

预应力混凝土连续梁桥支座的更换施工

陈志远

(潮州市交通工程质量监督站, 广东潮州 521011)

摘要: 鉴于预应力混凝土连续梁桥支座的更换尚无成功的参考实例, 该文对潮州市韩江大桥支座更换施工做了详细介绍和分析, 并提出改进施工质量的方法。

关键词: 预应力混凝土连续梁桥; 桥梁加固; 支座更换; 施工; 潮州

中图分类号: U443.36 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)02-0074-05

1 工程概况

潮州市韩江大桥竣工于1989年, 分为东桥、西桥、联络桥和上下游匝道桥。桥梁全长1152.68 m (主桥)+186.50 m (匝道桥), 总建筑面积24165 m²。东、西桥上部结构为预应力混凝土曲弦变截面连续T梁, 横向由7片梁以现浇湿接缝连成一体, 下部为V型实体薄壁柔性墩, 东桥跨径组合为39.5 m+10×51 m+39.5 m, 长616.1 m, 西桥为31.5 m+7×41 m+31.5 m, 长361.2 m。

运营十多年来, 韩江大桥一直是潮州市(闽粤交界地级市)连接韩江两岸的主要通道, 交通量远远超过设计值, 加上其他原因, 大桥出现了一些病害, 特别是主桥伸缩缝处的28个支座锈蚀严重, 已无法正常工作, 有的支座甚至已经脱空, 严重威胁桥梁安全。2004年2~5月, 大桥在必须保持通车的情况下进行了大修, 28个单向活动盆式橡胶支座的更换是其中难度最大的工作。

据调查, 桥梁支座的更换近年来国内已有不少成功的工程实例, 但其均为简支梁桥或钢梁桥, 预应力混凝土连续梁桥支座的更换找不到实例参考, 即使是简支梁桥或钢梁桥, 也找不到具体的资料可用。经过精心研究分析, 认真设计施工, 所有的支座顺利更换完毕, 经过一年来的运营检验, 支座工作状态良好。

2 本次支座更换的特点

(1) 不同于简支梁桥, 梁端允许顶升量很小, 因顶升过程中全连续梁桥都会发生应力重分布。

(2) 不同于钢梁桥, 梁间允许顶升量差值很小,

因混凝土横隔梁和T梁上翼抗剪切和扭转能力差, 且横隔梁已有不少裂缝。

(3) 工作空间只是顶升量加上支座高度, 最小只有85 mm, 最大也只有125 mm, 空间狭小, 难以操作。

(4) 更换后支座高程允许偏差没有相应的规范和工程实例可依照。

(5) 必须保证梁体的自由伸缩变形。

(6) 无法封闭交通。

(7) 支座更换失败很可能对桥梁结构造成致使的损害。

3 施工方案

(1) 每墩位处设4根Φ65 cm壁厚为1 cm的钢管支柱, 钢管间设置剪刀支撑。支柱下为混凝土基础, 中间两支柱支于沉井顶面1.5 m见方的混凝土基础上, 边上两支柱支于4 m见方的混凝土土挖基础上。

(2) 每根钢管上布置YSD-500型500 t千斤顶1只, 千斤顶上安装一100 cm高的钢箱平衡梁, 中间垫四氟板和钢板, 钢箱梁顶与桥梁底间垫板式橡胶支座、四氟板和钢板。

(3) 4台千斤顶并联顶升, 均匀地将梁端顶高支座。

(4) 凿除旧支座, 处理垫石和原梁底钢板, 安装支座下摆。

(5) 在支座顶板上涂上粘钢胶后安放上摆, 调整支座位置, 落梁至原位, 待胶液达到落梁强度后, 松顶将梁落于支座上。

4 更换前后支座高程偏差影响因素分析

4.1 主要影响因素

(1) 支座下摆安装偏差、温差、定位和检测测量

收稿日期: 2005-06-20

作者简介: 陈志远(1975-), 男, 广东人, 工程师, 从事道桥工程质量监督工作。

误差、支座自身压缩变形和尺寸偏差、支座安装处墩台顶面是否找平。

(2) 顶升平衡度。

a. 主要因素

地基沉降、千斤顶顶升速率的不同、钢梁的各种变形、梁体受力不同(边梁、车流的影响等)。

b. 次要因素

百分表误差、混凝土基础与钢管压缩变形、钢板和四氟板、板式橡胶支座压缩变形。

c. 千斤顶顶升量误差

4.2 次要影响因素

梁间互相影响、环氧树脂砂浆收缩和压缩变形、粘钢胶压缩变形、梁体横向位移。

5 支座更换后梁体高程偏差允许值计算

支座自身压缩变形最大值为 $70 \text{ mm} \times 2\%$ (标准规定最大变形率) = 1.40 mm , 抽检平均值为 $70 \text{ mm} \times 1.32\% = 0.924 \text{ mm}$, 允许偏差为 $1.40 - 0.924 \approx 0.5 \text{ mm}$; 支座下摆安装允许偏差为 0.5 mm ; 梁体原位位置和落梁后位置测量允许偏差均为 0.5 mm ; 温差造成的允许偏差取 1 mm ; 钢平衡梁设计挠度为 1 mm , 其对梁体高程偏差带来的影响值可取为 0.5 mm ; 粘钢胶压缩模量为 $1.2 \times 10^4 \text{ MPa}$, 承载力按支座设计值 1.25 MN 计, 上摆面积为 $3 \times 10^5 \text{ mm}^2$, 胶层厚度即使为 10 mm (实际为几个 mm), 压缩变形量也只为 $1.25 \times 10^6 \times 10 / (1.2 \times 10^4 \times 3 \times 10^5) = 0.003 \text{ mm}$, 完全可以忽略不计; 同理环氧树脂砂浆的压缩和收缩变形量也可忽略不计; 梁间相互影响是使偏差量减小, 且难于估计, 故不计其影响; 正常情况下, 梁体横向位移应很小, 不计其影响; 综上所述, 总允许偏差为 $0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 1 + 0.5 = 3.5 \text{ mm}$, 取 4 mm 。

6 施工控制要点

6.1 顶梁前准备阶段

(1) 确保新支座、钢板、粘钢胶、千斤顶等进场时应附有出厂合格证和产品质量检验单等有关质量证明材料, 并经抽检合格; 百分表、全站仪等检测仪器在检定合格有效期内; 确保千斤顶、百分表等仪器设备留有备用。

(2) 基础施工前和施工中应精确定位, 确保起顶位置控制在距梁端约 2.6 m 处。

(3) 将基底置于中砂层, 开挖到位后, 先用平板振动器将基底砂层振动密实, 铺设 10 cm 厚的碎石

垫层, 振实后再绑扎基础钢筋, 确保基底得到足够的夯实和平整; 认真施工基础, 确保混凝土基础顶面和底面水平, 混凝土密实均匀, 早强稳固, 确保 4 个基础顶面标高一致, 确保预埋件位置准确。

(4) 4 根钢管支柱应确保等长(压缩量相等), 焊接钢管支柱时应使用垂球和水平尺确保钢管垂直, 确保顶端支承钢座顶面水平; 特别要注意焊接温度的影响, 焊接工作全部由熟练的老师傅负责。

(5) 千斤顶就位时应确保焊接稳固、顶面水平。

(6) 采用 20 mm 厚钢板制作钢箱梁, 将挠度控制在 1 mm 以内。

(7) 调整千斤顶的高度, 使每台千斤顶均与钢箱梁接触。

(8) 在梁底和钢箱梁间垫设板式橡胶支座, 以平衡 7 片梁梁底不在同一平面内的微小高差; 通过抄垫调整, 使每片梁底板式橡胶支座顶面的距离相同(梁底高程并不一致)。

(9) 为确保同步缓慢顶起平衡梁, 4 台千斤顶采用一台油泵进行供油, 油管并联, 确保千斤顶的油路相等、不泄漏。

(10) 检查 4 台千斤顶及电动油泵能否正常工作, 确保加压、升降稳定、均匀。

(11) 确保过桥管线、电缆不影响顶梁作业。

(12) 检查防震挡块是否顶住 T 梁。

(13) 梁体顶高后, 在桥面伸缩缝处会形成高差, 故在临近顶梁作业前, 将桥面伸缩缝两侧梳形钢板锚固螺丝松开, 且在伸缩缝上铺设钢板、下垫橡胶, 保证桥面行车的平顺, 减缓对梁体的冲击。

(14) 检测粘钢胶在大桥当地的气候环境下, 不同温度的固化时间。

(15) 墩台顶积土、杂物清除。

(16) 交通管制: 在顶梁到落梁期间, 召集了大量的人力、物力对韩江大桥实行交通管制, 限载 20 t , 限速 5 km/h , 公安交警、路政部门在相应地点设立检测站、交通指示牌、减速带, 确保了施工期间交通和施工的安全。

6.2 监测的准备工作

在顶梁前、顶梁过程、顶梁后、落梁前后, 监测顶梁前后梁端支座处位移、梁控制断面应变和应力、基础的沉降和相关结构的状态, 确保结构安全, 确保支座更换成功。

(1) 细致检查顶梁处的横隔梁、梁体、桥面板、墩台、伸缩缝、铺装层, 发现裂缝或其他病害应标明位置、长度、宽度等参数, 并编号、记录、录像, 将结构

的原始状态记录下来。若病害严重的,应先给予加固。

(2) 用全站仪在墩台侧面上端设置检测基准线,在每片梁梁底两边缘和其垂直下方的基准线上设置检测点,记录每片梁顶梁前位置,并记录测量时温度。

(3) 在1#、7#梁内侧边缘与墩台侧面处各设置基准线,以便控制T梁的横向位移。

(4) 在墩台顶、梁底标明支座中心线位置。

(5) 在1#、3#、4#、5#、7#5片梁上布置应变测点(纸基应变片和温度补偿片贴在距支座约10m处)及位移测点(百分表设在梁底中心玻璃片基准面与墩台侧面玻璃片基准面之间),在两侧明挖基础上布置位移测点(一侧百分表设在钢管支柱和架立在地面的钢管之间,一侧百分表设在基础顶面和架立在地面的钢管之间)。应变片为河北邢台电子厂生产的 5×60 纸基电阻应变片,应变片阻值为 119Ω ,灵敏系数 $K=2.086$,采用东华测试DH3817动静应变测试分析系统进行测量和分析。

(6) 检查所有监测仪器设备,试运行,确保工作正常。

6.3 人员组织

为了确保支座更换起顶的顺利进行,设现场总指挥1人,技术负责1人,千斤顶操作检测人员4人,梁下百分表检测人员5人,其他检测人员2人,油泵操作1人,录像1人,安全员1人。顶梁前应确保所有人员的培训到位。

6.4 顶梁阶段

(1) 顶梁前检查所有临时结构、仪器设备和人员到位情况,确保没有问题;作所有监测对象的初始记录。

(2) 顶梁采用分级加载,分别加压至5、10、15、约18、约20 MPa,5 MPa时持压5 min,其他持压10 min;末级加压值按最终顶起量控制,最终应托起T梁15~20 mm;前3个级顶起量很少,除最大顶升率15%外,其他顶升率均 $<1\%$,最大累计顶升量为3.3 mm;原末级采用约18 MPa级加压,结果末级顶升率为90%以上,过大,增加约17 MPa级后,末级顶升率为60%以下,一般为30%左右,顶升相对平缓。

(3) 加压过程随时监测所有监测对象,出现问题及时处理,必要时采用人工调节千斤顶顶升量,或降低加压速率、缓慢减压或缓慢松顶,特别是要及时检查顶梁处墩台、桥面板、T梁、横隔梁的状况,观察

原有裂缝是否会继续发展。

(4) 每级加载稳定后记录所有监测对象的读数、状态。

(5) 停止顶梁后,检查千斤顶保险箍是否上紧。

(6) 停止顶梁后10 min内,每2 min观测一次百分表读数,若10 min内的变化量较小,则10 min后改为15 min观测一次百分表读数,若相邻15 min的读数值差在0.1 mm以内,则可以停止读数,应力应变再监测2 h,没有问题可以停止监测。

(7) 录像人员对全过程录像,重点为各相关结构状态。

6.5 旧支座拆除阶段

(1) 步骤:拆除锈蚀的旧支座→梁底杂物清除→梁底预埋钢板除锈→钢板刷底胶(界面胶,确保钢板与环氧胶砂粘结良好)→支座底混凝土凿平清理→支座底找平。

(2) 拆除旧支座时注意不要伤及T梁梁体。

6.6 支座下摆安装阶段

(1) 将下摆粘介面用打毛机打磨。

(2) 根据原设计位置确定支座下摆的中心。

(3) 采用四角定位法,用环氧胶砂将支座下摆粘接到位,仔细调整支座上摆顶面距墩台侧面基准线高度,确保该高度+上摆高度+支座压缩量抽检平均值等于顶梁前支座距基准线高度;用水平尺纵横向调平支座,同时将支座底下空隙用环氧胶砂填实。

6.7 顶梁后到落梁前的监测

定时对基础沉降、相关结构进行监测,出现问题及时处理。

6.8 落梁阶段

(1) 落梁的临时结构、仪器设备、人员安排、监测内容与顶梁完全相同。

(2) 选择在温度较为恒定的晚上10时进行。

(3) 落梁前检查所有临时结构、仪器设备和人员到位情况,确保没有问题;作所有监测对象的初始记录。

(4) 安装支座的上摆:实测温度,根据原设计图纸计算安装偏差;将上摆粘介面用打毛机打磨;上摆涂满粘钢胶,涂胶时板中间高四周低,保证落梁时支座板与梁底钢板之间胶液饱满,不出现空鼓。检查上摆位置、胶液符合要求后,即可落梁。

(5) 先用千斤顶顶起钢板梁少许,然后松掉保险箍,分三级缓慢回落千斤顶,将梁体平稳落在更换后的支座上,在每一级均进行应力、应变及位移量观

测。

(6) 检测梁体位置,符合要求则停机回油,将千斤顶保险锁定。

(7) 补填胶液,清理流淌胶液。

(8) 待胶液到达强度后,将梁体全部落于支座上。

(9) 继续监测梁体应力、应变变化以及相关结构情况,2 h 内没有问题可以停止监测。

(10) 录象人员全过程录象。

(11) 墩台顶找坡、设置挡水带,防止伸缩缝漏水侵蚀支座。

(12) 在落梁后 2 d 内每天的交通高峰时期,对梁体应力、应变变化以及相关结构进行监测,没有问题则对支座做涂黄油防腐处理,然后才拆除临时结构,支座更换结束。

7 监测数据分析

7.1 支座更换后梁体高程偏差

梁体高程偏差见表 1,均 ≥ 4 mm 的允许值, ≥ 2 mm 的占 82%,可见只要精心设计和施工,不断改进,支座更换后梁体高程偏差的控制并不难。

表 1 支座更换后梁体高程偏差

梁号	1	2	3	4	5	6	7
墩台 1	0	-2	-3	-4	-4	0	+1
墩台 2	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-3
墩台 3	-2	-2	-2	-2	-2	1	0
墩台 4	-4	-2	+1	0	0	+1	+1

7.2 应力应变数据

从各梁体的应力应变时间波形图来看,顶梁前后、落梁前后梁体应力应变的变化幅度小,时间波形平顺,说明结构状态在顶落梁前后均未发生较大的变化,顶落梁作业期间,外力(起顶和活载)未对梁体结构造成损伤。

7.3 相关结构

仅个别横隔梁出现少量裂缝和细裂纹,少量裂缝些微发展,宽度均 < 0.15 mm。出现裂缝的横隔梁其两端梁体特征:

(1) 顶升速率最大或每级均偏大。

(2) 梁间最终顶升量偏差、梁间最终回落量偏差、梁间支座更换后梁体高程偏差差值一般较大或最大,但也有均较小的,毕竟各横隔梁的强度并不一致。梁间最终顶升量偏差在 0~2 mm 之间,梁间最终回落量偏差在 0~3 mm 之间,梁间支座更换后梁体高程偏差差值在 0~4 mm 之间。

(3) 梁间每级加压时的顶升量总值偏差和顶升

增加量偏差都不是最大或均较大,估计是在顶升速率过大的情况下,结构只能承受较小的偏差。

由上可见,控制相关结构安全的重点和难点应为顶升速率的控制。

7.4 顶升平衡度

梁间每级加压时的顶升量总值偏差最大 2 mm,顶升增加量偏差最大 2.5 mm,顶升平衡度控制不错。

7.5 基础沉降

最小值 0.06 mm,最大值 8.4 mm,沉降量差值除一墩台为 2.7 mm 外,其余均小 1 mm,基础沉降控制并不理想。

7.6 钢梁的刚度

梁间最终顶升量偏差在 0~2 mm 之间,可以接受,钢梁的刚度符合要求。

7.7 顶梁过程梁间顶升量总值偏差和支座更换后梁体高程偏差差值的允许值

未出现结构损伤的顶梁过程梁间顶升量总值偏差最大值为 2 mm,支座更换后梁体高程偏差差值最大值为 3 mm,只要顶升和回落速率控制得好,这两个数值可作为允许值。

8 结论

预应力混凝土连续梁桥支座在不中断交通情况下,只要精心设计,认真做好施工组织设计和监控方案,科学指挥协调,精心施工,更换成功并不是很难的事。要提高工程质量,笔者认为,可在以下几方面改进:

(1) 必须考虑支座自身的压缩变形。

(2) 同温度检测支座原始高程、安装支座上摆、落梁、检测支座最终高程,消除温差影响。

(3) 粘钢胶压缩模量大,变形可以忽略不计,故粘钢座上摆时胶液可下厚一些,利用其流动性减少支座高程偏差。

(4) 减少支座高程偏差的关键是下摆定位,粘接用环氧胶砂可下多些,以便调整下摆位置。

(5) 采用精度更高的检测仪器,如大量程的位移计,固定设置于每片梁,直至支座更换完成。

(6) 选用顶升速率接近的千斤顶,减少千斤顶自身原因对顶升速率的影响;用百分表监控千斤顶的顶升量,必要时人工调节千斤顶。

(7) 增加加压机数,能大大降低顶升速率,采用 6 级加压的墩台 3,其横隔梁损伤仅是一条裂缝轻微发展。

市府东路京杭运河大桥主桥混凝土冬季施工措施

张 智

(江苏省宿迁市质量安全监督站, 江苏宿迁 223800)

摘 要:该文介绍了宿迁市市府东路京杭运河特大桥施工中,采取有针对性的冬季施工措施,保证了主桥混凝土的施工质量,取得了良好的效果。

关键词:主桥混凝土;冬季施工措施;京杭运河大桥

中图分类号:U445.43 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)02-0078-03

1 工程概况

宿迁市市府东路特大桥位于宿邳公路城区段,该工程全长1507.314 m,主跨采用三跨变高度预应力连续箱梁跨越京杭运河航道,跨径布置为65 m+105 m+65 m,采用双幅单箱单室截面形式,单箱底宽6.5 m,两侧悬臂长3.0 m,宽12.5 m,主桥全宽25 m,为纵向预应力束和竖向力筋双向预应力结构。

大桥主桥混凝土施工从2004年12月20日开始,至2005年4月主桥悬浇混凝土结束,经过整个冬季,根据总体施工进度安排和施工工期的需要,主桥分节段的混凝土循环作业时间必须控制在7~8 d左右,要求混凝土达到设计强度C50的90%(C45)的等强养护时间控制在3~4 d,据此,在施工过程中增加蒸汽养护措施,控制箱室节段内养护温度不低于20℃,平均各个节段混凝土的等强养护时间控制在3.6 d左右,达到了预期的目的,下面就冬季施工的一些措施作简单的叙述。

2 冬季施工的条件

2.1 气温

收稿日期:2006-01-06

作者简介:张智(1969-),男,江苏泗洪人,工程师,副站长,从事工程质量监督工作。

(8) 边梁受力小于中梁,会出现顶升过快的情况(本次有两墩台各一边梁出现),必须特别注意,采用减压阀或顶升到及时上紧千斤顶保险箍,只要顶升速率控制得好,这样做边横梁并不会开裂(本次没有开裂)。

(9) 落梁的改进方法基本同顶梁。

(10) 钢梁设置预拱度。

(11) 基础承载力估计较困难,可先加载预压,

当室外昼夜平均气温(每天6、14、21时所测室外温度的平均值)连续5 d低于5℃或昼夜最低温度低于-3℃时,进行混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土施工时必须采用冬季施工措施。

2.2 强度

(1) 冬季灌注的混凝土,在遭受冻结作用之前,混凝土的强度不应低于设计标号的50%,并不少于70 kg/cm²。

(2) 混凝土达到设计强度后,才允许承受全部的设计荷载。

(3) 运河东西两岸各增加一台1 T的蒸汽锅炉,蒸汽管道全部采用隔热材料包裹。

3 准备工作

3.1 收集冬季气象资料

从11月20日开始,实验室安排专人负责收集室外气温(每天6、14、21时所测室外温度),并进行记录;办公室负责收听和记录当天、第二天及今后几天的气温情况、天气变化趋势、雨雪情况、寒流及大风降温情况,并详细记录和每天公示,实验室负责核实和详细记录。

3.2 搅拌站安排

砂石骨料在进入冬季施工前,要保持干燥与清洁,料场必须采用帆布全部覆盖,防止积水冻结。

消除沉降。

(12) 横隔梁是最薄弱的部位,先加固或贴应变片监测。

(13) 千斤顶独立供压,采用计算机控制的液压同步系统控制压力,且事先对桥梁进行称重,即测定桥梁的实际荷载分布;称重过程中,通过反复调整各千斤顶的胎压,使各点的压力与上部荷载大致平衡,并能保证顶升过程中的位移同步。