

斜拉桥施工中的临时固结技术

邱式忠

【摘要】在斜拉桥常采用的基本结构型式[1]、对于梁塔墩连接型式为塔梁固结、梁墩绞结(如法国波鲁东纳桥、上海泖港桥等),塔墩固结、塔梁绞结(或塔墩固结、梁墩绞结,如辽宁长兴岛桥等),或者塔墩固结、塔梁分离漂浮式结构(如美国P-K桥、上海南浦桥等)。当挂兰悬臂施工时,为了防止由于施工荷载对桥墩支座产生的不对称弯矩和水平分力而引起的主梁失稳,必须采取临时固结措施。

一、塔墩固结、塔梁分离漂浮式结构临时固结技术

塔和墩固结、塔和梁分离,主梁被直或斜索悬吊,便称漂浮结构。可避免垂直支座在梁上产生的负弯矩,并具有向桥两侧及边跨斜索均匀分布拉力的效果,尤其对控制边跨斜索的松弛更为有效。特别对强地震区采用此种型式可获得良好的抗震性能。由于这种连接型式的优越性,多被国内外大跨径斜拉桥所采用。象主跨300米的美国P-K斜拉桥,我国主跨220米的济南黄河大桥,主跨224米的蚌埠斜拉桥,主跨260米的天津永和斜拉桥,以及近几年建造的主跨423米、602米的上海南浦大桥、杨浦大桥等均属此种连接型式。

(一) 主跨423米的南浦桥临时固结措施

南浦大桥主桥为双塔双索面,塔墩固结、塔梁分离漂浮式连续梁斜拉桥。主桥长848米,主跨423米,塔高150米,斜拉索180根,由桥面吊机配合安全操作平台,进行迭合梁(梁的肋为钢结构、板为钢筋混凝土结构)悬臂拼装,河跨11段,岸跨9段,加0#段和跨中合拢段共43段。

(见图1南浦大桥立面图)

为平衡悬臂施工中40000KN·m不平衡弯矩和6000KN纵向水平分力,在0#段设置临时固结措施。

① 0#段的结构组成

南浦大桥主桥0#段(LW0),设置在塔柱下横梁上3.4m的高空处,由2根0#索(265 ϕ 7高

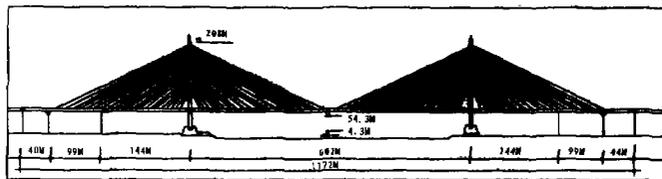


图1 南浦大桥立面图

邱式忠:上海市基础工程公司教授级高工

强钢丝、冷铸墩头锚具组成。PE管防腐,索长55.55m,重55T),悬吊在两根工字型主梁(13500mm×800mm×2215mm)锚箱内。主梁间由5根横梁联系(23750mm×600mm×1700mm×1800mm)中间为4根小中梁加固(1640mm×500mm×500mm)。横梁外有4根安放人行道板的悬挑梁(2500mm×600mm×500~1200mm),主梁内侧的16根加劲梁,横梁下有安放操作平台的检修桁车轨道(L₀₁、长40m)两道,由高强螺栓联结组成一个长13.5m、宽为30.35m、高2.21m的钢框架,上铺厚26cm的现浇混凝土板构成一适合梁结构。

② 平衡40000KN·m不平衡弯矩措施

在塔柱下横梁上0#段主梁与2根横梁交叉点处,加设四根钢筋混凝土临时柱(柱高3.4m),利用四根扁担钢梁和8根151φ5高强钢丝束,将整个0#段钢框架与塔柱下横梁(8m高)紧紧锁成一体,形成临时固结体系。每束151φ5高强钢丝可承受2000KN拉力,可抵消40000KN·m弯矩还有富裕。(见图2临时固结图)

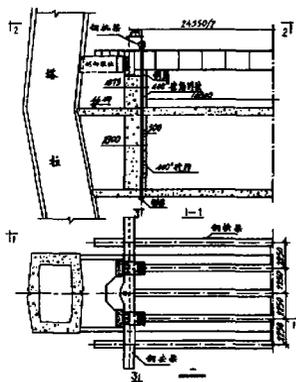


图2 抗倾覆弯矩构造图

③ 抵消6000KN纵向水平分力的措施

在每根LWO钢主梁外侧,设置一只5.4T的钢结构抗剪箱(纵向限位装置),用104付高强螺栓与主梁连接,卡在塔柱的混凝土侧向限位体中。当由于荷载不对称引起的水平力,可通过受力主梁传至剪力箱,再通过限位钢筋混凝土传至

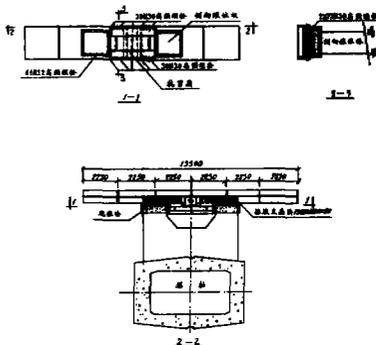
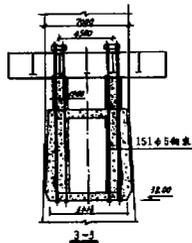


图3 纵向限位装置(抗剪箱)构造图



为平衡悬臂施工中27000KN-m不平衡弯矩和10000KN纵向水平分力,在0#段设置临时固结措施。

① 0#段临时固结措施

杨浦大桥在南浦大桥经验的基础上,采用了组合式固结体系,主要将0#段钢梁,通过钢梁下面的临时钢支墩(由受力柱与斜拉杆的钢结构组成)与塔柱的下横梁刚性连接,使主梁、钢结构受力墩与塔柱下横梁构成一体整体,来抵消悬臂施工中的27000KN-m不平衡弯矩和10000KN之主梁水平分力。

临时固结采用钢结构,考虑先在主塔下横梁上部埋设预埋件和插筋,以 $\phi 609\text{mm}$ 钢管作为

立柱和斜撑,使之成为一个空间框架结构,下部与预埋件、预埋钢筋焊接,上部和主梁焊接,临时固结结构型式及安装要求见图4、图5。

② 实施方法

a. 先在主塔下横梁及塔柱一侧埋设预埋铁件和预埋钢筋,其每只锚固力及上拔力要大于150T和125T水平剪力要求。(见图4下横梁施工预埋件图)

b. 在预埋构件上焊接4根 $\phi 609\text{mm}$ 、壁厚11mm的受力柱(一侧主梁受力柱数), $\phi 32\text{mm}$ 预埋筋沿受力柱钢管四周分布并焊牢,受力柱与下横梁上预埋件焊牢,与节点板(厚30mm)焊牢,4个受力柱沿顺桥方向间距为4.5m,横桥方

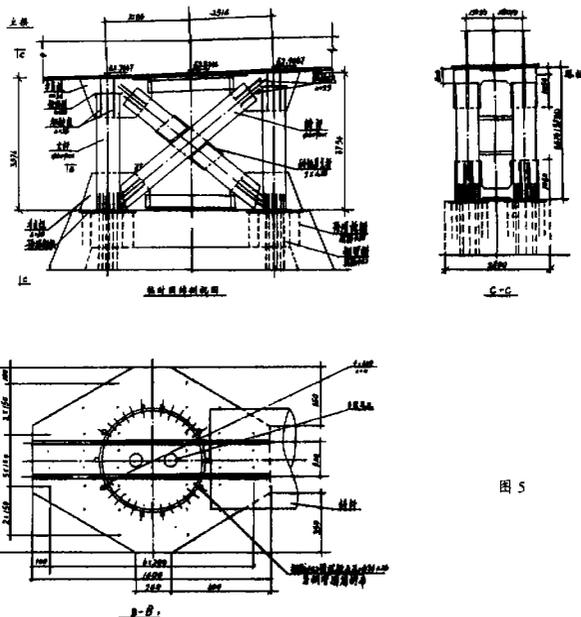


图 5

向间距为3.05m。

c. 顺桥方向剪力撑仍用 $\phi 609\text{mm}$ 钢管焊成, 受力柱上下及横向用型钢焊成, 使之构成一空间受力桁架。

d. 受力钢管柱上部与主梁底板, 通过节点板, 加劲板焊成整体。(见图5临时固结结构安装图)

e. 钢结构焊接要满足强度、刚度及整体稳定要求, 同时要考虑构件焊接变形带来的影响。

f. 在0#段安装后, 在钢支墩底部绑钢筋浇灌混凝土。

杨浦大桥在总结了南浦大桥施工经验的基础上, 在五月份临时固结完成后, 六月份进行了吊装。在采用300T吊机完成W0段后, 采用台灵安装WBO、WZO、WB1、WZ1, 随后进行了桥面吊机配合安装平台的标准段悬臂施工, 至93年9月8日全桥合拢, 在合拢的同时, 及时消除临时固结, 完成全桥漂浮结构要求。

二. 塔梁固结、梁墩铰结临时固结技术

此种连接型式多适应于悬臂独塔或H型双柱直塔, 配合跨中吊梁, 成为对外的静定结构。可适应软土地基不均匀沉降的需要。由于全桥荷载通过索的垂直分力传递至铰座处, 要求铰座承受能力要强。世界著名的主跨320m的法国波鲁东纳桥(预应力钢筋混凝土斜拉桥)、我国主跨200m的浏港大桥、浙江章镇的独塔斜拉桥、广西铁路公路桥——红水河桥, 都是这种连接型式。

这种连接型式的临时固结措施, 常在固定铰支座或活动铰支座两侧, 利用预应力索锚具或预应力钢筋, 将桥墩上的箱梁与桥墩和桥墩与箱梁空间垫块锁成整体。象广西红水河铁路斜拉桥, 为了满足悬臂施工需要, 在中跨和边跨桥梁之间(桥墩上箱梁之横梁), 锚有临时预应力螺旋粗

钢筋 $\phi 60\text{mm}$ 或 $18\phi 5\text{mm}$ 钢筋束各6根。下面较详细地介绍一下主跨200m的浏港桥的临时固结措施[2]。

浏港桥基本结构型式为塔梁固结、梁墩铰结吊梁式单悬臂钢筋混凝土斜拉桥, 主桥长370m双塔双索面, 塔高51m, 主梁为预制拼装, 岸跨搭设临时钢排架由136T汽车吊安装。河跨由挂兰悬臂拼装, 接头为湿接头。

(一) 在顺桥宽5m、横桥厚4.73m的双锥台形实体钢筋混凝土墩顶面上, 氯丁橡胶板式支座两侧, 预埋0.75mm厚、内径125cm薄铁皮管, 此管一直通到墩顶实体箱梁顶, 共32根, 通过32束、 $48\phi 5\text{mm}$ 墩头锚具索方式, 将梁墩及梁墩间22.5cm、300#硫磺胶泥锁成一体。来抵消12000KN-m的不平衡弯矩。(图6 浏港大桥临时固结图)。

(二) 实施方法

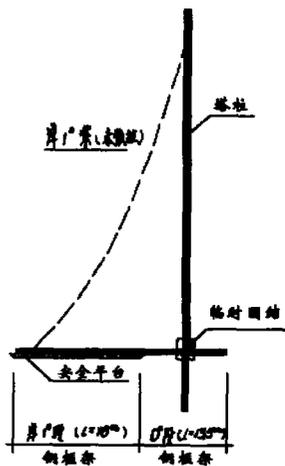


图6 施工状况简图

先从墩身实体混凝土浇起,然后浇 $250 \times 240 \times 50\text{cm}$ 、 $500\#$ 钢筋混凝土下较座,再摆好九块 $770 \times 350 \times 35\text{mm}$ 氯丁橡胶板式支座,四周用钢板框固定,橡胶伸缩带密封,在浇灌硫磺胶泥后,用 $500\#$ 钢筋混凝土上较座与上部结构 $0\#$ 段箱梁的实体段相接,待达到设计强度后,由2100t吊车将 $48\phi 5\text{mm}$ 高强钢丝束(为加强与水泥砂浆嵌固要求,一头作成橄榄形)吊起,放置于预留管内,浇灌水泥砂浆,待达到强度,用2台500KN油压千斤顶进行预应力张拉,将梁墩及硫磺胶泥垫块钎成一体,待大桥建成后,可溶化硫磺胶泥,切断预应力索,解除约束再满足较结要求。

(三) 柳港桥桥墩与 $0\#$ 段箱梁临时固结后,挂兰悬臂拼装了42幅箱梁,22幅车行道板,在跨中吊梁安装前,解除了预应力束,使结构形成静定的简支单悬臂。

三、塔墩固结、塔梁(或梁墩)较结结构临时固结技术

即塔与墩固结,梁与塔柱间下横梁铰较结,或梁座落在塔柱连成整体的墩上。

塔墩固结刚度大,整体性和稳定性均较好。梁的大部分荷载通过索传递,经塔柱到基础,一部分荷载通过较座传至塔柱下横梁上或墩上,再由塔柱或墩传至基础,这样可以减少较座的受力,但考虑到主梁连接处可能产生较大的弯曲应力,需预留出千斤顶高度,以通过调节支点的标高来控制梁的内力。我国主跨126米的东北长兴岛桥,主跨104米的山东青岛大沽河桥便是这种型式。

主跨176米长兴岛桥临时固结措施[3]。

长兴岛桥基本结构型式为塔墩固结、梁墩较结三跨连续梁式钢筋混凝土斜拉桥。主桥长355米,双塔双索面,塔高42.77米,岸跨为活动支架及悬臂吊机浇筑,河跨为挂兰悬臂浇筑,墩顶现浇段为14#箱梁。(图7为长兴岛桥临时固结图)

(一) 在桥墩上设滚动支座,在墩帽上部较

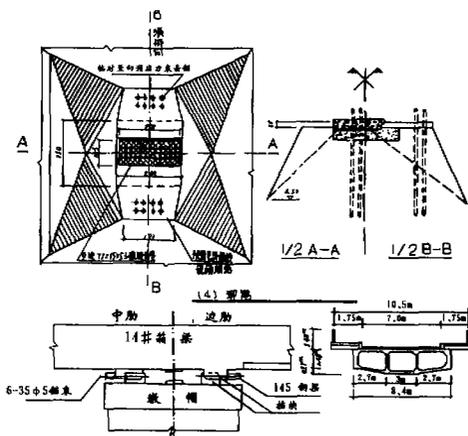


图7 长兴岛临时固结图

支座, 为保证施工阶段的稳定, 在墩帽上部较支座两侧设置墩顶挡块, 在14#箱梁下缘与墩顶挡块相应位置设置箱梁挡块, 两组相对应挡块通过工字钢和钢丝绳进行临时固结(共12—56 ϕ 5mm墩头锚具索, 索方向平行与墩面)。其不平衡弯矩由挡块抵消, 索起传速力的作用。

(二) 实施

先将桥墩及桥墩挡块浇好, 再在托架上浇筑14#箱梁及箱梁挡块(在边肋、中肋分别浇六处共12处), 待达到强度后, 用45#工字钢作张拉架, 穿12处56 ϕ 5mm墩头锚具索, 通过千斤顶张拉, 将箱梁与墩顶挡块锁成一体。

四. 几点体会

(一) 斜拉桥临时固结技术, 是关系施工成败的重要措施, 应根据每座桥的设计要求, 即允许的不对称施工荷载差值, 结合实际环境, 在满足强度、刚度和稳定要求条件下, 采取相应的临时固结措施, 例如上海南浦大桥, 根据现场施工条件和悬臂施工安装控制程序, 经设计同施工研究后, 确定其最不利施工状况为: 1) 0#段钢框架已形成; 2) 岸跨1#段钢框架形成, 岸跨1#斜拉索未张拉, 经对此工况的受力分析后确定了40000KN-m的不平衡弯矩和6000KN的纵向水平分力, 并在此基础上确定了抗倾复和抗纵向水平分力分离的方案。

(二) 在斜拉桥临时固结几种型式之中, 既有南浦大桥抗倾复和抗纵向水平分力分离的方案, 也有杨浦大桥、浏港及长兴岛桥, 采取承受弯矩、水平分力集于一体方式, 这些方法施工中均有成效, 可根据实际要求借鉴之。

(三) 本文介绍了四种类型的临时固结技术, 一种为南浦桥型式的, 一种是浏港桥采用预应力索型式的, 一种是长兴岛桥利用混凝土挡块型式的, 再一种是杨浦大桥钢框架不采用预应力

张拉型式的。南浦桥型式适用于大型斜拉桥, 抗弯矩、抗剪力分工明确, 总的偏于安全, 只是3.4m钢筋混凝土柱的及时凿除, 满足漂浮结构要求, 比钢结构有一定难度(可考虑采用静力爆破方式); 浏港桥型式是国内多采用之型式, 即利用预应力索或预应力钢筋, 将梁塔墩或者梁、塔下横梁及中间结构物锁成整体, 其优点是: 1) 预应力张拉后可保持相当富裕能力; 2) 施工简便; 3) 梁塔墩或梁塔下横梁或中间构筑物不存在直接连成整体如焊接等; 4) 易于消除约束, 满足运营要求; 5) 这种型式适用于大中型斜拉桥; 长兴岛利用混凝土挡块型式适用于中小型斜拉桥; 而杨浦桥钢结构框架型式, 适用于钢结构斜拉桥, 省去了预应力索张拉, 将梁塔柱下横梁及中间物直接焊成整体, 这种型式由于第一次采用, 钢构件的焊接变形曾给施工带来一定影响, 为满足稳定要求, 在钢框架底部又浇筑了钢筋混凝土, 使之钢筋混凝土同钢框架共同受力, 结果也是理想的, 四种型式都是成功的, 本人所述意见只供同仁参考。

(四) 在上述方法中, 凡有硫磺胶泥垫块的(例如浏港桥或相当一部分连续梁桥均用之), 卸除临时固结方法为: 先通电融硫磺胶泥(最好有层次, 使荷载逐步压在盆式支座或橡胶板式支座上), 使梁逐渐座落在永久盆式支座上, 此时预应力索松弛, 可消除之。在硫磺胶泥通电融化时, 曾发现有硫磺燃烧现象, 故建议在硫磺胶泥垫块与盆式支座间需有防火隔离措施。

参考文献

- [1] 《PC斜拉桥基本结构型式选择》东北公路83年第1期 邱式忠
- [2] 《主跨200m的浏港斜拉桥施工工艺概述》华北公路83年第3期 邱式忠
- [3] 《东北长兴岛斜拉桥总结》东北公路