

团 体 标 准

T/CCTAS 191—2025

空心板梁维修加固技术规程

Technical specification for maintenance and reinforcement of hollow slab beams

(此版本未经出版审核，仅供参考，以最终出版发布为准)

2025-02-05 发布

2025-03-01 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 材料参数	2
5.1 一般规定	2
5.2 胶黏剂	2
5.3 预应力碳纤维板	3
5.4 表面防腐材料	3
6 铰缝填充法	3
6.1 一般规定	3
6.2 设计	3
6.3 施工	4
7 桥面补强加固法	5
7.1 一般规定	5
7.2 设计	5
7.3 施工	5
8 横向预应力加固法	5
8.1 一般规定	5
8.2 设计	6
8.3 施工	6
9 粘贴钢板加固法	7
9.1 一般规定	7
9.2 设计	7
9.3 施工	7
10 预应力碳纤维板加固法	8
10.1 一般规定	8
10.2 设计	8
10.3 施工	9
11 质量控制	10
11.1 铰缝填充法	10
11.2 桥面补强加固法	10
11.3 横向预应力加固法	11
11.4 粘贴钢板加固法	11
11.5 预应力碳纤维板加固法	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：河南交通投资集团有限公司、河南省中工设计研究院集团股份有限公司、河南交通投资集团有限公司信阳分公司、中德新亚建筑材料有限公司、河南省交通勘察设计有限公司、陕西交控新材料有限公司、卡本科技集团股份有限公司、内蒙古交通集团蒙通养护有限责任公司、华北水利水电大学、河南亨通路桥工程有限公司。

本文件主要起草人：陶向华、袁冻雷、林根法、杨朝旭、郝孟辉、袁超、赵鑫、涂慧慧、李伟、罗仕刚、周姗姗、张鸿志、毕伟涛、马瑞杰、韩永超、胡志华、孙劲晖、李油油、李光辉、王统宁、张畅、米世忠、汪德才、孙铭阳。

空心板梁维修加固技术规程

1 范围

本文件规定了空心板梁维修加固的基本规定、材料、铰缝填充法、桥面补强加固法、横向预应力加固法、粘贴钢板加固法、预应力碳纤维板加固法和质量控制等内容。

本文件适用于公路和城市道路桥梁空心板梁维修加固的设计、施工和质量控制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法
- GB/T 7124 胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）
- GB 50728-2011 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范
- CJJ/T 239-2016 城市桥梁结构加固技术规程
- JC 936 单组份聚氨酯泡沫填缝剂
- JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 1267 桥梁用预应力碳纤维板—夹持式锚具
- JT/T 1450 桥梁用预应力碳纤维板（筋）体外束
- JTG/T 3310-2019 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
- JTG 3362-2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG/T 3650-2020 公路桥涵施工技术规范
- JTG 5220-2020 公路养护工程质量检验评定标准
- JTG/T J22-2008 公路桥梁加固设计规范
- JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压注型结构胶 structure adhesive for pressure injection grouting
适用于铰缝填充法施工的结构胶黏剂。

3.2

铰缝封闭胶 hinge joint sealing adhesive
封闭空心板板间空隙的材料。

3.3

铰缝填充法 the method of filling hinge joints
通过压力设备将压注型结构胶注入铰缝中，以恢复空心板间横向联系的方法。

3.4

桥面补强加固法 methods for strengthening bridge decks
通过增大桥面混凝土铺装层厚度或配筋率，提高桥梁横向联系和承载力的方法。

3.5

横向预应力加固法 structure member strengthening with External transverse prestressing

在空心板梁底施加横向体外预应力，使空心板梁桥横向联系得到改善的方法。

3.6

预应力碳纤维板加固法 structure member strengthening with Pre stressed carbon fiber board
在空心板梁底纵向粘贴预应力碳纤维板，提高空心板梁纵向承载力的方法。

4 基本规定

4.1 空心板梁应经过技术状况评定和承载力鉴定，确认加固后能满足结构安全和正常使用，方可进行加固。

4.2 空心板梁加固应结合病害特征、发展情况、竣工图纸、检测报告和养护历史等资料，合理选用一种或多种方案综合处治。加固方案选择可参照表 1。

表 1 方案选用一览表

病害特征	横桥向加固			纵桥向加固	
	铰缝填充法	桥面补强加固法	横向预应力加固法	粘贴钢板加固法	预应力碳纤维板加固法
桥面铺装无明显病害，铰缝勾缝脱落、渗水；钢筋混凝土空心板横向裂缝未超限、预应力空心板无横向裂缝。	适用	适用	适用	不适用	不适用
桥面铺装有轻微病害，铰缝渗水泛碱，车辆通过时梁板间有肉眼可见的错动，且底板横向裂缝超限。	配合适用	适用	适用	适用	适用
桥面铺装有明显病害；车辆通过时梁板间有明显错动，单板受力，空心板梁承载力不足。	配合适用	配合适用	配合适用	适用	适用

注：配合适用的方案不可单独使用，应根据加固目标选择其中的一种或几种方案配合使用。

4.3 空心板梁抗弯承载能力比设计降低 25%，宜更换梁板。

4.4 空心板梁病害处治应结合全桥整体病害进行综合处治，且合理确定施工顺序。

4.5 维修加固应遵循动态设计原则。

4.6 空心板梁加固改造后的荷载等级不应低于原标准。

4.7 加固施工前应对拟加固构件病害进行现场核对。

4.8 维修加固施工应尽可能避免损伤原结构。

4.9 空心板梁病害处治时宜中断交通。

4.10 钻孔植筋应符合 JTG/T J22-2008 中的规定。

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 预应力碳纤维板、胶黏剂、表面防腐材料应配套使用。

5.1.2 加固用碳纤维板和胶黏剂之间应进行适配性检验，包含碳纤维板抗拉强度标准值、碳纤维板与混凝土正拉黏结强度和碳纤维板层间剪切强度。

5.2 胶黏剂

5.2.1 铰缝填充用胶黏剂，包括铰缝封闭胶、压注型结构胶；铰缝封闭胶应符合 GB 50728-2011 中表 4.2.2-2 的规定；压注型结构胶检验项目及性能指标应符合表 2 的规定。

表 2 压注型结构胶基本性能指标

检验项目		合格指标	检测方法
胶体性能	抗拉强度/MPa	≥ 25	GB/T 2567
	受拉弹性模量/MPa	≥ 1500	
	伸长率/%	≥ 1.7	
	抗弯强度/MPa	≥ 30 ,且不得呈碎裂破坏	
	抗压强度/MPa	≥ 50	
黏结能力	钢对钢拉伸抗剪强度/MPa	≥ 15	GB/T 7124
	钢对钢拉伸抗剪强度标准值/MPa	≥ 14	
	钢对干态混凝土正拉黏结强度/MPa	≥ 2.5 ,且为混凝土内聚破坏	GB 50728-2011 附录 G
	钢对湿态混凝土正拉黏结强度/MPa	≥ 1.8 ,且为混凝土内聚破坏	
耐湿热老化性能	在 50°C, 95RH 环境中老化 90d 后, 钢对钢拉伸抗剪强度降低率/%	≤ 18	GB 50728-2011 附录 J
工艺性能	25°C 初始黏度/mPa·s	≤ 500	GB 50728-2011 附录 Q

5.2.2 粘贴钢板用胶黏剂应符合 JTG/T 22-2008 中表 4.6.5 的规定。

5.2.3 粘贴预应力碳纤维板用胶黏剂应符合 JTG/T 22-2008 中表 4.6.2 的规定。

5.2.4 聚氨酯发泡胶应符合 JC 936 中的规定。

5.3 预应力碳纤维板

5.3.1 预应力碳纤维板的力学性能指标及规格尺寸应符合 JT/T 1450 中的规定。

5.3.2 预应力碳纤维板用锚具性能指标及规格尺寸应符合 JT/T 1267、JT/T 1450 中的规定。

5.4 表面防腐材料

5.4.1 混凝土结构表面防腐应符合 JTG/T 3310 中 8.4 的规定。

5.4.2 钢结构表面防腐应符合 JT/T 722 中的规定。

5.4.3 预应力碳纤维板表面防腐应符合 JTG/T 22 中 4.1.2 的规定。

5.5 锚固件

锚栓的钢材性能指标应符合 JGJ 145 中的规定。

6 铰缝填充法

6.1 一般规定

6.1.1 铰缝维修前应修复桥面混凝土破损及开裂等病害。

6.1.2 铰缝填充法施工温度不应低于 5°C。

6.2 设计

6.2.1 铰缝注胶高度应至企口缝底部, 注胶饱满度不小于 90%。

6.2.2 铰缝维修宜整条、整跨处治。

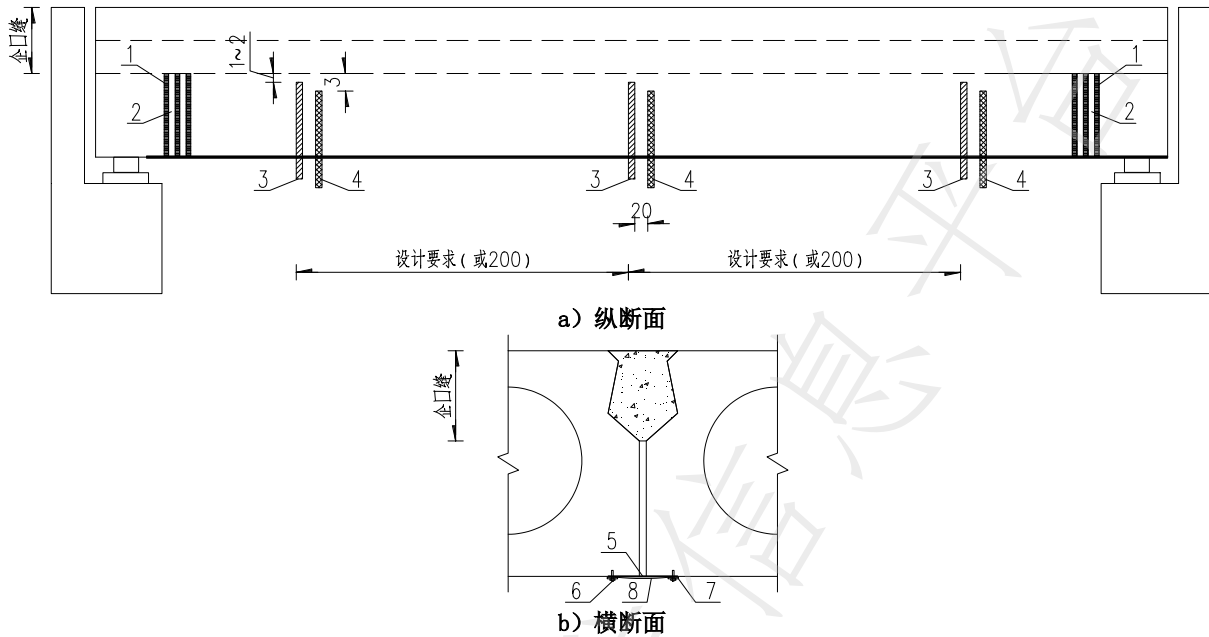
6.2.3 梁端位置板缝应采用木条、聚氨酯发泡胶进行封堵。

6.2.4 注胶孔埋设间距应符合设计要求, 设计无要求时不宜大于 200cm, 注胶管与测量管间距不宜大于 20cm, 测量管距梁端不应大于 100cm。

6.2.5 注胶管、测量管可采用铜管或 PVC 管, 直径应一致, 宜大于板缝宽度, 不宜大于 16mm。

6.2.6 注胶管顶距企口缝底部宜为 1cm~2cm, 测量管宜低于注胶管 1cm~2cm。

6.2.7 注胶管、测量管布置示意图见图 1。



- 标引序号说明：
- 1—封堵木条；
 - 2—聚氨酯发泡胶；
 - 3—注胶管；
 - 4—测量管；
 - 5—铰缝封闭胶；
 - 6—锚栓；
 - 7—金属压条；
 - 8—PVC 塑料板。

图 1 注胶管、测量管布置示意图（单位：cm）

6.3 施工

6.3.1 铰缝填充法的施工，应按下述步骤进行：

- a) 施工准备；
- b) 铰缝清理；
- c) 管件埋设；
- d) 铰缝封闭；
- e) 压力注胶。

6.3.2 采用电锤、高压水射流等设备对板缝内部清理高度应至企口缝底；压力注胶前应保证铰缝内各粘贴面洁净、干燥、无油污。

6.3.3 注胶管、测量管应按照设计要求埋设，并固定牢固。

6.3.4 采用封闭胶+PVC 塑料板+金属压条方案对板底封闭，注胶前应进行气密性检查。

6.3.5 压力注胶应满足以下规定：

- a) 注胶设备应采用小型空压机，最大排气压力宜为 0.6MPa~1.0MPa；
- b) 应严格按照注胶管顺序，纵桥向应根据纵坡从低端向高端注胶；横桥向应从两侧边板向中板推进；
- c) 第一次注胶宜在封闭胶固化 2h 后进行，低压慢注，注胶压力不应小于 0.2MPa，测量管外溢胶液即可停止注胶；
- d) 第二次注胶应在第一次注胶全部固化后，所有注胶管同时加压灌注，注胶压力不宜大于 0.5MPa，当输液管中胶液不在流动时，以 0.2MPa 压力持压 20min；
- e) 两次注胶时间间隔可参照表 3。

表 3 两次注胶时间间隔

施工环境温度/°C	注胶时间间隔/h
10	24
20	18
30	12
40	6

7 桥面补强加固法

7.1 一般规定

7.1.1 采用桥面补强加固法造成恒载增加时，应进行相关构件受力计算。

7.1.2 桥面高程抬高后，应对伸缩缝进行改造，连接路面或桥面纵坡应予以调整。

7.2 设计

7.2.1 桥面补强加固后，空心板梁视为组合式受弯构件，其承载力应按照 JTG/3362-2018 中 8.1 规定的进行计算。

7.2.2 混凝土铺装层参与受力厚度宜取总厚度的 1/2。

7.2.3 混凝土铺装层厚度不宜小于 100mm，沥青混凝土铺装层不宜小于 70mm。

7.2.4 混凝土强度等级不宜低于 C50，防水等级不应低于 P8。

7.2.5 混凝土铺装层应配置钢筋网，铺装层厚度大于 140mm 时宜配置两层。

7.2.6 新旧混凝土结合面应设置抗剪钢筋，直径、间距、深度应满足设计要求，设计无要求时，钢筋直径宜为 12mm，抗剪钢筋数量宜为 4~8 根/m²，梁端剪力较大取大值，跨中取小值。

7.2.7 混凝土铺装层施工完成后，应对桥面防水层进行恢复，并完善排水系统。

7.3 施工

7.3.1 桥面补强加固法的施工，应按照下列步骤进行：

- a) 原桥面高程测量；
- b) 凿除原桥面铺装；
- c) 主梁顶面凿毛并清理；
- d) 主梁顶面植筋；
- e) 绑扎钢筋网；
- f) 浇筑混凝土铺装层；
- g) 养生。

7.3.2 桥面混凝土铺装层宜采用人工配合小型机械凿除。

7.3.3 植筋前应对梁顶结合面的铰缝损伤和空洞进行修补。

7.3.4 空心板顶面应进行凿毛处理，表面应凿成凹凸差不小于 6mm 的粗糙面。

7.3.5 钢筋绑扎应符合 JTG 3362-2018 中 9.1 的规定，钢筋保护层厚度不宜小于 20mm。

7.3.6 浇筑混凝土前，新旧混凝土结合面之间应涂刷界面胶。

7.3.7 浇筑混凝土前，应彻底清理结合面，并检查钢筋布置、数量及预埋件等。

7.3.8 混凝土铺装层宜一次性整体浇筑。

7.3.9 桥面防水与排水、混凝土桥面铺装施工应符合 JTG/T 3650-2020 中 23.4、23.5 的规定。

8 横向预应力加固法

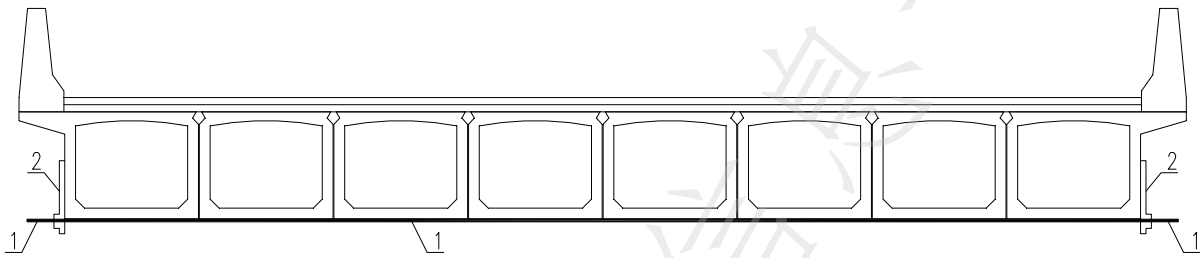
8.1 一般规定

8.1.1 预应力筋、锚具和夹具等构件宜满足重复张拉条件。

- 8.1.2 锚固块安装应避开泄水孔位置。
- 8.1.3 体外预应力筋应采用防腐性能可靠的产品，宜采用成品索。
- 8.1.4 横向预应力张拉施工过程中，应采取必要的安全措施，防止发生安全事故。

8.2 设计

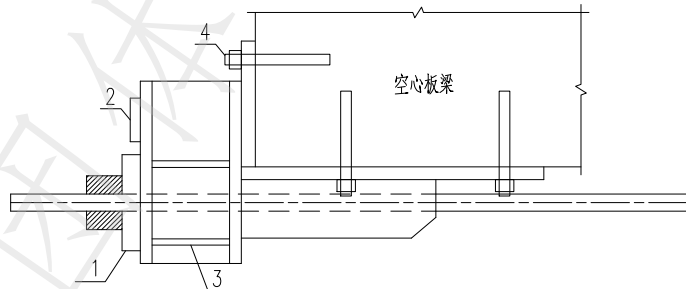
- 8.2.1 横向预应力加固设计，可采用考虑横向分布的单梁法、空间梁格法或空间有限元法进行加固计算，并以最不利结果作为设计依据。
- 8.2.2 空心板梁底板横向体外预应力加固示意图见图 2。



标引序号说明：
1—体外预应力筋；
2—锚固块。

图 2 底板横向体外预应力加固示意图

- 8.2.3 横向预应力筋宜布置在 $1/4 \sim 3/4$ 桥跨范围内，间距 $1.5\text{m} \sim 3\text{m}$ ，且不应少于 3 束。
- 8.2.4 横向预应力筋应直线、正交布置，当斜交空心板斜交角度超过 45° 时，可适当减小横向预应力筋间距。
- 8.2.5 横向预应力筋的张拉控制应力宜取 $0.4 f_{pk} \sim 0.6 f_{pk}$ 。
- 8.2.6 桥梁宽度超过 10m 时，应设置钢束定位装置。
- 8.2.7 锚固块宜采用钢结构，并对锚固块局部承压进行相关计算。锚固块构造可参照图 3。



标引序号说明：
1—锚垫板；
2—加劲肋；
3—缀板；
4—锚固螺栓。

图 3 锚固块构造图

8.3 施工

- 8.3.1 横向预应力加固法的施工，应按照下列步骤进行：
 - a) 测量放样确定施工位置
 - b) 混凝土表面处理
 - c) 安装锚固块和定位装置
 - d) 预应力筋穿束
 - e) 预应力张拉

- 8.3.2 施工前应先对铰缝病害进行修复。
- 8.3.3 锚固块制作加工、表面防腐宜在工厂完成。
- 8.3.4 钻孔前应对钻孔位置钢筋及钢绞线进行探测和标记。
- 8.3.5 体外预应力筋下料应根据桥梁宽度、张拉长度等计算确定。
- 8.3.6 体外预应力筋在穿束过程中应采取保护措施，不应损伤体外预应力筋保护层。
- 8.3.7 张拉设备应符合 JTG/T 3650 中 7.6 的规定。
- 8.3.8 钢束张拉顺序应由跨中向两端对称张拉，张拉应力控制为 0→15%→0→50%→80%→100%，持荷 5min 后锚固。
- 8.3.9 预应力筋采用应力控制法张拉时，应以伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计规定；设计未规定时，其偏差应控制在±6%以内。
- 8.3.10 施工过程中应对主梁、铰缝、锚固块等关键位置加强观测。

9 粘贴钢板加固法

9.1 一般规定

- 9.1.1 纵桥向受力钢板宜采用 Q355 及以上钢材。
- 9.1.2 粘贴钢板外表面应进行防护处理，表面防护材料及胶黏剂应满足环境和安全要求。
- 9.1.3 粘贴钢板加固法应符合 JTG/T 22、JTG/T 23 中的规定。

9.2 设计

- 9.2.1 粘贴钢板加固空心板梁抗弯承载力，应按照 JTG/T J22-2008 中 6.2.2 规定的进行计算。
- 9.2.2 空心板梁底板粘贴钢板，宜靠近腹板位置。
- 9.2.3 钢板最小锚固长度不应小于 $200t$ (t 为钢板厚度)，且不应小于 600mm。
- 9.2.4 粘贴钢板宽度宜为 15cm~25cm，厚度不宜大于 10mm，宽厚比不宜大于 50。
- 9.2.5 钢板厚度小于 5mm 时，宜采用直接抹胶法粘贴；钢板厚度大于等于 5mm 时，宜采用压力注胶法粘贴。
- 9.2.6 纵向受力钢板端部和中部应设置横向钢压条；空心板跨径小于 16m，跨中宜设置 2 道钢压条；跨径大于 16m，跨中宜设置 3 道钢压条；钢压条与纵向钢板垂直粘贴，钢压条的宽度不应小于纵向钢板宽度的 $3/5$ ，钢压条的厚度应不小于纵向钢板厚度的 $1/2$ 。
- 9.2.7 粘贴钢板采用锚栓应满足以下规定：
 - a) 锚栓型号不宜大于 M16，锚栓间距宜为 30cm~50cm；
 - b) 锚栓中心距离钢板边缘应不大于 8 倍钢板厚度，应不小于 2 倍螺栓孔径；
 - c) 锚栓距离混凝土边缘不宜小于 100mm，且锚栓应在边缘纵向钢筋的内侧。

9.3 施工

- 9.3.1 抹胶法粘贴钢板的施工，应按照下列步骤进行：
 - a) 现场放样，标定粘贴位置；
 - b) 混凝土表面清理；
 - c) 粘贴面植锚栓；
 - d) 钢板加工制作；
 - e) 配置并涂抹胶黏剂；
 - f) 加压粘贴钢板；
 - g) 钢板表面防腐涂装。
- 9.3.2 压力注胶法粘贴钢板的施工，按照下列步骤进行：
 - a) 现场放样，标定粘贴位置；
 - b) 混凝土表面清理；
 - c) 粘贴面植锚栓；

- d) 钢板加工制作;
 - e) 钢板封边及气密性检查;
 - f) 配胶及压力注胶;
 - g) 钢板表面防腐涂装;
- 9.3.3 钢板粘介面应用平砂轮打磨出与钢板受力方向垂直的纹路。
- 9.3.4 钻孔施工前应先对钢束和钢筋位置进行探测和标记。
- 9.3.5 钢板粘贴前的混凝土表面清理,应符合下列规定:
- a) 原结构表面的松散混凝土、浮渣、污渍等,应清理干净;
 - b) 混凝土粘介面凹凸不平,应用打磨机整平处治,对于缺损位置用找平胶进行填补修理;
 - c) 处理后的混凝土表面粗糙、平整、洁净,不应有粉尘、浮渣、油污等杂物。
- 9.3.6 抹胶法粘贴钢板施工应符合下列步骤:
- a) 钢板条粘结点上的抹胶应中间厚两边薄,抹胶的厚度宜为 3~5mm;
 - b) 钢板平稳对准锚栓孔并迅速拧紧螺帽,使钢板与混凝土紧密粘合,清除挤出的多余胶黏剂;
 - c) 钢板加压的顺序应由中间向两边对称进行。
- 9.3.7 压力注胶法粘贴钢板施工应符合下列规定:
- a) 钢板安装后,钢板与混凝土表面间隙宜为 3mm~5mm;
 - b) 压力注胶前应进行气密性检验,如发现漏气应进行再次封闭;
 - c) 注胶嘴间距宜为 30cm~50cm,从低往高依次注胶,排气孔设置在最高处;
 - d) 注胶压力宜为 0.1MPa~0.4MPa,当排气孔出现浆液后停止加压,以钢板封边胶堵孔,再以较低压力维持 10 分钟以上。
- 9.3.8 钢板外表面除锈至呈现金属光泽,并按设计要求涂装防护。

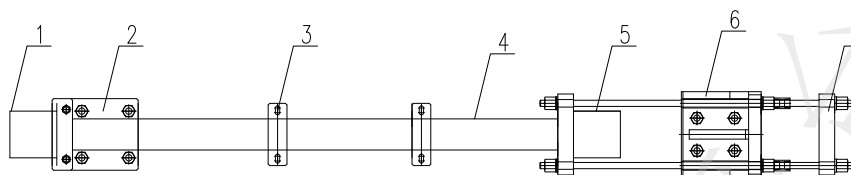
10 预应力碳纤维板加固法

10.1 一般规定

- 10.1.1 预应力碳纤维板加固计算应包括:持久状况承载能力极限状态下抗弯承载能力计算,持久状况正常使用极限状态的抗裂性、变形、截面应力以及预应力碳纤维板的应力及预应力损失。
- 10.1.2 被加固空心板梁混凝土强度不应低于 30Mpa。
- 10.1.3 锚具防腐应在工厂完成。
- 10.1.4 预应力碳纤维板为导电材料,应远离电气设备和电源,或采取可靠的防护措施。

10.2 设计

- 10.2.1 承载能力极限状态下抗弯承载能力,应按照 CJJ/T239-2016 中 8.2.5~8.2.8 规定的进行计算。
- 10.2.2 正常使用极限状态的抗裂性、变形、截面应力,应按照 CJJ/T239-2016、JTG/T J22 中的规定进行计算。
- 10.2.3 预应力碳纤维板的损失包括:锚具变形和碳纤维板内缩引起的预应力损失、碳纤维板松弛引起的预应力损失,混凝土收缩和徐变引起的预应力损失、季节温差引起的预应力损失、分批张拉引起的预应力损失,碳纤维板张拉引起的原预应力筋损失。按照 CJJ/T239-2016 中 8.2.2、8.3.1 规定的进行计算。
- 10.2.4 预应力碳纤维板的抗拉强度设计值宜取 $0.5 f_{rk}$ (f_{rk} 为抗拉强度标准值);张拉控制应力宜为 $0.6 f_{fd} \sim 0.7 f_{fd}$ (f_{fd} 为抗拉强度标准值);
- 10.2.5 预应力碳纤维板的宽度不宜大于 100mm,厚度宜为 1mm~2mm。
- 10.2.6 预应力碳纤维板加固系统主要由碳纤维板、固定端锚具、张拉端锚具、锚固端支座、张拉端支座、压条、张拉工装等组成,见图 4。



- 标引序号说明：
 1—固定端锚具；
 2—固定端支座；
 3—钢压条；
 4—碳纤维板；
 5—张拉端锚具；
 6—张拉端支座；
 7—张拉工装。

图 4 预应力碳纤维板加固装置组成示意图

- 10.2.7 锚具距离梁端距离不宜小于 3m。
 10.2.8 预应力碳纤维板与空心板梁结合面胶黏剂厚度宜为 4mm~6mm。
 10.2.9 压条的布置间距不宜大于 3m，第一个压条与锚固支座的间距不宜大于 1m。
 10.2.10 锚栓的锚固能力验算及构造措施，应符合 JGJ 145 中的规定。

10.3 施工

- 10.3.1 预应力碳纤维板加固法的施工，应按照下列步骤进行：
- 施工放样，标定碳纤维板及支座位置；
 - 混凝土表面清理；
 - 混凝土表面植锚栓；
 - 支座安装；
 - 碳纤维板安装；
 - 碳纤维板张拉；
 - 碳纤维板防腐涂装。
- 10.3.2 锚具和碳纤维板的安装应符合下列规定：
- 施工放样时应将锚具、碳纤维板中心线及边缘线、锚栓孔进行标记；
 - 施工放样后对锚栓孔位置进行钢筋探测，如锚栓孔位与钢筋位置重合，可适当调整孔位；
 - 锚具安装位置严格按照设计要求施工，两端锚具的中心线误差不宜大于 $\pm 5\text{mm}$ ，角度偏差不宜大于 0.1° ；
 - 锚具及碳纤维板安装前应对粘贴位置混凝土进行表面处理，露出坚实骨料，且粘贴基面平整度应达到 5mm/m 的要求；
 - 碳纤维板涂抹胶黏剂之前，应先进行预张拉，同时对基面平整度进行检查，确保平整度满足设计要求。
- 10.3.3 预应力碳纤维板的张拉应符合下列规定：
- 碳纤维板张拉采取逐级张拉，每级持荷时间不应低于 3min，千斤顶行程速度不应大于 20mm/min；
 - 碳纤维板应严格按照设计要求张拉，设计未作出要求时，宜分批对称张拉；
 - 张拉过程中对张拉设备、梁体变形等进行监测，如有异常情况应立刻停止张拉，并按照 a) 款进行卸载；
 - 张拉至设计应力且持荷无异常现象后，进行张拉辅助设施的拆除，并对胶黏剂的饱满程度进行检查，如胶黏剂不饱满应进行压浆处治；
 - 碳纤维板张拉采用应力控制法张拉时，应以伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计规定，设计未规定时，其偏差应控制在 $\pm 6\%$ 以内。
- 10.3.4 碳纤维板涂抹胶黏剂遵循中间厚两边薄的原则，碳纤维板张拉后与基面的有效粘贴面积不应小于 95%。

11 质量控制

11.1 铰缝填充法

11.1.1 铰缝填充维修应符合下列基本要求：

- 压注型结构胶的品种、性能、规格应满足设计要求。
- 板缝内部清理高度应至企口缝底部，并保证铰缝内各粘贴面洁净、干燥、无油污。
- 注浆工艺及顺序应满足设计要求。

11.1.2 铰缝填充实测项目应符合表 4 的规定。

表 4 铰缝填充实测项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	铰缝清理深度	与设计值偏差不应大于5mm	尺量：抽查不少于铰缝总长的20%
2Δ	注胶饱满度	90%以上	取芯法：按设计规定，设计未规定时单幅一跨取芯3~5处

11.1.3 铰缝填充外观质量应符合下列规定：

- 封口边缘的溢流胶体，色泽应均匀，胶体应固化。
- 多余部分的注胶管和测量管应清理干净。

11.2 桥面补强加固法

11.2.1 桥面补强加固应符合下列基本要求：

- 重铺前应按设计要求对原铺装下的主体结构缺陷、病害进行处治。
- 原桥面铺装应清理干净，清理时应避免损伤主梁结构。
- 结合面抗剪钢筋应与结合面垂直，外露端高度与埋入端长度符合设计要求。

11.2.2 桥面补强加固实测项目应符合表 5 的规定。

表 5 桥面补强加固实测项目

序号	检验项目		规定值或允许偏差	检验方式和频率
1	混凝土强度/MPa		在合格标准内	按 JTG 5220-2020 附录 D 检查
2	混凝土厚度/mm		±10	钢尺，每跨量 3~5 处
3	构造钢筋	长度/mm	±10	钢尺，每跨纵横各查 3~5 根
		间距/mm	±10	钢尺，每跨查 3~5 个网眼
		距顶面距离/mm	±3	水准仪，每跨量 3~5 处
4	横坡/%		±0.15	水准仪：长度不大于 200m 时测 5 个断面，每增加 100m 增加 1 个断面
5	平整度/mm		≤5	3m 直尺：半幅车道板带每 200m 测 2 处×5 尺
6	结合面抗剪钢筋	钻孔直径/mm	+3, 0	尺量：抽查 10%，且不少于 5 根
		钻孔深度/mm	+10, 0	尺量：抽查 10%，且不少于 5 根
		钻孔倾斜/°	≤5	测角仪：抽查 10%，且不少于 5 根
		孔中心偏位/mm	±30	尺量：抽查 10%，且不少于 5 根
		拉拔力/kN	在合格标准内	按 JTG 5220-2020 附录 M 检查：抽查 2%~3%，且不少于 5 根

11.2.3 桥面补强加固外观质量应符合下列规定：

- 混凝土铺装层不应出现露筋和空洞现象。

- b) 混凝土铺装应无宽度超过 0.3mm 的裂缝。
- c) 混凝土表面脱皮、印痕、裂纹、石子外露和缺边掉角等缺陷，不应超过受检面积的 0.3%。

11.3 横向预应力加固法

横向预应力施工质量控制应符合JTG 5220-2020中6.13的规定。

11.4 粘贴钢板加固法

粘贴钢板施工质量控制应符合JTG 5220-2020中6.14的规定。

11.5 预应力碳纤维板加固法

11.5.1 预应力碳纤维板应符合下列基本要求：

- a) 锚具、碳纤维板、张拉辅助设施、防腐涂装等材料的规格、性能应满足设计要求。
- b) 胶黏剂厚度及有效粘贴面积应符合设计要求。
- c) 碳纤维板的张拉顺序及预应力的张拉分级应满足设计要求。
- d) 锚栓应从每批产品中抽检 5%且不应少于 10 套，外形尺寸应符合产品质保书所示的尺寸范围，且表面不应有裂纹、锈蚀或其他局部缺陷。

11.5.2 预应力碳纤维板实测项目应符合表 6 的规定。

表 6 预应力碳纤维板加固实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1△	正拉黏结强度/MPa	在合格标准内	按 JTG 5220 附录 N 检查	
2△	空鼓率/%	≤5, 且单个面积≤1000m ²	红外线或敲击: 抽查 50%	
3	张拉力/kN	满足设计要求	查油压表读数: 全部	
4	张拉伸长率/%	±6	尺量: 全部	
5	两端锚具支座横向相对位置偏差/mm	5	尺量: 全部	
6	锚栓	锚孔直径/mm	+0.5, 0	尺量: 抽查 10%, 且不少于 5 根
		锚孔深度/mm	+5, 0	尺量: 抽查 10%, 且不少于 5 根
		锚孔垂直度/%	±2	测角仪: 抽查 10%, 且不少于 5 根
		锚孔位置/mm	±5	尺量: 抽查 10%, 且不少于 5 根

11.5.3 预应力碳纤维板外观质量应符合下列规定：

- a) 板材表面应无气泡、凸起、劈裂。
- b) 板材各边缘胶体应饱满无空洞。