

主跨98m连续箱梁上部构造施工

马祖桥

(安徽省公路管理局, 安徽 合肥 230022)

摘要: 南照淮河公路特大桥长2 328 m, 主桥为预应力混凝土连续梁, 跨径布置为65 m+98 m+65 m, 采用悬臂浇注法施工。主要介绍其上部结构的施工工艺。

关键词: 预应力混凝土梁; 箱形梁; 连续箱梁; 悬臂浇注法; 挂篮

1 工程概况

南照淮河大桥主桥为预应力混凝土连续箱梁, 跨径布置为65 m+98 m+65 m, 其中主跨为98 m, 主副跨比为1 0.663, 桥宽20.5 m, 横截面为单箱单室斜腹板式箱形截面, 梁高2.254 m~5.554 m, 箱梁翼缘板悬臂长4.75 m。上部构造箱梁纵向分为60个梁段(28×3 m+24×4 m+2×6 m+3×2 m+2×15 m), 最大节段重量为165 t, 上部构造50号混凝土为3 697.7 m³。采用三向预应力结构, 纵向采用钢绞线作为预应力材料, 锚具采用ATM15-25型和ATM15-19型二种, 张拉控制力为4 900 kN和3 724 kN; 竖向预应力采用冷拉IV级钢筋, 规格为32, 标准强度 R_b : 705 MPa, 张拉控制力为503 kN, 横向预应力采用钢绞线作为预应力材料, 锚具为ATMB 15-5型, 单根钢绞线控制张拉力196 kN。

2 0#块施工

0#块长6.0 m, 高5.554 m, 设2道横隔板, 0#块件50号混凝土计190方, 材料、设备竖向运输配2台塔吊, 混凝土由设在8#、11#墩附近两座拌和站拌制, 采用混凝土泵输送。

2.1 0#块施工托架

0#块施工托架习惯采用墩身预埋牛腿的方法, 但牛腿的埋置较麻烦, 同时影响构件外观。根据机械设备和墩身的构造特点, 因地制宜, 采用悬挑托架: 在每个墩顶埋4根32精轧螺纹钢, 埋置深度为1 m, 将4根I 45工字钢一端用精轧螺纹钢锚固于墩

顶, 另一端悬挑出墩身, 并利用悬挑工字钢在墩身两侧各挂一组贝雷钢架。这样, 0#块施工托架就形成了, 其优点: 托架受力明确, 施工快捷、方便, 拆除后不留任何痕迹。

2.2 模板工程

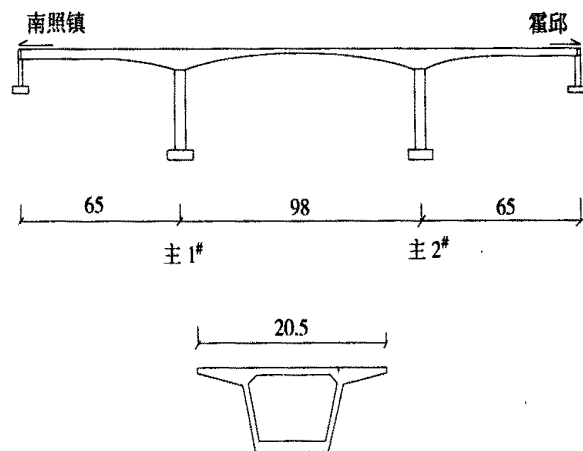


图1 主跨98m连续箱梁横断面示意 单位: m

0#块长6.0 m, 模板工程关键是外模, 根据翼板、腹板受力特点, 结合施工要求, 将外模托架制成桁片, 然后拼装成整体托架, 在托架上贴上6 mm板, 形成0#块外模。

0#块施工时分2层浇筑混凝土, 高度分别为4.62 m、0.93 m。

在外模托架焊接过程中, 应注意到型钢受热产生温度应力, 导致模板翘曲变形, 所以桁片制作应施焊

* 收稿日期: 2002-07-25
修回日期: 2002-12-23

工作平台, 施焊过程中应采用跳焊等形式, 防止型钢过度受热。在托架拼装过程中, 应认真操作, 保证模板有足够的平整度, 为消除箱梁悬浇节段错台打下基础。

0[#]块为重要构件, 钢筋、管道密集, 施工中应认真放样, 精心施工。

3 箱梁悬臂施工

主桥最大悬臂长度为 48 m, 分 13 个块件, 采用挂篮悬臂浇筑法施工, 节段最大重量为 165 t, 0[#]块件施工完毕后, 即在其上组拼挂篮, 由于 0[#]块长仅为 6.0 m, 一开始几对箱梁施工时, 挂篮主桁采用联体形式。为保证结构在悬浇过程中有很好的稳定性和安全性, 从 7[#]块开始要求两端平衡施工, 最大重量差不大于底板重量。为保证挂篮的平衡和稳定, 浇筑施工时, 应平衡浇筑, 每个节段分 3 层浇筑, 混凝土由设在 8[#]、11[#]墩附近两个拌和站拌制, 泵送施工。

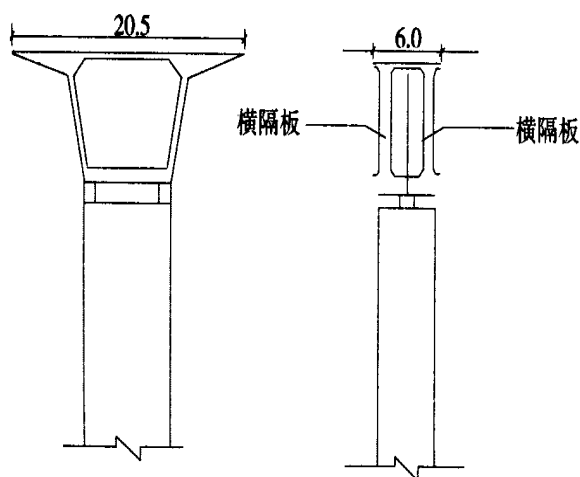


图 2 主跨 98 m 连续箱梁 0[#]断面示意 单位: m

4 现浇段及合拢段施工

98 m 的连续箱梁上部构造的边跨有 15 m 长的现浇段, 边跨和中跨均有 2 m 的合拢段, 其合拢要点如下。

(1) 合拢顺序为: 边跨现浇段 边跨合拢段 中跨合拢段;

(2) 合拢温度的确定: 合拢过程中的温度和温差变化速率尤为重要。在桥梁计算中, 温度应力在整个桥梁设计中占有很大比重, 也是裂缝产生的主要原因。该桥址处气候属北亚热带气候, 年平均气温为 14.5 ~ 15, 根据当地气象资料和现场施工安排, 设计要求本桥的合拢温度在 16 ~ 20 之间。当合拢温度较高时, 降温引起的次内力较大, 其影响

还与混凝土收缩的影响相同, 两者叠加, 将产生较大的次内力。因此, 一般不宜在高温和温度变化较大时进行合拢;

(3) 合拢前应调整合拢口两端的中线标高。在箱梁悬臂施工和现浇段施工时, 就采取联测及对控制网复测方式调整箱梁施工时的标高, 使箱梁合拢时相对高差控制在设计允许范围内, 保证箱梁线型流畅;

(4) 合拢口两端应配重, 各为合拢段梁体重量的一半, 并根据混凝土的浇筑速度逐级解除, 使合拢口两端的标高保持不变;

(5) 在合拢中跨合拢段时, 应安放劲性骨架, 并在设计合拢温度时将两悬臂端的合拢口予以临时锁定, 锁定力应大于释放任何一侧各墩的全部活动支座的摩擦力;

4.1 边跨现浇段施工

边跨现浇段长 15.0 m, 重 610 t, 现浇段箱梁施工采用 18 槽钢拼焊作落地支架, 上用贝雷架作承重梁和分配梁。承重梁和分配梁拼装完成后, 在其上安装模板、钢筋、管道、浇注混凝土。施工时分 2 层浇注混凝土, 高度分别为 1.32 m、0.93 m。通过结构电算, 计算结果支架最大变形没有超过 4 mm, 因此未作静载试压, 但由于支架高达 20 m, 施工中必须考虑其稳定性, 一方面加大剪力撑数量, 提高支架整体刚度, 另一方面在第一层混凝土浇注后, 用型钢将现浇段与箱梁悬臂端锚固, 使箱梁悬臂端承受现浇段施工时的大部分水平力。

4.2 边跨合拢段施工

4.2.1 合拢温度的确定

边跨合拢段长 2 m, 重 70 t, 根据工程进度安排, 合拢时间定于 1999 年 8 月下旬, 为了确定合拢温度, 连续观察了一周夜间温度变化, 最后确定 22

作为温度较为合适, 因为 22 是 8 月下旬夜间温度较低, 持续时间较长, 温差小, 这样在一段较长时间内气温变化幅度不大, 有利于合拢段混凝土应力的分配。

4.2.2 边跨合拢顺序

- (1) 安装合拢段施工吊架;
- (2) 将合拢段托架与落地支架固结起来, 使悬臂端部与落地支架具有相同变形;
- (3) 在合拢段两端各加 35 t 配重;
- (4) 选择好最佳合拢温度, 等待合拢时间;
- (5) 浇注合拢段混凝土, 同时逐级将两边配重解

除, 每级 5 t;

(6) 待混凝土达到设计强度后, 张拉边跨底板束并压浆, 落去支架;

(7) 将主 1 墩和主 2 墩临时固结设施解除, 完成体系转换。

4.3 中跨合拢段施工

4.3.1 合拢温度的确定

主桥合拢在 1999 年 9 月初, 中跨合拢温度最后在温差较小的天气进行, 且选择当天温度较低的时间, 9 月 2 日合拢 (注: 恰逢阴有小雨, 整个温差较小)。合拢时温度为 18℃。

4.3.2 中跨合拢顺序

- (1) 安装中跨合拢段施工吊架;
- (2) 安装劲性骨架, 在合拢温度下张拉临时束, 形成临时锁定;
- (3) 合拢段两端各配重 35 t;
- (4) 选择合拢温度, 等待浇注混凝土;
- (5) 浇筑合拢段混凝土, 同时逐级解除配重, 每级 5 t;
- (6) 待合拢段混凝土达到设计强度后, 按顺序张拉中跨底板束;
- (7) 解除吊架, 完成体系转换。

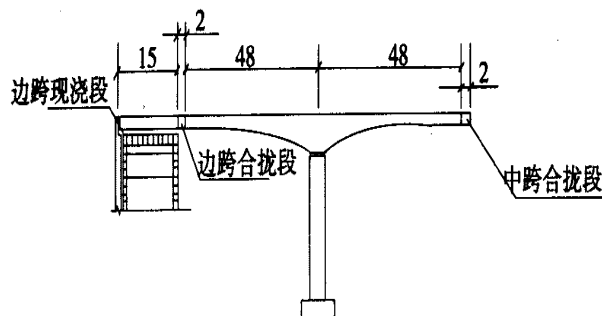


图 3 现浇段及边跨 中跨段示意 单位: m

5 质量控制

主桥箱梁混凝土设计标号为 50 号, 实测试压块平均强度在 52 MPa 以上; 大吨位的预应力锚具张拉已顺利通过; 主桥 3 个合拢段合拢时的相对高差均在 8 mm 以下, 轴线偏位在 4 mm 以下; 在整个悬浇过程中, 各段断面标高误差均小于 5 mm, 同设计理论值基本相吻合; 箱梁悬浇周期限为 5 d~5.5 d; 箱梁混凝土外观色泽均匀, 尤其是梁段之间的接缝平直、无错台现象。这些数据同工序管理和各施工阶段

的挠度控制是分不开的, 主要从以下几方面做起。

5.1 混凝土施工

主桥采用高标号泵送混凝土。对水泥、骨料、掺剂选择和配合比设计显得尤为重要, 水泥选用 525[#] 普通硅酸盐水泥, 砂选用优质中粗砂, 该砂经两次吸砂泵冲洗, 含泥量不超过 1%, 且质量较稳定。根据结构断面尺寸和钢筋布设情况以及泵送管道直径、输送高度情况, 采用 1 cm~3 cm 规格的碎石, 外掺剂选用 JM-II 型混凝土泵送剂。此种泵送剂主要性能为减水、早强, 对水泥有较好的适应性, 能明显提高混合料在整个过程中的稳定性, 使其具有良好的和易性和可泵性, 对配制早强、高强混凝土十分有利。

高标号混凝土配合比由工地中心试验室反复试验确定的, 箱梁浇注混凝土时, 有专人旁站, 随时抽测坍落度。同时, 在混凝土施工现场随机取样, 做两组试块, 与箱梁混凝土同条件养护 (双层油布覆盖、蒸汽养护), 在张拉前试块一组, 若达到 45 MPa, 则停气, 冷却张拉。

混凝土外观质量的控制。在保证混凝土内在质量的同时, 狠抓外在质量: 要求混凝土外表光洁美观, 色泽均匀, 梁段接缝平顺、无错台。主要从以下几个方面控制。

5.1.1 对模板进行处理

箱梁模板在投入使用之前, 应用电动钢丝刷对模板进行除锈、除污, 并在模板上涂一层清机油作为脱模剂, 最后用干布将多余的清机油揩去, 其目的是为了防止多余的机油同混凝土中的水份混合后产生油珠, 而在构件的外表留下气泡。

5.1.2 改变垫块的形式

为了形成钢筋保护层, 必须使用垫块, 以前使用的垫块用高标号砂浆, 做成方块状, 施工起来方便, 但在拆模后构件的外露面上能看到垫块, 垫块摆放不规则, 杂乱无章, 且同梁体混凝土色差较大, 严重影响到混凝土外观的均匀性。为了改变这种现象, 使用外径为 5 cm 内径为 1 cm、厚为 2 cm 的圆饼状垫块来代替, 使用时用 8 圆钢通过垫块中心圆孔绑扎在钢筋网片上, 让圆弧面同模板接触, 这样能大大减少垫块同模板的接触面, 构件外露面不显垫块, 保证混凝土色泽均匀。

5.1.3 确保梁段接缝无错台 平直

在支立悬臂段模板时要注意两点: 一是确保悬臂

段模板同前段梁紧密结合。为了做到这一点, 将后锚吊杆用千斤顶预拉, 使接缝紧密结合, 二是悬浇段堵头模板要垂直, 支撑牢靠, 应全部落在通过箱梁横轴线的垂直面上, 确保接缝平直。

5.2 梁体挠度控制

悬臂浇筑法施工中挠度计算和控制是一个非常重要的问题, 随着悬臂长度的增加, 挠度也越来越大, 需要根据施工的实际情况和实测挠度值不断调整每一节段梁体的预拱值, 这样施工完毕运营时达到设计线型。影响箱梁挠度值的主要有挂篮变形、梁体自重、混凝土收缩与徐变、预应力张拉、温差变化及活载作用等因素引起的变形。设计要求: 合拢时两悬臂端高程相对误差不得大于 2 cm, 中线偏差不大于 1 cm。因此, 施工中加强工序管理和各施工阶段的变形观测, 及时调整挂篮预拱值来严格控制挠度。

(1) 挂篮变形分非弹性变形和弹性变形。在挂篮拼装好以后投入使用之前, 测得某控制点标高为 H_1 , 然后用水箱压重, 模拟挂篮受力状态, 测得控制点标高为 H_2 。撤除压重, 测得控制点标高为 H_3 , $H_2 \sim H_3$ 为弹性变形, $H_1 \sim H_3$ 为非弹性变形。通过试压可消除挂篮的非弹性变形, 挂篮的弹性变形也可通过计算得到, 用来复核试压值。但挂篮的支点变形, 主桁销子的紧密程度等影响挂篮的变形。因此, 施工中工序应严格, 勤测量, 及时掌握弹性变形值, 调整预拱值。

(2) 梁体自重、混凝土收缩和徐变、预应力张拉、温差变化及活载作用引起的变形, 可通过程序电算而获得, 但精确计算是非常困难的。由于计算和许多不定因素有关 (各段的工期也很难准确估计、各段混凝土间材料性能、温度及养护等方面的差异), 并且施工中荷载随时间变化以及梁体截面组成也随施工进度中预应力筋的增多而发生变化等等。因此, 在施工中根据实际情况, 不断调整箱梁施工截面预拱值, 勤观测, 加强施工控制, 只有这样, 才能获得满意的效果。

(3) 模板标高值为箱梁设计高程、挂篮变形、浇筑梁段引起悬臂端的弹性变形、混凝土收缩和徐变、预应力施加引起的悬臂端的弹性变形、二期恒载、活载引起变形各项的代数和。

(4) 各节段预拱度的计算通过软件 BRCAD V5.1 完成的, 该软件能模拟桥梁的实际施工过程, 逐阶段

进行受力分析, 并累计各阶段的内力和应力及变形等, 求出各阶段在该工况下的挠度值。

(5) 完善施工观测: 浇注前挂篮各控制点、轴线观测; 浇注过程中的高程和轴线观测; 浇注后高程观测 (包括已完成施工截面高程); 预应力张拉后高程和轴线观测 (包括已完成施工截面观测)。

6 结 语

南照大桥主桥经一年施工建设, 已顺利合拢成桥。经检测各项指标均达到设计指标。本文对大跨度连续梁桥的施工内容、方法、施工控制及存在的问题作了比较全面的概括。在此借机提出两个问题, 仅供大家探讨。

6.1 竖向预应力筋设置和管道压浆

南照大桥主桥梁高 2.254 m ~ 5.554 m, 沿腹板每隔 50 cm 设置一道竖向预应力筋, 其目的就是提高主梁抗剪能力, 但通过施工发现, 较短的预应力筋达不到预期效果, 甚至起不到任何作用。其主要原因就是较短的预应力筋其本身伸长量就小, 锚固卸张后的回缩量占其伸长量比重较大, 预应力损失大, 若施工中张拉控制不严, 永久预应力将更小。建议通过做试验, 在现行的张拉工艺下, 评估较短预应力筋中的永久预应力值, 确定能否取消竖向预应力筋, 通过设置纵向下弯束和增加腹板箍筋 (单肢改双肢或增加箍筋的直径) 来解决问题。

同时预应力管道压浆也引起设计、施工单位的重视, 图纸在设计时, 在管道底部预留压浆孔, 此项工作要认真细致, 且压浆孔在施工中极易遭到破坏, 堵塞孔道, 在此情况下, 一般就是将压浆改为灌浆, 但由于梁体蒸养或洒水养生, 管道内充满了水, 灌浆就不可能达到施工要求。南照大桥吸取以往的经验, 在征求设计单位同意下, 取消底部预留压浆孔, 用 3 mm 的铜管 (可用汽车油路管) 伸入管道底部, 用高压气体将管道内所有水等污物吹净, 接着压浆、张拉。实践证明此方法较好, 经检查所有管道都密实, 达到设计要求。

6.2 超方现象

在箱梁混凝土施工中, 超方现象比较普遍, 产生这种原因主要是现场控制不力, 箱梁底板上缘和行车道板下缘标高超设计值, 引起截面尺寸偏大。超方引起结构自重的增加, 给施工中挠度的控制带来难度, 削减主梁的承载能力, 尤其对跨径较大的桥。