊装横梁, 用定位销固定就位, 装高强螺栓, 在横梁部分施以初拧扭矩 30kgm, 而与主梁连接板只用扳手人工拧紧即可;
- (4) 吊装斜索锚座及索管, 安装于主梁上, 并按初拧及终拧扭矩次序紧固锚座高强螺栓;
- (5) 将船驶至跨河缆索下, 吊装、用定位销定位, 先装主梁腹板连接板及高强螺栓, 施以 30kgm 扭矩, 然后安装主梁上、下翼板的高强螺栓;
- (6) 施以终拧扭矩, 紧固主梁腹板连接螺栓, 校正梁轴线与设计桥轴线一致, 拧紧主梁上、下翼板及横梁连接板高强螺栓;
- (7) 放松缆道主吊点, 用塔吊挂索, 并开始调索。

4.3 紧固高强螺栓

高强螺栓紧固是否达到设计预紧力值, 关系到可能出现接头滑动, 混凝土产生裂缝或高

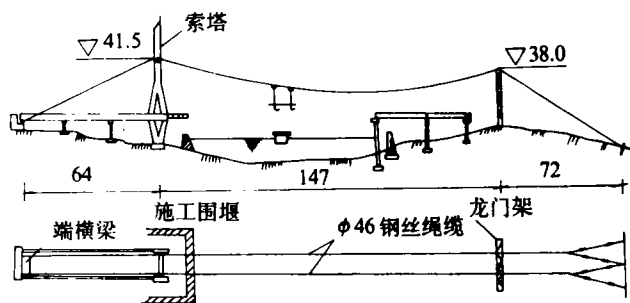


图 1

强螺栓断裂。本桥钢梁拼装所有接头均设计为摩擦型接头, 钢梁上、下翼板处使用 M24 螺栓, 腹板使用 M22 螺栓, 预紧力分别为 24t 和 20t, 螺栓施拧采用扭距法, 计算式如下:

$$M=K \times N \times d$$

式中: K 为螺栓扭距系数; N 为螺栓预紧力; d 为螺栓公称直径。

钢梁安装时, 采用新标定的 DZ-150 型指针式手动扭力扳手对所有螺栓进行了复检紧固, 并逐一记录存档。

4.4 斜索安装、张拉及调试

(1) 用塔吊将斜索吊至桥面, 将索的锚固端穿入固定在钢梁腹板上的锚管、锚座。根据经验, 将锚头螺帽旋至一定牙数, 再将斜索张拉端锚头用塔顶卷扬机牵引穿过置于索塔上的锚箱, 旋上锚头螺帽, 然后在塔上安装该层张拉千斤顶。每层斜索河跨为双股, 岸跨为单股, 双索面共 6 根, 共安装 6 台 300t 油压穿心式千斤顶, 并配超高压两级电动油泵。

(2) 由于设计规定各梁段不是一次加载完成, 因此采用多次张拉法施工, 在塔上进行均衡交叉张拉。

索力采用 GZ-83 型斜拉桥索力周期仪监测 (使用时现场标定, 误差在 2% 以内)。从监测结果来看, 前 5 个施工阶段以桥面高程控制, 故索力值与设计值有一定误差。随着施工进展, 索力值呈逐次逼近设计计算值趋势, 是符合设计要求的, 详见表 3。

河跨索力调整过程

表 3

序号	施 工 2			施 工 3			施 工 4			施 工 5			施 工 6		
	设计 (t)	实测 (t)	误差 (%)	设计 (t)	实测 (t)	误差 (%)	设计 (t)	实测 (t)	误差 (%)	设计 (t)	实测 (t)	误差 (%)	设计 (t)	实测 (t)	误差 (%)
1	79.8	102.7	28.7	103	98.4	4.7	97	89.8	7.4	77.5	89.9	15.7	117.8	118.5	0.6
2	69	93.1	34.9	76	89.5	17.8	76	80.1	5.4	79.5	77.9	2.0	108.5	104.06	4.1
3	60.8	72.5	19.2	100	116.2	16.2	98	109.1	11.3	94	106.6	13.4	126.3	131.06	3.8
4				93	101.9	9	102	97.5	4.4	101	95.7	5.2	146.1	149.70	2.5
5				73	88.9	21.8	119	127.9	7.5	110.5	128	15.8	157.8	165.41	4.8
6							101	116.0	14.9	113.5	120.2	5.9	171.3	171.42	0.1
7							63	77.2	22.5	144.6	165.8	14.3	221	218.37	1.2

4.5 桥面系施工控制要求

在组合梁翼板施工中, 主、横梁及人行道挑出部分整体浇筑。

翼板混凝土要求早凝, 即尽快达到 75% 设计强度, 以便抓紧进行下一梁段的安装工作; 翼板混凝土要求缓凝, 为的是在混凝土初凝时间内完成浇筑及斜索再调整, 以便使翼板混凝土在设计线型及设计高程上凝固。

翼板混凝土浇筑之前, 需要按设计值调整索力, 还要校正调索后的钢梁轴线, 误差控制在 3mm 之内, 并将主、横钢梁翼板连接处焊牢, 进行对角线拉扯焊接, 以增强梁段的整体侧向刚度。

桥面施工中, 通过调整索力控制桥面 (或梁) 高程, 同时斜索索力符合按稳定张拉力法所得的计算值 (即索塔上每对斜索的水平力平衡)。索力可在设计索力值 $\pm 5\%$ 范围内调整。

4.6 混凝土配合比设计

根据设计中提出的混凝土标号、早强、缓凝和密实性等要求，结合施工现场情况，采用的配合比如表 4。

桥面混凝土配合比（每立方米）									表 4
设计标号 (MPa)	水灰比	坍落度 (cm)	425# 水泥 (kg)	石子 (kg)	黄沙 (kg)	焦磷酸钠 (kg)	M117 (kg)	水 (kg)	实际强度 (MPa)
40	0.35	6~8	445	1291	605	0.445	3.338	157	51.7

现场取样表明，混凝土初凝时间达 11.5h，而 3 天抗压强度达到设计值的 75%~100%（自然养护）。

4.7 模板及钢筋工程

翼板混凝土模板工程设计中，利用钢横梁间距 2.5m 及下翼板挑出宽度 15cm 的有利条件，在钢横梁间铺设 20cm×20cm 木枋上搭钢管脚手架，然后铺组合钢模板，人行道挑出部分从钢主梁下翼板打斜撑支立模板。

模板组拼后，大缝用木条楔紧，再用油灰嵌缝，防止漏浆。钢筋工程在模板完成后迅速进行。

5 桥面混凝土防裂措施

- (1) 为防止混凝土因斜拉索调整使得桥面高程变位而产生裂缝，特采用多次张拉法，桥面小起小落，逐次逼近。
- (2) 为控制桥面中部（桥轴线左右）在活荷载作用下产生反弹交变变位引起混凝土裂缝，在组合梁翼板中加大横向钢筋用量。
- (3) 为使桥面系获得较大的抗扭能力，设计中采用双索面，把斜索锚在两侧的钢主梁上，并汇聚到索塔的上部，形成一个空间楔架。
- (4) 为防止锚座产生滑动，使锚管与桥面交接处混凝土被拉裂，特在钢管与锚座间留 5mm 的间隙。
- (5) 为减小混凝土的内应力，每个施工阶段都把现浇混凝土桥面处在设计线型的高程上凝固，强度达到 75%以上再进行下一道工序。
- (6) 为控制混凝土收缩及徐变引起的应力重分布，在顺桥向每隔 10m 留一道施工缝，混凝土强度达到设计要求后，再用无收缩水泥封固。
- (7) 提高混凝土的早期强度，减少混凝土收缩裂缝，实际上，混凝土 3 天强度均超过 75%设计强度。
- (8) 严格控制高强螺栓的施拧质量，安装结束后逐个复检。

该桥自 1993 年 7 月通车运营后近 1 年，经有关专家在现场进行外观检查，未发现混凝土出现裂缝，说明该桥防裂措施是有效的。

参考文献

1 周念先，杨共树．预应力混凝土斜拉桥．人民交通出版社，1989 年 4 月．

2 周有立等．淮阴 1 号桥钢梁的研制．江南造船厂科协，1990 年 10 月．

3 毛庆传．京杭运河淮阴 1 号桥斜拉索生产．上海浦江缆索厂，1990 年 10 月．

4 梁庆松等．淮阴 1 号桥施工监测报告．1991 年 4 月．