



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110457734 A  
(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201910490136.8

(22)申请日 2019.06.05

(71)申请人 东南大学

地址 211100 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72)发明人 汪昕 刘路路 吴智深

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006.01)

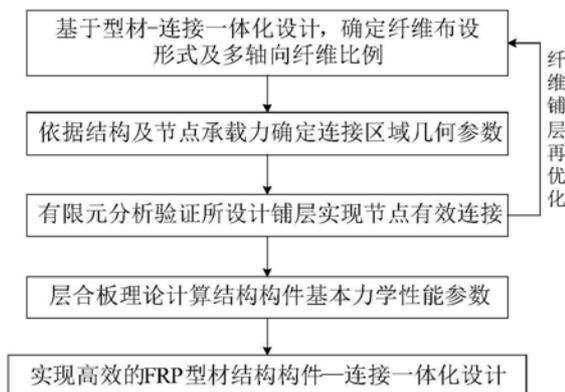
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种螺栓连接FRP型材构件纤维铺层铺设方法及FRP型材构件

(57)摘要

本发明公开了一种螺栓连接FRP型材构件纤维铺层铺设方法及FRP型材构件,其中,纤维铺层的铺设方法为:步骤一、根据型材构件截面参数以及连接效率,确定连接区域几何参数;步骤二、根据确定的连接区域几何参数,建立连接区域有限元模型,以螺栓连接孔洞的挤压破坏为目标进行优化得到纤维铺层的方向以及铺层比例,其中铺层的方向包括0°、±45°和90°;步骤三、按照步骤二确定的纤维铺层的方向以及铺层比例进行铺设。通过本发明的铺设方法,在提高FRP连接区域承载力的同时,改善了节点的破坏形态,将原来的脆性剪切破坏变为具有一定延性的孔洞挤压破坏,这使得结构破坏时的具有一定的征兆,避免发生突发性的结构破坏。



1. 一种螺栓连接FRP型材构件纤维铺层铺设方法,其特征在于,纤维铺层的铺设方法为:

步骤一、根据型材构件截面参数以及连接效率,确定连接区域几何参数;

步骤二、根据确定的连接区域几何参数,建立连接区域有限元模型,以螺栓连接孔洞的挤压破坏为目标进行优化得到纤维铺层的方向以及铺层比例,其中铺层的方向包括 $0^{\circ}$ 、 $\pm 45^{\circ}$ 和 $90^{\circ}$ ;

步骤三、按照步骤二确定的纤维铺层的方向以及铺层比例进行铺设。

2. 根据权利要求1所述的纤维铺层铺设方法,其特征在于,所述连接区域的几何参数包括螺栓连接孔洞的直径、螺栓连接孔洞的间距及螺栓连接孔洞到连接区域边缘的距离。

3. 根据权利要求2所述的纤维铺层铺设方法,其特征在于,所述连接区域的几何参数还包括连接区域的长度和宽度。

4. 根据权利要求1-3任一所述的纤维铺层铺设方法,其特征在于,步骤二包括:

依据有限元模型确定 $0^{\circ}$ 、 $\pm 45^{\circ}$ 和 $90^{\circ}$ 纤维布的比例及铺层顺序;

通过定义节点的失效准则,进行节点的损伤分析,确定获得最大节点承载下的所有铺层的比例及顺序,最终确定纤维铺层设计比例为: $60\% \leq (0^{\circ}\text{纤维纱}) \leq 70\%$ ,  $10\% \leq (\pm 45^{\circ}\text{纤维布含量}) \leq 35\%$ ,  $5\% \leq (90^{\circ}\text{纤维布}) \leq 15\%$ 。

5. 根据权利要求4所述的纤维铺层铺设方法,其特征在于,所述步骤三铺设的顺序为:以板材中面为对称轴,上下铺层对称布置。

6. 根据权利要求5所述的纤维铺层铺设方法,其特征在于,上下层铺设时,层与层之间铺设方向的夹角尽量较小且同一铺设角的纤维布尽量分散开来布置,保证型材受力及传力均匀。

7. 根据权利要求5所述的纤维铺层铺设方法,其特征在于,铺设时,将多轴向纤维布放置在拉挤构件内侧,以形成具有优异性能的拉挤构件。

8. 一种FRP型材构件,其特征在于,采用权利要求1-7任一所述的纤维铺层铺设方法铺设而成。

## 一种螺栓连接FRP型材构件纤维铺层铺设方法及FRP型材构件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种螺栓连接FRP型材构件一体化设计方法,属于FRP型材设计方法领域。

### 背景技术

[0002] 纤维增强复合材料(FRP)因其轻质、高强、耐腐蚀在工程结构得到了广泛的应用。除了结构加固修补中大量采用的FRP片材和筋材外,由FRP拉挤型材作为建筑材料的新建结构的应用也日益受到工程界的重视,其在桁架桥、大跨空间结构等形式中具有显著的轻量化和耐久性提升的优势。桁架结构中杆件主要承受沿杆件长度方向的拉压力,FRP型材轻质高强特点主要体现在顺纤维方向的抗拉强度高,因此利用FRP型材制成桁架结构更能充分发挥复合材料优异的单向力学性能,提高结构的安全性、降低结构的后期维护费用。但由于FRP型材的单向性能导致复合材料桁架结构往往出现连接效率和材料利用率低的问题,且据统计,在航空航天领域复合材料的破坏70%发生在连接部位。

[0003] 目前复合材料节点连接的方式主要有胶结连接、螺栓连接、胶栓混合连接等。不同的连接方式各有优缺点:首先螺栓连接具有便于质量检测、可靠性较高、易拆卸、无残余应力、承载力大、抗剥离、施工方便等优点。但是FRP型材挤压屈服强度和抗剪强度较低,各向异性严重,韧性差,缺口敏感度高,受铺层及环境的影响,这些性能都是复合材料构件螺栓连接的限制因素,并且螺栓连接开口容易形成应力集中,造成脆性破坏。同时由于复合材料属于脆性材料,孔边应力集中比金属严重,多栓连接时,栓孔荷载分配更加不均。与螺栓连接相比,胶结连接没有钻孔引起的应力集中,不需连接件,质量轻,连接效率较高,由于以上优点,胶结连接在非主要承力构件上应用较普遍。但是胶结强度离散性大,质量检测较困难,抗剥离能力差,胶层受环境影响易老化,不能拆卸,对施工要求较严格。胶栓混合连接是将胶接和螺栓连接结合使用,能够起到优势互补的作用,合理设计的胶栓混合连接能够使节点的承载力、刚度、延性等各方面性能有所改善,但缺乏可靠有效的理论设计方法,并且施工工艺复杂。所以目前普遍采用的仍是以金属作为连接件的螺栓连接。

[0004] 目前FRP拉挤型材存在连接效率较低(20~30%),型材的高强度得不到有效发挥等问题,设计结构的轻量化和经济性优势得不到有效体现,其根本原因之一在于FRP型材设计与FRP节点连接设计相互独立,型材的顺纤维方向高强度与横纤维方向低连接强度不匹配,所以无法将FRP型材作为新材料在土建及交通领域中推广应用。

### 发明内容

[0005] 本发明针对目前FRP拉挤型材表现出单向性能好,但呈现出各向异性,而节点连接区域由于受力复杂,往往是整个结构的薄弱部位以及最先发生破坏的地方。为解决上述问题,本发明提供一种螺栓连接FRP型材构件纤维铺层铺设方法及FRP型材构件。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种螺栓连接FRP型材构件纤维铺层铺设方法,其特征在于,纤维铺层的铺设方法

为：

[0008] 步骤一、根据型材构件截面参数以及连接效率，确定连接区域几何参数；

[0009] 步骤二、根据确定的连接区域几何参数，建立连接区域有限元模型，以螺栓连接孔洞的挤压破坏为目标进行优化得到纤维铺层的方向以及铺层比例，其中铺层的方向包括 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 和 $\pm 45^\circ$ 。

[0010] 所述连接区域的几何参数包括螺栓连接孔洞的直径、螺栓连接孔洞的间距及螺栓连接孔洞到连接区域边缘的距离。

[0011] 步骤二包括：

[0012] 依据有限元模型确定 $0^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 和 $90^\circ$ 纤维布的比例及铺层顺序；

[0013] 通过定义节点的失效准则，进行节点的损伤分析，确定获得最大节点承载下的所有铺层的比例及顺序，依据开展的单螺栓节点有限元模拟及试验研究，最终确定纤维铺层设计比例为： $60\% \leq (0^\circ \text{纤维纱}) \leq 70\%$ ， $10\% \leq (\pm 45^\circ \text{纤维布含量}) \leq 35\%$ ， $5\% \leq (90^\circ \text{纤维布}) \leq 15\%$ 。可实现构件和节点的优化设计。另外，同等量的 $\pm 45^\circ$ 纤维布在提高节点连接性能及保持构件刚度方面优于 $90^\circ$ 纤维布，一般2~3倍于 $90^\circ$ 纤维布量。

[0014] 铺层顺序原则为以构件截面中面为对称轴，上下铺层对称布置，层与层之间的铺设角尽量较小，将多轴向纤维布放置在拉挤构件内侧，以形成具有优异性能的拉挤构件。

[0015] 一种FRP型材构件，其特征在于，采用上述任一所述的纤维铺层铺设方法铺设而成。

[0016] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0017] 1. 本发明综合考虑连接本体和连接区域的力学性能，既考虑 $0^\circ$ 方向纤维含量保证结构构件本身应具有的力学性能基础上，又考虑 $\pm 45^\circ$ 纤维布含量增强节点承载力，增加 $\pm 45^\circ$ 纤维布布设，改善节点破坏形态，由初始的脆性剪切破坏变为具有一定延性的孔洞挤压破坏，进一步增加 $\pm 45^\circ$ 纤维布提高孔洞发生挤压承载力，从而获得较高的节点连接效率。在提高 FRP型材连接区域的承载力的基础上，充分发挥FRP型材的强度。

[0018] 2. 通过本发明的铺设方法，在提高FRP连接区域承载力的同时，改善了节点的破坏形态，将原来的脆性剪切破坏变为具有一定延性的孔洞挤压破坏，这使得结构破坏时的具有一定的征兆，避免发生突发性的结构破坏。

## 附图说明

[0019] 图1为本发明FRP型材结构构件-连接一体化设计方法示意图；

[0020] 图2剪切破坏和挤压破坏模式对比；a) 试验和有限元对比-剪切破坏，b) 试验和有限元对比-挤压破坏；

[0021] 图3单向和多轴向铺层节点荷载-位移曲线；

[0022] 图4不同铺层设计节点承载力对比；

[0023] 图5一种螺栓连接FRP型材构件一体化设计方法流程图；

[0024] 图6等效的层合板模型；

[0025] 图7经典层合板理论计算等效模量流程图；

[0026] 图8节点区域连接参数；

[0027] 图9节点连接区域有限元模型；

- [0028] 图10为FRP受力构件；  
 [0029] 图11连接区域几何参数限值；  
 [0030] 图12节点连接参数。  
 [0031] 图13实施例1中纤维铺层结果。

### 具体实施方式

[0032] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式做出进一步详细阐明,应理解这些实施方式仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围,在阅读了本发明之后,本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落于本申请所附权利要求所限定的范围。

[0033] 如图5所示为本发明FRP型材铺设方法的流程图,包括步骤:

[0034] (1) 对于既定结构,依据其受力特征,对其受力性能进行分析,确定纤维布设形式及多轴向布纤维比例,其比例确定在 $0^\circ$  (主方向纤维)  $\geq 50\%$ ,  $\pm 45^\circ \geq 20\%$ ,  $90^\circ \leq 20\%$ 。

[0035] (2) 对单层板进行细观力学分析,根据纤维种类、基体类型以及纤维体积含量,运用弹性力学方法理论求解单层板弹性常数 $E_1, E_2, E_3, G_{12}, G_{23}, G_{13}, \nu_{12}, \nu_{23}, \nu_{13}$ 。

[0036] 单层板纵向弹性模量:  $E_1 = E_f V_f + E_m (1 - V_f)$  ;

[0037] 单层板横向弹性模量:  $E_2 = E_3 = \frac{E_f E_m [V_f + \eta_2 (1 - V_f)]}{E_m V_f + E_f \eta_2 (1 - V_f)}$  ;

[0038] 单层板面内剪切模量:  $G_{12} = G_{13} \frac{V_f + \eta_{12} (1 - V_f)}{G_m V_f + G_{12f} \eta_{12} (1 - V_f)}$  ;  $G_{23} = \frac{G_f G_m [V_f + \eta_{23} (1 - V_f)]}{G_m V_f + G_f \eta_{23} (1 - V_f)}$  ;

[0039] 单层板泊松比:  $\nu_{12} = \nu_{13} = \nu_f V_f + \nu_m (1 - V_f)$  ;  $\nu_{23} = k [\nu_f V_f + \nu_m (1 - V_f)]$

[0040]  $\eta_2 = \frac{0.2}{1 - \mu_m} (1.1 - \sqrt{\frac{E_m}{E_f}} + 3.5 \frac{E_m}{E_f}) (1 + 0.22 V_f)$

[0041]  $\eta_{12} = 0.28 + \sqrt{\frac{E_m}{E_f}}$

[0042]  $k = 1.095 + 0.27 (0.8 - V_f)$

[0043] 其中 $E_1$ 为单层板纵向弹性模量;  $E_2, E_3$ 为单层板横向弹性模量;  $G_{12}, G_{23}, G_{13}$ 为单层板面内剪切模量;  $\nu_{12}, \nu_{23}, \nu_{13}$ 为单层板泊松比;  $E_f$ 为纤维弹性模量;  $E_m$ 为树脂弹性模量;  $V_f$ 为纤维体积分数;  $V_m$ 为树脂体积分数;  $G_{12f}$ 为纤维剪切模量;  $G_m$ 为树脂剪切模量;  $\nu_f$ 为纤维泊松比;  $\nu_m$ 为树脂泊松比;  $\eta_{12}, \eta_2, k$ 为系数。

[0044] (3) 基于单层板弹性常数以及经典层合板理论 (CLT) 计算确定纤维纱及多轴向布混合而成的构件等效弹性模量,其计算过程如图7所示,可描述如下:

[0045] 1) 依据 (2) 计算单层板工程常数:  $E_1, E_2, E_3, G_{12}, G_{23}, G_{13}, \nu_{12}, \nu_{23}, \nu_{13}$ ;

[0046] 2) 计算出单层板工程常数,形成单层板柔度矩阵[S];

$$[0047] \quad [S] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_{12}}{E_1} & -\frac{\nu_{13}}{E_1} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{12}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{13}}{E_1} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & \frac{1}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{23}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{13}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} \end{bmatrix}$$

[0048] 3) 柔度矩阵求逆形成单层板刚度矩阵  $[C] = [S]^{-1}$ ;

[0049] 4) 多轴向单层板相对于主轴存在偏转角 $\theta$ ,在形成整体刚度矩阵时,需进行刚度转换,故应计算每层刚度转轴矩阵  $[T]$ ;

$$[0050] \quad [T] = \begin{bmatrix} m^2 & n^2 & 0 & 0 & 0 & -2mn \\ n^2 & m^2 & 0 & 0 & 0 & 2mn \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -n & m & 0 \\ mn & -mn & 0 & 0 & 0 & m^2 - n^2 \end{bmatrix}$$

[0051] 其中, $m$ 和 $n$ 分别为偏转角的正余弦;

[0052] 5) 形成整体刚度矩阵  $\bar{C} = \sum (C)_k$ , $k$ 为总层数;

[0053] 6) 对整体刚度矩阵求逆,计算整体柔度矩阵  $\bar{S} = (\bar{C})^{-1}$ ;

[0054] 7) 反解柔度矩阵  $\bar{S}$ ,计算出构件等效模量参数。

[0055] (4) 基于经典层合板理论计算的弹性工程常数,通过小范围内调整铺层比例 $0^\circ$ 纤维(主方向纤维), $\pm 45^\circ$ 以及 $90^\circ$ 纤维布比例,确定满足结构构件承载及刚度要求的最优比例。

[0056] (5) 在满足结构承载力要求下确定节点区域连接参数,如图8所示。(包括连接几何参数,紧固件直径个数等)。

[0057] (6) 利用有限元软件对节点连接区域进行建模分析(图9),建模过程如下:

[0058] 1) 首先进行单层板性能参数定义,以及其破坏准则定义;

[0059] 2) 按照铺层设计定义构件内部铺层方向;

[0060] 3) 实体模型建立后,进行网格划分,螺栓连接区域应应力较为复杂应进行网格细化;

[0061] 4) 定义边界条件,符合实际受力状态;

[0062] 5) 分析节点破坏模式及确定节点极限承载力

[0063] 在确定节点破坏形态以及承载力后,再次优化纤维纱及纤维布铺层比例及设计,使得节点获得最佳的承载力。

[0064] (7) 综合考虑节点承载及结构构件性能要求,基于型材结构-构件一体化设计方

法,确定纤维铺层布设及比例为 $60\% \leq (0^\circ \text{纤维纱}) \leq 70\%$ ,  $10\% \leq (\pm 45^\circ \text{纤维布含量}) \leq 35\%$ ,  $5\% \leq (90^\circ \text{纤维布}) \leq 15\%$ 。为拉挤FRP型材提供参考设计。

[0065] 实施例1

[0066] 对于一外荷载确定的BFRP构件,构件截面尺寸为矩形 $100 \times 8$ (长 $\times$ 宽),确定连接区域的连接参数。

[0067] (1) 确定节点几何参数

[0068] 1) 确定螺栓直径

[0069] 参考连接区域几何参数限值表1,(图11为连接区域几何参数示意图)螺栓直径应满足 $1 \leq d_0/t \leq 2$ ,故本实例取螺栓直径 $d_0=10\text{mm}$ 。

[0070] 2) 确定螺栓个数

[0071] 依据节点受力及单螺栓承载,计算所需螺栓个数,本实例螺栓个数取4。

[0072] 3) 参考连接区域几何参数限值,确定螺栓边距、端距、排距等参数,如下: $d_0=10\text{mm}$ ,  $e_1=30\text{mm}$ ,  $e_2=25\text{mm}$ ,  $p_1=40\text{mm}$ ,  $p_2/d_0=50\text{mm}$ ,如图11所示。

[0073] 表1连接区域几何参数限值

[0074]

参数	$w/d_0$	$e_1/d_0$	$e_2/d_0$	$d_0/t$	$p_1/d_0$	$p_2/d_0$
限值	$\geq 4$	$\geq 3$	$\geq 2.5$	$\geq 1 \ \& \ \leq 2$	$\geq 4$	$\geq 5$

[0075] (2) 确定铺层设计

[0076] 基于节点-构件一体化设计,构件最佳铺层设计比例可初步确定如下:

[0077] 1) 纤维铺层设计

[0078] 纤维铺层设计按照上述试验结果及有限元分析,确定的最优铺层设计为:

[0079]  $60\% \leq (0^\circ \text{纤维纱}) \leq 70\%$ ,  $10\% \leq (\pm 45^\circ \text{纤维布含量}) \leq 35\%$ ,  $5\% \leq (90^\circ \text{纤维布}) \leq 15\%$ 。

[0080] 该拉挤板材可设计为纤维总含量 $V_f=55\%$ (包括纤维及纤维布),树脂采用乙烯基树脂。依据铺层设计比例, $\pm 45^\circ$ 多轴向纤维布设计为8层,面密度为 $400\text{g}/\text{m}^2$ ,名义厚度为 $0.151\text{mm}$ ;  $0/90^\circ$ 多轴向纤维布为6层,面密度为 $380\text{g}/\text{m}^2$ ,名义厚度为 $0.143\text{mm}$ ,其余为 $0^\circ$ 纤维纱。其中, $90^\circ$ 纤维布是由编织好的 $0/90^\circ$ 多轴向纤维布贡献,因成型工艺限制无单独编织的 $90^\circ$ 纤维布。如图13所示为该拉挤型材纤维铺层设计示意图(拉挤板材上下铺层为对称布置,层与层之间的轴向夹角尽可能的小且同一铺设角的纤维布尽量分散开来布置即相邻两层的铺设角度尽可能的不同。为保证较好的受力性能, $0^\circ$ 纤维纱往往布置在表层,则下层为 $\pm 45^\circ$ 多轴向纤维布,上下层之间的夹角为 $45^\circ$ 。图中只示意沿厚度方向一半的铺层设计(即 $4\text{mm}$ 厚,总厚度为 $8\text{mm}$ ),具体的铺层顺序为:第一层(最外层)为 $0^\circ$ 纤维纱;第二层为 $\pm 45^\circ$ 多轴向纤维布;第三层为 $0/90^\circ$ 多轴向纤维布;第四层为 $0^\circ$ 纤维纱,第五层为 $\pm 45^\circ$ 多轴向纤维布...以该顺序循环铺设下去,满足纤维铺设顺序的原则)。

[0081] 2) 构件铺层理论计算参数

[0082] 首先确定纤维比例为 $V_f=55\%$ ,树脂比例 $V_r=35\%$ 。则 $\pm 45^\circ$ 纤维布浸渍后的理论厚度为 $0.274\text{mm}$ (8层总厚度为 $2.192\text{mm}$ ),所占比例为 $27.4\%$ 。 $0/90^\circ$ 纤维布浸渍后的理论厚

度为0.261mm(6层总厚度为1.566mm),90°所占比例为9.8%。所有纤维布所占比例为37.2%。

[0083] 由上可知,上述设计比例均较接近所目标铺层比例,较为理想。若出现比例少于目标比例,可适当增加纤维布层数,反之亦然。铺层顺序原则为以板材中面为对称轴,上下铺层对称布置,层与层之间的铺设角尽量较小,将多轴向纤维布放置在拉挤构件内侧,以形成具有优异性能的拉挤构件。最终便可实现理想铺层设计的FRP型材。

[0084] 3) 构件性能参数计算

[0085] 根据上述具体实施中的第(3)条关于计算构件等效弹性模量的方法及步骤,可利用 Matlab计算该构件的三个重要性能参数,其结果如下:

[0086] 该构件的弹性模量 $E_1=34.6\text{GPa}$ (与GFRP性能相当);

[0087] 该构件的拉伸强度 $\sigma=854\text{MPa}$ ;

[0088] 面内剪切模量 $G_{12}=5.54\text{GPa}$

[0089] 由上述性能参数可知,具备该铺层的构件既可以满足结构正常使用要求,又可以保证节点有较好的力学性能。

[0090] (3) 有限元建模优化设计出最佳铺层设计

[0091] 在初步确定铺层设计及单层板参数的基础上(具体实施方式第(3)点),采用有限元建模,进一步优化铺层设计。参考具体实施方式第(6)点,其中几点说明如下:

[0092] 1) 首先按照初步设计铺层建立有限元模型,其中包括8层 $\pm 45^\circ$ 纤维布,6层0/90纤维布,其中的铺层设计可通过有限元中的lamina单元实现,定义其铺层方向及每层厚度。

[0093] 2) 在模型建立,网格划分,边界条件完成定义后,模拟计算出该铺层设计下的节点承载力以及破坏形态。

[0094] 3) 若不是延性的挤压破坏,则应进一步增加纤维布含量,如增加2层 $\pm 45^\circ$ 纤维布等,最终达到具有延性的破坏形态(一般增加纤维布后便为理想型破坏形态—挤压破坏)。

[0095] 4) 若达到理想的破坏形态—挤压破坏,可选择进一步增加2层或者减少2层纤维布,分别计算出节点承载力以及构件的弹性模量;与原铺设计比较,计算纤维布增加或者减少,所对应的节点承载力增加(降低)百分比以及构件模量降低(增加)百分比。以构件模量降低(增加)百分之比指标,确定增加或者减少纤维布是否有效。若是,则以该铺层为最新铺层设计,以此继续进行优化设计;若否,则保留原铺层设计。

[0096] 以上述为原则,小范围内调节 $\pm 45^\circ$ 纤维布及90°纤维布含量,使其在满足构件正常使用的条件下,提高节点承载,最终形成型材最优的铺层设计,充分发挥FRP型材的利用率。

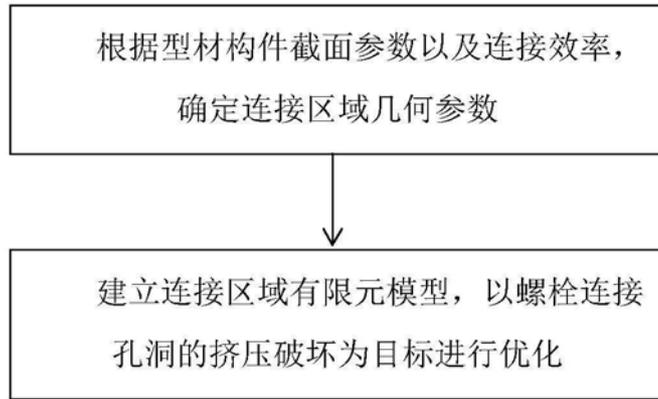


图1

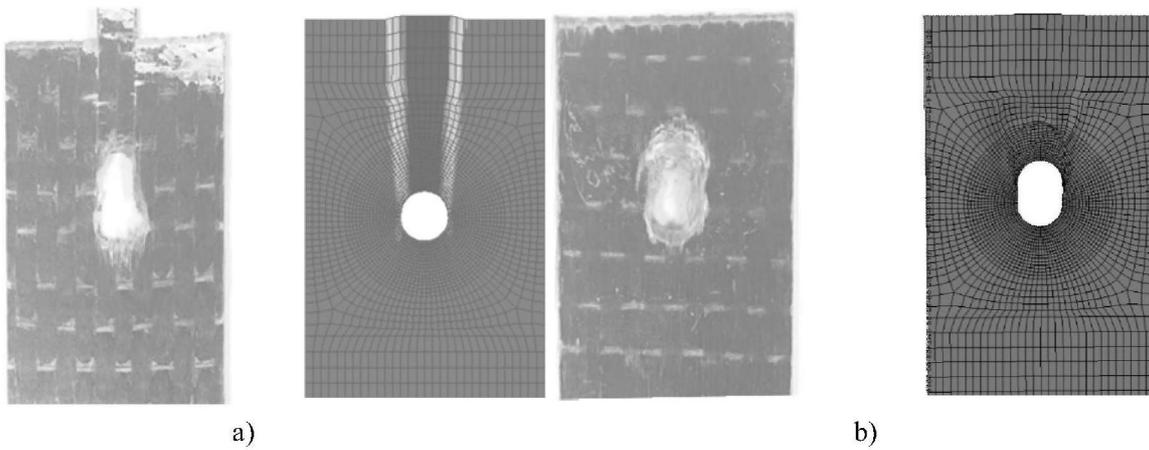


图2

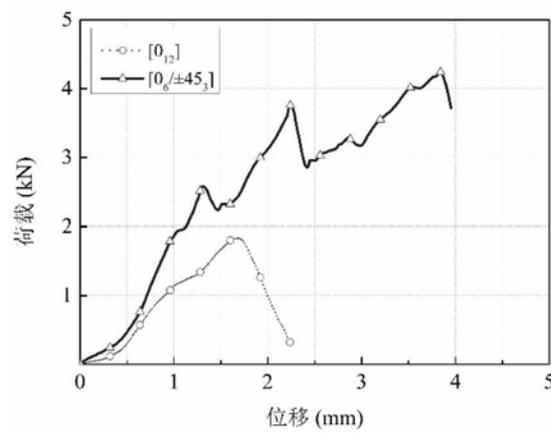


图3

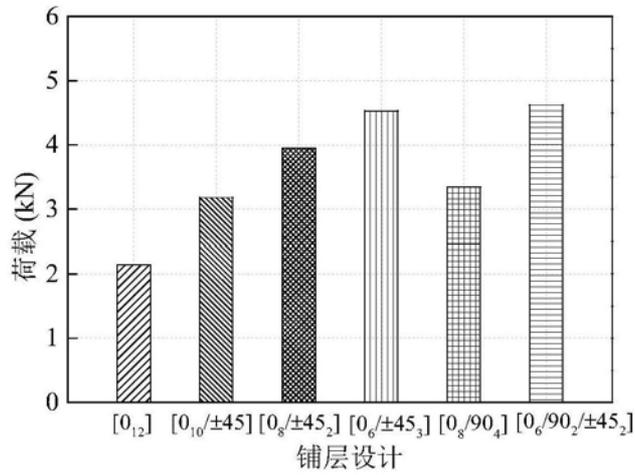


图4

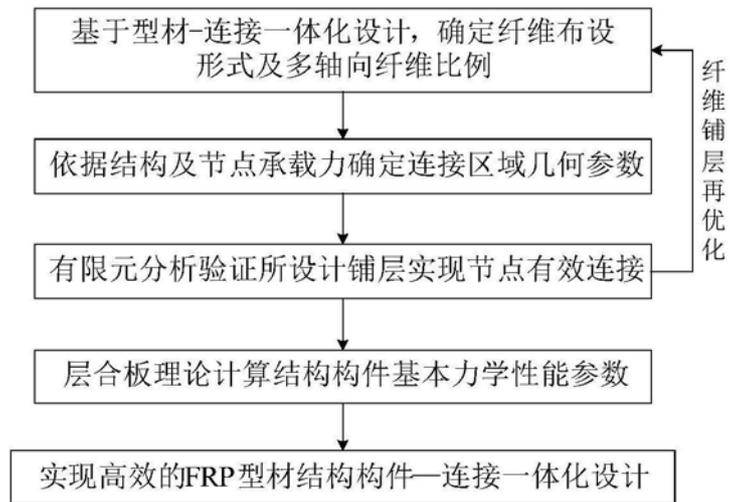


图5

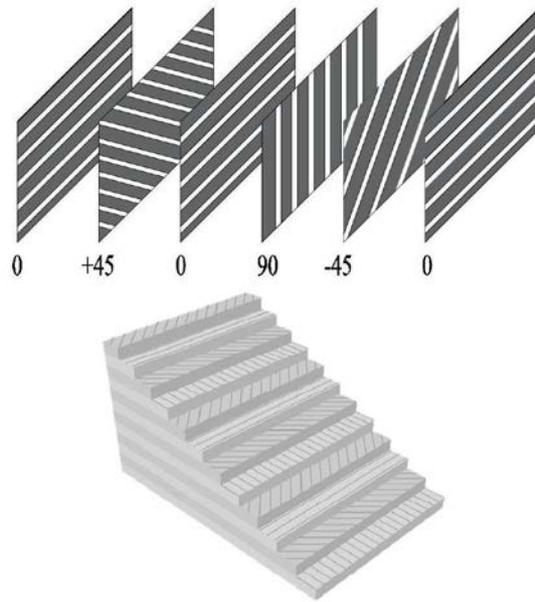


图6

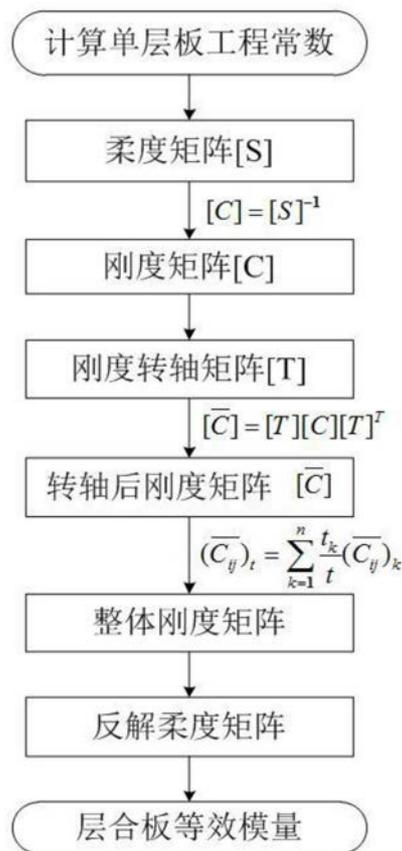


图7

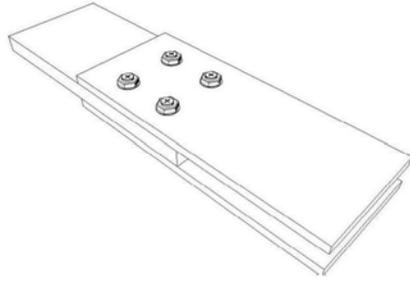


图8

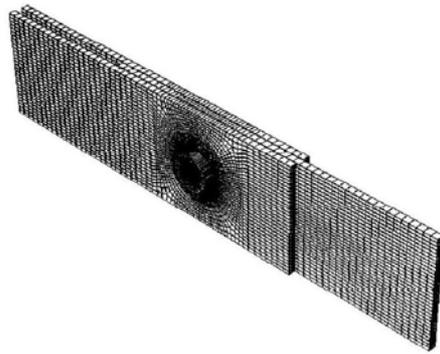


图9

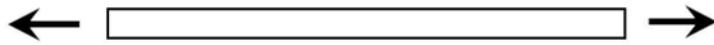


图10

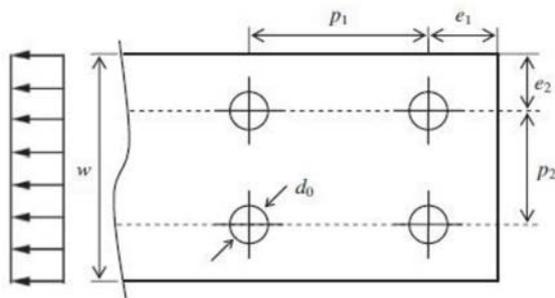


图11

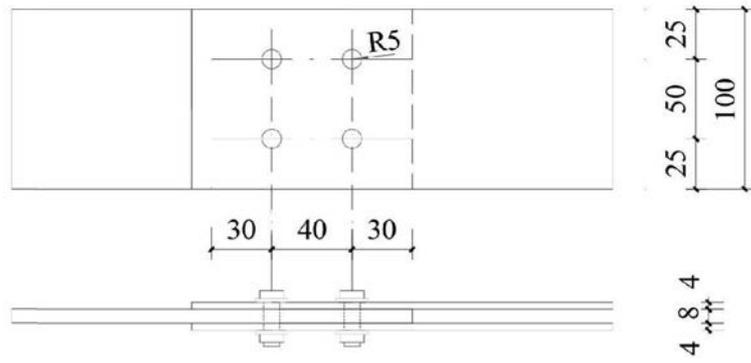


图12

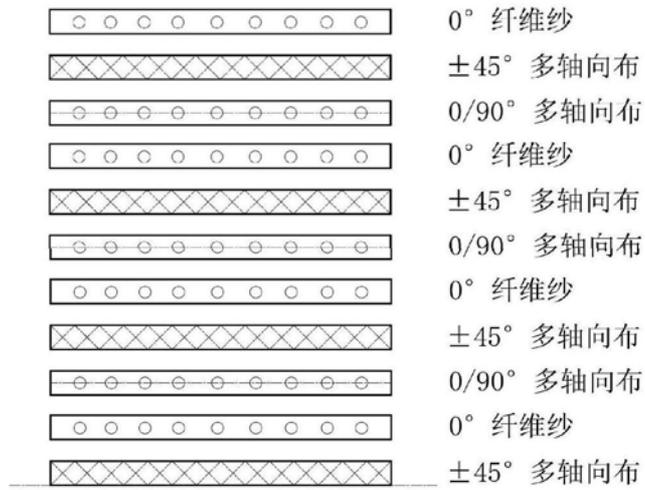


图13