建筑结构加固施工工艺

--外粘纤维加固施工



青岛中顺建筑工程有限公司

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

一、概述：

1.1、基本概念

粘贴纤维增强复合材料加固混凝土技术是通过树脂胶结材料将纤维增强复合材料粘贴于混凝土表面，通过两者的共同作用达到加固补强、改善受力性能的一种结构外部加固技术。常用纤维种类有碳纤维、玻璃纤维和芳纶纤维，常用树脂有环氧树脂、聚酯树脂和乙烯酯树脂。根据纤维种类的不同可将FRP材料分为三类：碳纤维增强复合材料(CFRP)、玻璃纤维增强复合材料(GFRP)和芳纶纤维增强复合材料(AFRP)。

1.2、特点：

（1）FRP最突出的优点是轻质高强，FRP加固基本不增加原结构重量，不影响结构外形。其次，FRP具有良好的耐腐蚀性及耐久性，且FRP产品成型方便，形状可灵活设计。

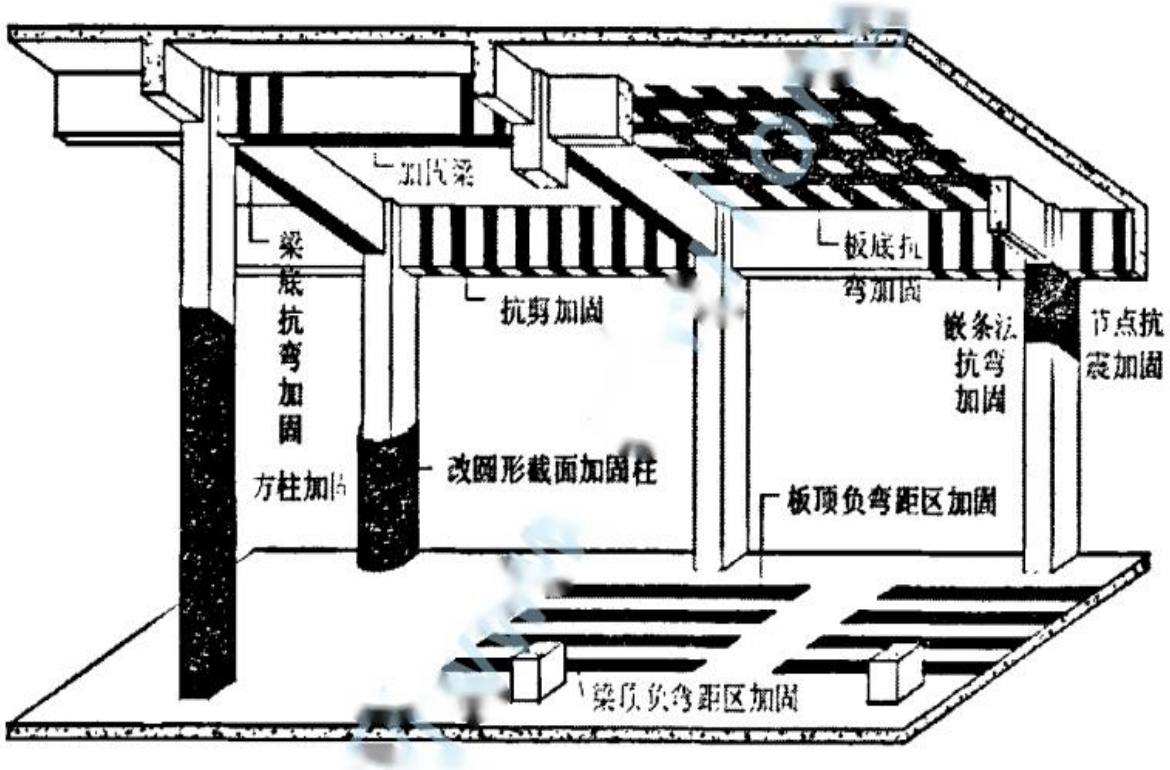
（2）与传统的加固技术相比，粘贴FRP加固在施工方面也具有特色。其一，施工过程很少湿作业，基本无需大型施工机具，占用场地少；其二，由于FRP材质轻，将其与混凝土粘贴时无需采取加压固结措施，使得施工方便、快捷，施工效率高。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

1.3、适用范围：

1、FRP加固技术适用于对钢筋混凝土受弯、轴心受压、大偏心受压和受拉构件的加固。不适用于素混凝土构件，包括纵向受力钢筋配筋率低于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010规定的最小配筋率（0.2%）的构件加固。

常见的纤维复合材加固的各种形式见图 4.1.4。



混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

1.4、作用原理

（1）FRP加固混凝土结构主要是利用纤维抗拉的高强度、高弹性模量、高应变性能，及通过结构胶能使纤维与混凝土结构产生良好的粘结性，加固补充原结构受拉纵向钢筋和受剪、抗扭箍筋的不足，从而提高结构抗弯、抗剪、抗扭的承载力。

（2）采用封闭式粘贴环箍，约束了核心部位内混凝土的横向变形，使受压构件核心混凝土产生三向压应力，从而间接提高了混凝土的强度和延性，进而提高了框架结构节点及构件的强度、延性、耗能能力及结构整体的抗震性能。

1.5、基本要求：

1、不适用于素混凝土构件(包括配筋率不符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010最小配筋率构造要求的构件)的加固。

2、被加固的混凝土结构构件，其现场实测混凝土强度等级不得低于C15，且混凝土表面的正拉粘结强度不得低于1.5MPa。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

3、施工环境温度应符合胶粘剂产品使用说明书的规定。若未作规定，宜在不低于5℃和不高于35℃的条件下进行。

4、当空气湿度大于90%时应采取措施，当采用适用于潮湿环境的粘结材料时，可不受此限制。

5、粘贴在混凝土构件表面上的纤维复合材料，不得直接暴露于阳光或有害介质中，以免紫外线长期照射和高温影响其耐久性。表面应进行防护处理，采用的防护材料应对纤维及胶粘剂无害，且应与胶粘剂有可靠的粘结强度及相互协调的变形性能。

6、当加固的受弯构件为板、壳、墙和筒体时，纤维复合材应选择多条密布的方式进行粘贴，不得使用未经裁剪成条的整幅织物满贴。

7、当受弯构件粘贴的多层纤维织物允许截断时，相邻两层纤维织物宜按内短外长的原则分层截断；外层纤维织物的截断点宜越过内层截断点200mm以上，并应在截断点加设U形箍。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

1.6 构造要求：

1、当采用纤维复合材对钢筋混凝土梁或柱的斜截面承载力进行加固时，其构造应符合下列规定：

1)宜优先选用环形箍或加锚的U形箍；当仅按构造需要设箍时，也可采用一般U形箍。

2)U形箍的纤维受力方向应与构件轴向垂直。

2、当采用纤维复合材的环向围束对钢筋混凝土柱进行正截面加固或提高延性的抗震加固时，其构造应符合下列规定：

1)环向围束的纤维织物层数，对圆形截面不应少于2层，对正方形和矩形截面柱不应少于3层。

2)环向围束上下层间的搭接宽度不应小于50mm，纤维织物环向截断点的延伸长度不应小于200mm，且各条带搭接位置应相互错开。

3、当沿柱轴向粘贴纤维复合材对大偏心受压柱进行正截面承载力加固时，除应按受弯构件正截面和斜截面加固构造的原则粘贴纤维外，尚应在柱的两端设置机械锚固措施。

4、当采用环形箍、U形箍或环向围束加固正方形和矩形截面构件时，其截面棱角应在粘贴前通过打磨加以圆化；梁的圆化半径，对碳纤维不应小于20mm；对玻璃纤维不应小于15mm；柱的圆化半径，对碳纤维不应小于25mm，对玻璃纤维不应小于20mm。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

二、材料要求

2.1材料组成及一般要求

（1）粘贴纤维增强复合材加固结构的加固材料，由高强度的增强纤维复合材FRP与将增强纤维片材粘结于加固混凝土构件的浸渍胶或结构胶组成。建筑工程用FRP产品中，主要用于混凝土结构加固补强的有FRP纤维织物(纤维布)和FRP板材。

（2）在混凝土结构加固前，将不平整表面及蜂窝孔洞修补平整的底层填料及涂料。涂料是用于渗透进水泥表面，促进粘贴并形成长期持久界面的基础。

（3）对结构加固用的主材和粘结材料，要求强度高、弹性模量高、极限变形大(极限拉伸应变一般要求不小于1%)、有较好的耐腐蚀性、耐久性，耐湿热环境、抗老化、抗疲劳性能好。另外，对施工使用环境要求不高，便于现场加工，施工方便。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

2.2、加固用增强纤维复合材

1、纤维织物

纤维织物是纤维的一种制品形式，主要用于建筑结构的加固补强修复，所用的纤维织物主要有碳纤维布、玻璃纤维布、芳纶纤维布、PBO布及混杂纤维布等不同种类的纤维织物。

(一)碳纤维布

结构加固修复用的碳纤维布是由单向或双向连续碳纤维丝组成、未经树脂浸渍固化并按一定的编织方法编织而成的布状碳纤维制品。碳纤维布按碳纤维丝的编织方向分为单向碳纤维布和双向碳纤维布，碳纤维布按力学性能分为高强度型(HT)和高弹性模量(HM)两个品种。

(二)玻璃纤维布

(三)芳纶纤维布

2、纤维增强复合材料板

纤维增强复合材料板是采用若干股连续纤维束按特定的工艺经配套基体树脂浸渍固化而成的板状纤维增强树脂复合材料制品。目前在结构加固补强修复工程应用的主要是碳纤维增强复合材料板，简称碳纤维板，包括高强型和高弹模量型两种。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

三、施工准备

3.1、技术准备

1、学习设计图纸，充分领会设计意图，做好图纸会审。

2、施工前，编制详细的施工方案并报审，绘制具体加固部位细部大样图。

3、为了减轻和消除后粘纤维材料的应力及应变滞后现象，粘纤维材料前宜对被加固的构件适量卸载，卸载稳定后再开始粘纤维材料。

4、根据施工现场的状况，绘制被加固构件“卸荷”的支撑图纸，确保构件施工时的安全。

3.2、材料准备

碳纤维织物(布)、碳纤维板、纤维复合材配套胶(底胶、修补胶、浸渍胶)、灌缝胶、丙酮、水泥砂浆、有机溶剂等。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

3．3、主要机具

1、设备仪器

角磨机或砂轮机、空压机等。

2、主要工具

錾子、钢丝刷、调料容器、搅拌器、衡器、刮板、滚筒刷、罗拉、靠尺、塞尺、温湿度计、小鼓锤、钢尺、卷尺、注胶器、割刀、手套等。

3．4作业条件

1、根据设计和施工组织计划安排，卸除或部分卸除被加固构件上的荷载。

2、纤维织物、碳纤维板材、纤维复合材配套胶、灌缝胶及水泥砂浆等原材料均已进场且品种、规格、级别、型号、性能等符合设计要求。具备出厂合格证、进场复试证明、材料性能抽样检测合格报告。

3、衡器、钢尺、温湿度计等计量器具已定期校核。

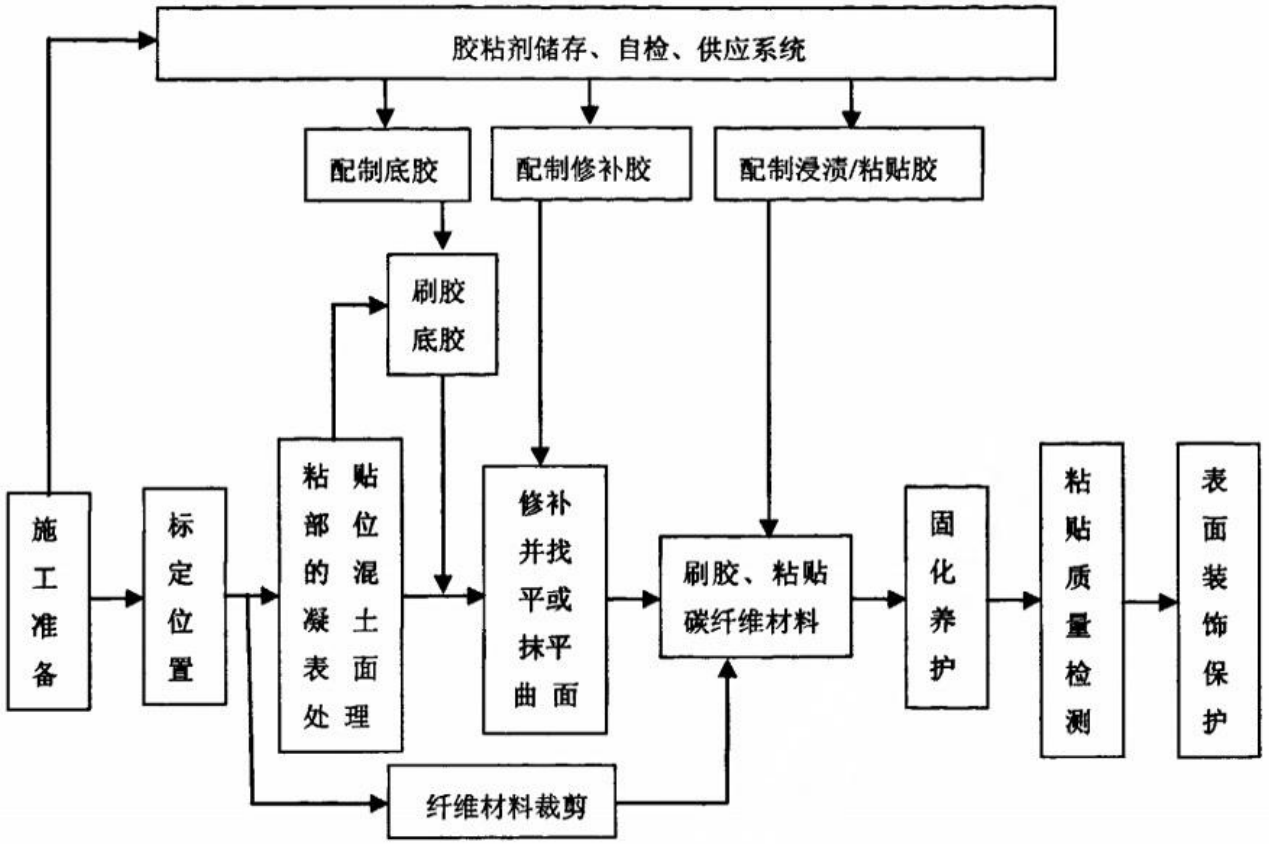
4、检查施工电源、线路。

5、工长已根据施工方案对操作班组进行全面施工技术交底。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

四、施工工艺

4.1、工艺流程：



粘贴纤维增强复合材加固施工工艺流程框图

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

4.2、施工流程：

1、定位放线

被加固构件表面清理、修整后，应按设计图纸进行划线确定纤维复合材料粘贴位置，对碳纤维进行排布，如存在影响碳纤维粘贴施工的，应做合理调整。

2、粘结界面处理

(1)除锈、去污、净化处理混凝土表面的老化部位；利用结构胶修补裂缝、填补孔洞、调整高差、削除尖角，然后对粘贴表面进行打磨和糙化处理，以保证纤维材料粘结在可靠的基底上。

(2)钢筋露出部位须做防锈处理，如损伤程度严重，应采取措施补救。

(3)裂缝修补：粘贴部位若有裂缝应按设计要求进行灌缝或封闭处理，若裂缝在5mm以上，可采用高强水泥砂浆灌注；裂缝宽度大于0.1mm、小于5mm，采用专用化学裂缝灌注胶灌注裂缝，以低压慢注射为主，固化后打磨修饰平坦；裂缝宽度小于0.1mm，采用封缝胶表面封闭。

(4)表面污垢和碳化物处理：以打磨机、喷砂、高压水冲洗等方法，将表面处理成平坦规整、无松动、无脆弱碎块及无污物的表面，油脂类污物用中性洗涤剂脱脂，用高压气枪清除灰尘，粘结纤维材料前混凝土表面必须充分干燥。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

(5)修角加工：对于棱形构件或尖锐外凸角结构，进行圆化处理。圆化处理时，采用机械打磨成设计要求的圆弧角。圆弧角的半径R，对梁、板，应取R≥20mm，对柱，应取R≥25mm。为防止内凹角处纤维材料在粘结时容易剥离或扯起，可采取修补胶泥修补成圆角。

(6)修补胶修补混凝土：

被粘混凝土面如有缺陷、孔洞或蜂窝麻面，应采用修补胶修补，以保证施工面平整，混凝土面与纤维材料之间没有气泡鼓胀发生；对有高差、错台及内转角的部位应打磨或抹成平滑的曲面。

(7)混凝土粘贴面平整度合格，打磨工序已经完成，白布或棉纱沾工业丙酮擦拭干净。应立即进行下道工序施工，不应长时间放置，以免粘贴面上再粘上水渍、油渍和粉尘。

3、纤维材料裁剪

(1)增强纤维材料裁剪应在清洁的房间内的工作台上进行。

(2)裁剪下料可采用特制剪刀剪断或用锋利的美工刀切割成所需尺寸，织物不宜小于100mm。

(3)裁剪好的纤维材料不应折叠，粘贴前必须卷滚在半径R≥80mm的圆滚上妥善保管，免折损；裁剪好的纤维板应平直存放，避免产生翘曲、变形。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

4、纤维织物粘贴

(1)涂刷底胶：

涂胶采用滚轮毛刷均匀涂敷，底胶的涂刷范围应超出纤维材料粘贴范围四周20-30mm，底胶应涂敷1～2道，如混凝土碳化严重，浸透量大时，需增加涂敷次数。胶的搅拌采用低速机械搅拌，搅拌时可能发热，搅拌时间不宜过长，以3min为宜。施工环境温度应不低于5℃，湿度应不高于85%，混凝土表面含水量应在6%以下的干燥状况。一次配胶量不宜过多，一般情况配制好后在45～60min内用完。

(2)将裁剪好的纤维织物按照放线位置敷在涂好浸渍胶的混凝土表面。纤维粘贴方向与受力方向一致，不能弄错；纤维织物一定要铺设平整，不能褶皱，不能弯曲。

(3)沿纤维方向用专用滚筒在已粘贴的纤维面上多次单向滚压，使浸渍胶充分浸渍纤维织物，使用专用带齿除泡滚筒除去起拱部位和角落部滞留空气，使织物的铺层均匀压实，无气泡发生。每次胶的混合量应以施工时间内要涂布面积计算，胶的搅拌必须充分。涂敷应均匀，涂敷胶量以浸渍纤维材料为标准，胶不宜多，多余胶用专用设备挤压出来，涂敷量视混凝土表面状况和纤维材料的规格不同而不同，一般一层用量为0.5-0.7kg／m2。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

(4)多层粘贴纤维织物应逐层进行，必须待上层纤维织物表面达到指触干燥时立即粘贴下一层。干燥时间超过60min，应等待12h后，才能继续进行粘贴，但粘贴前应重新将织物粘合面上的灰尘擦拭干净；在一处粘贴多块纤维织物，应先粘中心的一块，然后向两边扩展；碳纤维织物在外凸角粘贴时，不要让纤维织物受折损伤；在内凹角粘贴时，采用半径相同的橡皮滚轮，挤压凹角，以免扯离力使凹角处纤维扯起；滚压时沿受力方向滚压，不要往返用力。

(5)碳纤维织物沿纤维受力方向的搭结长度不应小于100mm。当采用多条或多层碳纤维织物加固时，各条或各层碳纤维织物的搭接位置应相互错开，错开距离不应小于250mm，且不小于1.5倍搭接长度。

(6)若在粘贴的纤维织物中间有开口设备、铁板等阻挡时，纤维织物的剪裁应事先计划，并对这些削弱的部位做好补强准备。

(7)最后一层纤维织物的表面应均匀涂抹一道浸渍胶。为保证纤维复合材料与后面材料的粘结质量，可在涂抹浸渍胶后，立即在其表面撒石英砂。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

5、碳纤维板粘贴

(1)按设计尺寸裁剪纤维板材。裁剪时，应考虑现场检验的需要，由监理或检验机构人员指定若干块板块，每边加长150mm供粘贴钢标准块，以各检验使用。

(2)用工业丙酮擦拭裁剪好的碳纤维板的粘贴面(贴一层板时为一面，贴多层板时为两面)，至白布擦拭检查无碳微粒为止。

(3)将配制好的胶粘剂及时涂在混凝土表面和碳纤维板上。在混凝土表面应涂抹均匀，每边的涂抹宽度比板宽20-30mm；在碳纤维板表面涂抹时，应使胶层在板宽方向呈中间厚、两边薄的形状，平均厚度为1.5-2mm。

(4)将已涂刷完胶的碳纤维板用手轻压贴在混凝土粘合面的放线位置上，然后用特制橡皮滚筒顺纤维方向均匀展平、压实，并应使胶液从板材两侧溢出。压实时，不得使碳纤维板滑移错位。

(5)需粘贴两层碳纤维板时，应重复上述步骤连续粘贴，若不能立即粘贴，应在重新粘贴前，将上一工作班粘贴的碳纤维板表面擦拭干净。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

6、浸渍胶上涂

(1)目的：表层保护，或为下一层纤维材料的粘结作准备。

(2)上涂后到固化前，检查纤维材料有无浮起、鼓胀或剥落，若有应立刻修整。

(3)浮起、鼓胀部分，在未固化前，用脱泡滚朝纤维方向推碾，将气泡排出去；若浮起、鼓胀已经固化，可采取开排气孔，用注射器灌胶充填。

7、养护

室外施工时为了不使雨水、灰尘附着在纤维织物上，须用塑料布养护。纤维织物粘上后，用塑料布覆盖24h以上进行养护。平均温度10℃以下，初期固化时间约2d；平均温度10-20℃，初期固化时间约1-2d；平均温度在20℃以上时，初期固化时间约1d。完全固化要求时间较长，一般固化80%以上就可以受力。平均温度在20"C以上时须固化7d；平均温度在10℃时须固化14d才能受力使用。

8、表面装饰保护

(1)在浸渍胶固化前，在纤维织物表面粘豆砂石子糙化设置，抹砂浆防护层或挂网浇筑一层高强混凝土处理，避免树脂胶产生老化和白化，满足耐火性能要求。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

五、施工质量检验与验收：

5.1、界面处理

1、经清理、修整露出骨料新面的混凝土加固粘贴部位，应进一步按设计要求修复平整，并采用结构修补胶对较大孔洞、凹面、露筋的缺陷进行修补、复原；对有段差、内转角的部位应抹成平滑的曲面；对构件截面的棱角，应打磨成圆弧半径不小于25mm的圆角。在完成以上加工后，混凝土表面应清理干净，并保持干燥。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、触摸，并辅以圆弧样板（靠尺）检查。

2、粘贴纤维材料部位的混凝土，其表层含水率不宜大于4%，且不应大于6%。对含水率超限的混凝土应进行人工干燥处理，或改用高潮湿面专用的结构胶粘剂。

检查数量：每根梁、柱构件不少于1处；每100m2板、墙不少于3处；不足100m2的工程，也应检查3处。

检验方法：用含水率测定仪检测。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

3、当粘贴纤维材料用的粘接材料是配有底胶的结构胶粘剂时，应按底胶使用说明书的要求进行涂刷和养护，不得擅自免去涂刷底胶的工序。若粘贴纤维材料用的是免底涂胶粘剂，应检查其产品名称、型号及产品使用说明书，并经监理单位确认后，方可免涂底胶。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察并检查底胶进场复验报告及施工记录。

4、底胶应按产品使用说明书提供的工艺条件配置，但拌匀后应立即抽样检测底胶的初黏度，检测结果应符合规范要求，且不得以添加溶剂或稀释剂的方法来改变其黏度。底胶指干时，其表面若有凸起处，应用细砂纸磨光，并应重刷一遍。底胶涂刷完毕应静止固化至指干时，才能继续施工。

检查数量：全数

检验方法：旁站监督

5、若底胶指干时，未能及时粘贴纤维材料，则应等待12h后粘贴，且应在粘贴前用细软羊毛刷或洁净棉纱团沾工业丙酮擦拭一遍，以清除不洁残留物和新落灰尘。

检查数量：全数检查；检验方法：观察并检查施工记录。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

5.2、纤维材料粘贴施工检验

1、浸渍、粘结专用的结构胶粘剂，其配置和使用应按产品使用说明书的规定执行；拌合物应采用低俗搅拌机充分搅拌；拌好的胶液色泽应均匀、无气泡；其初黏度应符合规范要求；胶液注入盛胶容器后，应采取措施防止水、油、灰尘等杂质混入。

检查数量：全数，检验方法：观察

2、浸渍、粘结专用结构胶，应均匀涂抹于混凝土表面，纤维织物应展平，不得有褶皱。沿纤维方向使用特制滚筒在已粘贴好的纤维面上多次滚压，使胶液充分浸渍纤维织物，并使织物铺层均匀压实，无气泡发生；多层粘贴纤维织物时，应在胶液达到指干状态时，立即粘贴下一层。若延误时间超过1h，则应等待12h后，重复上述粘贴步骤；最后一层纤维织物完成后，应在其表面均匀涂刷一道浸渍、粘结专用结构胶。

3、纤维织物可采用特制剪刀剪断或优质美工刀切割成所需尺寸。织物裁剪的宽度不宜小于100mm。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

4、纤维复合材胶粘完毕后应静置固化，并应按胶粘剂产品说明书规定的固化环境温度和固化时间进行养护。当达到7d时，应采用D型邵氏硬度计检测胶层硬度，以判断其固化程度，并以邵氏硬度HD≥70为合格。若HD<70，应揭去重贴，并改用固化性能好的胶粘剂。

检查数量：全数检查。

检验方法：用邵氏硬度计检测硬度。

5、纤维复合材与混凝土之间的粘结质量可用锤击法或其他有效探测法进行检查。根据检查结果确认的总有效粘结面积不应小于总粘结面积的95%。

探测时，应将粘贴的纤维复合材分区、逐区测定空鼓面积，即无效粘贴面积；若单个空鼓面积<10000mm2，可采用注射法充胶修复，若单个空鼓面积≥10000mm2，应割除修补，重新粘贴等量纤维复合材，粘贴时，其受力方向（顺纹方向）每端的搭接长度不应小于200mm；若粘贴层数大于3层，该搭接长度不应小于300mm；对非受力方向（横纹方向）每边的搭接长度且各边搭接长度不应小于100mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查检测报告及处理记录。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

6、加固材料（包含纤维复合材）与基材混凝土的正拉粘结强度，必须进行见证抽样检验。其检验结果应符合表4．5．3的要求。若不合格，应揭去重贴，并重新验收。

现场检验加固材料与混凝土正拉粘结强度的合格指标表4.5.3

检验项目	原构件实测混凝土强度等级	检验合格指标	
正拉粘结强度及其破坏形式	C15～C20	≥1.5MPa	且为混凝土内聚破坏
	≥C45	≥2.5MPa	

注：1加固前应通过现场检测，对原构件混凝土强度等级予以确认；
2当原构件的设计系采用旧标号，可按线性插值法确定其合格指标。

检查数量：

(1)对梁柱类构件，应以同种类、同规格的构件为一检验批，按每一检验批构件总数的10%确定抽样数量，但不得少于3根构件；每根受检构件应粘贴不少于3个钢标准块，作为一组试样进行检验。

(2)对板、墙类构件，应以同种类、同规格的构件为一检验批，并按实际粘贴的纤维复合材表面积，每100m2(不足100m2，按100m2计)取一组试样，每组试样由3个钢标准块组成，由检验人员随机确定其粘贴位置。

检验方法：参照《混凝土结构加固设计规范》GB 50367--2006附录E。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

7、纤维复合材料胶层厚度(δ)应符合下列要求：

(1)纤维织物(布)：1mm≤δ≤2mm

检查数量：全数检查。

检验方法：每根构件检查2处，但应选在胶层最厚及最薄处，用刻度放大镜测量。

8、纤维复合材粘贴位置，与设计要求的位置相比，其中心线偏差不应大于10mm；长度负偏差不应大于15mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺测量。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

六、成品保护：

1、 基层处理后应予以保护，避免基层的二次污染。

2、 粘贴碳纤维复合材施工完成后24小时内防止雨淋或受潮，并注意保护，防止硬物碰伤施工表面。碳纤维复合材作业面在固化期内应进行有效的保护、防护，不准在被加固构件上堆载、震动、撞击。

3、碳纤维系导电和易燃品，应注意远离火源。

4、不得损坏粘贴碳纤维复合材加固构件的表面防护材料。

七、环保措施：

1、粘贴纤维复合材的作业现场环境应保持清洁、无污染及良好的通气。

2、剔凿混凝土表面产生的大量渣土和小尘土，应由专人采取确实可行措施，予以清除。

3、混凝土粘合面打磨、糙化过程中应采取减小扬尘、降低噪声的措施。

4、纤维复合材配套胶必须是无毒环保型的产品，且有供应商提供的权威部门检测认可的试验结论报告。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

八、安全措施：

1、纤维复合材配套胶应密封贮存在环境温度5℃-40℃的干燥、清洁的库房内，不得露天堆放或雨淋，包装开启后不得长时间存放；不同品种胶粘剂及A、B两组分应明显标识存放，避免混杂。自生产之日起，包装完好时有效贮存期为6个月。

2、纤维复合材配套胶不属于易燃、易爆、有毒危险品，能以一般交通工具运输，运输途中不得损坏包装、曝晒或雨淋，不得倾斜或倒置。

3、粘贴纤维复合材施工人员应采取必要的安全防护措施(如配戴口罩、手套、护目镜、安全帽等)，现场注意防火并保持良好的通风。若不慎将胶粘剂弄上皮肤或衣物，可立即擦拭干净并用大量清水冲洗；若不慎误食胶粘剂或溅入眼睛，要立即就医。

4、碳纤维为导电材料，施工现场应特别注意用电安全，施工时应远离电气设备和电源，或采取可靠的防护措施。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

九、纤维复合材的修补：

9.1 树脂注射修理

树脂注射主要用于修补纤维增强复合材料的分层和脱胶的修理，树脂注射修理方法为：

1、首先采用无损检测技术，确定脱胶或分层位置。

2、在分层区按一定距离钻若干个树脂注射孔和泻出孔，其深度恰好到达分层或脱胶层面。

3、向分层或脱胶区注入树脂，直至从泻出孔溢出树脂。

4、注胶完成后，在面上施加一定压力，直至胶体固化。

9.2、表面修补

表面修补主要用于纤维复合材表面少量的断丝、飞边、脱胶等情况的修复。

1、当纤维复合材表面的纤维织物有少量纤维丝断裂，可在表面粘贴一条纤维织物。粘贴纤维织物丝的方向应于原纤维复合材料中的纤维织物丝的方向一致。

2、在结合处边缘发生飞边时应及时粘贴处理，重新粘贴后还应在上横向粘贴一根压条，以免时间长后又会飞起。

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

9.3、挖补修复

挖孔修复可按以下方法进行：

1、确定损坏区域，将受损部位及周边切割，使其为矩形框。

2、对粘贴表面用砂纸进行打磨和糙化处理，但不能伤及原有纤维。

3、首先粘贴填补矩形框，然后在其上粘贴补强纤维片材。粘贴的纤维片材品种和规格应与原纤维片材相同。受力方向与原纤维片材的搭结，每端不应小于100mm：垂直于受力方向与原纤维片材的搭结，每端不应小于50mm。

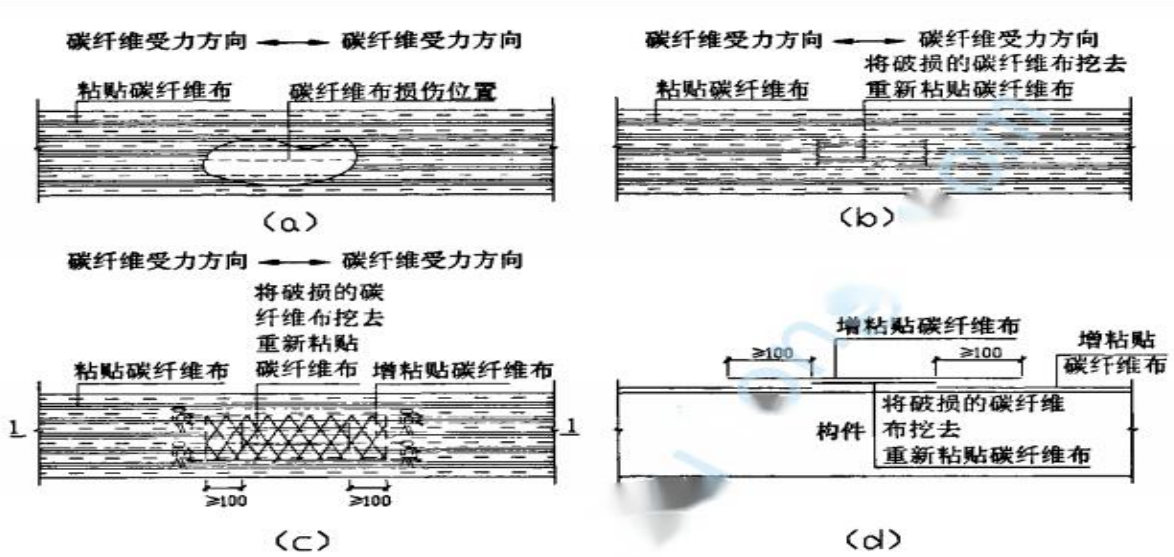


图 4.8.3　挖补修复方法

（a）碳纤维布损伤位置图；（b）碳纤维布挖补位置图；（c）增贴碳纤维布位置图；（d）1-1 剖面

混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

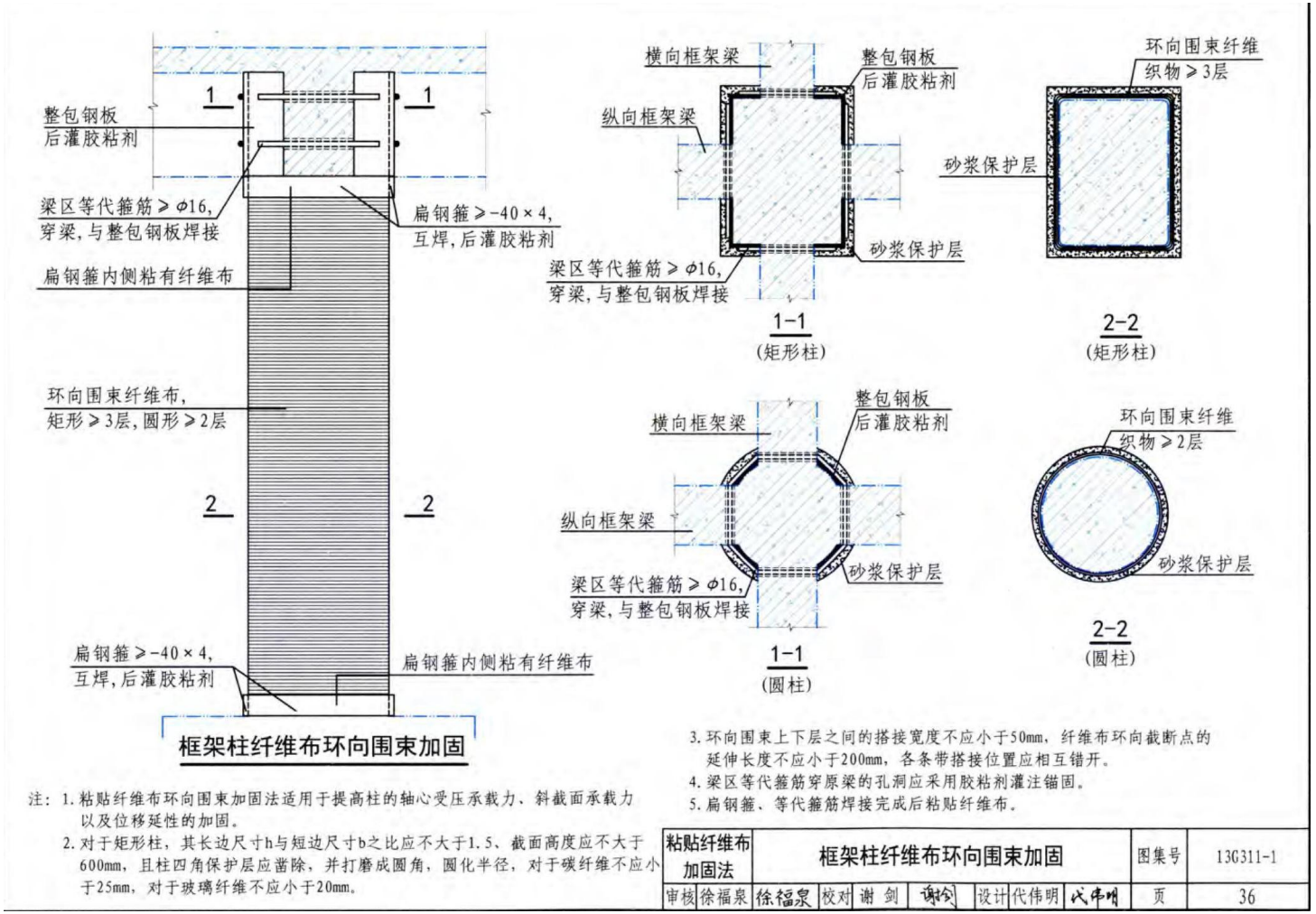
十、图集节点做法-柱：

1、矩形柱应对柱棱角进行打磨圆化，半径不应小于25mm。

2、环向维束上下层之间的搭接宽度不应小于50mm，环向截断点的延伸长度不应小于200mm，各条带搭接位置应互相错开。

3、梁区等代箍筋穿梁孔洞应采用胶粘剂灌注锚固。

4、扁钢箍、等代箍筋焊接完成后粘贴纤维布。

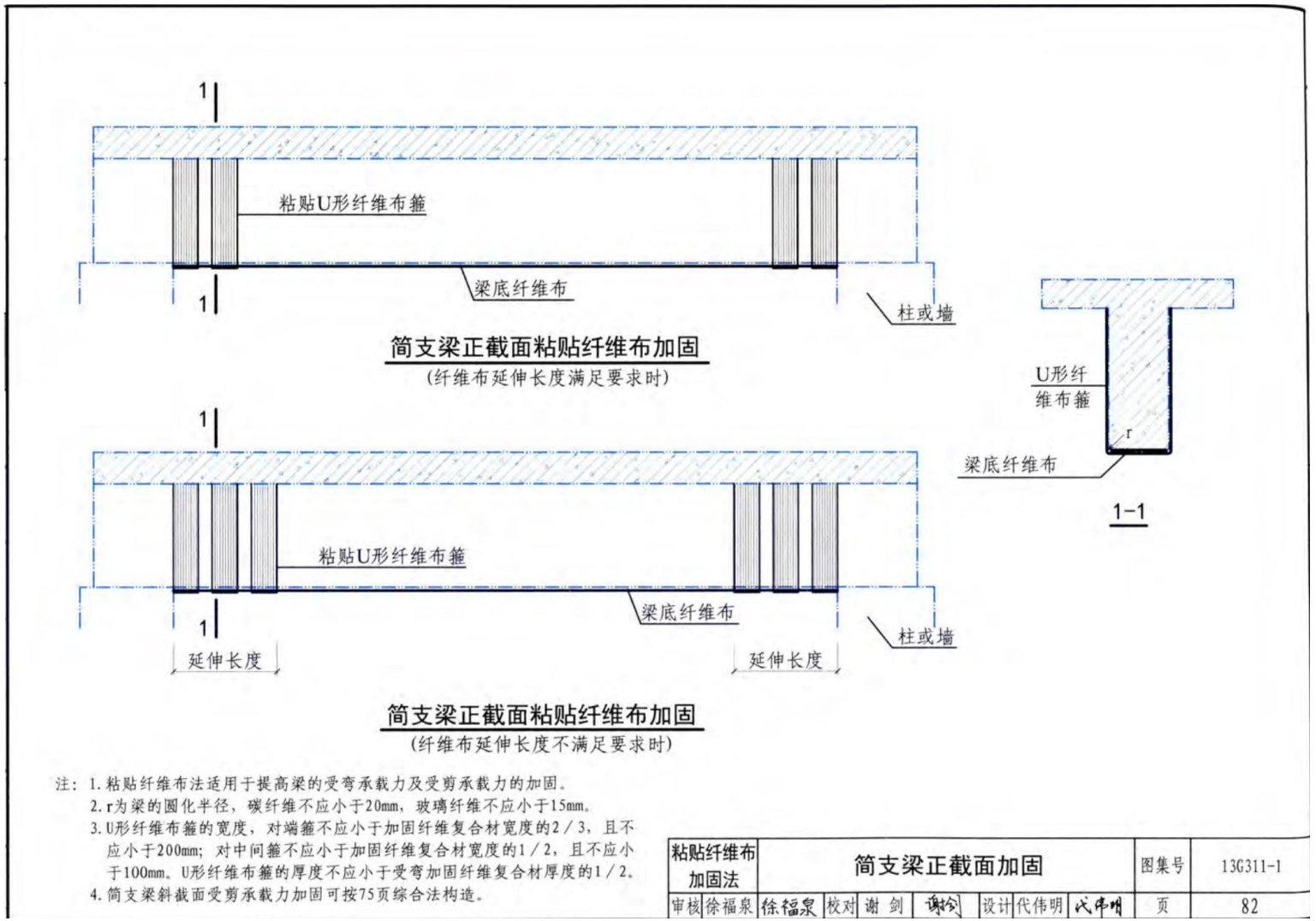


混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-梁：

1、梁棱角应进行圆化，圆化半径不应小于20mm。

2、U形布箍的设置应符合设计及图集要求。



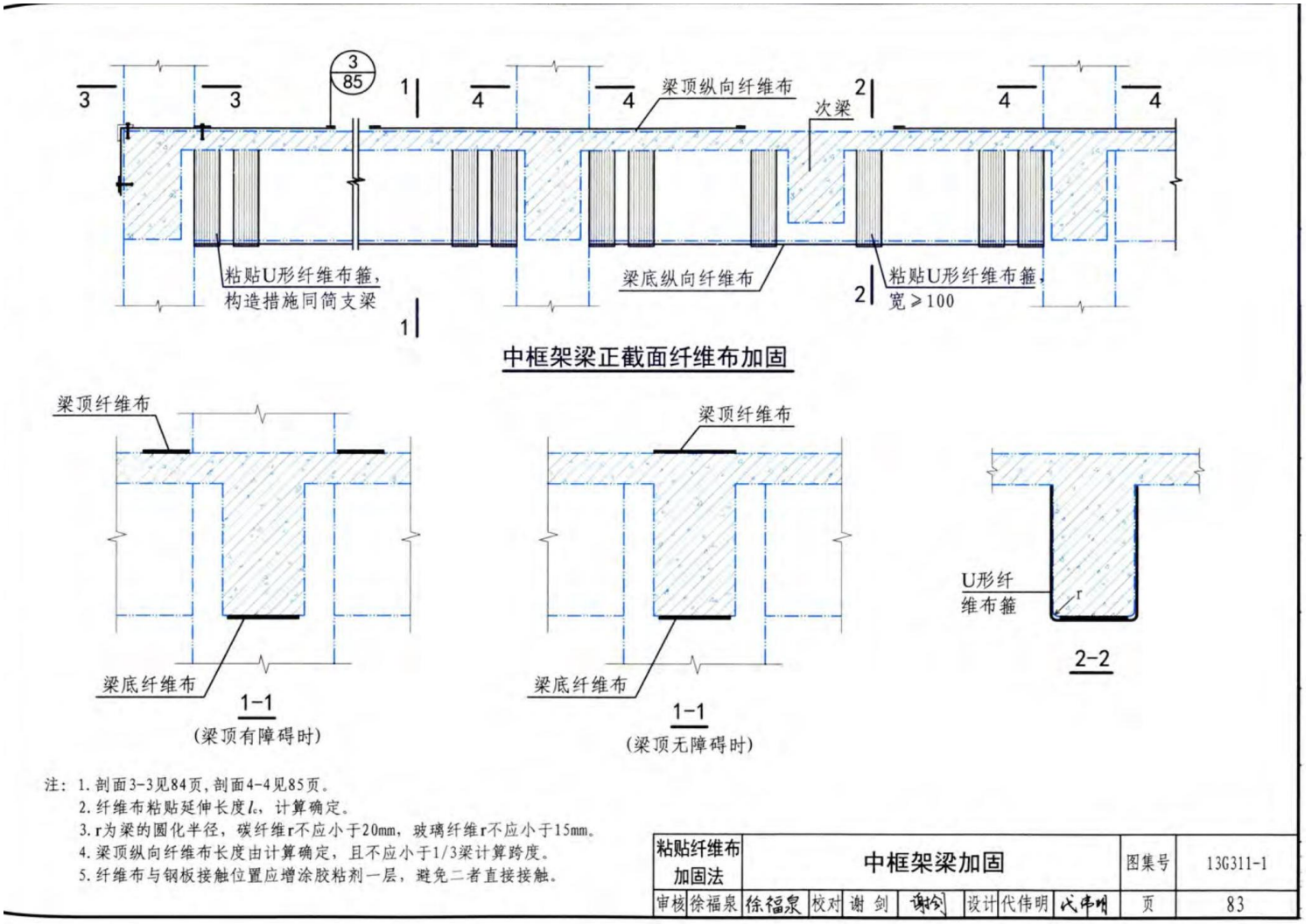
混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-梁：

1、梁棱角应进行圆化，圆化半径不应小于20mm。

2、梁顶纵向纤维布长度按设计要求，且不应小于梁计算跨度的1/3。

3、纤维布与钢板接触位置应增加胶粘剂一层，避免二者直接接触。

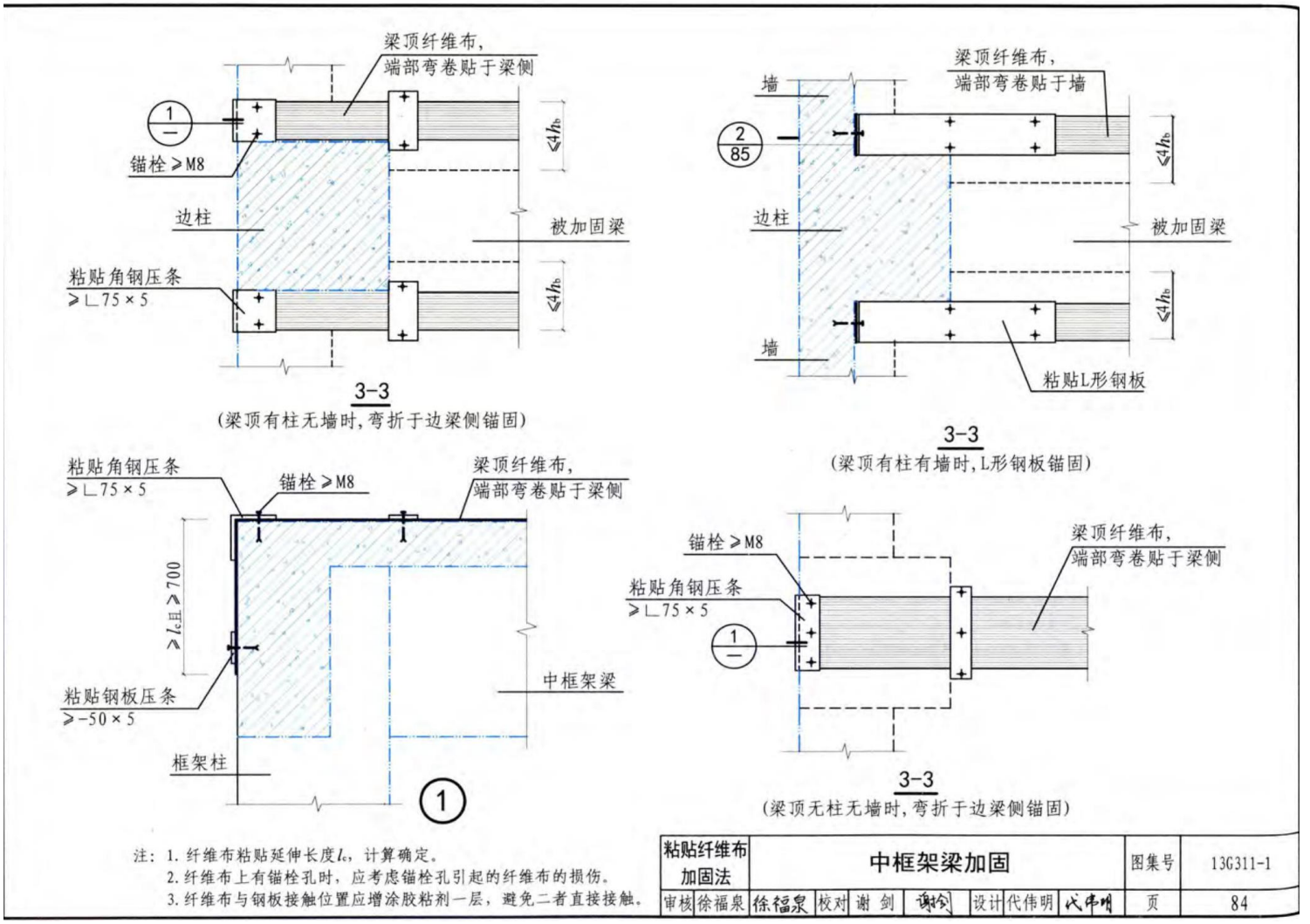


混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-梁：

1、纤维布端部应采用钢压条。

2、纤维布与钢板接触位置应增加胶粘剂一层，避免二者直接接触。

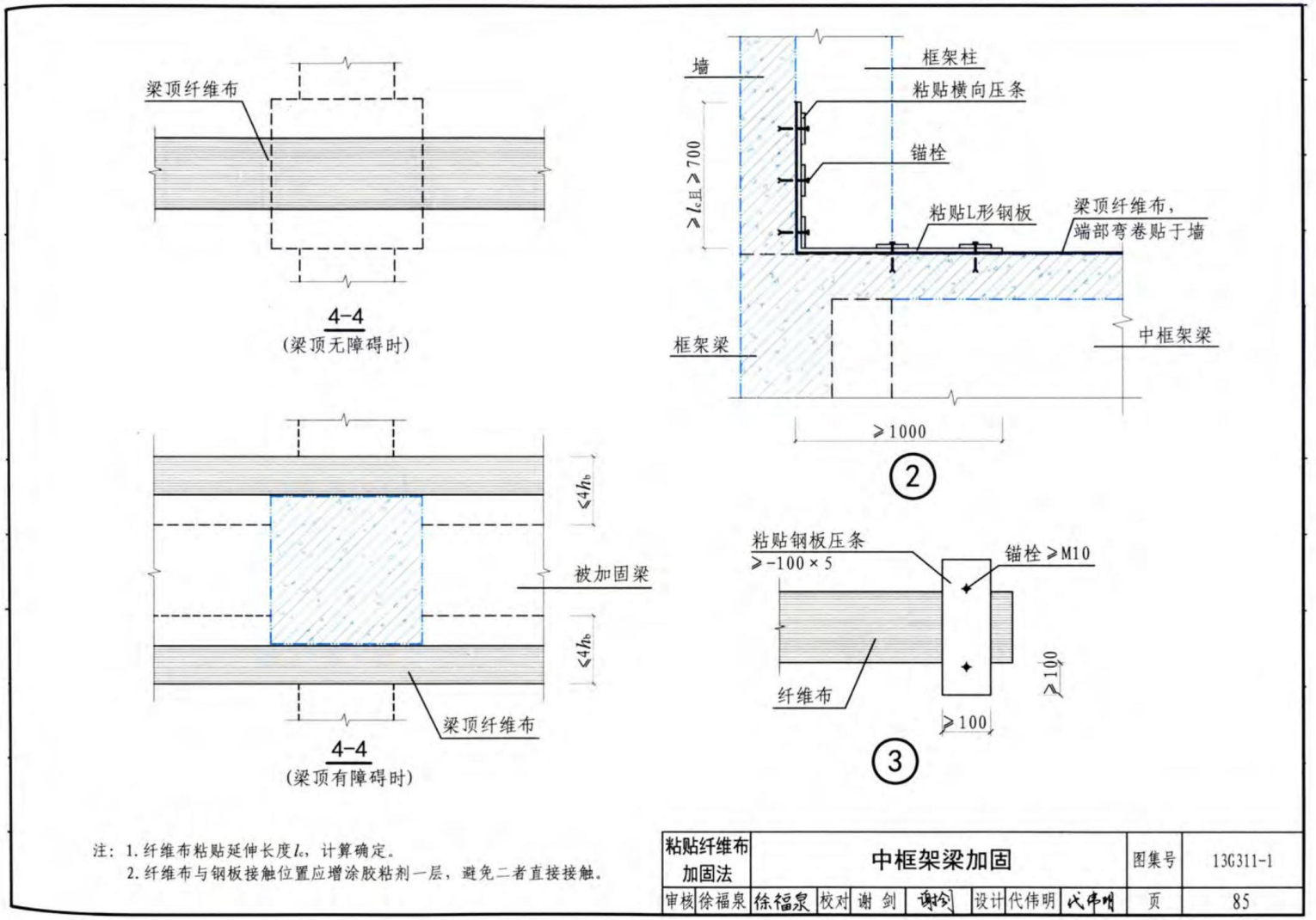


混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-梁：

1、纤维布端部应采用钢压条。

2、纤维布与钢板接触位置应增加胶粘剂一层，避免二者直接接触。



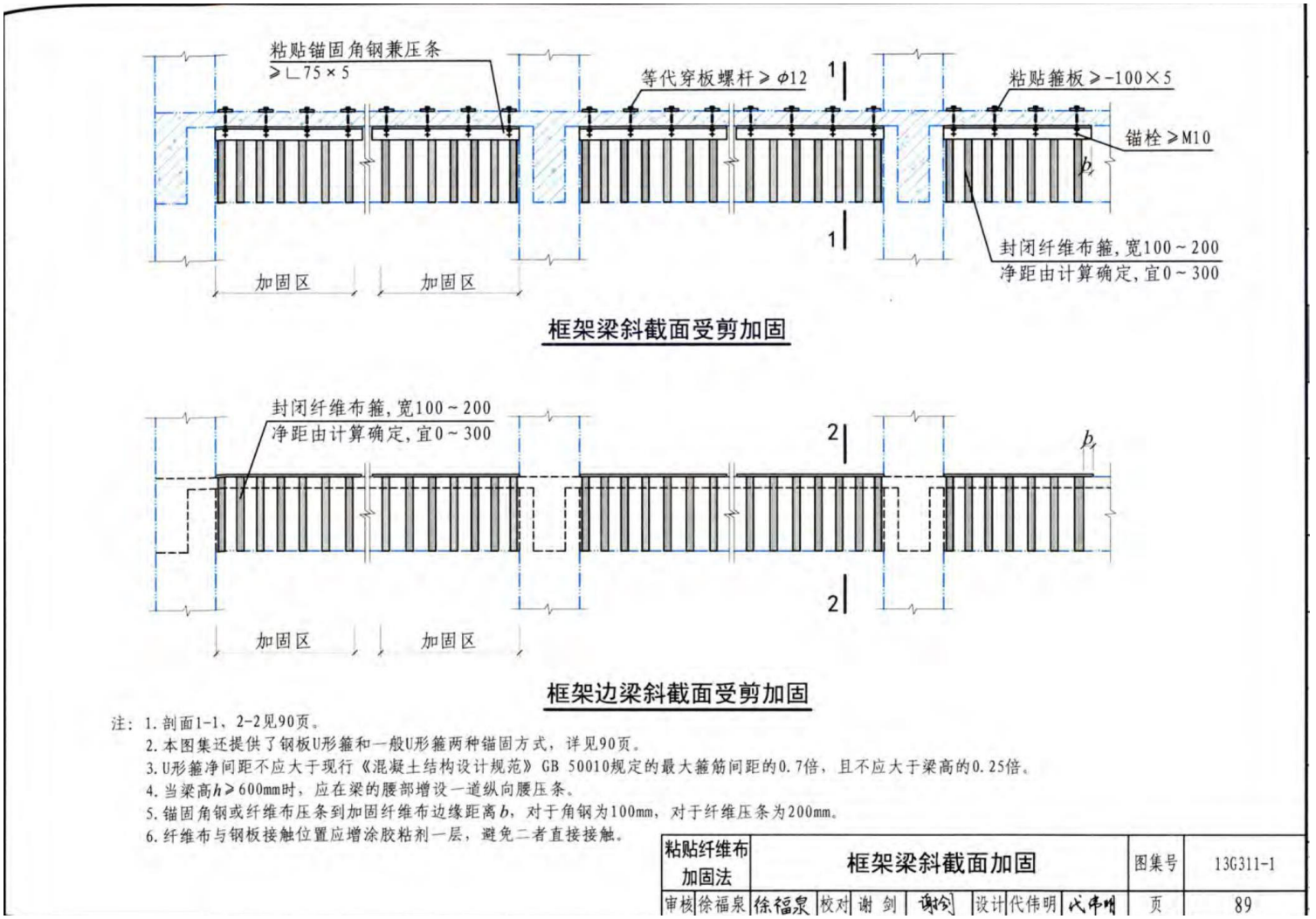
混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-梁：

1、U型箍净间距应符合设计及规范要求。

2、当梁高≥600mm时，应在梁腰部增设一道纵向腰压条。

3、锚固角钢或纤维布压条到加固纤维布边缘距离，对于角钢为100mm，对于纤维压条为200mm。

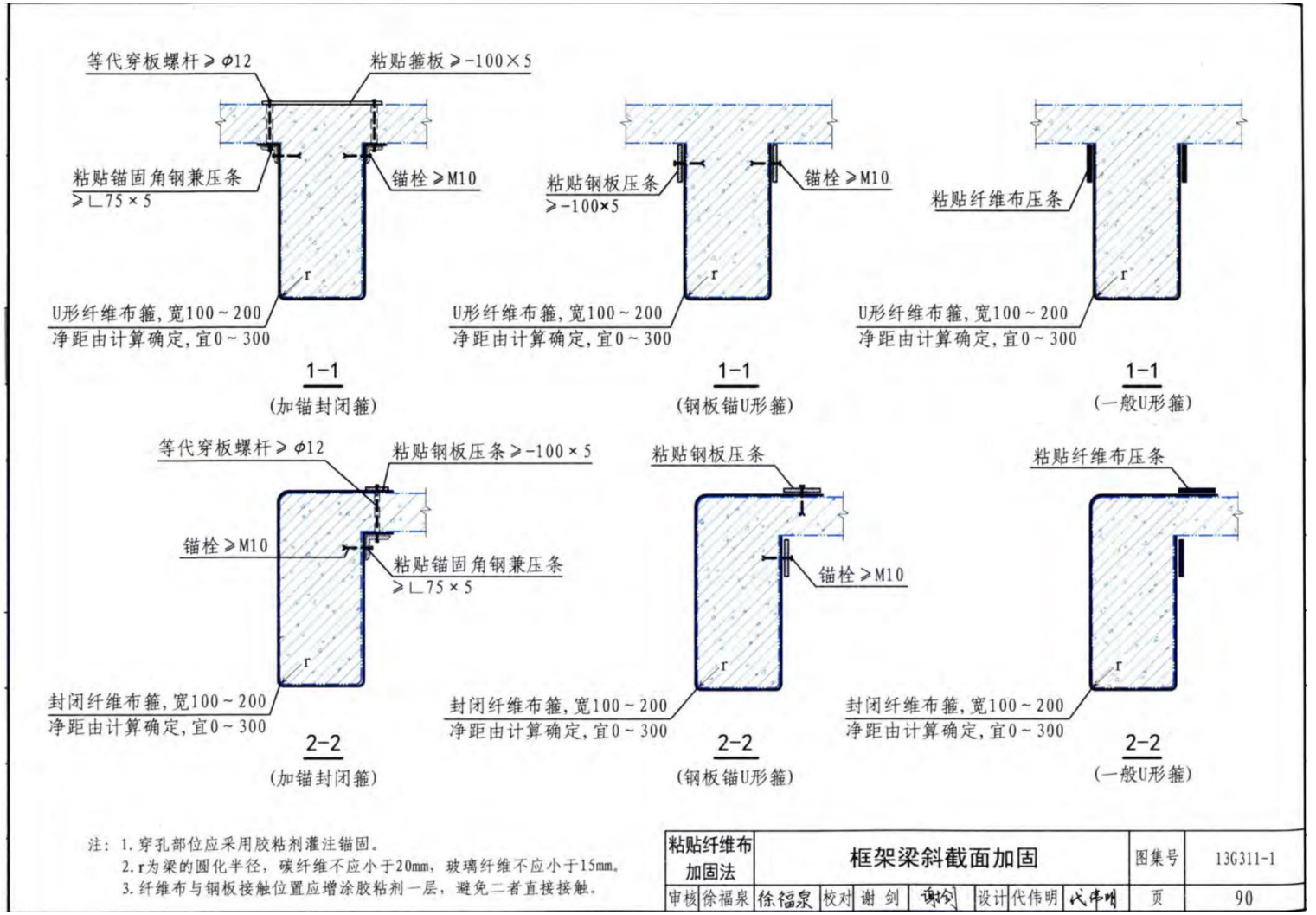


混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-梁：

1、穿孔部位应采用胶粘剂灌注锚固。

2、锚栓规格等按设计要求及图集要求执行。

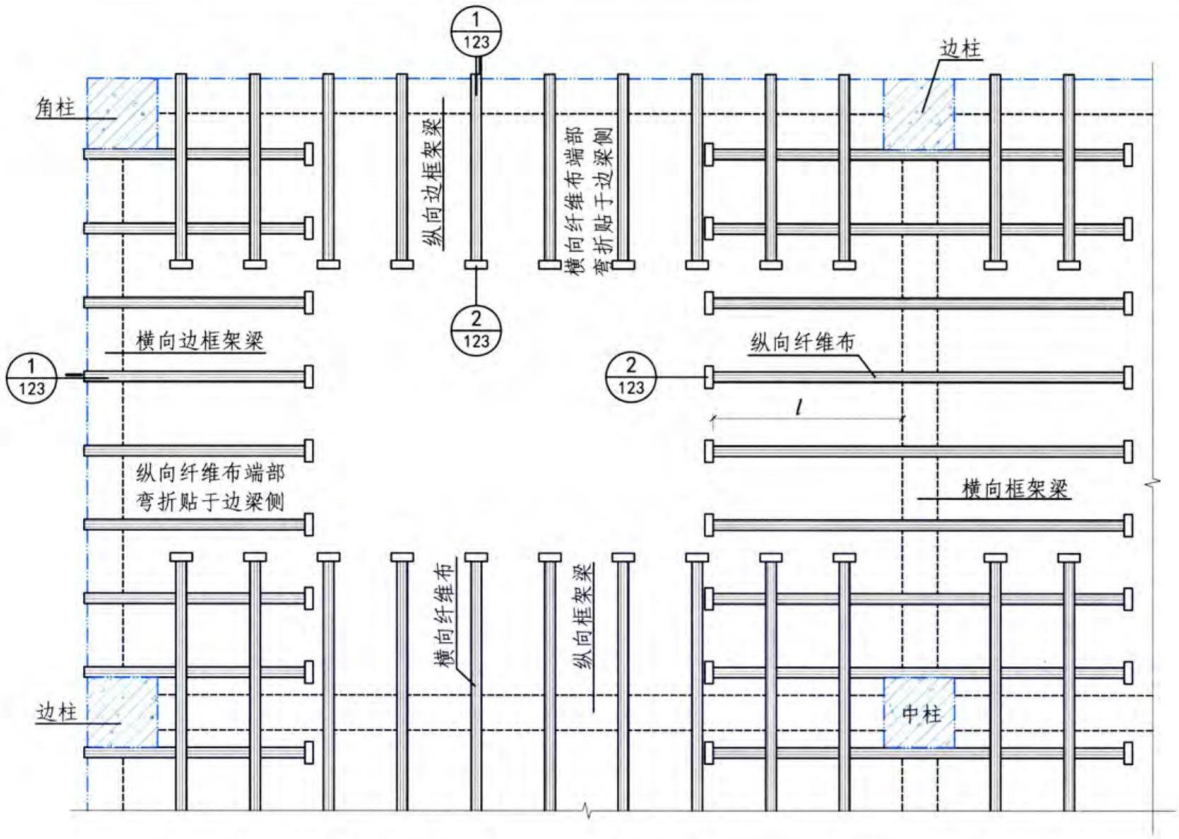


混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-板：

1、纤维布粘贴长度及间距按设计要求执行。

2、纤维布在结构端部应弯折贴于边梁侧。



现浇板纤维布加固，板面纤维布置

注：1. l 由计算确定，应满足受力及钢板的锚固长度，且不小于1/4板短边计算跨度。
2. 纤维布与钢板接触位置应增涂胶粘剂一层，避免二者直接接触。

现浇板	粘贴纤维布加固，板面纤维布置							图集号	13G311-1
审核	徐福泉	徐福泉	校对	谢 剑	谢剑	设计	代伟明	页	120

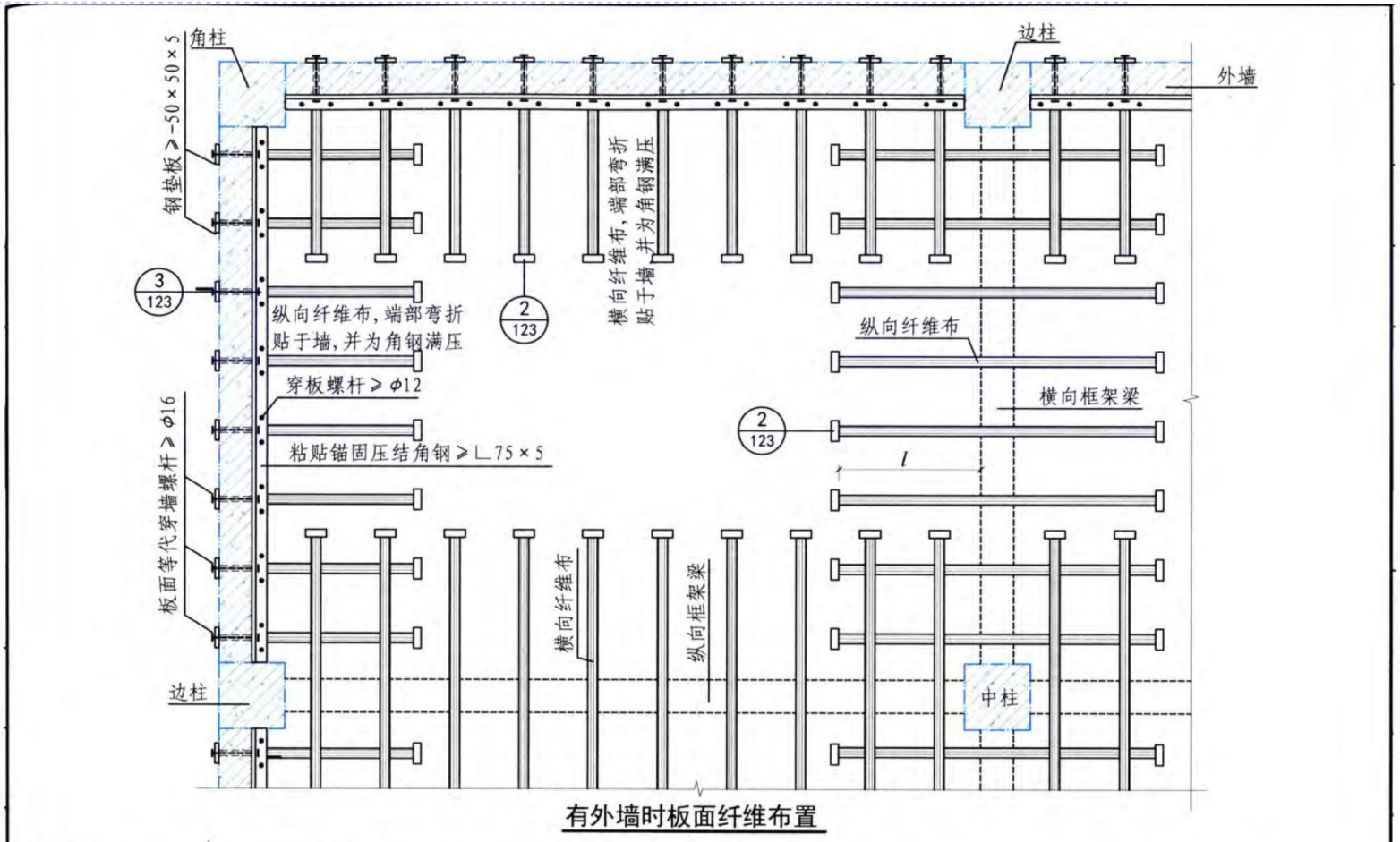
混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-板：

1、纤维布粘贴长度及间距按设计要求执行。

2、纤维布在结构端部应弯折贴于墙，并为角钢压满。

3、支座锚固可采用“锚固角钢+螺杆”的方法。



有外墙时板面纤维布置

注：1. 纤维布层数为1层时，支座锚固可采用"锚固角钢+螺杆"的方法。
2. 穿孔部位应采用胶粘剂灌注锚固。
3. l由计算确定，应满足受力及钢板的锚固长度，且不小于1/4板短边计算跨度。
4. 纤维布与钢板接触位置应增涂胶粘剂一层，避免二者直接接触。

现浇板	粘贴纤维布加固 有外墙时板面纤维布置							图集号	13G311-1
审核	徐福泉	徐福泉	校对	谢 剑	谢剑	设计	代伟明	页	121

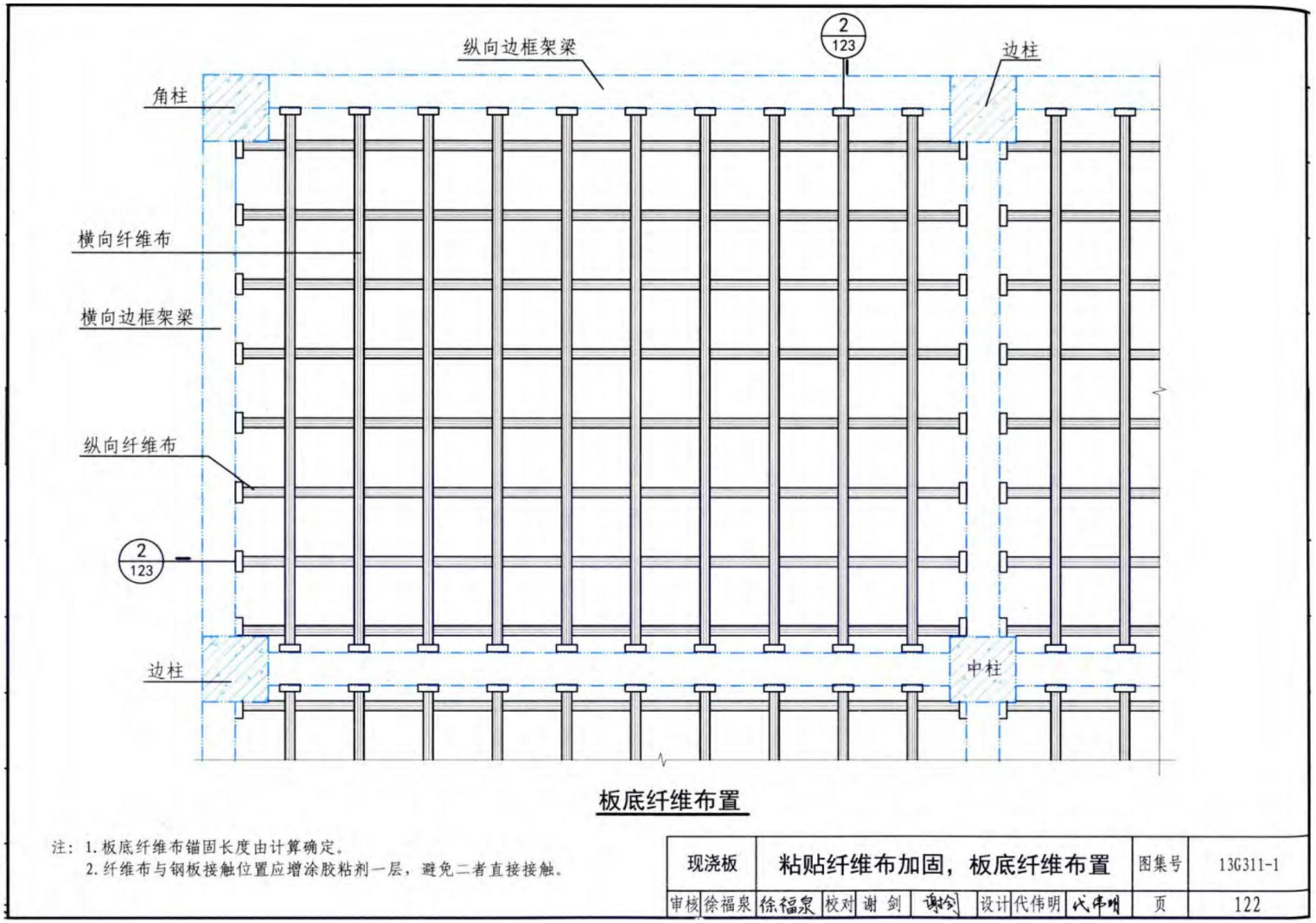
混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-板：

1、端部采用粘贴钢板压条+穿板螺杆锚固。

2、纤维布与钢板接触位置应增涂胶粘剂一层，避免二者直接接触。

3、穿孔部位应采用胶粘剂灌注锚固。



板底纤维布置

注：1. 板底纤维布锚固长度由计算确定。
2. 纤维布与钢板接触位置应增涂胶粘剂一层，避免二者直接接触。

现浇板	粘贴纤维布加固，板底纤维布置								图集号	13G311-1
审核	徐福泉	徐福泉	校对	谢 剑	谢剑	设计	代伟明	代伟明	页	122

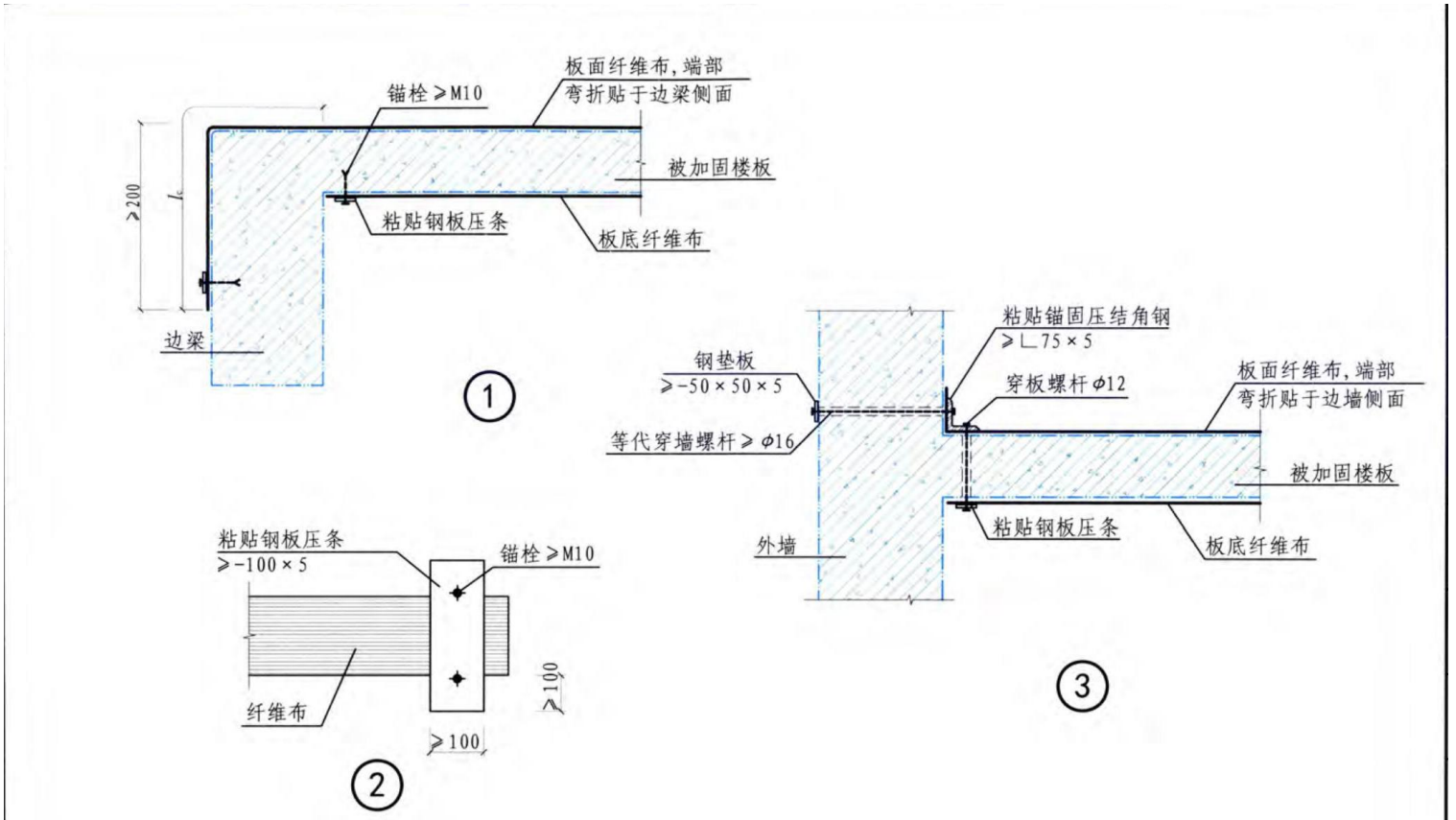
混凝土结构加固施工技术--外粘纤维加固施工

十、图集节点做法-板：

1、端部采用粘贴钢板压条+穿板螺杆锚固。

2、纤维布与钢板接触位置应增涂胶粘剂一层，避免二者直接接触。

3、穿孔部位应采用胶粘剂灌注锚固。



注：1. l_a为纤维复合材粘贴延伸长度。
2. 穿孔部位应采用胶粘剂灌注锚固。
3. 纤维布与钢板接触位置应增涂胶粘剂一层，避免二者直接接触。

现浇板	粘贴纤维布加固						图集号	13G311-1
审核	徐福泉	徐福泉	校对	谢 剑	谢剑	设计	代伟明	代伟明	页	123