

桥梁装配式盖梁干接安装关键施工工艺研究与应用

赵磊

[上海公路桥梁(集团)有限公司,上海市 201611]

摘要: 针对城市快速路中开始大量运用的干接盖梁施工,结合实际工程案例,研究进行了临时锚固体系的设计与分析,通过对干接盖梁可能的转动点进行计算并结合现场试验结果,提出了一种可行的张拉控制力的计算和选取的方法,对类似的施工工艺提供了一种设计与计算的思路和依据。研究还总结了干接盖梁的预制、临时预应力安装等相关主要施工工艺,为今后同类型的干接盖梁的施工提供了参考。

关键词: 干接盖梁;临时锚固;精轧螺纹钢;临时张拉控制;环氧砂浆;预应孔道灌浆;施工技术

中图分类号: U445.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)08-0233-04

Research and Application of Key Construction Techniques for Dry-joined Installation of Prefabricated Bent Cap in Bridges

ZHAO Lei

[Shanghai Highway Bridge (Group) Co., Ltd., Shanghai 201611, China]

Abstract: Aiming at the dry-joined bent cap construction which begun to be widely used in urban expressways, combined with the practical engineering cases, the design and analysis on the temporary anchoring system are studied. By calculating the possible turning point of the dry-joined bent cap and combined with the field test results, a feasible calculation and selection method of tension control force is proposed. The design and calculation idea and basis are proposed for similar construction technology. The main construction technologies related to the prefabrication of dry-joined bent cap and the installation of temporary prestress are summarized, which provides a reference for the construction of the similar dry-joined bent caps in the future.

Keywords: dry-joined bent cap; temporary anchoring; finished rolled rebar; temporary tension control; epoxy mortar; pre-grouting of duct; construction technology

0 引言

通过在城市中原有的道路上新建高架快速路,提高交通通行能力,成为国内许多城市应对日渐增长的交通压力的抓手;为了减少对场地的占用、降低对现有交通的影响,越来越多的城市高架快速路开始采用桥梁预制拼装工艺^[1-7]。

干接盖梁是桥梁预制拼装领域的新型连接技术,通过横向分段预制方式有效突破传统施工的构件运输及起重设备的限制;该工艺通过优化构件尺寸和重量,既解决了大跨构件运输受限于道路荷载的问题,又减少了对预制场大型台座及起重设备的

需求。其创新性的干式连接结构大幅提升施工效率,同时保障节点受力性能,为城市桥梁建设提供了适应复杂环境的高效解决方案,具有显著的技术经济价值^[6-10]。

1 工程概况

研究基于上海市某城市快速路改建工程,根据工程总体设计,工程全线采用“节点跨线桥+地面道路”的布置形式。车道布置为:主线双6,辅道双4的总体方案。

为了节约地面道路,在近路口渠化段,设计采用了双立柱加大挑臂矩形盖梁结构,盖梁长23.192 m、宽2.4 m、高度2.8 m,采用预制预应力混凝土结构;因该型号盖梁总重量为300 t,根据常规盖梁250 t重量作为分段主要依据^[11-12],盖梁设计采用干接法,盖梁

收稿日期: 2025-03-18

作者简介: 赵磊(1980—),男,学士,高级工程师,从事城市更新方面的技术研发和项目管理工作。

分为左侧小节段(重 82.056 t)+中间段(重 135.888 t)+右侧小节段(重 82.056 t),通过在厂内进行匹配预制,然后运输到现场进行安装,安装时先架设中间节段,再架设两端小节段;最后通过贯穿各个节段的横向预应力完成整个盖梁的安装,见图 1。

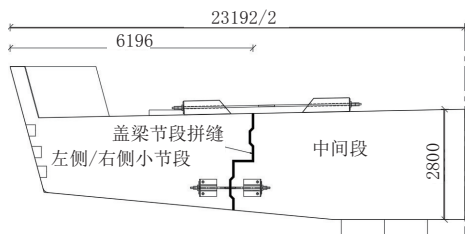


图1 干拼盖梁分段示意图(单位:mm)

2 临时预应力体系设计

2.1 临时预应力体系总体布置

基于龙东大道(罗山路—G1501)改建及上海 S3 高速 1 标段实践^[13-16],干拼盖梁临时固定采用顶面与侧面同步设置固定装置,通过临时预应力体系有效保障结构稳定性。该工程的分段盖梁临时锚固也是采用在盖梁顶部的两处拼接面各设置一组顶部临时预应力。每处各在盖梁顶面制作 1 个牛腿锚固块,牛腿锚固块采用钢筋混凝土结构,混凝土标号与盖梁一致。通过采用 3 根精轧螺纹钢作为临时预应力固结措施,由牛腿锚固块将盖梁临时拉结。

为了保证盖梁底部的密实,通过在盖梁的两个侧面均新增了临时钢结构牛腿措施,各通过 1 根精轧螺纹钢进行拉结,布置见图 2。

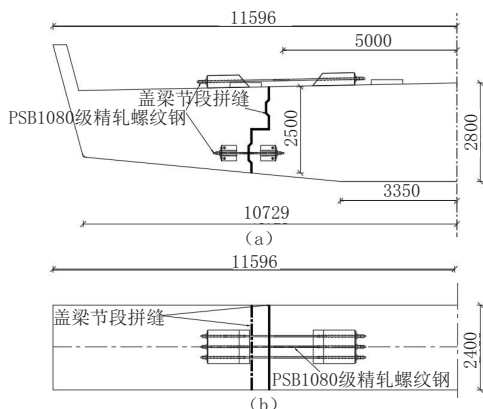
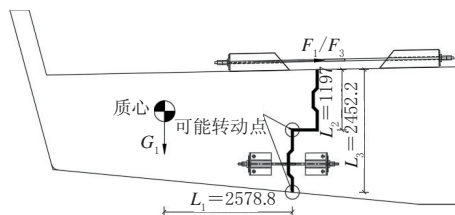


图2 临时锚固体系设计(单位:mm)

2.2 临时预应力计算

根据其他工程施工经验,临时预应力的施工是决定干接盖梁施工质量和安全的重要因素之一。先根据左右两侧分段盖梁的外观形状,计算得出其质心位置见图 3,根据以往施工经验判断,分节盖梁在台阶形接触面上预计有两个可能的转动点。根据不

同的可能转动点分别进行临时预应力的计算。



注: F_2 为按基本固定力计算所得的顶部 3 根精轧螺纹钢的拉力;
 F_3 为预压力计算所得的顶部 3 根精轧螺纹钢的拉力。

图3 小节段的质心位置(单位:mm)

2.2.1 以中部转动点为计算转动点

(1) 基本固定力计算

计算需要的临时预应力:

根据第 1 节中所示盖梁分段,左/右侧小节段盖梁重量为 82.056 t 重量,小节段盖梁重量: $G_1=82.056 \times 10=820.56 \text{ kN}$

如图 3,力臂: $L_1=2.578 \text{ 8 m} \approx 2.58 \text{ m}$

由盖梁自重产生的弯矩:

$$M_1 = G_1 \times L_1 = 2117.05 \text{ kN/m}$$

上部牛腿精轧螺纹钢力臂: $L_2=1.197 \text{ m} \approx 1.2 \text{ m}$

求得盖梁顶部 3 根精轧螺纹钢的拉力 $F_2=1764 \text{ kN}$,取 1800 kN;即每根精轧螺纹钢需要预应力 600 kN 能够满足基本固定要求。

(2) 预压力计算

根据设计文件要求,小节段盖梁拼接面设计要求压应力 $\sigma_{\text{压}}$ 大于 0.35 MPa,该部分压力需要由顶部和侧面的精轧螺纹钢提供,故临时预应力除了要满足基本固定力外,还需要满足接触面的压力需要,压力 $F_{\text{压}}$ 计算如下:

如图 2 所示,拼接盖梁拼缝处接触面积: $S_{\text{接}}=(2500 \times 2400) \text{ mm}^2$,

$$F_{\text{压}} = S_{\text{接}} \times \sigma_{\text{压}} = (2500 \times 2400) \times 0.35 \text{ N} = 2100 \text{ kN}$$

盖梁侧面精轧螺纹钢一根,根据设计要求单根控制张拉力 $F_{\text{侧}}$ 取 600 kN,两侧总计 1200 kN,累计得顶部 3 根精轧螺纹钢的拉力:

$$F_3 = F_{\text{压}} - 2F_{\text{侧}} + F_2 = (2100 - 2 \times 600 + 1764) \text{ kN} = 2664 \text{ kN};$$

取 2700 kN;即每根精轧螺纹钢需要预应力 900 kN 能够满足接触面预压力要求。

2.2.2 以下部转动点为计算转动点

(1) 基本固定力计算

计算需要的临时预应力:

由盖梁自重产生的弯矩不变:

$$M_1 = G_1 \times L_1 = 2117.05 \text{ kN/m}$$

如图 3 所示,上部牛腿精轧螺纹钢力臂: $L_3=$

2.452 m≈2.45 m

求得盖梁顶部 3 根精轧螺纹的拉力 $F_2=864.1\text{ kN}$, 取 864 kN; 即每根精轧螺纹钢需要预应力 288 kN 能够满足基本固定要求。

(2) 预压力计算

接触面的所需压力与前述以中部为转动点计算预压力时, 接触面的所需压力一致为 $F_{\text{压}}=2\ 100\text{ kN}$ 。

盖梁侧面精轧螺纹钢保持不变, 单根控制张拉力 600 kN, 侧面总预应力为 1 200 kN。累计得顶部 3 根精轧螺纹钢的拉力:

$F_3=F_{\text{压}}-2F_{\text{侧}}+F_2=(2\ 100-2\times600+864)\text{ kN}=1\ 764\text{ kN}$, 取 1 800 kN; 即每根精轧螺纹钢需要预应力 600 kN 能够满足接触面预压力要求。

在保持侧面总计 1 200 kN 张拉力不变的情况下, 两种不同转动位置的情况下顶部精轧螺纹钢张拉控制力见表 1。

表 1 顶部精轧螺纹钢单根张拉控制力 单位: kN

序号	位置	按基本固定力计算	按预压力计算
1	按中间转动点	600	900
2	按底面转动点	288	600

由表 1 知, 为确保拼装盖梁在临时预应力的作用下不出现转动, 且预压力满足设计要求, 单根精轧螺纹张拉控制力为 900 kN。

顶部采用的 3 根 PSB1080 级 $\phi 50$ 精轧螺纹钢, 单根张拉控制力为 900 kN。PSB1080 级 $\phi 50$ 精轧螺纹钢取屈服强度 1 080 MPa, 公称面积 1 963 mm², 顶面 3 根精轧螺纹可承受最大拉力为 2 120 kN; 达到 2.35 倍安全系数。

侧面各采用一根 PSB1080 级 $\phi 40$ 精轧螺纹钢, 单根张拉控制力为 600 kN。PSB1080 级 $\phi 40$ 精轧螺纹钢取屈服强度 1 080 MPa, 公称面积 1 257 mm², 侧面 2 根精轧螺纹可承受最大拉力为 1 357.56 kN, 达到 2.26 倍安全系数。

根据上述结果现场进行了临时预应力施工试验验证, 具体分级张拉施工方式如下。

顶面 20% 控制力→顶面 50% 控制力→侧面 20% 控制力→侧面 50% 控制力→顶面 80% 控制力→吊机缓慢松钩观察→顶面 100% 控制力→侧面 100% 控制力。

当顶面控制力从 80% 加力至 100% 过程中, 发生了顶面混凝土局部压裂现象, 见图 4。表明顶部精轧螺纹钢采用 900 kN 张拉力在实际施工已经过于保守, 反而对结构产生不利的影响。转动点取中部的

计算与实际偏差较大, 偏于保守, 不利于现场施工, 并且经济性较差。



图 4 现场盖梁顶面

在试验中发现, 在加力至 80% 后, 盖梁接缝中涂抹的环氧胶能够有效挤出, 且盖梁顶面也未发生裂缝, 为此在后续盖梁施工以 900 kN 的 80% 为控制力, 即 720 kN; 如表 1 所示, 720 kN 能够到达最有利情况按底面转动计算的 600 kN 的 1.2 倍, 满足一定的安全系数。

2.3 临时锚固体系的调整与选择

根据之前计算, 最终确定顶面张拉力控制在 720 kN, 侧面控制在 600 kN。因为顶部张拉控制力调整后原先采用 $\phi 50$ 精轧螺纹钢富余量太大。故也将顶面的精轧螺纹钢调整至与侧面的精轧螺纹钢一致, 均采用 PSB1080 级别的 $\phi 40$ 精轧螺纹钢。

顶面牛腿的尺寸设计与计算根据现场采用的实际张拉力进行新的配筋设计和调整。

3 干拼盖梁的主要拼装工艺

3.1 干接盖梁的预制

为保证干接盖梁拼装的整体性、完好性以及匹配性, 预制厂采用匹配节段浇筑施工工艺进行预制, 先预制中间节段后预制两侧节段。施工流程如下:

盖梁底模安装→中间节段钢筋笼制作安装→中间主体节段侧模板安装→浇筑中间节段混凝土→中间节段侧模板拆除→中间盖梁的两侧端部的匹配基面整修并涂刷隔离剂→两侧节段采用整体钢筋笼入模后浇筑混凝土→强度满足要求后吊运两侧盖梁→吊运中间盖梁。

3.2 中间节段的安装

盖梁中间节段采用汽车吊安装, 安装时应严格控制盖梁的纵横坡以及轴线偏位误差, 防止后续安装悬臂节段时误差的放大, 导致超出设计及规范允许的范围。

当立柱与盖梁连接部位的灌浆料和座浆料的浆

料强度达到设计要求后,方可安装两侧小节段盖梁。

3.3 小节段盖梁安装

左、右小节段盖梁安装工艺流程:安装各节段侧面临时固定设施→小节段涂抹环氧砂浆→小节段起吊安装→顶侧面牛腿装置穿孔→顶部精轧螺纹钢同步分级张拉→侧面精轧螺纹钢同步分级张拉→吊车同步分级卸载→解除吊钩→永久钢绞线穿束→永久预应力张拉→压浆封锚→拆除临时预应力设施。

主要施工关键内容如下:

(1)在小节段盖梁接合面涂抹环氧砂浆:涂抹前需确保拼接面处各个预应力孔道畅通,并在每个预应力孔道周围粘贴胶带防止砂浆流入预应力孔道。

按照材料的使用要求,拌制环氧砂浆,在拼接面上均匀涂抹3 mm厚,严控台阶面和剪力键处的环氧砂浆涂抹,防止漏涂,见图5。



图5 环氧砂浆涂抹

(2)临时预应力精轧螺纹钢安装完毕后,然后借助吊机完成小节段盖梁与中间段盖梁接合面的初步定位,并使拼接面部分接触;然后按照临时张拉控制力的20%,同时张拉顶面的3根精轧螺纹钢,使拼接面紧贴;再按照20%的控制张拉力张拉两侧面的精轧螺纹钢,使拼接面上、下拼缝间距一致。安装现场照片见图6。



图6 节段盖梁安装

按照2.2节所述的张拉程序实施临时预应力分级张拉,实现应力逐级传递与小节段盖梁三维姿态调整。首阶段顶面双千斤顶同步张拉至20%应力值消除初始间隙;第二阶段顶面提升至50%同步施加

侧面20%应力,实现拼接面全截面均匀压密,环氧接缝胶挤出;第三阶段顶面提升至80%同步施加侧面50%应力,结合面处接缝胶呈连续线状、均匀挤出。吊机松钩复核拼缝间隙是否一致,确认无误后,最后一阶段再将顶面和侧面精轧螺纹钢张拉至控制力形成自平衡受力体系。过应力梯度加载与拼缝间隙双控,确保拼接面密贴且拼缝内接缝胶均匀。

3.4 永久预应力张拉及临时固结体系拆除

临时预应力体系锚固完成,待环氧黏结剂强度达到要求后,应及时进行永久预应力体系的施工。在永久预应力体系张拉施工过程中需实时监控小节段盖梁的空间位置,在永久预应力分阶段张拉过程中同步实施临时预应力分阶段卸载;永久预应力张拉完成后,对拼缝进行检查确保拼缝完好,同时在压浆过程中需要密切灌注干接盖梁的接缝处,观察是否有漏浆现象。

4 结 语

通过对干接盖梁节段的不同的转动点的预判和分析,并对不同的可能转动点进行了临时预应力的定量计算,找出干接盖梁临时锚固体系中顶面不同张拉控制力。并经过现场试验和观察,分析总结了不同转动点的优劣,选取了较为安全可靠又经济的张拉控制力,为今后现场同类型施工中临时张拉控制力的选取提供了一定的思路。

通过对干接盖梁施工工艺流程的总结,并对环氧砂浆涂抹、现场临时张拉、永久预应力张拉等步骤的关键施工点进行了总结,为今后其他类似的工程提供了参考。

参考文献:

- [1] 卢永成. 桥梁工业化建造综述[J]. 城市道桥与防洪, 2024(11): 4-8; 16.
- [2] 郭忆. 城市高架预制装配式桥梁方案研究[J]. 城市道桥与防洪, 2017(6): 95-98.
- [3] 沙丽新, 李国平. 典型城市高架倒T盖梁预制装配化设计关键技术研究[J]. 中国市政工程, 2017(3): 16-19.
- [4] 金国海. 城市桥梁预制拼装快速化施工关键技术[J]. 城市道桥与防洪, 2023(2): 146-148.
- [5] 张涛, 甘露, 闫兴非. 典型高架桥大挑臂盖梁轻型化设计方案研究[J]. 公路与汽运, 2024, 40(2): 81-84.
- [6] 汤文军, 李荣帅, 汪嘉程. 预制装配式盖梁施工轻型化工艺对比及工程应用研究[J]. 建筑施工, 2024, 46(6): 927-929.
- [7] 胡自忠, 何科, 郭钢江. 装配式高架桥盖梁轻型化研究初探[J]. 城市道桥与防洪, 2021(11): 90-92.