

ICS xx. xxx

CCS x xx

团 体 标 准

T/JSCTS XX-2025

公路桥梁预应力碳纤维板加固 施工作业规程

Technical Specifications for Strengthening Construction of Highway Bridges Using Prestressed Carbon Fiber Plates

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省综合交通运输学会 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性应用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 施工准备	3
6 施工作业	5
7 质量检验	8
附录 A	10
附录 B	11
附录 C	12
附录 D	13

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。

本文件由江苏现代路桥有限责任公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：江苏现代路桥有限责任公司、江苏连徐高速公路有限公司、江苏宁杭高速公路有限公司、江苏扬子江高速通道管理有限公司。

本文件主要起草人：袁守国、孟令国、吴尚岗、吕波、王子扶、孙洪滨、余兆宇、胡健、刘志国、李国铭、张武兴、朱志远、陈若升、刘尧、李杰、郭道俊、苗宁宁、李立斌、强扶平、郭启林、刘成才、李相辉、王曦、戴相虎、赵玉钊、周家凯、唐何国、陆一帆。

公路桥梁预应力碳纤维板加固施工作业规程

1 范围

本文件规定了公路桥梁预应力碳纤维板加固施工作业的总体要求、施工准备、施工安全、施工作业和质量检验的要求。

本文件适用于公路桥梁预应力碳纤维板加固施工作业。

2 规范性应用文件

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（包括所有修改单）适用于本文件。后面涉及：

- GB/T 13657 双酚 A 型环氧树脂
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 26752 聚丙烯腈基碳纤维
- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- GB 50728 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范
- GB 51210 建筑施工脚手架安全技术统一标准
- JT/T 532 桥梁用碳纤维布（板）
- 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
- JT/T 1516 公路工程脚手架与支架施工安全技术规程
- JTG/T J22 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
- JTG 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

3.1

预应力碳纤维板 prestressed carbon fiber plate

采用高强度的连续碳纤维按一定规则排列，经胶黏剂浸渍，黏结固化后形成的具有纤维增强效应的可张拉复合板材。

3.2

夹持式锚具 gripping anchorage

用于保持碳纤维板的拉力并将其传递到桥梁构件上的夹片式锚固装置，包括张拉端锚具和固定端锚具。

3.3

定位板 locating plates

连接被加固桥梁构件和锚具的重要承力装置，其作用是将锚具传来的碳纤维板预应力传递到被加固构件上，包括张拉端定位板和固定端定位板。

3.4

压条 layering

用以对预应力碳纤维板形成压紧作用的紧固件。

4 总体要求

4.1 施工安全

4.1.1 施工人员应按有关规定穿着工作服佩戴安全帽，施工前应检查设备外观、仪表部件、作业环境等状况。

4.1.2 施工人员应在作业控制区进行施工作业，机械设备操作应符合有关施工安全和设备使用说明等要求。

4.1.3 施工现场用电安全应符合以下要求：

- a) 使用经国家有关部门认证的标准配电箱和开关箱，使用期间安排专人负责定期保养；
- b) 由专职电工或持证的作业人员进行操作和维修电动机具、电气设备等。

4.1.4 现场搭设、拆除脚手架人员必须持架子工证上岗，搭设时每人需佩戴五点式安全带，钢管、扣件需通过卷扬机进行吊送，严禁乱抛、乱扔，现场配置专人对脚手架搭设、拆除过程进行监管。

4.1.5 高空作业人员应接受安全培训，并应按规定正确佩戴和使用安全防护用品、用具；患有高血压、心脏病、高空作业禁忌症及其他不适合从事高空作业的人员，不得从事作业平台施工，特种作业人员应持证上岗。

4.1.6 在梁底板打磨、钻孔、开槽时，施工人员需佩戴护目镜、防尘口罩，避免施工过程中产生灰尘对人眼及呼吸道造成损伤。

4.1.7 在碳纤维板胶、碳纤维板底胶涂抹施工时，现场施工人员应佩戴好口罩、防护镜、手套等防护用品，避免身体与胶体直接接触。

4.1.8 胶黏剂应密封储存，远离火源，避免阳光直射；碳纤维板不得直接暴露于阳光或有害介质中，其表面应进行防护处理，表面防护材料的性能及使用环境可按 JTG/T J22 的相关规定执行。

4.1.9 碳纤维板张拉时，施工人员不得站在碳纤维板的两端位置；张拉位置设置在碳纤维板的两侧并保持一定距离，在碳纤维板的两侧及两端分别设置防爆盾等防护装置。

4.2 环境保护

4.2.1 碳纤维板胶、碳纤维板底胶材料包装袋及时回收，现场施工平台应满铺彩工布或木工板，避免胶体滴落至地面、河流、湖泊，对现场环境造成污染。

4.2.2 现场施工产生的垃圾堆放至指定地点，待当天施工结束后，统一清理带走，做到当日垃圾当日清走。

4.2.3 严禁在附近河流、湖泊中清洗抹胶的刮刀、铲刀、胶桶，避免对水资源、水生物造成污染。

4.3 信息化管理

4.3.1 施工完成后，在梁体（盖梁、立柱）处增设桥铭牌（含二维码）。

4.3.2 二维码中须录入工程施工过程中各关键要素：主要材料合格证及第三方检测报告、设备标定证书、安全文明施工措施照片、施工工序照片、质量检查数据等。

4.3.3 桥铭牌须列清项目各相关责任单位及责任人，实行质量终身负责制。

5 施工准备

5.1 设备

5.1.1 施工设备、检测仪器应按施工组织设计要求配置，并符合表 5.1 和表 5.2 的相关要求。

5.1.2 检测仪器在使用前应送至具有标定资质的第三方标定单位进行标定校核。

表 5.1 施工设备配置表

项次	设备类型	技术参数（性能要求）	备注
1	千斤顶	张拉千斤顶的额定张拉力宜为所需张拉力的1.5倍，且不应小于1.2倍。	千斤顶使用前需校准、检验和标定；与千斤顶配套使用的压力表应防振，最大读数为张拉力的1.5至2倍，精度不低于1.0级。
2	压力泵	分辨率应不低于0.1MPa，示值误差不得超过1%	压力泵包含手压泵和机压泵，根据实际需求选用；在使用前必须进行标定和保压试验
3	发电机组	保证施工作业基本电力需求	可根据现场情况调整
4	辅助用具	/	包括扳手、电风镐、打磨机、吹风机、抹刀、电钻等

表 5.2 检测仪器配置表

项次	设备类型	技术参数（性能要求）	备注
1	空鼓锤	伸长长度1m以上	检测梁底待加固区域混凝土空鼓情况
2	游标卡尺	0mm~150mm	测量碳纤维板宽度和厚度、碳板胶厚度
3	卷尺	20m及以上	测量碳纤维板长度、锚具尺寸定位放样
4	直角钢尺	20cm及以上	测量钻孔深度和螺栓植入深度
5	激光角度仪	精度±0.1	测量植入螺栓垂直度
6	数显水平尺	20cm及以上	校核梁底开槽修补部位水平度
7	钢筋探测仪	可探测保护层厚度范围：1mm~120mm	无损检测混凝土结构中钢筋位置、直径及保护层厚度

5.2 材料

5.2.1 碳纤维

应采用 GQ4522 聚丙烯腈基碳纤维，其性能应符合 GB/T 26752 的规定。

5.2.2 碳纤维复合树脂

应采用双酚 A 型环氧树脂，其性能应符合 GB/T 13657 的规定。

5.2.3 碳纤维板

5.2.3.1 碳纤维板的主要物理参数、力学性能及耐候性能应符合 JT/T 532 和 JT/T 1450 的预应力碳纤维板规定。

5.2.3.2 检验要求：

a) 检查数量：碳纤维板以 3000m 为一批，不足此数量时，按一批计。每批次进场质量证明文件、保质期、到货数量、外观检验一次，全数检查；

b) 检验方法：外观、尺寸、力学性能采用一次抽样法，每组批随机抽取 5 个样本。

5.2.3.3 碳纤维板的外观、尺寸和力学性能要求

a) 外观检验：在正常(光)照度下，碳纤维板颜色应保持一致，无明显色差，展开后无明显弯折，表面干净，不得有裂纹、气泡或杂质等缺陷；

b) 尺寸检验：碳纤维板的尺寸偏差应小于等于 $\pm 1\%$ ；同一检验批取样数量应大于等于 1%，且不少于 3 片；用精度为 0.01mm 的千分尺，对碳纤维板的厚度和宽度进行检验，随机选取 3 处测量，取算术平均值；

c) 力学性能指标检验：纤维板的力学性能指标应符合 JT/T 532 的规定，包括抗拉强度标准值、受拉弹性模量、伸长率、纤维复合材料与基材正拉粘结强度、层间剪切强度等。

5.2.4 胶黏剂

5.2.4.1 预应力碳纤维板施工涉及到的胶黏剂有：粘钢胶、碳纤维板胶、碳纤维板底胶、植筋用胶黏剂。基本性能检定标准应符合 GB 50728 中 I 类 A 级胶的要求。

5.2.4.2 碳纤维板浸渍、粘贴用胶黏剂不得使用不饱和聚酯树脂、醇酸树脂等作为浸渍、粘贴胶黏剂。

5.2.4.3 锚固用胶黏剂应采用专用改性环氧胶黏剂、改性乙烯基酯胶黏剂等。

5.2.4.4 检查要求

a) 检查数量：原则上按照品种采购同一批次材料。按批次逐批进行检验，每检验批取样不少于一次；

b) 检验方法：在确认产品包装及标识完整的前提下，检查产品合格证、出厂日期、出厂检验报告和进场复验报告；

c) 必检项目（包括但不限于）：抗拉强度、受拉弹性模量、抗压强度、伸长率等。

5.2.5 夹持式锚具

5.2.5.1 锚具的基本性能检定标准应符合 JT/T 1267 及设计文件要求。

5.2.5.2 碳纤维板及锚具宜在工厂试组装。

5.2.5.3 锚具应满足分级张拉和放张工艺的要求。

5.2.5.4 检查要求

a) 检查数量：原则上按照品种采购同一批次材料。按批次逐批进行检验，每检验批取样不少于一次；

b) 检验方法：在确认产品包装及标识完整的前提下，检查产品合格证、出厂日期、出厂检验报告和进场复验报告；

c) 必检项目（包括但不限于）：力学性能、静载锚固性能、夹持疲劳性能和松弛性能等。

5.2.6 锚栓

- a) 锚栓的性能及计算应符合 GB 50367、JTG/T J22 的相关规定；
- b) 锚栓外观表面应光洁、无锈、完整，栓体不得有裂纹。

5.2.7 定位板

- a) 采用 Q355D 高强度钢板（厚度 $\geq 20\text{mm}$ ），材料性能应满足 GB/T 1591 的相关规定；
- b) 定位板应安装在碳纤维板的两侧，确保在碳纤维板张拉过程中保持平直；
- c) 定位板与碳纤维板之间应保持 2-3mm 的间隙。

5.2.8 压条

- a) 采用 Q355D 高强度钢板（厚度 $\geq 12\text{mm}$ ）、表面热浸镀锌处理（镀层厚度 $\geq 70\mu\text{m}$ ），材料性能应满足 GB/T 1591 的相关规定；
- b) 压条边缘要求倒钝打磨，以免与碳纤维板接触时损伤碳纤维板；
- c) 压条的布置间距宜不大于 2m。

5.2.9 防护材料

- a) 碳纤维板表面防护材料的性能及使用环境应符合 JTG/T J22 的相关规定；
- b) 对定位板、锚具、压条等金属件的防腐涂装应符合 JT/T 722 的规定；
- c) 防护材料的粘结性能应与涂刷的胶黏剂相容并能可靠粘结。

6 施工作业

6.1 基本要求

6.1.1 人员要求

- a) 项目经理、技术负责人、专职安全员等项目管理人员配置应符合合同相关要求；
- b) 施工作业人员应具备桥梁养护或预应力张拉等相关工作技能；
- c) 施工作业人员应购买相关保险。

6.1.2 技术交底

- a) 施工前应组织技术人员及现场施工人员进行安全、技术交底；
- b) 施工作业前应熟悉设计文件，主要包括：桥型、跨径、主梁截面形状、桥墩形式、混凝土设计强度等相关内容；
- c) 高空施工作业平台应有详细的设计图纸，结构强度、刚度、稳定性应满足规范要求，并通过专家评审。

6.1.3 复核

- a) 对施工关键要素进行现场复核（主要包括桥梁病害部位、碳纤维板的规格尺寸、锚具材质型号和定位、张拉力等），并按照设计图纸对桥梁病害进行处治；
- b) 使用碳纤维板体外预应力加固的混凝土构件，其现场实测混凝土抗压强度应不低于 35MPa；
- c) 对可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的桥梁构件，应要求加固设计文件补充相应的施工安全措施和施工监控要求，并在施工中严格执行。

6.1.4 施工区域

施工作业区应按照方便施工作业人员、材料、机械设备进出的原则进行布设，不得影响当地居民安全出行。

6.1.5 脚手架及高墩施工平台搭设应满足 GB 51210、JT/T 1516 等规定。

6.1.6 首件工程

- a) 开工前，确定首件工程施工区段及施工计划；
- b) 应编制首件工程施工方案、施工作业指导书；
- c) 应按照审批文件负责首件工程实施，对完成的首件工程进行自评，编写自我评价报告；
- d) 应编写首件工程施工总结报告，及时向监理单位、业主单位提交评定申请；
- e) 应结合评价结果做好问题整改、完善施工作业指导书。

6.1.7 预应力碳纤维板加固装置应由碳纤维板、固定端锚具、张拉端锚具、固定端定位板、张拉端定位板、压条、锚栓、张拉螺杆、反力钢板、螺母等组成，如图 6.1 所示。

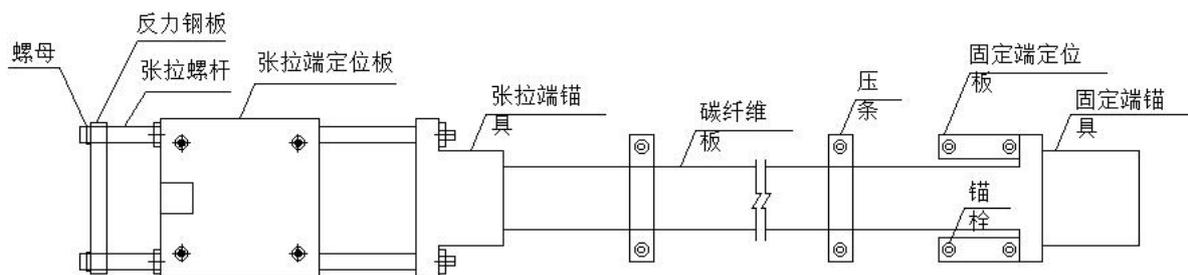


图 6.1 预应力碳纤维板加固装置构造示意图

6.1.8 施工宜在环境温度高于 5°C 的条件下进行，并应符合结构胶的施工温度。当环境温度低于 5°C 时，应采用低温固化型的结构胶或采取升温措施。

6.1.9 施工前，碳纤维板粘贴部位的混凝土表层应平整、干燥，雨天、潮湿条件下应采用专用结构胶。

6.1.10 根据设计要求，需要对碳纤维板张拉过程进行监测时，可通过安装传感器对碳纤维板进行全过程监测。

6.2 施工流程

施工工艺流程应按照图 6.2 所示。

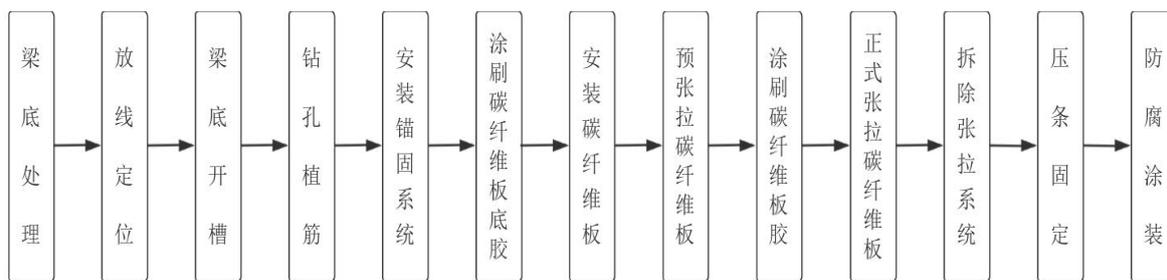


图 6.2 预应力碳纤维板加固施工工艺流程图

6.3 梁底处理

6.3.1 在梁底碳纤维板粘贴位置两侧各 4cm 范围内，先清理混凝土基面，再用打磨机进行打磨直至完全露出新面，并用无油压缩空气机吹除粉粒，待底面干燥后再用丙酮喷洗表面；

6.3.2 若清理后梁底存在混凝土破损、露筋、空洞等情况，应先对外露钢筋打磨除锈阻锈，并采用环氧砂浆修补，当梁底存在裂缝，应按照裂缝处置工艺修补，同时应符合 JTG/T J23 的要求。

6.4 定位放线

- 6.4.1 测量放样前需探测桥梁结构构件内的钢筋和钢绞线位置和走向，避免施工时对其造成破坏。
- 6.4.2 精确定位碳纤维板的中心线、梁底中心线、锚具位置、钻孔位置。
- 6.4.3 根据放样进行尺寸核对，张拉端预留出足够空间满足张拉需要。

6.5 梁底开槽

- 6.5.1 使用切割机、电风镐等电动工具沿两端锚块放线区域开槽，开槽深度需满足设计要求，并且保证剩余钢筋保护层厚度 $\geq 15\text{mm}$ 。
- 6.5.2 开槽后使用环氧砂浆修补，待完全固化后用打磨机打磨平整，并用水平仪校核。

6.6 钻孔植筋

- 6.6.1 使用钢筋探测仪标记钢筋位置，当限位框孔位与钢筋位置冲突，可纵向整体微调。钻孔位置、钻孔深度、钻孔垂直度、钻孔孔径、植筋数量、植筋深度等参数应满足设计文件及规范要求。
- 6.6.2 当碳纤维板的长度大于 2m 时，每隔 2m 布置压条的植筋孔。

6.7 安装锚固系统

- 6.7.1 安装前，在锚具的上部均匀涂抹粘钢胶。
- 6.7.2 待粘钢胶固化后，先安装两端限位块，再固定锚固块，并保持两端中心线一致。

6.8 涂刷碳纤维板底胶

- 6.8.1 在粘贴碳纤维板的混凝土表面涂刷底胶，底胶避免出现气泡，且确保胶体用量可以填满碳纤维板与构件的空隙。
- 6.8.2 底胶干燥后方可进入下一道工序。

6.9 安装碳纤维板

- 6.9.1 裁剪碳纤维板，裁剪长度=工作长度+2×锚固长度-计算伸长量。
- 6.9.2 碳纤维板待粘贴面用丙酮或酒精擦拭干净，锚具及夹片用布条清理干净。
- 6.9.3 安装碳纤维板，碳纤维板穿过锚固块孔道外露约 30mm；装上锚固块的上下夹片进行预顶，直至外露长度不超过 5mm；上下夹片齐平，夹片、碳纤维板与孔道中心线一致。
- 6.9.4 将碳纤维板的另一端固定于张拉端锚固块内，轴线偏差不超过 20mm。
- 6.9.5 在张拉端安装顶升装置，千斤顶中心、孔道中心及锚具中心应在一条直线上。

6.10 预张拉碳纤维板

- 6.10.1 预张拉前应根据设计、千斤顶和手压泵标定报告等测算张拉控制应力、手压泵表盘数值及理论伸长量。
- 6.10.2 在千斤顶到达极限行程位置后对锚固螺母进行紧固限位，调整千斤顶和反力钢板位置，再进行张拉施工。

6.11 涂刷碳纤维板胶

- 6.11.1 预张拉结束后先拆除限位压条。
- 6.11.2 在碳纤维板的表面均匀涂抹碳纤维板胶，胶层呈中间厚两边薄的凸起状，平均厚度不应小

于 2mm。

6.11.3 正式张拉前安装限位压条，压条安装时要托起碳纤维板，对碳纤维板形成压紧作用，使碳纤维板与梁底面的间距控制在 $2\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

6.12 正式张拉碳纤维板

6.12.1 正式张拉应采用逐级张拉，张拉顺序为设计张拉力的 10%→20%→50%→75%→100%（张拉力符合设计要求），每级张拉结束持荷 5min 后记录数据，碳纤维板张拉记录表的推荐格式见附录 A。

6.12.2 每级张拉结束后应测量、记录碳纤维板的伸长量，判断碳纤维板伸长量的实测值是否满足理论伸长量的要求；最终伸长量值与理论伸长量值误差值不大于 6%。

6.12.3 在千斤顶到达极限行程位置后对锚固螺母进行紧固限位，调整千斤顶和反力钢板位置，再进行张拉施工。

6.12.4 加压或者减压时，千斤顶的行程速度应控制在 20mm/min 以内，严禁快速冲、放千斤顶行程。

6.12.5 张拉过程中，需保证碳纤维板与梁底混凝土粘贴密实，减小空隙；

6.12.6 预应力碳纤维板张拉的过程中，监测、记录碳纤维板的张拉力和伸长量，确保碳纤维板张拉力达到设计值。

6.12.7 张拉后挤压碳纤维板，挤出胶黏剂，并用胶填实未饱满边缘。

6.12.8 张拉完成后应进行伸长率复核，要求如下：

a) 伸长率 = 实际伸长量 / 理论伸长量，允许偏差为 $\pm 6\%$ ；

b) 碳纤维板的实际伸长量计算方法见附录 B；

c) 碳纤维板的理论伸长量计算方法：碳板长度 × 碳板张拉力 / 碳板截面面积 / 弹性模量，弹性模量数据来源厂家或第三方检测报告。

6.13 拆除张拉系统

6.13.1 当张拉力达到设计要求时，应持荷 5min，若张拉力出现损失，需进行张拉补足。

6.13.2 持荷稳定后检查锚固系统是否出现异常，如无异常可将千斤顶缓慢回缸，卸载后移走千斤顶；若出现异响或异状，由技术人员进行检查，必要时卸压。

6.14 压条固定

6.14.1 拧紧压条，使碳纤维板与梁底间距控制在 5mm 左右；

6.14.2 清除两侧边溢出的碳纤维板胶；

6.15 防腐涂装

6.15.1 张拉施工完成后，碳纤维板表面按设计要求涂抹一层具有防紫外线、防火等功能的表面防护材料

7 质量检验

7.1 基本要求

7.1.1 碳纤维板施工过程中，各分项工程的验收应符合 JTG 5220 和 JTG/T J23 的相关规定。

7.1.2 碳纤维板胶粘剂等材料要严格按照配比调配，材料的取用要经过电子秤精准称量。

7.1.3 碳纤维板施工后 24h 内，应防止雨淋或风沙、灰尘的污染。

7.2 实测项目

7.2.1 预应力碳纤维板加固施工过程中应对施工质量等进行实时观测，具体测量项目及指标应符合表 7.1 的相关要求，施工过程中施工质量检查控制记录表的推荐格式见附录 C。

表 7.1 预应力碳纤维板加固施工作业实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法或频率
1	混凝土表面修补平整度 (mm)		≤5mm (2m直尺, 结构尺寸 较小时50cm直尺检测, ≤3mm)	钢尺测量, 全部
2	钻孔 植筋	锚栓孔深度 (mm)	+10、0	游标卡尺, 抽查20%, 且不少于5处
		锚栓孔直径 (mm)	+2, -1	游标卡尺, 抽查20%, 且不少于5处
		钻孔垂直度 (°)	≤3	角尺, 抽查20%, 且不少于5处
3	锚具安装位置偏差 (mm)		±10	尺量, 全部
4	预应力碳纤维板长度偏差		1%	钢尺, 全部
5	预应力碳纤维板伸长量		±6%	尺量, 全部

7.3 外观质量要求

7.3.1 结构修补胶刮涂密实，混凝土表面无明显凹陷，打磨平顺，清洁干净，常规病害修补完成。

7.3.2 碳纤维板与锚具应连接牢固。

7.3.3 施工结束后应对碳纤维板进行逐条检验，碳纤维板粘贴位置应准确、表面平整无划痕、边缘线顺直，不能存在空鼓及缺胶；外观检查控制记录表的推荐格式见附录 D。

附录 A
(资料性)
碳纤维板张拉记录表

碳纤维板张拉记录表的推荐格式见表 A.1。

表 A.1 碳纤维板张拉记录表

张拉单位/人员					张拉日期/时间		
张拉标段/编号							
碳纤维板型号规格					张拉设备		
碳纤维板总长							
碳纤维板自由段长度 (伸长量计算取值)							
张拉力 (kN)		油表数 (MPa)	碳纤维板伸长量 (mm)	碳纤维板理论伸长量 (mm)	理论伸长差 (mm)	允许伸长值偏差 (mm)	持荷时间 (min)
初应力							
%张拉力							
%张拉力							
%张拉力							
%张拉力							
%张拉力							
记录说明:							

附录 B
(资料性)

碳纤维板实际伸长量计算方法

碳纤维板的实际伸长量计算方法应符合 JTG/T 3650 的相关规定。

预应力筋张拉时，应先调整到初应力 σ_0 ，该初应力宜为张拉控制应力 σ_{con} 的 10%~25%，伸长量应从初应力时开始量测。预应力筋的实际伸长量除量测的伸长量外，还应加上初应力以下的推算伸长量。预应力筋张拉的实际伸长量可按式 A.1 计算：

$$\Delta L_s = \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (\text{A.1})$$

式中：

ΔL_s ——预应力筋张拉的实际伸长量（单位：mm）；

ΔL_1 ——从初应力至最大张拉应力间的实测伸长量（单位：mm）；

ΔL_2 ——初应力以下的推算伸长量（单位：mm），可采用相邻级的伸长量。

考虑到碳纤维板在 0~10%张拉控制应力张拉作用下，存在张拉端锚具变形、碳纤维板的回缩和接缝压缩等情况，碳纤维板在 0~10%张拉控制应力作用下的伸长量可采用相邻级 10%~20%的伸长量进行计算，则碳纤维板的实际伸长量计算方法为 90% $L_{总}$ =100%张拉控制力的伸长量-10%张拉控制力的伸长量，10% $L_{总}$ =20%张拉控制力的伸长量-10%张拉控制力的伸长量； $L_{总}$ =90% $L_{总}$ +10% $L_{总}$ 。

附录 C

(资料性)

施工过程中施工质量控制记录表

施工过程中施工质量控制记录表的推荐格式见表 C.1。

表 C.1 施工过程中施工质量控制记录表

检查单位/人员		检查日期/时间					
检查标段/编号							
编号/位置		混凝土表面修补 平整度 (mm)	锚栓孔深度 (mm)	锚栓孔直径 (mm)	钻孔垂直度 (°)	预应力碳纤维板 长度偏差 (mm)	锚具安装位置 偏差 (mm)
检查结论							
记录说明:							

附录 D
(资料性)
外观检查控制记录表

外观检查控制记录表的推荐格式见表 D.1。

表 D.1 外观检查控制记录表

检查单位/人员		检查日期/时间				
检查标段/编号						
编号/位置		碳纤维板粘贴位置 是否准确	是否缺胶	碳纤维板表面是 否平整无划痕	是否空鼓/空鼓 位置	空鼓面积/空鼓率
检查结论						
记录说明:						