

桥梁工程中碳纤维板预应力加固技术的应用分析

耿小奇

(四川三江交通建设工程有限公司, 四川 宜宾 644000)

摘要 桥梁工程中碳纤维板预应力加固技术的应用日益受到人们的重视, 尤其是在面对日益增长的交通荷载和老化桥梁结构时。本文针对具体桥梁工程, 详细介绍了碳纤维板预应力加固技术的实施过程和关键技术要点。该技术通过在T型梁两侧粘贴预应力碳纤维板, 显著提升了桥梁的承载能力和抗弯性能。在施工过程中, 精确的测量定位、严格的基面处理、规范的锚栓植入和张拉作业是确保加固效果的关键。此外, 通过采用光纤光栅传感装置进行应力监测, 有效评估了预应力施加效果和加固效果。该技术的成功应用不仅延长了桥梁的使用寿命, 也为桥梁加固技术的创新发展提供了有力支撑。

关键词 桥梁工程; 碳纤维板; 预应力加固技术

中图分类号: U445

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)08-0046-03

随着交通事业的飞速发展, 桥梁承载压力日益增大, 传统的加固方法已难以满足需求。碳纤维板预应力加固技术以其高强度、轻质化、耐腐蚀等优点, 为桥梁工程提供了全新的解决方案。该技术通过对碳纤维板施加预应力, 有效提升了桥梁结构的承载能力和使用性能, 显著延长了桥梁的使用寿命。因此, 对碳纤维板预应力加固技术在桥梁工程中的应用进行深入分析, 具有重要的理论价值和实践意义, 有助于推动桥梁加固技术的创新发展。

1 工程概况

某特定的桥梁建设, 总长度为700米, 宽度定为30米, 构筑为两侧行车的桥梁, 依据双程六车道的规划。该桥梁的上部构造由预制的预应力混凝土梁组成, 这些梁通过装配式方法安装, 而桥面则采用现场浇筑的混凝土。车行道宽度设定为 2×11 米, 两侧的人行道宽度各为 2×2 米。桥梁的底部结构则由打桩构成的柱式桥墩和U形桥台组成, 使用橡胶垫作为桥梁的支座。由于该桥梁已经历了较长时间, 长期承受交通荷载, 导致结构出现了诸多问题, 包括腹板的裂纹、支座的失效、桥墩钢筋的暴露以及桥面的损伤等。为解决上述问题并提升桥梁的性能, 本项目决定采用预应力碳纤维板材进行结构加固。

2 预应力碳纤维板加固技术的应用

2.1 桥梁加固方案

根据现场对桥梁承载能力的检测报告, 对于T型梁的加固, 采取的是在梁体两侧分别粘贴预应力碳纤

维板的策略。此项措施的目的是提升T型梁的承载能力, 并增强其抵抗弯曲的能力。在梁体的每一侧, 都会粘贴碳纤维板, 这些板的左右两端与梁端的距离保持为2米, 每块板的宽度为12厘米, 厚度为0.3厘米。在两侧的梁体上同时进行预应力的施加, 这一过程采用分阶段张拉的方法进行。当所有的梁体上的碳纤维板都完成了张拉工序后, 使用结构胶水对板与梁体之间的空隙进行充分填充, 最终使用紧固带将板材牢牢固定在位^[1]。

2.2 施工技术要点

2.2.1 测量定位

利用先进的测量设备, 全站仪或激光扫描仪, 对桥梁的原始结构进行全面的测绘, 确保后续的碳纤维板布局 and 安装位置准确无误。在测量过程中, 会特别关注桥梁的裂缝、变形和损伤区域。测量团队记录下每个需要加固的区域的具体位置、尺寸和受力状况, 以便在设计阶段精确计算出碳纤维板的最佳布局方案。接下来, 根据测量数据, 设计团队会制定详细的加固图纸, 图纸上会明确标注每一块碳纤维板的位置以及与之对应的预应力值。在施工前, 工程团队还会对桥梁表面进行复测, 以验证测量数据的准确性, 并对照图纸进行最终的定位。

2.2.2 底座割槽

在进行底座割槽时, 首先需要根据锚具底座的尺寸和设计要求, 准确放样出槽口的位置。如锚具底座固定端的宽度为10厘米, 张拉端的宽度为15厘米, 那么割槽的宽度应略大于这两个尺寸, 便于锚具底座

的安装和调整。割槽的深度通常与锚具底座的高度相匹配,假设锚具底座高度为 5 厘米,割槽深度应设计为 5.5 厘米,以便留出足够的空间进行锚固和密封。施工人员使用电锤或其他适当的工具,沿着放样区域进行凿平处理,确保割槽的深度与设计要求相符。在凿平过程中,需要控制力度和角度,避免对梁体结构造成损伤^[2]。同时采取措施减少施工过程中的粉尘和噪声,以保护施工人员的健康和周围环境。割槽完成后,对槽内进行彻底清理,确保无碎石和灰尘残留。

2.2.3 钻设锚栓孔

在进行锚栓孔的钻设之前,首先要通过钢筋探测器确定梁体内部钢筋的确切位置,其目的是在钻孔过程中避免与钢筋发生冲突,确保钻孔的顺利进行和梁体结构的完整性。一旦钢筋位置被确定,就可以根据锚具的孔位布局,在模板上预先钻出相应的孔洞。随后,使用记号笔在梁体表面上精确地标记出每个锚栓孔的位置。接下来,采用冲击钻进行锚栓孔的钻设。根据设计要求,孔径被规定为 16 毫米,而孔深根据梁体的厚度和锚栓的需求来确定,如果梁体厚度为 60 厘米,锚栓孔的深度可能设定为 50 厘米,以确保足够的锚固长度。在钻孔过程中,务必保证钻孔的垂直度,使用垂直导向工具或激光水平仪来辅助完成。如果在使用冲击钻进行钻孔时不慎触碰到梁体内部的结构钢筋或预应力钢绞线,应立即停止作业,并根据实际情况对孔位进行适当的水平调整。这种灵活性是必要的,以确保钻孔作业的安全性和结构的完整性。最后,为确保锚栓的牢固锚固,钻孔的表面粗糙度也需要达到特定的要求,选择合适的冲击钻头和钻孔参数来实现,以增加锚栓与孔壁之间的摩擦力,从而提高锚固效果。

2.2.4 清除孔内残渣

完成锚栓孔的钻设后,彻底清理孔内的残渣和粉尘成为接下来的重点任务。这一过程是为化学锚栓的植入创造一个干净、无杂质的环境,从而保证锚栓与孔壁之间的良好黏结。清理工作开始前,应先利用高压空气吹扫钻孔,将孔内的松散碎石和大部分粉尘清除干净。这一步骤需要使用专业的吹扫设备,如高压空气压缩机,其压力通常设置在 0.4 至 0.6 兆帕之间,足以将孔内的残渣彻底清除。吹扫过程中,应从孔的底部向上方向进行,确保所有残渣都被带出孔外。吹扫完成后,为了进一步清洁孔内,可以使用浓度不低于 75% 的医用酒精对孔壁进行清洗。酒精不仅能够有效去除残留的粉尘,还能够杀灭可能存在的微生物,减少对黏结效果的影响。使用注射器或喷雾设备,将酒精均匀喷洒在孔内,确保孔壁的每一处都得到彻底

清洗^[3]。酒精清洗后,需等待一段时间让酒精自然挥发。在酒精完全挥发、孔内完全干燥之前,不宜进行锚栓的植入。干燥的时间取决于孔的深度、环境温度和湿度等因素,一般要等待约 15 至 30 分钟。在此期间,要密切观察孔内情况,确保无水分残留。若因施工进度或其他特殊原因,化学锚栓不能立即植入,必须采取措施临时封闭孔洞。可以通过插入适当的塞子或使用其他遮盖物来实现,以防止灰尘、水分和其他杂物进入孔内,从而确保锚栓植入时的质量不受影响。

2.2.5 基面处理

在粘贴碳纤维板之前,必须对梁体的待粘贴部位进行细致的打磨处理。通常使用电动打磨机进行,是为了去除混凝土表面的浮浆、松动物和老化层,以露出新的混凝土基面。打磨时采用圆周运动的方式,确保基面的均匀处理。根据混凝土的实际情况,打磨的深度需要控制在 0.5 至 1 毫米之间,以确保足够的黏结面积。打磨完成后,使用压缩空气设备,如气动吹扫枪,将打磨后的混凝土基面彻底吹洗干净。压缩空气的压力应控制在 0.6 至 0.8 兆帕之间,以确保清洁效果。对于混凝土基面存在的裂缝、孔洞和其他缺陷,需要采用专门的修补胶进行修复。修补胶的选择基于其与混凝土和碳纤维板的兼容性,以及其自身的黏结强度和耐久性。修补胶的厚度应根据缺陷的深度来确定,一般略高于基面,以确保表面的平整度。在修补胶固化后,还需要使用聚合物砂浆进行进一步的修复和找平,以确保碳纤维板粘贴的稳定性和均匀性^[4]。聚合物砂浆的配比应根据生产厂家的推荐和工程的具体要求来确定。一般而言,水泥与砂的比例可能为 1:2 至 1:3,聚合物乳液的添加量约为水泥重量的 10% 至 20%。在涂抹聚合物砂浆时,要使用适当的工具,如抹刀或刮刀,确保砂浆的均匀分布和适当的厚度。

2.2.6 植入锚栓

植入锚栓的准备工作首先是对钻孔进行彻底清洁。清洁方法是使用浓度不低于 95% 的酒精对孔洞进行擦洗,以去除孔内的粉尘和杂质。擦洗完成后,需等待一段时间,让酒精完全挥发,确保孔内干燥无水。接下来,取出化学药管,小心地将其放置于孔洞中。化学药管的规格应与孔径相匹配,以确保锚栓能够顺利插入。在插入锚栓时,应顺时针或逆时针方向均匀旋转锚栓,直至锚栓达到设计深度。锚栓的插入深度通常为其长度的 1.5 至 2 倍,以确保足够的锚固力。在锚栓插入过程中,必须使用垂直检测工具确保锚栓的垂直度。根据现行的施工规范,锚栓的垂直允许偏差不得超过 1% 的锚栓长度或 5 毫米,取较大值。锚栓植

入后,需要等待化学药剂固化。固化时间取决于化学锚栓的类型和生产厂家的推荐,一般为24至48小时之间。在化学药剂固化期间,避免任何可能扰动锚栓的操作,如碰撞或敲击,以免造成锚栓移位或黏结效果降低。完成固化后,锚栓便与孔壁形成了牢固的化学黏结,为碳纤维板的安装和预应力的施加提供了坚实的基础。

2.2.7 安装锚具底座及碳纤维板

在桥梁加固工程中,安装锚具底座和碳纤维板是一个细致的操作过程。首先,施工人员在混凝土槽口底面涂抹1至3毫米厚的聚合物砂浆或修补胶,使用批刀确保材料分布均匀,以实现底面的平整。接着,按照规定扭矩拧紧螺母,确保锚具底座稳固,并检查其水平度与垂直度。然后对碳纤维板涂抹区域用95%以上浓度酒精清洁,均匀涂布3.0毫米厚的结构胶,使用刮刀去除气泡。最后,将碳纤维板精确安装到底座上,并拧紧螺母,完成安装。

2.2.8 张拉

在张拉前,碳纤维板需进行预紧,以消除板材的松弛状态,并进行全面的受力检查,确保受力均匀。若发现受力不均,要立即采取措施进行调整,如微调锚具的位置或重新平衡张拉力。张拉作业在T梁两侧的碳纤维板同时进行,以保证对称性和平衡。根据结构设计和计算,确定张拉控制力,比如张拉控制力设定为192千牛(kN),施工人员应使用专用的张拉设备,按照此控制力进行张拉。在整个过程中,应避免超拉或张拉不足,确保张拉质量达到标准^[5]。

2.2.9 压紧与防护

张拉完成后,施工团队需清理碳纤维板边缘挤出的结构胶,以保持施工区域的整洁。随后,安装压紧条以确保碳纤维板与锚具底座之间的紧密接触。压紧条的材质和规格应符合设计要求,以确保其能够有效地传递预应力。在单片T梁的碳纤维板施工完成后,应及时拆除张拉工具,并彻底清洁施工现场。使用环氧砂浆对固定端和张拉端的锚具部位进行封锚,以提供额外的防护。环氧砂浆的配比应根据生产厂家的推荐进行调整,通常水泥与环氧树脂的比例为1:1,砂的添加量约为环氧树脂重量的2至3倍。涂抹环氧砂浆时,应确保覆盖整个锚具区域,并保持一定的厚度,一般控制在5至10毫米之间。

2.3 技术控制措施

在配制黏结胶时,遵循产品供应商提供的精确比例和制备要求至关重要。使用低速搅拌机进行搅拌,确保胶体均匀无气泡,并且无灰尘等杂质。这对于确

保黏结效果和碳纤维板与结构之间的牢固连接起着基础性作用。在进行预应力张拉时,对液压千斤顶的量程进行严格控制,确保其能力至少为张拉控制力的1.5倍。这样可以保证张拉力的施加既稳定又均匀,避免因速度不均造成的质量问题。此外,施工现场的安全防护措施也不容忽视,特别是在张拉作业期间,应确保没有人员站在张拉端前方,以防止意外发生。

2.4 应力监测

本项目采用光纤光栅传感装置进行应力监测,这种装置因其体积小、精度高、抗电磁干扰能力强而在桥梁工程中得到广泛应用。通过该装置对碳纤维板的张拉过程进行全面跟踪,获取的数据对于评估预应力施加效果和加固效果具有重要参考价值。在加固施工中,选择在桥梁左幅的三片T梁上的碳纤维板进行监测。在张拉前,将传感装置粘贴在板面的跨中附近位置,这样可以对张拉过程进行准确监测。监测工作分为两个阶段进行:第一次在施工过程中,主要分析预应力张拉时的损失值;第二次监测在第一次监测后90天进行,目的是检测应力松弛损失情况。通过测试得知,应力松弛损失控制在1.42%至1.98%之间。为了确保碳纤维板的应力水平,通常会采用超张拉10%的方法,以补偿可能的应力损失。

3 结束语

本文通过深入研究其加固方案和施工技术要点,全面展现了该技术在实际工程中的应用优势。在施工过程中,通过精确测量定位、严格基面处理、规范锚栓植入等步骤,确保了加固效果的可靠性。同时结合应力监测等手段,确保了加固质量的稳定性与持久性。随着技术的不断进步和完善,相信未来该技术将在桥梁加固领域发挥更加重要的作用,为交通事业的持续发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 杜含辰. 预应力碳纤维板在梁桥加固工程中的应用研究[J]. 工程建设, 2023, 55(08): 74-78.
- [2] 麻文进. 预应力碳纤维板加固技术在桥梁养护工程中的应用研究[J]. 交通世界, 2022(Z2): 53-54.
- [3] 晏勇. 预应力碳纤维板加固预应力空心板梁桥施工技术[J]. 交通科技与管理, 2024, 05(03): 93-96.
- [4] 惠亚龙. 公路预制箱梁体外预应力碳纤维板加固技术的应用研究[J]. 工程技术研究, 2023, 08(15): 31-33.
- [5] 许宏伟, 武启帆, 刘永前, 等. 预应力碳纤维板加固重载铁路T梁的效果研究[J]. 铁道标准设计, 2023, 67(11): 84-91.