

# 桥梁预应力碳纤维加固施工技术要点分析

张 昆

江西驰和建设工程有限公司

**摘 要:**现阶段,为延长公路桥梁使用寿命,保障人们出行安全,本文主要以桥梁为例,介绍应用预应力碳纤维加固施工技术对桥梁进行加固处理的方法,以期提升桥梁的使用性能,使加固后的桥梁适应日渐增长的车辆通行压力,希望给桥梁养护工作的顺利开展带来启发。

**关键词:**桥梁;碳纤维板;加固施工技术

## 1 预应力碳纤维加固施工技术的优势

预应力碳纤维加固施工技术是一种结合了体外预应力主动加固技术与碳纤维复合材料强度性能这两种技术优点的一种新型桥梁加固技术,在实际应用过程中,主要以碳纤维板为预应力筋材,利用特殊的张拉、锚固设备,为其施加预应力,并将其锚固到桥梁上部结构构件处,通过环氧结构粘接,使其与桥梁的受弯受拉构件共同承载拉应力。相较于传统的粘贴碳纤维片材、粘贴钢板、加大截面等加固方式,预应力碳纤维加固施工技术有着以下优点:第一,预应力碳纤维加固施工技术是一种主动加固技术,并不存在因二次受力而产生的滞后现象,将其应用于桥梁加固施工中,可以有效提升加固构件的极限承载能力。第二,预应力碳纤维加固施工技术在应用过程中,可以有效提升碳纤维材料的强度利用率,补强加固效能,提升了加固施工性价比。第三,预应力碳纤维加固施工技术在应用过程中不仅可以对桥梁结构已经存在的裂缝病害进行修补,还能降低新的结构裂缝出现的可能性。第四,预应力碳纤维加固施工技术在应用过程中可以有效降低桥梁结构的挠度,减小其结构变形,提升结构的抗弯刚度。第五,预应力碳纤维加固施工技术的环氧结构胶的剪切应力分布较为均匀,在应用过程中可以避免因黏结而导致桥梁结构出现剥离、破坏这类问题的可能性。第六,预应力碳纤维加固施工技术在应用过程中并不需要在桥梁结构上钻大量的孔,也不需要焊接处理,这一情况的出现有效降低了桥梁结构的安全隐患。第七,预应力碳纤维加固施工技术在应用过程中并不需要增加构件的截面与自重,并且施工活动的开展也不需要中断交通。总之,在当前的桥梁加固工作中,预应力碳纤维加固施工技术的应用有着良好的应用效果<sup>[1]</sup>。

## 2 预应力碳纤维加固施工的技术要点

### 2.1 构件质量

在预应力碳纤维加固施工过程中,碳纤维板、锚具以及张拉锚固装置的质量不仅与预应力实施效果有着直接的联系,还关系着桥梁加固工作的效果。近年来,随着人们对预应力碳纤维加固施工技术关注度的不断提高,市面上生产预应力碳纤维锚具、碳纤维板以及张拉锚固装置的厂家也在不断增多,受当前预应力碳纤维加固系统生产规范并不统一的影响,预应力碳纤维加固系统部件生产出现了构件生产质量良莠不齐的现象,在当前的加固施工过程中,不同质量标准的构件的应用,使得预应力碳纤维加固系统的最终使用效果无法满足预期的要求。现阶段,为了切实降低上述问题出现的可能性,第一,在开展预应力碳纤维加固施工前,需要在施工现场开展锚具静载锚固性能的验证试验,对锚具的性能进行检查。第二,需要以被加固构件结构形式为基础,选择合适的张拉锚固安装方式。第三,需要在保证预应力碳纤维加固系统先进性的基础上,对系统安装的便捷性与可靠性进行考察。第四,在检查过程中应确定预应力碳纤维加固系统在施工过程中的张拉力能够自主调整,保

证系统整体在使用中能够均衡受力。第五,在检查过程中需要在保证预应力碳纤维加固系统耐久性符合施工要求的基础上,尽可能提高系统的性价比。第六,在施工过程中需要在保证碳纤维板横截面与张拉力控制应力符合加固设计要求的基础上,尽可能选择宽厚较小的碳纤维板,从而提升加固工作的美观性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 中心线偏离检测与调整

当前预应力碳纤维板是一种由碳纤维单向纵向排列,然后利用环氧树脂浸渍预警后放入模具中,在高温环境下拉挤成型的加固材料,这一情况的出现使得,碳纤维板的横断面抗剪、抗折强度相对较低。在实际应用过程中,若张拉力装置安装后,碳纤维板的两端锚具中心线不在同一轴线上,那么施加张拉力时,碳纤维板的内纤维可能会因为受力不均而产生内聚剪切应力。在内置剪切应力随施加预应力增长至极限时,碳纤维板会发生纵向破裂,致使碳纤维板失去张拉锚的固定效果。现阶段为了切实降低上述问题的出现概率,在安装张拉装置时,需要先对碳纤维板进行预张拉处理,然后再对两端锚具的中心线偏离情况进行检查,若发现锚具出现中心线偏离的问题,则采用合适的方式对其进行调整。具体来说,较为常用的锚具中心线检查方式包括锚具中心线延长检测法与锚具中心线偏离指压检测法,其中,锚具中心线延长检测法指的是,在锚具中心延长线偏差大于10mm时,通过及时调整锚具两端的张拉受力制作中心的方式,实现中心线的有效调整。锚具中心线偏离指压检测法指的是,利用拇指按压碳纤维板的边缘,若两边绷紧张力或在相同压力下碳纤维板与混凝土表面之间间距大小存在差异,则说明碳纤维板的受力并不均匀,此时可以通过调整碳纤维板两端张拉力受力制作中心的方式,保证两端锚具的中心线偏差符合规范要求<sup>[3]</sup>。

### 2.3 结构胶施工及检测

#### 2.3.1 分段刮抹施工

碳纤维板作为一种弹性材料在实际应用过程中,受预应力张拉的影响,使用后的碳纤维板自振频率远大于原有结构的自振频率,这一情况的出现,使得碳纤维板在实际施工过程中经常会刮抹密实的结构胶,在初凝前出现自然流挂的现象,进而导致碳纤维板与混凝土结构粘结不够紧密,存在空洞,需要二次补胶的情况。同时由于碳纤维板的刚度相对较小,在对其施加应力后,因线性损失碳纤维板的两端与中部存在着软硬不均的现象。一般情况下,在刮抹结构胶的过程中,为了保证结构胶的密实度,工作人员往往采用从一边刮抹,从另一边出胶的施工方法,而在碳纤维板加固施工过程中若采用这种结构胶的涂抹方式,会导致碳纤维板在结构胶初凝后产生扭曲或波浪变形的问题,进而增大了碳纤维板受力不均的可能性。现阶段为了切实降低上述情况出现的可能性,在为碳纤维板涂抹结构胶的过程中,可以先在碳纤维板张拉结为碳纤维板刮抹一定厚度、3—5m长的结构胶,在碳纤维板张拉工作完成后,使之靠近两端锚具,然后将3—5m长碳纤维板的结构胶刮抹密实,再在间

隔 3—5m 长度的情况下,为碳纤维板刮抹 5cm 左右的结构胶支撑点,并调整碳纤维板的受力状态,使结构胶的受力始终处于平直的状态下。在 4—6 小时,结构胶初凝并具备了一定的强度后,利用结构胶将其余的碳纤维板与混凝土之间的缝隙刮抹密实,从而达到提升碳纤维板与桥梁混凝土结构联系紧密性的目的<sup>[4]</sup>。

### 2.3.2 碳纤维板的安装方式

在经过模具加持后,碳纤维板在张力施加应力的影响下,产生新增预拱应力,使桥梁原有的结构缝隙闭合,并且在平直受力情况下,碳纤维板通过环氧结构胶和混凝土结构紧密黏结,可以在一定程度上降低桥梁结构缝隙的发展,并且对新缝隙的产生加以抑制。同时,在桥梁投入使用后,碳纤维板能够与桥梁原有结构同步变形,在抑制裂缝扩大的同时,避免碳纤维板出现黏结剥离破坏的问题。在弯折,粘贴受力的情况下,碳纤维板在加载后,会产生松弛回缩的现象,此时锚栓的压紧力也会随之卸载,并逐渐松动,由于靠近模具的碳纤维板弯折的倾斜度较大,因此,该处的混凝土拉紧强度较差,结构胶与混凝土之间可能会出现拉裂裂缝破损的问题。若碳纤维板弯折情况下,卡板与碳纤维板紧密接触,那么在两者接触点处,将会产生剪折集中应力。此时在结构动载的影响下,碳纤维板会因松弛回缩与卡板产生接触摩擦,进而导致碳纤维板的剪折集中应力所在区域出现压剪破坏现象。尽管在当前的桥梁加固工作中可以通过减少碳纤维板压折处环氧结构胶用量的方式降低加固施工的成本,但若在此过程中碳纤维板的安装方式发生错误,那么碳纤维板的耐久性将会有所下降,进而对加固施工的效果产生不利影响。为了切实降低这一情况出现的可能性,在实际施工过程中,相关工作人员需要在明确施工成本的基础上选择合适的工程施工方案,以便达到保障工程施工安全性与可靠性的目的。

### 2.3.3 施工质量检测

在利用碳纤维板加固桥梁的过程中,为了切实了解碳纤维板加固施工的质量,可以采用小圆头木槌轻轻敲击与桥梁混凝土结构连接到一起的碳纤维板然后通过判断碳纤维板表面回声的方式,切实了解碳纤维板的黏结情况。同时在检查过程中还需要对碳纤维板的表面形状进行检查,若发现碳纤维板出现波浪或扭曲的现象,则需要对其进行处理,以便达到提升碳纤维板张拉力均衡性的目的。

### 2.4 伸长超差的评定

在实际施工过程中,预应力碳纤维板加固施工技术应遵循相应的施工规范,通过控制张拉力与生产量的方式,确保加固施工的质量能够达到预期的要求。现阶段在进行预应力碳纤维伸长值计算

时,可以参照公式:  $\Delta L = F \times \frac{L}{E} \times A$ , 其中,  $\Delta L$  指的是碳纤维

板的理论伸长值;  $F$  指的是碳纤维板的张拉应力,单位为  $N$ ;  $L$  指的是碳纤维板的张拉长度,单位为  $mm$ ;  $E$  指的是碳纤维板的弹性模量,单位为  $N/mm^2$ ;  $A$  指的是碳纤维板的实际横截面积,单位为  $mm^2$ 。需要注意的是,在实际施工中,考虑到碳纤维板的弹性模量小于钢材,因此在实际测量过程中,碳纤维板的伸长量会等于理论伸长值,或者比理论伸长值略大。若在实际测量过程中,碳纤维板的实际生产量小于理论伸长值,那么说明碳纤维板的锚具,在张拉过程中,尾翼伸长不顺畅,或者存在人为的非正常摩擦阻力导致碳纤维板的实测伸长量比理论伸长值小,此时可以通过卸载后重新张拉的方式,保证碳纤维板的张拉值符合预期设计要求。

## 3 预应力碳纤维加固施工技术的实例

### 3.1 项目概况

某桥梁的建成时间为 2004 年,桥梁的中心桩号为 K54+703,桥梁的总长为 90m,桥梁的设计荷载为汽车-20,挂车-100,设计

洪水频率为 1/100,桥梁的全宽为 9cm。桥梁上部结构为  $5 \times 16m$  的钢筋混凝土空心板,下部结构为钢筋混凝土双柱式桥墩。

### 3.2 桥梁主要病害

在长时间的运营过程中,该桥梁经过相关工作人员检测后发现桥梁的上部结构主要承重构件——梁体结构,底部均匀分布有大量的横向裂纹,尽管单个裂纹的宽度小于规范的允许数值,但受裂纹数量较多的影响,若工作人员未对其进行及时的处理,很容易降低桥梁结构的使用耐久度。同时,考虑到裂纹为横向裂纹,桥梁结构的正截面的抗弯承载能力也会受到影响。对这一情况出现的原因进行分析后,可以了解到,受长时间车辆荷载,尤其是部分超重车辆的碾压影响下,该桥梁的结构底部产生了较为明显的弯曲现象,进而导致弯曲裂纹的产生,并且这些裂纹的发展方向基本与轴线方向相垂直,主要分布在跨中附近区域。

### 3.3 加固技术应用要点

#### 3.3.1 维修加固方案

现阶段为了尽可能延长该桥梁的使用寿命,相关工作人员在了解桥梁病害特点后,决定应用碳纤维加固施工技术对裂缝部分进行加固处理。具体来说,在对该桥梁裂缝情况进行实际考察后,相关工作人员决定在每片空心板 T 形结构处,粘贴 3 条宽度约为 1000mm,厚度约为 1.4mm 的预应力纤维板。

#### 3.3.2 施工技术方法

在实际加固过程中,相关工作人员先对桥梁施工现场实际情况进行了考察,然后结合碳纤维板的实际粘贴要求,制定出了具体的操作方案,明确了施工过程中所需要使用的机械设备以及施工材料。在保证预应力碳纤维加固系统质量符合该加固施工活动要求后,相关工作人员先去除了桥梁施工区域的松动混凝土,并对施工混凝土表面进行了清洁处理。然后以前期放线位置为依据,利用钢筋探测仪器设备确定了标定的锚栓植入位置,然后利用电锤钻出锚孔,并使用压缩空气吹出锚孔内部的灰尘与积水。之后将药包放在孔洞内部,利用电锤缓慢地将其旋入到锚栓当中,直到整个锚栓接触到孔体的底部。在加固过程中,工作人员需要在保证中心线位置平行的情况下固定锚具,在此过程中,偏差量需要小于 3mm。同时为了提升锚栓固定的紧密性,可以利用环氧修补胶对锚孔与锚栓间的缝隙进行填充。在锚具固定工作完成后,为碳纤维板涂抹结构胶,然后对其进行预张拉处理,在保证碳纤维板安装准确性后,开展并条安装施工。最后,对碳纤维板进行固化养护与防护处理。

## 4 结论

近年来,受各种因素的影响,公路桥梁结构性安全事故频频发生,给人们的正常出行造成了不利的影。为了切实解决这一问题,在当前的桥梁加固养护工作中,明确桥梁的实际情况,选择合适的技术方式,将预应力碳纤维加固施工技术应用到桥梁结构性病害的处理工作中,不仅可以有效解决桥梁病害,还能为我国道路交通体系的稳定运行提供有力的支持。

### 参考文献:

- [1]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(4): 53-54.
- [2]白旭亮,李建茹.鼓楼立交桥预应力碳纤维板加固施工技术简介[J].山西建筑, 2019, 45(6): 162-164.
- [3]钟奇霖.研究预应力碳纤维板技术在中小跨径桥梁加固中的应用实践[J].低碳世界, 2021, 11(9): 203-204.

作者简介:张昆,1989年02月05日,男,江西,汉,公路与桥梁工程师,经济学学士,目前主要从事的工作和研究方向:建筑工程管理,公路与桥梁方向。