

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4069202号
(P4069202)

(45) 発行日 平成20年4月2日(2008.4.2)

(24) 登録日 平成20年1月25日(2008.1.25)

(51) Int.Cl.	F I		
CO8J 5/04 (2006.01)	CO8J	5/04	CER
DO3D 25/00 (2006.01)	CO8J	5/04	CEZ
CO8L 101/00 (2006.01)	DO3D	25/00	
	CO8L	101:00	

請求項の数 5 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2002-259769 (P2002-259769)	(73) 特許権者	390014306 防衛省技術研究本部長 東京都新宿区市谷本村町5番1号
(22) 出願日	平成14年9月5日(2002.9.5)	(74) 代理人	100067323 弁理士 西村 敦光
(65) 公開番号	特開2004-99648 (P2004-99648A)	(72) 発明者	伊藤 真 東京都立川市栄町1の6の1の943
(43) 公開日	平成16年4月2日(2004.4.2)	(72) 発明者	小野原 薫 岐阜県各務原市川崎町1番地 川崎重工業株式会社岐阜工場内
審査請求日	平成14年9月5日(2002.9.5)	(72) 発明者	安居 義治 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機製作所内
審判番号	不服2005-9501 (P2005-9501/J1)		
審判請求日	平成17年5月19日(2005.5.19)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元繊維強化複合材ラグの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

仮想一平面上で、長手方向に平行に張架される経糸と、長手方向に垂直な幅方向に平行に張架される緯糸と、長手方向または幅方向に関して交差するバイアス方向に平行に張架されるバイアス糸とを、前記仮想一平面上に垂直な厚み方向に挿入される垂直糸によって結合して3次元織物が形成され、この3次元織物にマトリックスを充填して一体化させた3次元繊維強化複合材ラグの製造方法において、

前記仮想一平面上で経糸、緯糸およびバイアス系のいずれかを、予め定める複数の応力分担領域毎に、各応力分担領域に隣接する他の応力分担領域にわたって主たる発生応力に抗する方向に張架して、相互に異なる配向パターンを有する複数の2次元配列糸層が形成され、各2次元配列糸層は、各応力分担領域の前記発生応力に抗する必要強度に応じ、かつ各応力分担領域の繊維体積含有率が相互に均等になるように選択的に積重して3次元織物を形成し、この3次元織物にマトリックスを充填して加熱加圧して硬化させる方法であって、

前記予め定める複数の応力分担領域は、厚み方向に貫通する透孔を形成してブッシングが嵌着される面圧部と、面圧部の幅方向両側に連なり、長手方向に延びる一对の軸力部と、面圧部および各軸力部の長手方向一端部に連なる末端部と、各軸力部間で、各軸力部に幅方向に連なりかつ面圧部の長手方向他端部に連なって長手方向に延びる中間部とに分割されることを特徴とする3次元繊維強化複合材ラグの製造方法。

【請求項2】

面圧部は、経糸、緯糸、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、少なくとも70%のバイアス系を含有することを特徴とする請求項1記載の3次元繊維強化複合材ラグの製造方法。

【請求項3】

軸力部は、経糸、緯糸、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、45～70%の経糸と、30～55%のバイアス系とを含有することを特徴とする請求項1または2記載の3次元繊維強化複合材ラグの製造方法。

【請求項4】

端末部は、経糸、緯糸、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、50～80%のバイアス系と、20～50%の経糸および緯糸とを含有することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の3次元繊維強化複合材ラグの製造方法。

10

【請求項5】

中間部は、経糸、緯糸、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、少なくとも70%のバイアス系を含有することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の3次元繊維強化複合材ラグの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、航空機、宇宙機、自動車、船舶、建築物および製造加工装置などの構造用部材として好適に実施することができる3次元繊維強化複合材ラグの製造方法に関する。

20

【0002】

【従来の技術】

基材であるマトリックス相と、強化材として繊維を用いる分散相とから成る繊維強化複合材料は、航空機を始め、各種の分野で構造用部材として用いられている。特に、航空機の翼胴結合に用いられるラグジョイントなどと呼ばれる繊維強化複合材ラグは、ボルトの軸部またはピンが挿通する面圧部に集中的に大きな力が作用するため、一般構造用部材よりも高い機械的強度特性が要求され、この機械的強度特性の改善に大きな影響を与える1つの要因として、強化繊維の組織構成が重要視されている。

【0003】

図30は、第1の従来技術の3次元繊維強化複合材ラグ1の繊維配向状態を簡略化して示す一部の正面図であり、この従来技術は特公平7-81225号公報に示されている。ラウンドフィット用3次元繊維強化複合材ラグ(以下、単に「複合材ラグ」と略記する場合がある)1は、図30の紙面に平行な仮想一平面上で複合材ラグ1の長手方向Xに平行に張架される経糸2と、長手方向Xに垂直な幅方向Yに平行に張架される緯糸3と、長手方向Xに関して±45°でそれぞれ交差する各バイアス方向B1, B2に張架されるバイアス系4, 5と、前記仮想一平面に垂直な厚み方向Zに交互に折返した状態で挿入される垂直系とによって3次元織物を形成し、この3次元織物とマトリックスとを一体化させた複合材である。このような3次元織物は、図30に示されるように垂直に立設された複数のピン12を有する3次元織物製作治具6の各ピン12に経糸2、緯糸3および各バイアス系4, 5を巻掛け、最後にピン12を垂直系と交換して織りあげられる。

30

40

【0004】

複合材ラグ1の長手方向Xの一端部の端末部10には、複合材ラグ1を厚み方向Zに挿通する金属製のプッシング9が嵌着され、このプッシング9の周囲には、前記経糸2が同心円上に巻掛けられるとともに、緯糸3が放射状に張架される。なお、複合材ラグ1は図30では長手方向X一方側のみ示してあり、他方側も一方側と同様の構成を備える。以下の図においても同様である。

【0005】

このような複合材ラグ1のプッシング9にはボルトまたはピンが挿通され、このボルトまたはピンを介して複合材ラグ1に長手方向Xに引張荷重Faが作用すると、図31(a)に示されるように複合材ラグ1に応力が発生する。すなわち、端末部10でプッシング

50

9の周囲に巻掛けられ、中間部11で長手方向Xに延びる経糸2によって、中間部11および端末部10から中間部11にわたって長手方向Xに引張応力 S_1 、 S_2 が生じるとともに、端末部10で周方向に引張応力 S_3 が生じる。また経糸2が引張られることによって、端末部10には放射状に圧縮応力 P_1 が作用する。

【0006】

また前記ボルトを介して複合材ラグ1に長手方向Xに圧縮荷重 F_b が作用すると、図31(b)に示されるように複合材ラグ1に応力が発生する。すなわち、中間部11に、ブッシング9を中心として放射状に圧縮応力 P_2 が生じるとともに、長手方向Xに圧縮応力 P_3 が生じる。

【0007】

このような第1の従来技術では、端末部10でブッシング9の周囲に同心円上に張架され、かつ中間部11で長手方向Xに張架される経糸2によって、引張力 F_a に抗する大きな強度を達成し得るが、端末部10では経糸2が同心円状に張架されるので、端末部10のブッシング9周縁部での繊維体積含有率 V_f が局所的に高くなり、そのために複合材ラグ1全体の繊維体積含有率 V_f を高くすることが困難となり、部材全体として比強度も高くできない。

【0008】

また中間部11では、3次元織物製作治具6のピン12が長手方向Xおよび幅方向Yに平行な格子状配列でよいのに比べて端末部10では、経糸2および緯糸3を巻掛けるためのピン12を円弧状ないしは放射状に配列しなければならないため、中間部11とは異なるピン配列を必要とし、3次元織物製作治具6の製造に手間がかかり、3次元織物製作治具6の製造コストも高価になってしまう。また3次元織物製作治具6の汎用性も低くなる。このような位置によって繊維体積含有率 V_f が異なる複合材ラグ1に対して、繊維体積含有率 V_f の均一な複合材ラグを次に示す。

【0009】

図32は、第2の従来技術の複合材ラグ29の繊維配向状態を簡略化して示す一部の正面図である。複合材ラグ29は、予め強化繊維に合成樹脂を含浸させて半硬化状態にした形成材料であるプリプレグ43~46を積重させて形成される2次元繊維複合材である。プリプレグ43は、図33(1)に示され、バイアス方向 B_1 に複数のバイアス糸32が一様に張架され、プリプレグ44は、図33(2)に示され、バイアス方向 B_2 に複数のバイアス糸33が一様に張架され、プリプレグ45は、図33(3)に示され、長手方向Xに複数の経糸30が一様に張架され、プリプレグ46は、図33(4)に示され、複数の緯糸31が幅方向Yに一様に張架される。このような各プリプレグ43~46は、長手方向に一様に張架された強化繊維に合成樹脂を含浸させた帯状のプリプレグテープを切って幅方向に並べて形成される。たとえばプリプレグ44の場合には、強化繊維が所定領域全面にわたってバイアス方向 B_2 に一様に張架されるように複数のプリプレグテープを幅方向に並べて形成される。他のプリプレグ43、45、46の場合も同様である。このような各プリプレグの積重順序の一例を参照符で最上層から示すと、43/44/45/46/46/45/44/43となり、この状態は図34に示される。このように積重した後、加熱硬化させ、透孔47を形成し、ブッシング36が嵌着されて複合材ラグ29は形成される。このような複合材ラグ29では図28に示される複合材ラグ1と異なり、部材全体で繊維体積含有率 V_f が均一となる。

【0010】

複合材ラグ29に引張荷重 F_a が作用すると、複合材ラグ29には図35(a)に示されるように応力が発生する。すなわち中間部35には長手方向Xに引張応力 S_4 が発生し、端末部34にはブッシング36を中心としてバイアス方向 B_1 、 B_2 および幅方向Yに引張応力 S_5 、 S_6 、 S_7 が発生するとともに、これらの引張応力 S_5 、 S_6 に交差する方向に圧縮応力 P_3 、 P_4 、 P_5 が発生する。また、複合材ラグ29に圧縮荷重 F_b が作用すると、図35(b)に示されるように、中間部35で長手方向Xに圧縮応力 P_6 が生じ、ブッシング36を中心として放射状に圧縮応力 P_7 が発生する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

このような複合材ラグ 2 9 では、引張荷重 F_a が作用したとき、経糸 3 0 が多い場合には、端末部 3 4 に図 3 2 の参照符 4 1 で示されるように剪断破壊が生じ、また経糸 3 0 が少ない場合には、プッシング 3 6 の幅方向 Y 両側で参照符 4 2 で示されるように、引張破壊が生じる。前記剪断破壊を防止するためには、端末部 3 4 の長手方向 X の長さ L_1 を大きくして引張荷重 F_a をうけもつ面積を大きくすればよいが、複合材ラグ 2 9 が大形化してしまう。また前記引張破壊を防止するためには、複合材ラグ 2 9 のプッシング 3 6 の幅方向 Y 両側の幅 L_2 , L_3 を大きくして経糸 3 0 を多くすればよいが、この場合も複合材ラグ 2 9 が大形化してしまう。しかも前記剪断破壊および引張破壊は、破壊モードが脆性的であるため、機械要素として扱いにくく、適用部位が制限されるという問題がある。

10

【 0 0 1 2 】

図 3 6 は、第 3 の従来技術の複合材ラグ 1 3 の一部を示す斜視図である。この複合材ラグ 1 3 は、厚み方向 Z に挿通する金属製のプッシング 2 1 が嵌着される面圧部 2 2 と、面圧部 2 2 の幅方向 Y 両側に連なり、長手方向 X に延びる一対の軸力部 2 3 , 2 4 と、面圧部 2 2 および各軸力部 2 3 , 2 4 の長手方向 X の一端部に連なる端末部 2 5 とに応力分担領域が分割され、図 3 7 (a) ~ 図 3 7 (m) に示される各プリプレグ 1 3 a ~ 1 3 m が選択的に積重されて形成される 2 次元繊維複合材である。各プリプレグ 1 3 a ~ 1 3 m は図 3 7 に示されるように、各応力分担領域が組合せられ、それぞれのプリプレグ 1 3 a ~ 1 3 m に経糸 1 4、緯糸 1 5 またはバイアス糸 1 6 , 1 7 のうちのいずれか 1 つが一様に平行に張架される。複合材ラグ 1 3 は、厚み方向 Z に上下対称であるので、プリプレグ 1 3 a ~ 1 3 m の積重の組合せの一例を最上層から中央まで、各プリプレグの参照符を省略し、アルファベットのみで順に示すと、 $h / i / h / i / k / j / (a + b) / (a + c) / (a + e + m) / (d + f)$ となり、中央から最下層までは上記の組合せの逆となる。このように各プリプレグ 1 3 a ~ 1 3 m を積重させた後、加熱硬化させ、面圧部 2 2 に透孔を形成してプッシング 2 1 を嵌着させて複合材ラグ 1 3 は形成される。

20

【 0 0 1 3 】

このようにして形成された複合材ラグ 1 3 の面圧部 2 2 には、経糸 1 4、緯糸 1 5 およびバイアス糸 1 6 , 1 7 の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、バイアス糸 1 6 , 1 7 は 8 0 %、経糸 1 4 は 1 0 %、緯糸 1 5 は 1 0 % 含有され、軸力部 2 3 , 2 4 には、前記繊維体積含有量に対して、経糸 1 4 は 5 0 %、緯糸 1 5 は 1 0 %、バイアス糸 1 6 , 1 7 は 4 0 % 含有され、端末部 2 5 には、前記繊維体積含有量に対して、経糸 1 4 は 2 0 %、緯糸 1 5 は 2 0 %、バイアス糸 1 6 , 1 7 は 6 0 % 含有される。

30

【 0 0 1 4 】

このような複合材ラグ 1 3 に引張荷重 F_a が作用すると、図 3 8 (a) に示されるように、面圧部 2 2 に引張応力 S_{11} が発生するとともに、面圧部 2 2 から端末部 2 5 にわたってプッシング 2 1 を中心として圧縮応力 P_9 が長手方向 X に発生するとともに、バイアス方向 B 1 , B 2 に圧縮応力 P_{10} , P_{11} が発生する。また端末部 2 5 内には、幅方向 Y に引張応力 S_{12} が発生するとともに、バイアス方向 B 1 , B 2 に引張応力 S_{13} , S_{14} が発生し、端末部 2 5 から各軸力部 2 3 , 2 4 にわたって引張応力 S_{15} , S_{16} が発生するとともに、軸力部 2 3 , 2 4 内で引張応力 S_{17} , S_{18} が発生する。

40

【 0 0 1 5 】

またプッシング 2 1 を介して複合材ラグ 1 3 に圧縮荷重 F_b が作用すると、面圧部 2 2 内に圧縮応力 P_{11} が発生するとともに面圧部 2 2 から軸力部 2 3 にわたってバイアス方向 B 1 に圧縮応力 P_{12} が発生し、面圧部 2 2 から軸力部 2 4 にわたってバイアス方向 B 2 に圧縮応力 P_{14} が発生し、各軸力部 2 3 , 2 4 内に圧縮応力 P_{15} , P_{16} が発生する。

【 0 0 1 6 】

このような複合材ラグ 1 3 では、各応力分担領域 2 2 ~ 2 5 内の繊維体積含有率 V_f が相互に均一で、かつ図 3 2 に示される複合材ラグ 2 9 に比べて端末部 2 5 で経糸 1 4 が選択的に少なく、軸力部 2 3 , 2 4 で経糸 1 4 が選択的に多く含有されるので、複合材ラグ

50

13の構成が大形化することなく剪断破壊および引張破壊に抗することができる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上述の複合材ラグ13では、たとえば図37に示されるプリプレグ13aとプリプレグ13b、13cまたは13mとの組合せにおいて、端末部25と各軸力部23、24との境界部で繊維が途切れ、不連続となる。したがって複合材ラグ13に引張荷重 F_a が作用すると、前記境界部ではマトリックスの強度までしか引張荷重 F_a に耐えることができず、複合材ラグ13全体としての強度が低くなる。

【0018】

本発明の目的は、繊維体積含有率が均一で強度が向上し、容易に製造することができるようにした3次元繊維強化複合材ラグの製造方法を提供することである。

10

【0019】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の本発明は、仮想一平面上で、長手方向に平行に張架される経糸と、長手方向に垂直な幅方向に平行に張架される緯糸と、長手方向または幅方向に関して交差するバイアス方向に平行に張架されるバイアス糸とを、前記仮想一平面に垂直な厚み方向に挿入される垂直糸によって結合して3次元織物が形成され、この3次元織物にマトリックスを充填して一体化させた3次元繊維強化複合材ラグの製造方法において、

前記仮想一平面上で経糸、緯糸およびバイアス糸のいずれかを、予め定める複数の応力分担領域毎に、各応力分担領域に隣接する他の応力分担領域にわたって主たる発生応力に抗する方向に張架して、相互に異なる配向パターンを有する複数の2次元配列糸層が形成され、各2次元配列糸層は、各応力分担領域の前記発生応力に抗する必要強度に応じ、かつ各応力分担領域の繊維体積含有率が相互に均等になるように選択的に積重して3次元織物を形成し、この3次元織物にマトリックスを充填して加熱加圧して硬化させることを特徴としている。

20

【0020】

本発明に従えば、経糸、緯糸およびバイアス糸によって相互に異なる配向パターンを有する複数の2次元配列糸層を積重し、垂直糸を厚み方向に挿入して各2次元配列糸層を結合して3次元織物が形成される。この3次元織物にマトリックスを充填して、3次元繊維強化複合材ラグが形成される。経糸、緯糸およびバイアス糸のいずれかは互いに隣接する応力分担領域にわたって、主たる発生応力に抗する方向に張架される。このように、応力分担領域間の境界部で繊維が途切れることなく連続しているため、複合材ラグに引張荷重が作用したとき、複合材ラグは繊維の強度まで引張荷重に耐えることができ、局所的に複合材ラグの強度が低下することが防がれる。このようにして複合材ラグは繊維の張架方向に作用する引張応力および圧縮応力に抗することができ、強度が向上する。

30

【0021】

また各2次元配列糸層は、各応力分担領域の発生応力に抗する必要強度に応じて選択的に積重されるので、所望の強度を有する部材を容易に製造することができ、さらに2次元配列糸層の組合せを変えることによって、容易に他の必要強度に応じた部材を製造することができ、高い汎用性を有する。

40

【0022】

また各2次元配列糸層は、各応力分担領域における繊維体積含有率が相互に均等になるように選択的に積重されるので、複合材ラグ全体での繊維体積含有率が均一になり、かつ高い繊維体積含有率の複合材ラグを容易に製造することができ、これによって複合材ラグの比強度を高めることができる。

【0023】

さらに、請求項1記載の本発明の前記予め定める複数の応力分担領域は、厚み方向に貫通する透孔を形成してブッシングが嵌着される面圧部と、面圧部の幅方向両側に連なり、長手方向に延びる一対の軸力部と、面圧部および各軸力部の長手方向に連なる端末部と、各軸力部間で、各軸力部に幅方向に連なりかつ面圧部の長手方向他端部に連なり長手方

50

向に延びる中間部とに分割されることを特徴とする。

【0024】

本発明に従えば、面圧部には透孔が形成され、この透孔にブッシングが嵌着される。このブッシングにたとえばボルトなどが嵌まり込み、このボルトを介して複合材ラグの長手方向に引張荷重が作用すると、各軸力部および面圧部から中間部にわたって複合材ラグの長手方向に引張応力が発生するとともに、面圧部から末端部にわたり、ブッシングを中心として放射状に圧縮応力が発生し、末端部内でブッシングを中心として周方向に引張応力が発生する。このとき、末端部から軸力部にわたって繊維が途切れることなく張架されるので、末端部内の引張応力は繊維を介して各軸力部に有効に伝達する。これによって、複合材ラグの強度が向上する。面圧部から各軸力部にわたって張架される繊維によっても同様に、有効に引張応力および圧縮応力が各軸力部に伝達される。

10

【0025】

請求項2記載の本発明の面圧部は、経系、緯系、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、少なくとも70%のバイアス系を含有することを特徴とする。

【0026】

本発明に従えば、面圧部には少なくとも70%のバイアス系が含有されるので、面圧部に発生する引張応力および圧縮応力は効果的に面圧部から軸力部へ伝達され、複合材ラグの強度が向上する。

【0027】

請求項3記載の本発明の軸力部は、経系、緯系、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積量に対して、45～70%の経系と、30～55%のバイアス系とを含有することを特徴とする。

20

【0028】

本発明に従えば、軸力部には30～55%のバイアス系が含有されるので、面圧部および末端部に発生する引張応力および圧縮応力が有効に軸力部に伝達され、また軸力部全面に効率よく分散される。またこの軸力部には軸力部の長手方向に延びる経系が45～70%含有されるので、複合材ラグに作用する引張および圧縮力に対して大きな強度を有する。このように軸力部に多くの経系が含有されることにより、ブッシングを介して複合材ラグの長手方向に引張力が作用したときに生じる引張破壊を防止することができ、軸力部の幅を大きくして部材の形状を大形化することなく、長手方向への引張りに抗することができる。

30

【0029】

請求項4記載の本発明の末端部は、経系、緯系、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、50～80%のバイアス系と、20～50%の経系および緯系とを含有することを特徴とする。

【0030】

本発明に従えば、末端部には50～80%のバイアス系と20～50%の経系および緯系が含有されるので、これによって面圧部に作用する荷重が末端部に伝達されたとき、この荷重を効果的に軸力部へ伝達することができ、複合材ラグの強度が向上する。またこの末端部には、50～80%のバイアス系が含有されるので、ブッシングを介して複合材ラグに引張荷重が作用したとき末端部に発生する圧縮応力による剪断破壊を防止することができる。

40

【0031】

請求項5記載の本発明の中間部は、経系、緯系、バイアス系および垂直系の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、少なくとも70%のバイアス系を含有することを特徴とする。

【0032】

本発明に従えば、中間部には少なくとも70%のバイアス系が含有されるので、面圧部および各軸力部に発生する引張応力および圧縮応力が中間部に効果的に伝達され、複合材

50

ラグの強度が向上する。

【0033】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の実施の一形態の製造方法によって製造された3次元繊維強化複合材ラグ50を示す正面図であり、図2は図1の切断面線II-IIから見た断面図であり、図3は図1の切断面線III-IIIから見た断面図である。図1の紙面に平行な仮想一平面上で、複合材ラグ50の長手方向Xに平行に張架される経糸51と、長手方向Xに垂直な幅方向Yに平行に張架される緯糸52と、長手方向Xに関して $\pm 45^\circ$ でそれぞれ交差する各バイアス方向B1, B2に張架されるバイアス糸53, 54が、所定の配向パターンに張架されて2次元配列糸層が形成され、互いに異なる配向パターンを有する2次元配列糸層が必要強度に応じ、かつ繊維体積含有率 V_f が相互に均等になるように、選択的に積重され、その後前記仮想一平面に垂直な厚み方向Zに交互に折返した状態で挿入される垂直糸62によって各2次元配列糸層が結合されて3次元織物が形成される。この3次元織物にマトリックス61を充填して一体化させて複合材ラグ50は形成される。2次元配列糸層は複数の応力分担領域に分割され、経糸51、緯糸52およびバイアス糸53, 54のいずれかは、各応力分担領域に隣接する他の応力分担領域にわたって主たる発生応力に抗する方向に張架される。

10

【0034】

前記予め定める複数の応力分担領域は、厚み方向Zに貫通する透孔55を形成して金属製のブッシング56a, 56bが嵌着され、複合材ラグ50の長手方向X一端部(図1の左方)および複合材ラグ50の長手方向X他端部付近にそれぞれ設けられる面圧部57a, 57bと、面圧部57a, 57bの幅方向Yの両側に連なり、長手方向Xに延びる一対の軸力部58a, 58bと、面圧部57aおよび各軸力部58a, 58bの長手方向X一端部に連なる端部59aと、面圧部57bおよび各軸力部58a, 58bの長手方向X他端部に連なる端部59bと、各軸力部58a, 58b間で、各軸力部58a, 58bに幅方向Yに連なり、かつ各面圧部57a, 57bの長手方向Xに連なって長手方向Xに延びる中間部60とに分割される。

20

【0035】

経糸51、緯糸52、バイアス糸53, 54および垂直糸62は、たとえばガラス、炭素、ポロン、アルミナ、チタン酸カリウム、シリカまたはジルコニアなどの無機繊維、あるいは全芳香族ポリアミド(アラミド)、全芳香族ポリエステル、超高分子量ポリエチレン、高強度ビニロンまたは高強度アクリルなどの有機繊維、あるいは鋼またはステンレス鋼などの金属繊維などから成り、マトリックス61としてはフェノール樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ビスマレイミド(BMI)またはビニルエステル樹脂などの熱硬化性樹脂、あるいはポリアミド(PA)、ポリアセタール(POM)、ポリブチレンテレフタレート(PBT)、ポリカーボネート(PC)、ポリフェニレンサルファイド(PPS)、ポリエーテルスルホン(PES)、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリエーテルイミド(PEI)またはポリアミドイミド(PAI)などの熱可塑性樹脂から成る。

30

【0036】

複合材ラグ50の中間部60の幅L4はたとえば40mmに選ばれ、各軸力部58a, 58bの幅L5はたとえば15mmに選ばれ、ブッシング56a, 56bが嵌着される透孔55の直径Dはたとえば30mmに選ばれる。

40

【0037】

次に図4~図26に、相互に異なる2次元配列糸層の各配向パターンA1~F2を図示する。各配向パターンA1~F2は、3次元織物製作治具65上に糸を張架させて形成される。この3次元織物製作治具65は、複合材ラグ50よりも大きい平面形状を有する基板66と、この基板66上に立設される複数の筒状のピン67とから成り、このピン67は格子状に一樣に基板66上に立設される。各配向パターンA1~F2は、これらのピン67間に糸を張架させて形成される。

50

【 0 0 3 8 】

図4は、パターンA1の配向パターンを示す正面図である。パターンA1では一本の糸70が折返されて、バイアス方向B1に平行に複合材ラグ50を覆うように全面に一様に張架される。このような糸70によって、面圧部57a, 57bに発生する引張応力は、隣接する応力分担領域に伝達される。パターンA1では一本の糸70を折返して張架したが、一本に限らず二本以上の糸を折返して一様に張架してもよく、また複数の糸を折返さず一様に張架してもよい。これらは適宜選択して使い分けてよい。以下の配向パターンについても同様である。

【 0 0 3 9 】

図5はパターンA2の配向パターンを示す正面図であり、パターンA2は図4のパターンA1を左右反転させたものであり、糸70がバイアス方向B2に平行に一様に張架される。

10

【 0 0 4 0 】

図6はパターンA3の配向パターンを示す正面図であり、パターンA3は中間部60を避けて糸106, 113が折返されてバイアス方向B1に一様に張架される。図7はパターンA4の配向パターンを示す正面図であり、パターンA4は図6のパターンA3を左右反転させたものであり、糸106, 113がバイアス方向B2に一様に張架される。

【 0 0 4 1 】

図8は、パターンB1の配向パターンを示す正面図である。パターンB1では、端末部59aでバイアス方向B1に張架される糸71が、軸力部58aとの境界線72で折返され、軸力部58a内で長手方向Xに張架され、さらに端末部59bとの境界線73で折返されて端末部59b内で再びバイアス方向B1に張架される。端末部59aから面圧部57aにバイアス方向B1に入る糸78は、各面圧部57a, 57bおよび中間部60と、各軸力部58a, 58bとの境界線76, 77間で折返され、面圧部57a, 57b、中間部60および各端末部59a, 59b内でバイアス方向B1に一様に張架され、軸力部58b内で長手方向Xに一様に張架される。このような糸71, 78によって、端末部59a, 59b内のバイアス方向B1の引張応力は各軸力部58a, 58bに伝達される。

20

【 0 0 4 2 】

図9は、パターンB2の配向パターンを示す正面図である。パターンB2は、図8に示されるパターンB1に類似し、端末部59aにバイアス方向B1に入る糸83は、パターンB1の糸71と同様であり、パターンB2の糸84は、パターンB1の糸78と一部異なり、中間部60を避けて端末部59a, 59bおよび面圧部57a, 57b内でバイアス方向B1に一様に張架され、軸力部58bで長手方向Xに一様に張架される。

30

図10はパターンB3の配向パターンを示す正面図であり、パターンB3は、図8に示されるパターンB1の上下を反転したものである。図11はパターンB4の配向パターンを示す正面図であり、パターンB4は図9に示されるパターンB2の上下を反転したものである。図12はパターンB5の配向パターンを示す正面図であり、パターンB5は図11に示されるパターンB4を左右に反転したものである。図13はパターンB6の配向パターンを示す正面図であり、パターンB6は図9に示されるパターンB2を左右に反転したものである。

40

【 0 0 4 3 】

軸力部58a, 58bでは長手方向Xに張架し、それ以外ではバイアス方向B1, B2に張架する場合には、軸力部58a, 58bで長手方向Xに張架され、それ以外では、バイアス方向B1に張架されるパターンB1と、軸力部58a, 58b以外ではバイアス方向B2に張架されるパターンB3とを組み合わせる。この際、軸力部58a, 58bとの境界線76, 77上の各ピン67上で折返される糸はパターンB1とパターンB3とでは互いに1ピッチずれているので、パターンB1とパターンB3とを組み合わせるときに、境界線76, 77のピン67に作用する荷重が分散される。

【 0 0 4 4 】

中間部60には糸が張架されず、軸力部58a, 58bでは長手方向Xに、それ以外で

50

はバイアス方向 B 1 , B 2 に張架される場合には、パターン B 2 とパターン B 6 とを、またはパターン B 4 とパターン B 5 とを組み合わせる。この場合も前述と同様に境界線 7 6 , 7 7 上のピン 6 7 に作用する荷重が分散される。

【 0 0 4 5 】

図 1 4 は、パターン C 1 の配向パターンを示す正面図である。末端部 5 9 a と軸力部 5 8 a との境界線 7 2 寄りの末端部 5 9 a から幅方向 Y に入る糸 7 8 は、複数回折返されて末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に張架され、面圧部 5 7 a 、中間部 6 0 および面圧部 5 7 b 内で、境界線 7 5 , 7 6 上で複数回折返されてバイアス方向 B 1 に一様に張架され、末端部 5 9 b 内で複数回幅方向 Y に折返されて幅方向 Y に張架されて下方から出る。

【 0 0 4 6 】

糸 8 8 は、軸力部 5 8 a 内で複数回折返されて長手方向 X に一様に張架され、末端部 5 9 b 内で複数回折返されて幅方向 Y に一様に張架される。糸 9 1 は、前述の糸 8 8 と対称に張架され、軸力部 5 8 b 内で複数回折返されて長手方向 X に一様に張架され、末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に複数回折返されて、末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に一様に張架される。

【 0 0 4 7 】

図 1 5 は、パターン C 2 の配向パターンを示す正面図である。パターン C 2 は前述のパターン C 1 に類似し、糸 9 2 はパターン C 1 の糸 8 8 と同様に、軸力部 5 8 a 内で長手方向 X に一様に張架され、末端部 5 9 b 内で幅方向 Y に一様に張架される。糸 9 3 は、パターン C 1 の糸 9 1 と同様に、軸力部 5 8 b 内で長手方向 X に一様に張架され、末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に一様に張架される。末端部 5 9 a に上方から面圧部 5 7 a の左端寄りから入る糸 9 4 は、末端部 5 9 a 内で、幅方向 Y に張架され、軸力部 5 8 a 寄りの端部から面圧部 5 7 a 内に入り、バイアス方向 B 1 に折返されて、面圧部 5 7 a 、中間部 6 0 および面圧部 5 7 b 内で複数回折返されてバイアス方向 B 1 に一様に張架され、面圧部 5 7 b の右端部に達すると幅方向 Y に折返され、末端部 5 9 b 内で複数回折返されて幅方向 Y に張架され、末端部 5 9 b の軸力部 5 8 b 寄りの端部から下方に出される。

【 0 0 4 8 】

図 1 4 および図 1 5 に示されるパターン C 1 およびパターン C 2 は互いに類似した配列パターンであるが、境界線 7 6 , 7 7 上で折返され面圧部 5 7 a , 5 7 b および中間部 6 0 内で張架される糸 7 8 , 9 4 は、パターン C 1 とパターン C 2 とでは折返されるピン 6 7 が、境界線 7 6 , 7 7 上で互いに 1 ピッチずれているので、パターン C 1 とパターン C 2 の 2 次元配列糸層を組合せることによって、張架した糸 7 8 , 9 4 によって境界線 7 6 , 7 7 上のピン 6 7 に作用する荷重が分散される。

【 0 0 4 9 】

図 1 6 は、パターン C 3 の配向パターンを示す正面図である。パターン C 3 は図 1 4 に示されるパターン C 1 に類似し、糸 9 0 はパターン C 1 の糸 9 1 に上下対称に張架され、軸力部 5 8 a 内で長手方向 X に張架され、末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に張架される。また糸 9 5 は、パターン C 1 の糸 8 8 に上下対称に張架され、軸力部 5 8 b 内で長手方向 X に張架され、末端部 5 9 b 内で幅方向 Y に張架される。また末端部 5 9 b の左端部の上方から入る糸 9 6 は、パターン C 1 の糸 7 8 に左右対称に張架され、末端部 5 9 b 内で幅方向 Y に張架され、面圧部 5 7 b 、中間部 6 0 および面圧部 5 7 a 内でバイアス方向 B 2 に一様に張架され、末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に張架されて下方から出される。

【 0 0 5 0 】

図 1 7 は、パターン C 4 の配向パターンを示す正面図である。パターン C 4 は図 1 5 に示されるパターン C 2 に類似し、糸 9 7 はパターン C 2 の糸 9 3 に上下対称に張架され、軸力部 5 8 a 内で長手方向 X に張架され、末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に張架される。また糸 9 8 は、パターン C 2 の糸 9 2 に上下対称に張架され、軸力部 5 8 b 内で長手方向 X に張架され、末端部 5 9 b 内で幅方向 Y に張架される。また糸 9 9 は、パターン C 2 の糸 9 4 に左右対称に張架され、末端部 5 9 b 内で幅方向 Y に張架され、面圧部 5 7 b 、中間部 6 0 および面圧部 5 7 a 内でバイアス方向 B 2 に一様に張架され、末端部 5 9 a 内で幅方向 Y に張架される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

パターン C 3 とパターン C 4 とは類似しているが、境界線 7 6 , 7 7 上のピン 6 7 で折返される系 9 6 , 9 9 は、互いに 1 ピッチずれているので、パターン C 3 とパターン C 4 とを組合せることによって、境界線 7 5 , 7 6 上のピン 6 7 に作用する荷重が分散される。

【 0 0 5 2 】

同様に、軸力部 5 8 a と各末端部 5 9 a , 5 9 b との境界線 7 2 , 7 3 および軸力部 5 8 b と各末端部 5 9 a , 5 9 b との境界線 7 4 , 7 5 に関しても、パターン C 1 またはパターン C 2 と、パターン C 3 またはパターン C 4 とを組合せることによって、境界線 7 2 ~ 7 5 上のピン 6 7 に作用する荷重が分散される。

10

【 0 0 5 3 】

図 1 8 はパターン C 5 の配向パターンを示す正面図であり、パターン C 5 は図 1 4 に示されるパターン C 1 に類似し、系 7 8 が中間部 6 0 を避けて張架される点が異なる。図 1 9 はパターン C 6 の配向パターンを示す正面図であり、パターン C 6 は図 1 5 に示されるパターン C 2 に類似し、系 9 4 が中間部 6 0 を避けて張架される点が異なる。図 2 0 はパターン C 7 の配向パターンを示す正面図であり、パターン C 7 は図 1 6 に示されるパターン C 3 に類似し、系 9 6 が中間部 6 0 を避けて張架される点が異なる。図 2 1 はパターン C 8 の配向パターンを示す正面図であり、パターン C 8 は図 1 7 に示されるパターン C 4 に類似し、系 9 9 が中間部 6 0 を避けて張架される点が異なる。これらのパターン C 5 ~ C 8 も、前述のパターン C 1 ~ C 4 と同様に、互いに組合せることによって境界線 7 2 ~ 7 7 上のピン 6 7 に作用する荷重を分散させることができる。

20

【 0 0 5 4 】

図 2 2 は、パターン D 1 の配向パターンを示す正面図である。パターン D 1 では、一本の系 1 0 0 が折返されるか、複数の系が一様に長手方向 X に張架される。このような系 1 0 0 によって、複合材ラグ 5 0 の長手方向 X への引張荷重 F_a に大きな力で抗することができる。

【 0 0 5 5 】

図 2 3 はパターン D 2 の配向パターンを示す正面図であり、パターン D 2 は図 2 2 に示されるパターン D 1 に類似し、系 1 0 7 , 1 0 8 が中間部 6 0 を避けて張架される点異なる。

30

【 0 0 5 6 】

図 2 4 は、パターン E の配向パターンを示す正面図である。末端部 5 9 a の左方から入る系 1 0 8 は、末端部 5 9 a、軸力部 5 8 a および末端部 5 9 b 内で長手方向 X に張架され、末端部 5 9 b の右方から入る系 1 1 0 は末端部 5 9 b、軸力部 5 8 b および末端部 5 9 a 内で長手方向 X を一様に張架される。

【 0 0 5 7 】

図 2 5 は、パターン F 1 の配向パターンを示す正面図である。軸力部 5 8 a の左端部へ上方から入る系 1 0 3 は、面圧部 5 7 a 寄りのピン 1 0 4 に巻掛けられて長手方向 X に張架され、軸力部 5 8 a 内で複数回折返されて軸力部 5 8 a 内で長手方向 X に一様に張架される。また軸力部 5 8 b の左端部から上方に入る系 1 0 5 は、系 1 0 3 に上下対象に張架され、面圧部 5 7 a 寄りのピン 1 0 6 に巻掛けられて長手方向 X に張架され、軸力部 5 8 b 内で複数回折返されて軸力部 5 8 b 内で長手方向 X に一様に張架される。

40

【 0 0 5 8 】

図 2 6 はパターン F 2 の配向パターンを示す正面図であり、パターン F 2 は図 2 5 に示されるパターン F 1 に類似し、軸力部 5 8 a の右端部から下方に入る系 1 0 7 は、パターン F 1 の系 1 0 3 に左右対称に張架され、軸力部 5 8 b の右端部から上方に入る系 1 0 8 は、パターン F 1 の系 1 0 5 に左右対称に張架される。

【 0 0 5 9 】

このように図 2 5 に示されるパターン F 1 と図 2 6 に示されるパターン F 2 とは類似しているが、境界線 7 2 ~ 7 5 上に配置されるピン 6 7 に巻掛けられる系が、パターン F 1

50

とパターンF 2とでは1ピッチずれているので、パターンF 1とパターンF 2とを組合せることによって前記ピン6 7に作用する荷重を分散させることができる。このようなパターンF 1, F 2は、軸力部5 8 a, 5 8 bから末端部5 9 a, 5 9 bにわたって糸が張架されていないが、これらのパターンF 1, F 2の2次元配列糸層は、複合材ラグ5 0の各軸力部5 8 a, 5 8 bの厚みを調整するために補足的に積重する2次元配列糸層である。

【0060】

以上のようなパターンA 1～F 2の配向パターンを有する2次元配列糸層を選択的に積重し、垂直糸6 2によって各2次元配列糸層を結合することによって3次元織物が形成される。

【0061】

3次元織物製織治具6 5は長手方向Xおよび幅方向Yに間隔pをあけて格子状にピン6 7が立設されるので、図2 7(a), (b)に示されるように、互いに隣接する経糸5 1および緯糸5 2の間隔W 1, W 2は、 $W 1 = W 2 = p$ となる。しかしながら、長手方向Xに対して $\pm 45^\circ$ の角度で張架される各バイアス糸5 3, 5 4の間隔W 3, W 4は、図2 7(c), (d)に図示されるように $W 3 = W 4 = p / \sqrt{2}$ となる。このとき、マトリックス6 1および各糸5 1～5 4を含む複合材に対する繊維の体積の割合である繊維体積含有率 V_f を一定とし、繊維として経糸5 1または緯糸5 2のみを含む複合材の厚みをtとすると、繊維としてバイアス糸5 3または5 4のみを含む複合材の厚みは $\sqrt{2}t$ となる。したがって経糸5 1または緯糸5 2を含む2次元織物複合材と、バイアス糸5 3または5 4を含む2次元織物複合材との厚さの比率はほぼ1 : $\sqrt{2}$ になる。本実施形態の3次元織物にマトリックス6 1を充填して複合材ラグ5 0を形成する場合にも同様に、繊維体積含有率 V_f は一定となるので、各2次元配列糸層を組合せる場合に、各部位の厚さが均等になるように選択して積重する必要があり、たとえば経糸5 1の割合が比較的多い軸力部5 8 a, 5 8 bには、前述のパターンF 1またはF 2を積重させて厚みを調整する必要がある。なお、本実施形態の3次元織物製織治具6 5の各ピン6 7の格子間隔pは3 mmである。

【0062】

次に上記の点を考慮した2次元配列糸層の組合せの1例を示す。また複合材ラグ5 0は厚み方向Zに関して対称なので、2次元配列糸層の組合せの例は最上層から厚み方向Z中央の層までを示し、厚み方向Z下方の層に関しては上方の層を逆転させた組合せとなり、省略する。

【0063】

したがって2次元配列糸層の各パターンA 1～F 2の組合せの1例を、最上層から中央層まで参照符で順に示すと、A 3 / E / C 8 / B 2 / A 4 / C 5 / F 1 / B 4 / A 3 / B 6 / D 2 / A 4 / B 5 / A 1 / E / C 3 / B 1 / A 2 / C 2 / F 2 / B 3 / A 1 / B 3 / D 1 / A 2 / B 1となる。なおこの組合せにおいて、最上層から1 3層目までは中間部6 0が形成されておらず、1 4層目から2 6層目までは中間部6 0を含んだ2次元配列糸層である。このような組合せの2次元配列糸層を、3次元織物製作治具6 5上に順次積重させ、その後3次元織物製作治具6 5の端部のピン6 7に垂直糸6 2を挿通させ、このピン6 7を抜き、次に隣接するピン6 7に垂直糸6 2を折返し挿通し、垂直糸6 2と隣接するピン6 7とを順次交換して、全てのピン6 7を垂直糸6 2と交換して、各2次元配列糸層を垂直糸6 2によって結合して3次元織物が形成される。

【0064】

このように形成された3次元織物の面圧部5 7 a, 5 7 bには、経糸5 1、緯糸5 2、バイアス糸5 3, 5 4および垂直糸6 2の縦繊維が占める繊維体積含有量に対して、少なくとも70%のバイアス糸5 3, 5 4を含有し、軸力部5 8 a, 5 8 bには、繊維体積含有量に対して45～70%の経糸5 1と、30～55%のバイアス糸5 3, 5 4とを含有し、末端部5 9 a, 5 9 bには、繊維体積含有量に対して50～80%のバイアス糸5 3, 5 4と、20～50%の経糸5 1および緯糸5 2とを含有し、中間部6 0には、繊維体積含有量に対して少なくとも70%のバイアス糸5 3, 5 4を含有する。

10

20

30

40

50

【0065】

このように形成された3次元織物は、金型に置いてその上からマトリックス61が充填され、加熱加圧硬化され、その後、各透孔55a, 55bが形成されて、この透孔55a, 55bに金属性のプッシング56a, 56bがそれぞれ嵌着され、外周が加工されて複合材ラグ50は製造される。

【0066】

このようにして製造された複合材ラグ50に、プッシング56a, 56bを介して互いに離反する方向に引張荷重Faが作用すると、図28(a)に示されるように応力が発生する。すなわち、面圧部57aおよび中間部60で引張応力S2が発生するとともに、プッシング56aを中心とし、面圧部57aから末端部59aにわたって長手方向Xに圧縮応力P20が発生するとともに、バイアス方向B1, B2方向に圧縮応力P21, P22が発生する。さらに末端部59a内では、幅方向Yに引張応力S21が発生するとともに、バイアス方向B1, B2に引張応力S22, S23が発生し、さらに末端部59aから軸力部58aおよび58bにわたって引張応力S24, S25が発生し、軸力部58a, 58b内で引張応力S26, S27が発生する。またプッシング56a, 56bを介して互いに近接する方向に複合材ラグ50に圧縮荷重Fbが作用すると、図28(b)に示されるように面圧部57aおよび中間部60に圧縮応力P23が発生するとともに、面圧部57aから軸力部58aおよび58bにわたって圧縮応力P24, P25が発生し、軸力部58a, 58b内で圧縮応力P26, P27が発生する。

【0067】

図28(a)に示されるように、複合材ラグ50に引張荷重Faが作用したとしても、末端部59aから軸力部58a, 58bにわたって糸が張架されるので、末端部59aに発生する引張応力は前記糸によって軸力部58a, 58bに有効に伝達される。プリプレグによって形成される第3の従来技術の複合材ラグ13のように、末端部25と軸力部23, 24との境界部で糸が途切れていないので、本実施形態の複合材ラグ50では、末端部59aと軸力部58a, 58bとの境界部で強度が低下することなく、糸の強度まで引張荷重Faに耐えることができる。

【0068】

また複合材ラグ50に引張荷重Faまたは圧縮荷重Fbが作用したとき、プッシング56a, 56b近傍の応力は軸力部58a, 58bに伝達されるので、中間部60の応力分担が少なくなる。したがって図3に示されるように中間部60の厚みT1は、複合材ラグ50の厚みT2の約半分になっており、複合材ラグ50の重量がこれによって軽減される。また中間部60は、長手方向X両端部が、バイアス方向B1, B2に平行でプッシング56a, 56bに向けて凸となるように形成されるので、面圧部57a, 57bに作用する引張および圧縮荷重Fa, Fbが有効に軸力部58a, 58bに伝達される。

【0069】

また複合材ラグを第3の従来技術のようにプリプレグによって形成するのではなく、仮に3次元織物製織治具によって図29に示されるように面圧部57aと軸力部58a, 58bとの境界部で糸を折返して3次元織物を形成し、マトリックスを充填して複合材ラグを形成したとしても、前記境界部ではマトリックスの強度までしか引張荷重に耐えることができず、複合材ラグ全体としての強度が低下し、本発明の効果は達成できない。

【0070】

また本実施形態の複合材ラグ50では、軸力部58a, 58b、面圧部57a, 57b、末端部59a, 59bおよび中間部60での繊維体積含有率 V_f が相互に均等になるように各2次元配列系層が選択的に積重され、複合材ラグ50全体の繊維体積含有率 V_f が均一となるので、部分的に繊維体積含有率 V_f が低下するといったことが防がれ、比強度が向上し、これによって引張荷重Faおよび圧縮荷重Fbに大きな力で抗することができる。図28で示される第1の従来技術のように比強度が低下すると言った問題が解消される。また各2次元配列系層を、前述のようにパターンB1~B6, C1~C8およびパターンF1, F2を組合せることによって、境界線72~77上の各ピン67に作用する荷重

10

20

30

40

50

が分散される。また、ピン 67 が 3 次元織物製作治具 65 上で一様に立設されるので、ブッシング 56 が挿通される透孔 55 の位置が変わるなど、複合材ラグ 50 の形状が変化したとしても、3 次元織物製作治具 65 を新規に製作する必要なく、3 次元織物製作治具 65 の汎用性が高くなる。

【0071】

また軸力部 58a, 58b には多くの経系 51 が含まれるので、軸力部 58a, 58b の幅 L5 を大きくすることなく、引張荷重 Fa による引張破壊に十分に抗することができる。また複合材ラグ 50 の小形化を図ることができる。また端末部 59a, 59b には経系 51 に比べて多くのバイアス系 53, 54 が含まれるので、端末部 59a, 59b の長手方向 X の長さを大きくすることなく剪断破壊に抗することができる。

10

【0072】

【発明の効果】

請求項 1 記載の本発明によれば、経系、緯系およびバイアス系のいずれかは互いに隣接する応力分担領域にわたって、主たる発生応力に抗する方向に張架される。このように、応力分担領域間の境界部で繊維が途切れることなく連続しているので、複合材ラグに引張荷重が作用したとき、複合材ラグは繊維の強度まで引張荷重に耐えることができ、局所的に複合材ラグの強度が低下することが防がれる。このようにして複合材ラグは繊維の張架方向に作用する引張応力および圧縮応力に抗することができ、強度が向上する。

【0073】

また各 2 次元配列系層は、各応力分担領域の発生応力に抗する必要強度に応じて選択的に積重されるので、所望の強度を有する部材を容易に製造することができ、さらに 2 次元配列系層の組合せを変えることによって、容易に他の必要強度に応じた部材を製造することができ、高い汎用性を有する。

20

【0074】

また各 2 次元配列系層は、各応力分担領域における繊維体積含有率が相互に均等になるように選択的に積重されるので、複合材ラグ全体での繊維体積含有率が均一になり、かつ高い繊維体積含有率の複合材ラグを容易に製造することができ、これによって複合材ラグの比強度を高めることができる。

【0075】

さらに、請求項 1 記載の本発明によれば、端末部から軸力部にわたって繊維が途切れることなく張架されるので、端末部内の引張応力は繊維を介して各軸力部に有効に伝達する。これによって、複合材ラグの強度が向上する。面圧部から各軸力部にわたって張架される繊維によっても同様に、有効に引張応力および圧縮応力が各軸力部に伝達される。

30

【0076】

請求項 2 記載の本発明によれば、面圧部には少なくとも 70% のバイアス系が含有されるので、面圧部に発生する引張応力および圧縮応力は効果的に面圧部から軸力部へ伝達され、複合材ラグの強度が向上する。

【0077】

請求項 3 記載の本発明によれば、軸力部には 30 ~ 55% のバイアス系が含有されるので、面圧部および端末部に発生する圧縮応力および引張応力が有効に軸力部に伝達され、また軸力部全面に効率よく分散される。またこの軸力部には軸力部の長手方向に延びる経系が 45 ~ 70% 含有されるので、複合材ラグに作用する引張および圧縮力に対して大きな強度を有する。このように軸力部に多くの経系が含有されることにより、ブッシングを介して複合材ラグの長手方向に引張力が作用したときに生じる引張破壊を防止することができ、軸力部の幅を大きくして部材の形状を大形化することなく、長手方向への引張りに抗することができる。

40

【0078】

請求項 4 記載の本発明によれば、端末部には 50 ~ 80% のバイアス系と 20 ~ 50% の経系および緯系が含有されるので、これによって面圧部に作用する荷重が端末部に伝達されたとき、この荷重を効果的に軸力部へ伝達することができ、複合材ラグの強度が向上

50

する。またこの端末部には、50～80%のバイアス糸が含有されるので、ブッシングを介して複合材ラグに引張荷重が作用したとき端末部に発生する圧縮応力による剪断破壊を防止することができる。

【0079】

請求項5記載の本発明によれば、中間部には少なくとも70%のバイアス糸が含有されるので、面圧部および各軸力部に発生する圧縮応力および引張応力が中間部に効果的に伝達され、複合材ラグの強度が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の一形態の製造方法によって製造された3次元繊維強化複合材ラグ50を示す正面図である。

10

【図2】 図1の切断面線II-IIから見た断面図である。

【図3】 図1の切断面線III-IIIから見た断面図である。

【図4】 パターンA1の配向パターンを示す正面図である。

【図5】 パターンA2の配向パターンを示す正面図である。

【図6】 パターンA3の配向パターンを示す正面図である。

【図7】 パターンA4の配向パターンを示す正面図である。

【図8】 パターンB1の配向パターンを示す正面図である。

【図9】 パターンB2の配向パターンを示す正面図である。

【図10】 パターンB3の配向パターンを示す正面図である。

【図11】 パターンB4の配向パターンを示す正面図である。

20

【図12】 パターンB5の配向パターンを示す正面図である。

【図13】 パターンB6の配向パターンを示す正面図である。

【図14】 パターンC1の配向パターンを示す正面図である。

【図15】 パターンC2の配向パターンを示す正面図である。

【図16】 パターンC3の配向パターンを示す正面図である。

【図17】 パターンC4の配向パターンを示す正面図である。

【図18】 パターンC5の配向パターンを示す正面図である。

【図19】 パターンC6の配向パターンを示す正面図である。

【図20】 パターンC7の配向パターンを示す正面図である。

【図21】 パターンC8の配向パターンを示す正面図である。

30

【図22】 パターンD1の配向パターンを示す正面図である。

【図23】 パターンD2の配向パターンを示す正面図である。

【図24】 パターンEの配向パターンを示す正面図である。

【図25】 パターンF1の配向パターンを示す正面図である。

【図26】 パターンF2の配向パターンを示す正面図である。

【図27】 経糸51、緯糸52、バイアス糸53, 54の間隔W1～W4を示す正面図である。

【図28】 複合材ラグ50に引張荷重Faおよび圧縮荷重Fbが作用したときの発生応力を示す模式図である。

【図29】 境界部で折返された2次元配列糸層の繊維配向状態を簡略化して示す一部の正面図である。

40

【図30】 第1の従来技術である複合材ラグ1の繊維配向状態を簡略化して示す一部の正面図である。

【図31】 複合材ラグ1に引張荷重Faおよび圧縮荷重Fbが作用したときの発生応力を示す模式図である。

【図32】 第2の従来技術である複合材ラグ29の繊維配向状態を簡略化して示す一部の正面図である。

【図33】 複合材ラグ29のプリプレグ43～46を示す正面図である。

【図34】 プリプレグ43～46の積重状態を示す分解斜視図である。

【図35】 複合材ラグ29に引張荷重Faおよび圧縮荷重Fbが作用したときの発生応

50

力を示す模式図である。

【図36】 第3の従来技術である複合材ラグ13の一部を示す斜視図である。

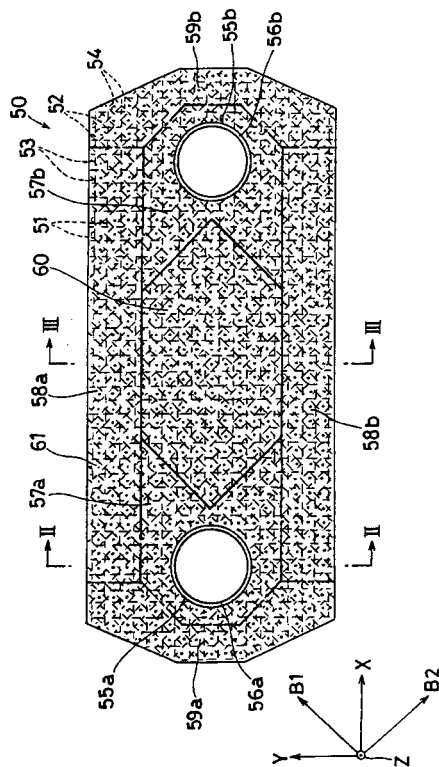
【図37】 複合材ラグ13の各プリプレグ13a~13mを示す正面図である。

【図38】 複合材ラグ35に引張荷重F aおよび圧縮荷重F bが作用したときの発生応力を示す模式図である。

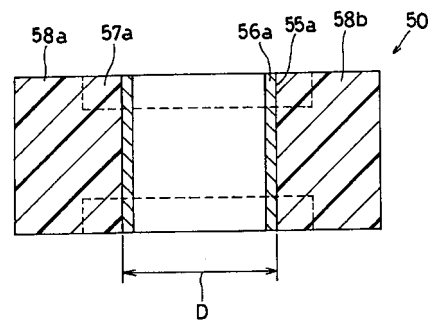
【符号の説明】

- 50 3次元繊維強化複合材ラグ
- 51 経糸
- 52 緯糸
- 53, 54 バイアス糸
- 55a, 55b 透孔
- 56a, 56b ブッシング
- 57a, 57b 面圧部
- 58a, 58b 軸力部
- 59a, 59b 端末部
- 60 中間部
- 61 マトリックス
- 62 垂直糸

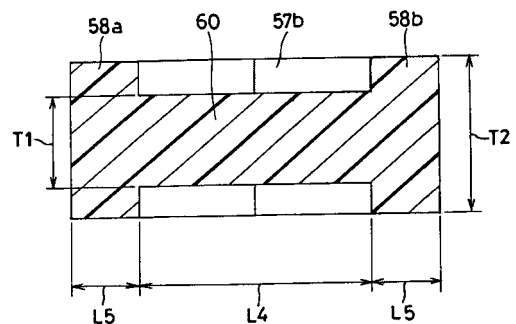
【図1】



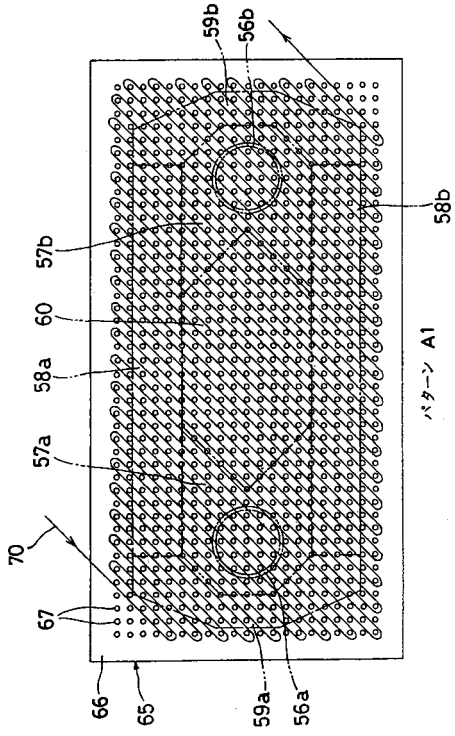
【図2】



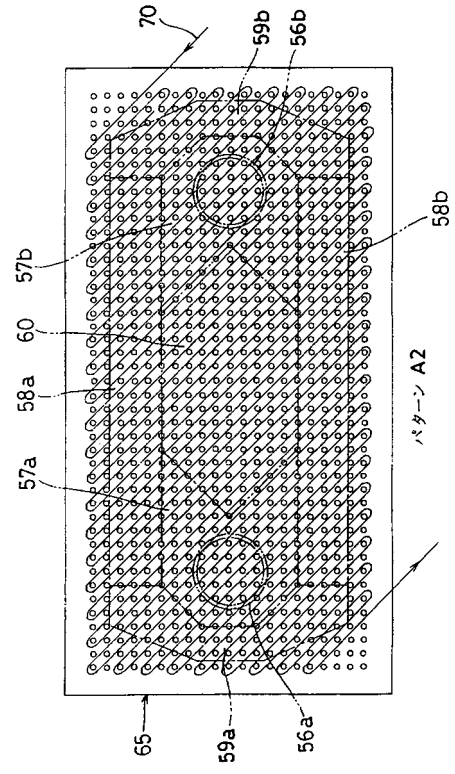
【図3】



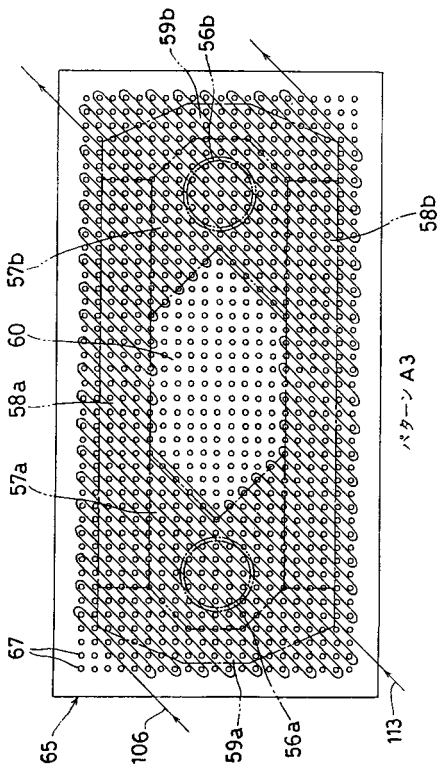
【 図 4 】



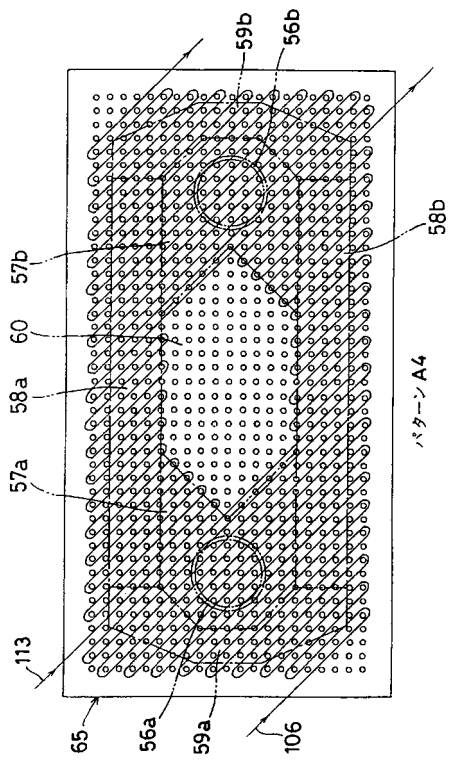
【 図 5 】



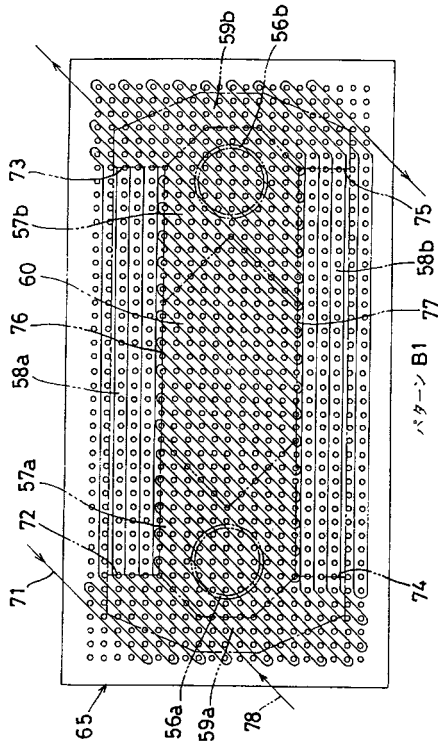
【 図 6 】



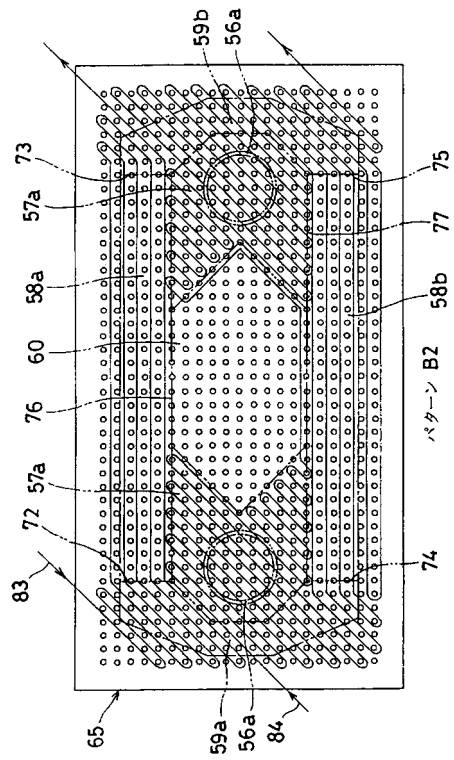
【 図 7 】



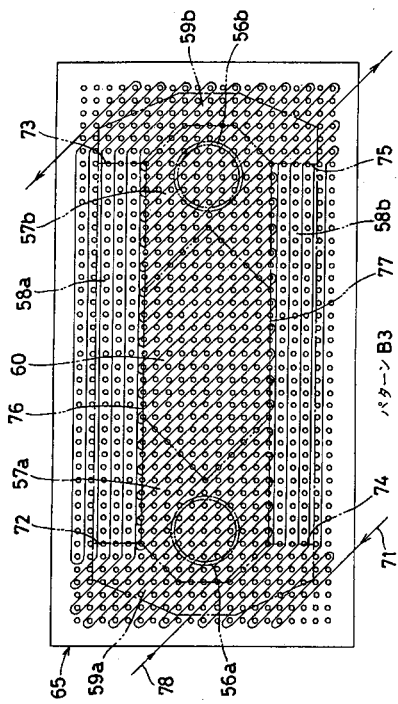
【図 8】



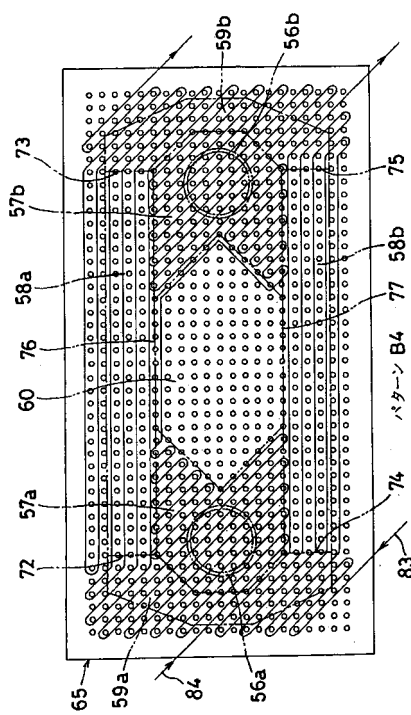
【図 9】



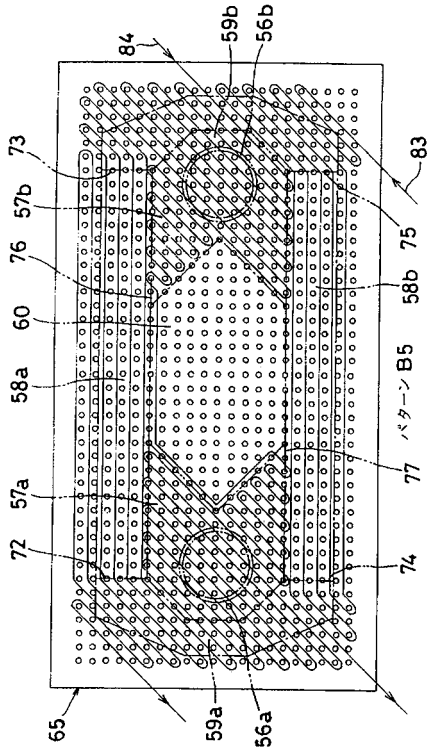
【図 10】



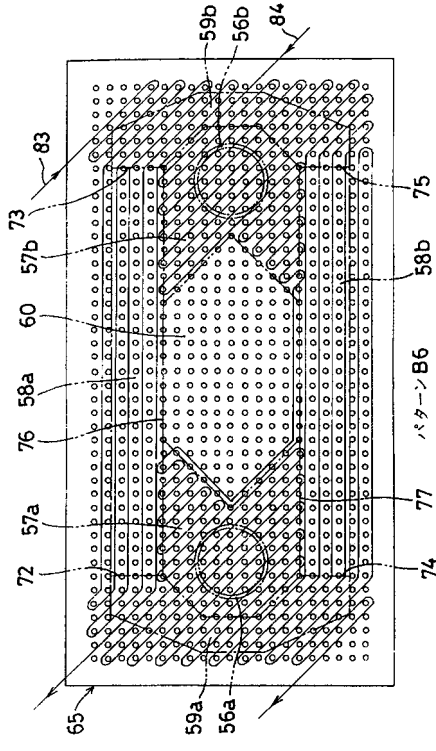
【図 11】



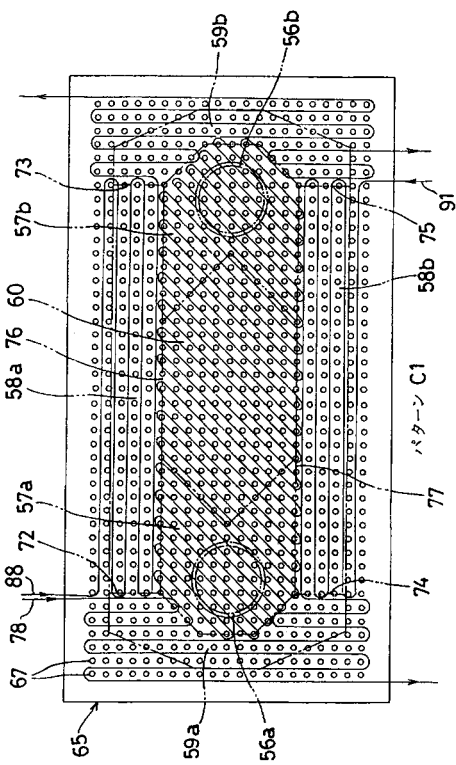
【図12】



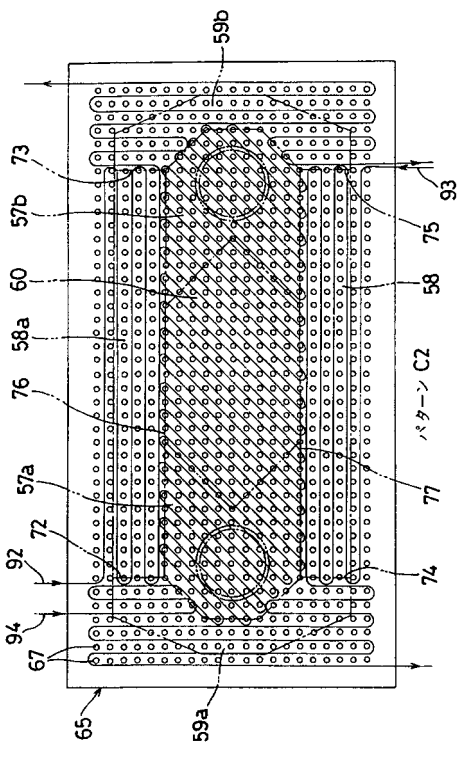
【図13】



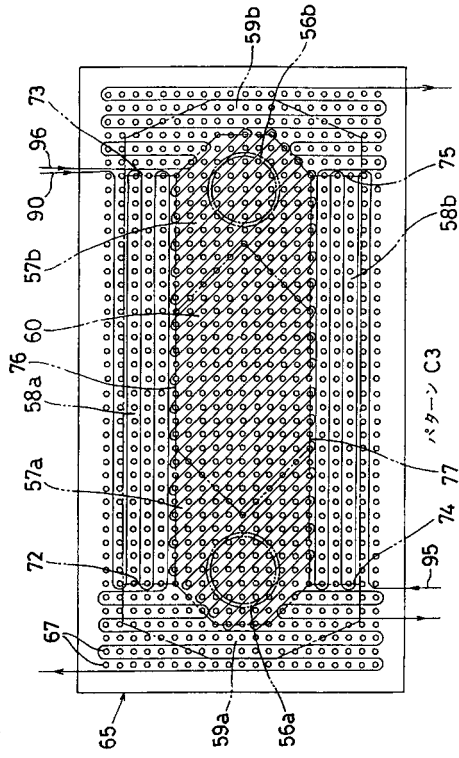
【図14】



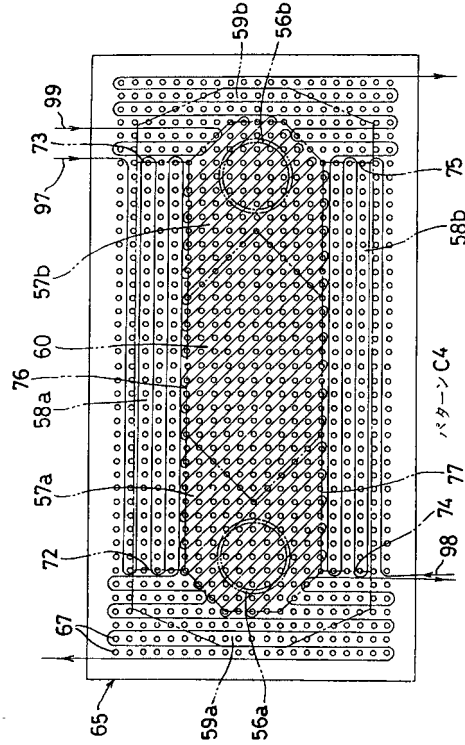
【図15】



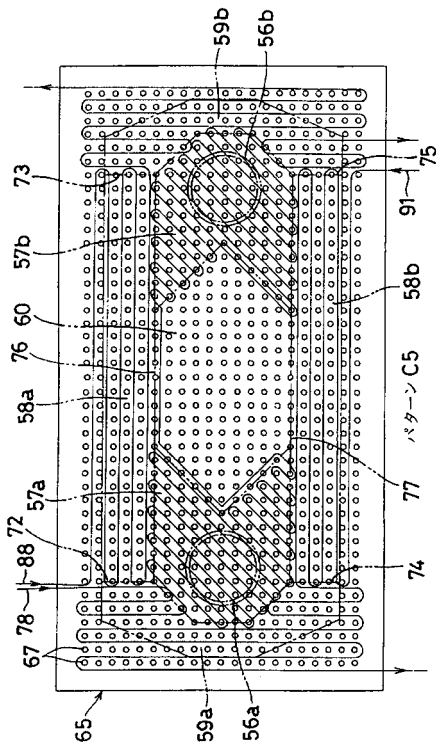
【図16】



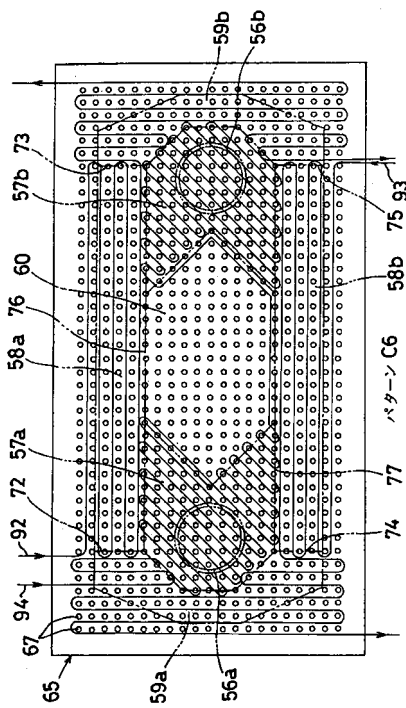
【図17】



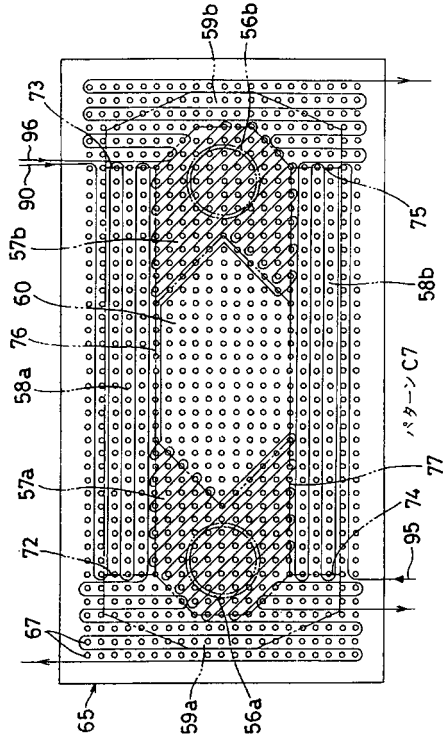
【図18】



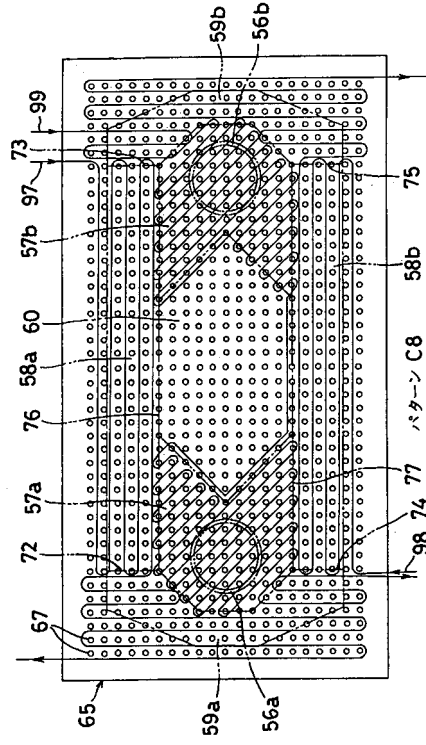
【図19】



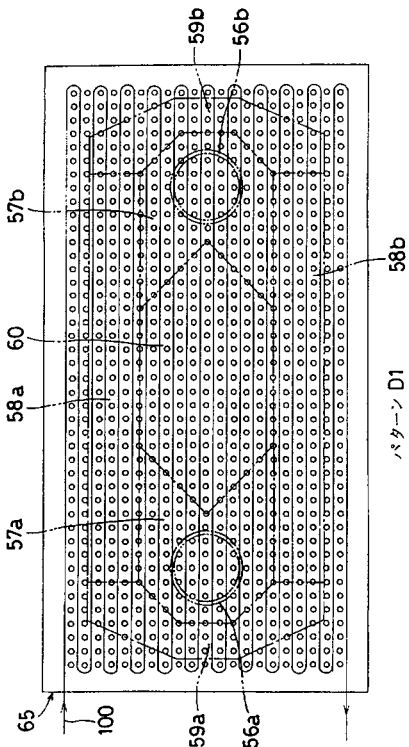
【図20】



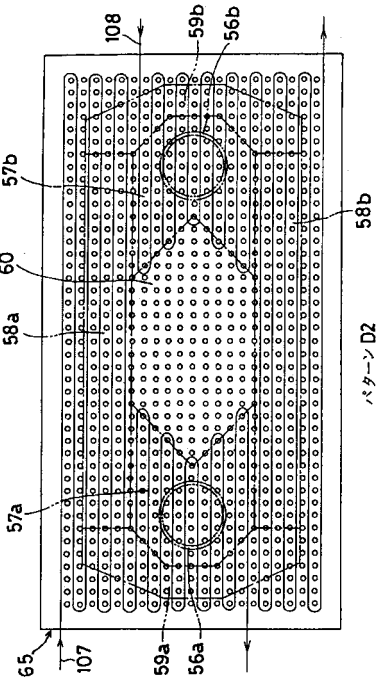
【図21】



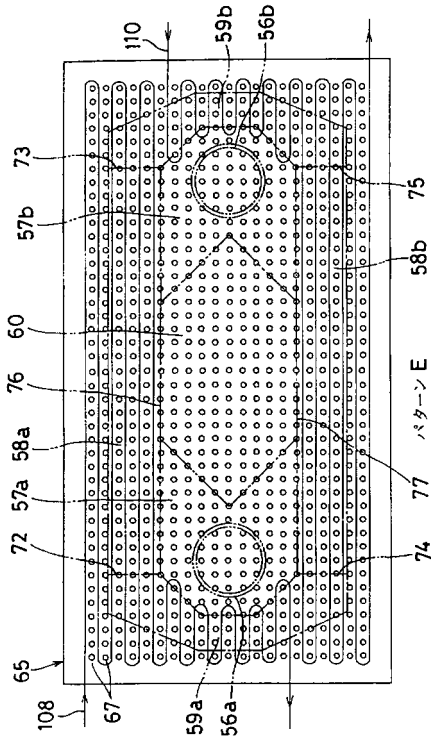
【図22】



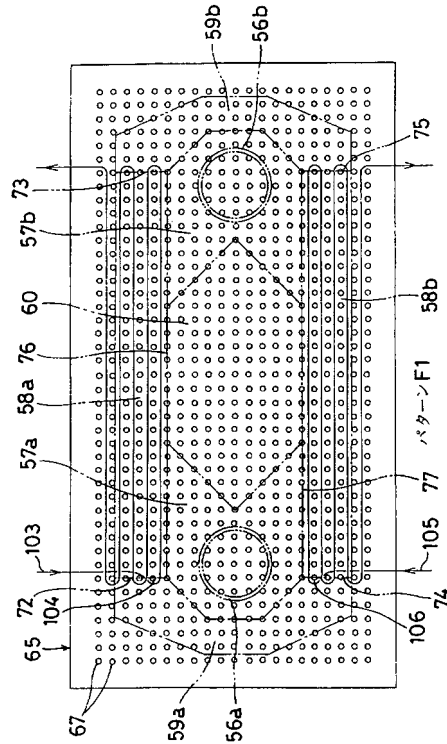
【図23】



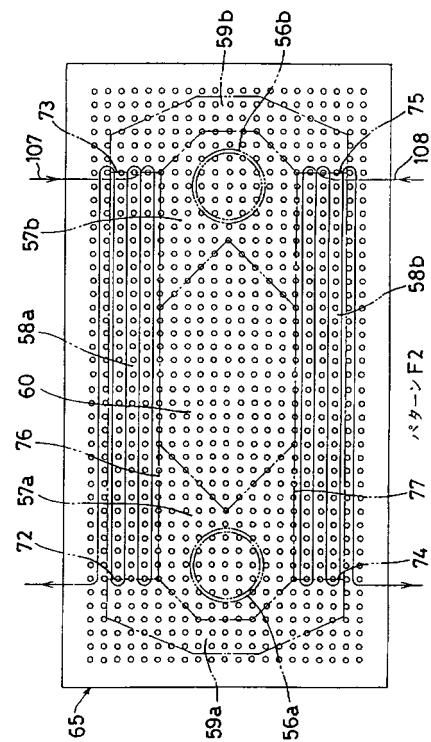
【図24】



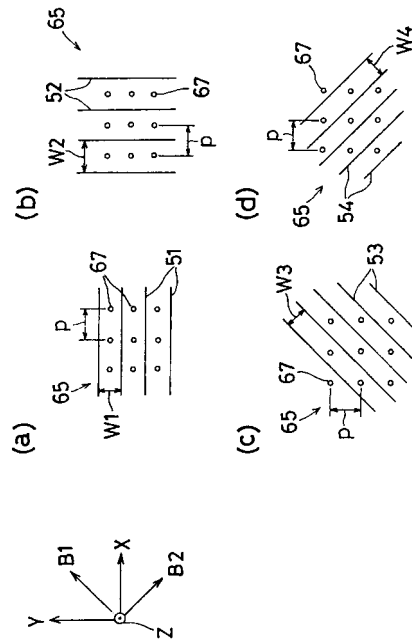
【図25】



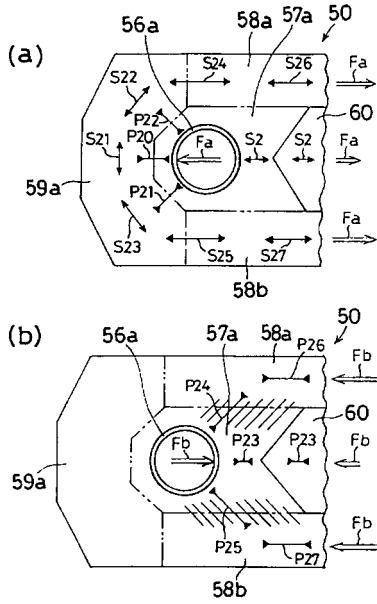
【図26】



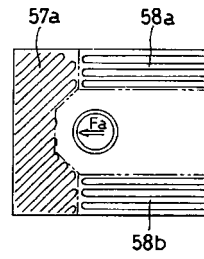
【図27】



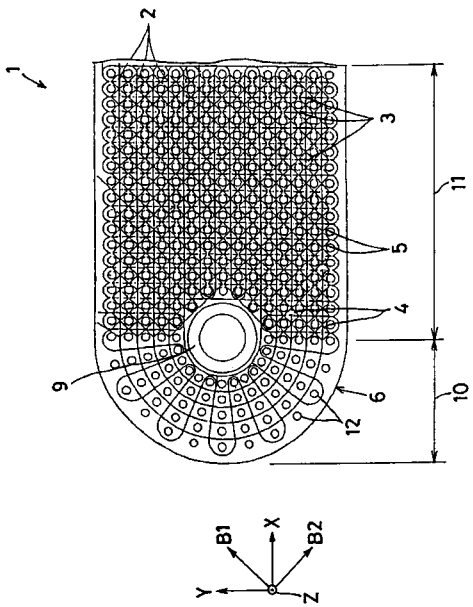
【 図 28 】



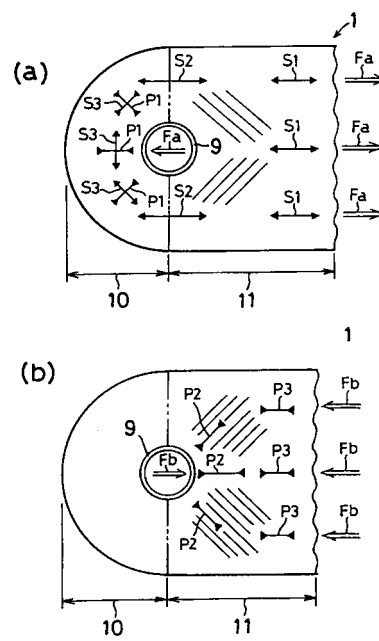
【 図 29 】



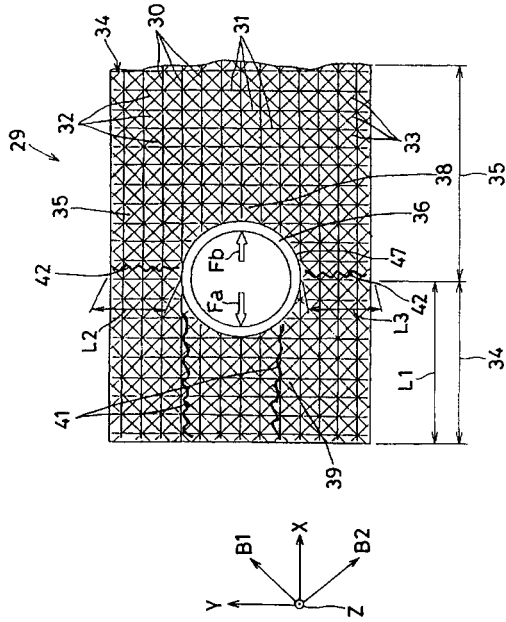
【 図 30 】



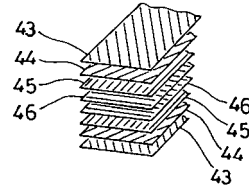
【 図 31 】



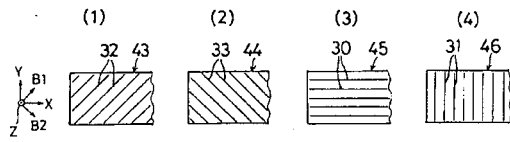
【 図 3 2 】



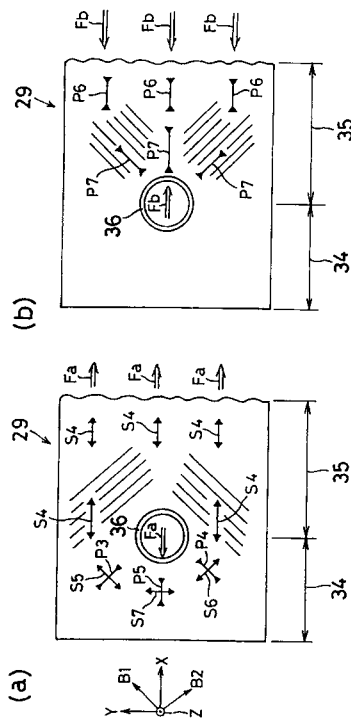
【 図 3 4 】



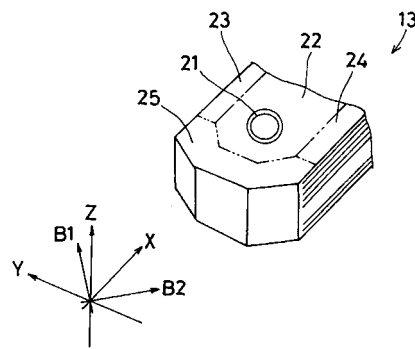
【 図 3 3 】



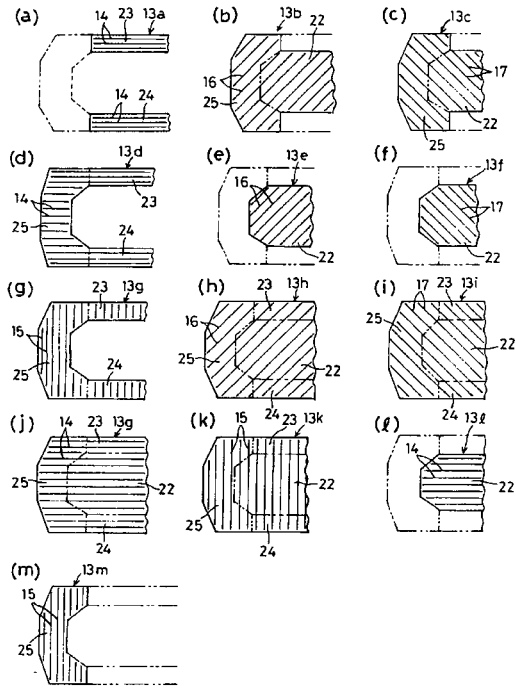
【 図 3 5 】



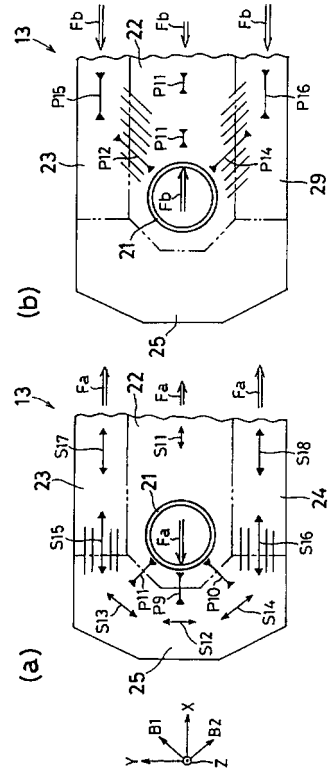
【 図 3 6 】



【図 37】



【図 38】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 藤夫
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機製作所内

合議体

審判長 井出 隆一

審判官 高原 慎太郎

審判官 福井 美穂

(56)参考文献 特開平04-300344(JP,A)
特開平11-093032(JP,A)
特許第(JP,B2)2878259
国際公開第00/34031(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C08J5/00-5/24, B29B11/00-11/16, B29B15/00-15/14