

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
C 0 8 J 5/04	C 0 8 J 5/04	C E R 4 F 0 7 2
D 0 3 D 25/00	C 0 8 J 5/04	C E Z 4 L 0 4 8
// C 0 8 L 101:00	D 0 3 D 25/00	
	C 0 8 L 101:00	

審査請求 有 請求項の数6 O L (全25頁)

(21)出願番号 特願2002-259769(P2002-259769)  
 (22)出願日 平成14年9月5日(2002.9.5)

(71)出願人 390014306  
 防衛庁技術研究本部長  
 東京都新宿区市谷本村町5番1号  
 (74)代理人 100067323  
 弁理士 西村 教光  
 (72)発明者 伊藤 真  
 東京都立川市栄町1の6の1の943  
 (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  
 (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

最終頁に続く

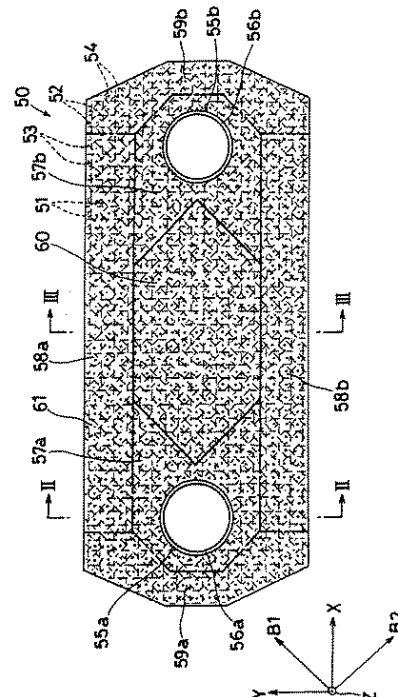
(54) 【発明の名称】 3次元繊維強化複合材ラグ

(57) 【要約】

【課題】 繊維体積含有率が均一で部材の強度が向上し、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を提供する。

【解決手段】 2次元配列系層を形成する経糸51、緯糸52およびバイアス糸53, 54は、予め定める複数の応力分担領域にわたり、主たる発生応力に抗する方向に張架される。互いに異なる配向パターンA1~F2を有する複数の2次元配列系層を必要強度に応じ、かつ各応力分担領域における繊維配向率 $V_f$ が相互に均等になるように選択的に積重し、垂直糸62によって各2次元配列系層を結合して3次元繊維物が形成され、この3次元繊維物にマトリックス61を充填して一体化させて3次元繊維強化複合材ラグが形成される。

【選択図】 図1



## 【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系とを、前記仮想一平面上に垂直な厚み方向に挿入される垂直系によって結合して 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 次元配列系層が形成され、各 2 次元配列系層は、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されることを特徴とする 3 次元繊維強化複合材ラグ。

10

## 【請求項 2】

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請求項 1 記載の 3 次元繊維強化複合材ラグ。

## 【請求項 3】

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 2 記載の 3 次元繊維強化複合材ラグ。

20

## 【請求項 4】

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 2 または 3 記載の 3 次元繊維強化複合材ラグ。

## 【請求項 5】

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 2 ~ 4 のいずれかに記載の 3 次元繊維強化複合材ラグ。

30

## 【請求項 6】

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 2 ~ 5 のいずれかに記載の 3 次元繊維強化複合材ラグ。

## 【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に関する。

40

## 【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

50

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。ラップラウンドフィッティング用の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系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系3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に経系2、緯系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。 10

【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ブッシング9が嵌着され、このブッシング9の周囲には、前記経系2が同心円上に巻掛けられるとともに、緯系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のブッシング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 $F_a$ 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でブッシング9の周囲に巻掛けられ、中間部11で長手方向Xに延びる経系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。また経系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。 20

【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に張架される経系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では経系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。 30

【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、経系2および緯系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。 40

【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B1に複数のバイアス系32が一樣に張架され、プリプレグ44は、図33(2)に示され、バイアス方向B2に複数のバ 50

イアス系 3 3 が一様に張架され、プリプレグ 4 5 は、図 3 3 ( 3 ) に示され、長手方向 X に複数の経系 3 0 が一様に張架され、プリプレグ 4 6 は、図 3 3 ( 4 ) に示され、複数の緯系 3 1 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 4 3 ~ 4 6 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 4 4 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 4 3 , 4 5 , 4 6 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、4 3 / 4 4 / 4 5 / 4 6 / 4 6 / 4 5 / 4 4 / 4 3 となり、この状態は図 3 4 に示される。このように積重した後、加熱硬化させ、透孔 4 7 を形成し、プッシング 3 6 が嵌着されて複合材ラグ 2 9 は形成される。このような複合材ラグ 2 9 では図 2 8 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。

10

## 【 0 0 1 0 】

複合材ラグ 2 9 に引張荷重  $F_a$  が作用すると、複合材ラグ 2 9 には図 3 5 ( a ) に示されるように応力が発生する。すなわち中間部 3 5 には長手方向 X に引張応力  $S_4$  が発生し、端末部 3 4 にはプッシング 3 6 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 2 9 に圧縮荷重  $F_b$  が作用すると、図 3 5 ( b ) に示されるように、中間部 3 5 で長手方向 X に圧縮応力  $P_6$  が生じ、プッシング 3 6 を中心として放射状に圧縮応力  $P_7$  が発生する。

20

## 【 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、経系 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、また経系 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  $L_2$  ,  $L_3$  を大きくして経系 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。

30

## 【 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 に経系 1 4、緯系 1 5 またはバイアス系 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。

40

## 【 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、経系 1 4、緯系 1 5 およびバイアス系 1 6 , 1 7 の総繊維が占める繊維体積含有量に対して、バイアス系 1 6 , 1 7 は 8 0 %、経系 1 4 は 1 0 %、緯系 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、経系 1 4 は 5 0 %、緯系 1 5 は 1 0 %、バイアス系 1 6 , 1 7

50

は 40% 含有され、端末部 25 には、前記繊維体積含有量に対して、経系 14 は 20%、緯系 15 は 20%、バイアス系 16, 17 は 60% 含有される。

【 0014 】

このような複合材ラグ 13 に引張荷重  $F_a$  が作用すると、図 38 ( a ) に示されるように、面圧部 22 に引張応力  $S_{11}$  が発生するとともに、面圧部 22 から端末部 25 にわたってブッシング 21 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 25 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 25 から各軸力部 23, 24 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 23, 24 内で引張応力  $S_{17}, S_{18}$  が発生する。

10

【 0015 】

またブッシング 21 を介して複合材ラグ 13 に圧縮荷重  $F_b$  が作用すると、面圧部 22 内に圧縮応力  $P_{11}$  が発生するとともに面圧部 22 から軸力部 23 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 22 から軸力部 24 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 23, 24 内に圧縮応力  $P_{15}, P_{16}$  が発生する。

【 0016 】

このような複合材ラグ 13 では、各応力分担領域 22 ~ 25 内の繊維体積含有率  $V_f$  が相互に均一で、かつ図 32 に示される複合材ラグ 29 に比べて端末部 25 で経系 14 が選択的に少なく、軸力部 23, 24 で経系 14 が選択的に多く含有されるので、複合材ラグ 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。

20

【 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 13 a とプリプレグ 13 b, 13 c または 13 m 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を提供することである。

30

【 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系と、長手方向に垂直な幅方向に平行に張架される緯系と、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系とを、前記仮想一平面に垂直な厚み方向に挿入される垂直系によって結合して 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において、前記仮想一平面上で経系、緯系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 次元配列系層が形成され、各 2 次元配列系層は、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されることを特徴とする 3 次元繊維強化複合材ラグである。

40

【 0020 】

本発明に従えば、経系、緯系およびバイアス系によって相互に異なる配向パターンを有する複数の 2 次元配列系層を積重し、垂直系を厚み方向に挿入して各 2 次元配列系層を結合して 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

50

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。

【 0 0 2 1 】

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。

【 0 0 2 2 】

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。

【 0 0 2 3 】

請求項 2 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プ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。

【 0 0 2 4 】

本発明に従えば、面圧部には透孔が形成され、この透孔にプッシングが嵌着される。このプ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、プッシングを中心として放射状に圧縮応力が発生し、末端部内でプ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。

【 0 0 2 5 】

請求項 3 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。

【 0 0 2 6 】

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。

【 0 0 2 7 】

請求項 4 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。

【 0 0 2 8 】

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、プ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

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 2 9 】

請求項 5 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。

【 0 0 3 0 】

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、プ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。

10

【 0 0 3 1 】

請求項 6 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。

【 0 0 3 2 】

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、複合材ラグの強度が向上する。

20

【 0 0 3 3 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 は本発明の実施の一形態である 3 次元繊維強化複合材ラグ 5 0 を示す正面図であり、図 2 は図 1 の切断面線 I I - I I から見た断面図であり、図 3 は図 1 の切断面線 I I I - I I I 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 5 0 の長手方向 X に平行に張架される経系 5 1 と、長手方向 X に垂直な幅方向 Y に平行に張架される緯系 5 2 と、長手方向 X に関して ± 4 5 ° でそれぞれ交差する各バイアス方向 B 1 , B 2 に張架されるバイアス系 5 3 , 5 4 が、所定の配向パターンに張架されて 2 次元配列系層が形成され、互いに異なる配向パターンを有する 2 次元配列系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系 6 2 によって各 2 次元配列系層が結合されて 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 6 1 を充填して一体化させて複合材ラグ 5 0 は形成される。2 次元配列系層は複数の応力分担領域に分割され、経系 5 1、緯系 5 2 およびバイアス系 5 3 , 5 4 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。

30

【 0 0 3 4 】

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 5 5 を形成して金属製のプッシング 5 6 a , 5 6 b が嵌着され、複合材ラグ 5 0 の長手方向 X 一端部 ( 図 1 の左方 ) および複合材ラグ 5 0 の長手方向 X 他端部付近にそれぞれ設けられる面圧部 5 7 a , 5 7 b と、面圧部 5 7 a , 5 7 b 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 5 8 a , 5 8 b と、面圧部 5 7 a および各軸力部 5 8 a , 5 8 b の長手方向 X 一端部に連なる末端部 5 9 a と、面圧部 5 7 b および各軸力部 5 8 a , 5 8 b の長手方向 X 他端部に連なる末端部 5 9 b と、各軸力部 5 8 a , 5 8 b 間で、各軸力部 5 8 a , 5 8 b に幅方向 Y に連なり、かつ各面圧部 5 7 a , 5 7 b の長手方向 X に連なって長手方向 X に延びる中間部 6 0 とに分割される。

40

【 0 0 3 5 】

経系 5 1、緯系 5 2、バイアス系 5 3 , 5 4 および垂直系 6 2 は、たとえばガラス、炭素、ボロン、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

50

、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。

【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。

【0037】

次に図4～図26に、相互に異なる2次元配列系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。

【0038】

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樣に張架される。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樣に張架してもよく、また複数の糸を折返さず一樣に張架してもよい。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。

【0039】

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に平行に一樣に張架される。

【0040】

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に一樣に張架される。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に一樣に張架される。

【0041】

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に一樣に張架され、軸力部58b内で長手方向Xに一樣に張架される。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, 59bに伝達される。

【0042】

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と一部異なる。



り、中間部 60 を避けて末端部 59 a , 59 b および面圧部 57 a , 57 b 内でバイアス方向 B 1 に一様に張架され、軸力部 58 b で長手方向 X に一様に張架される

図 10 はパターン B 3 の配向パターンを示す正面図であり、パターン B 3 は、図 8 に示されるパターン B 1 の上下を反転したものである。図 11 はパターン B 4 の配向パターンを示す正面図であり、パターン B 4 は図 9 に示されるパターン B 2 の上下を反転したものである。図 12 はパターン B 5 の配向パターンを示す正面図であり、パターン B 5 は図 11 に示されるパターン B 4 を左右に反転したものである。図 13 はパターン B 6 の配向パターンを示す正面図であり、パターン B 6 は図 9 に示されるパターン B 2 を左右に反転したものである。

#### 【 0043 】

軸力部 58 a , 58 b では長手方向 X に張架し、それ以外ではバイアス方向 B 1 , B 2 に張架する場合には、軸力部 58 a , 58 b で長手方向 X に張架され、それ以外では、バイアス方向 B 1 に張架されるパターン B 1 と、軸力部 58 a , 58 b 以外ではバイアス方向 B 2 に張架されるパターン B 3 とを組み合わせる。この際、軸力部 58 a , 58 b 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 B 1 とパターン B 3 とでは互いに 1 ピッチずれているので、パターン B 1 とパターン B 3 とを組合わせたときに、境界線 76 , 77 のピン 67 に作用する荷重が分散される。

10

#### 【 0044 】

中間部 60 には糸が張架されず、軸力部 58 a , 58 b では長手方向 X に、それ以外ではバイアス方向 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 76 , 77 上のピン 67 に作用する荷重が分散される。

20

#### 【 0045 】

図 14 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 59 a と軸力部 58 a との境界線 72 寄りの末端部 59 a から幅方向 Y に入る糸 78 は、複数回折返されて末端部 59 a 内で幅方向 Y に張架され、面圧部 57 a 、中間部 60 および面圧部 57 b 内で、境界線 75 , 76 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 59 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。

#### 【 0046 】

糸 88 は、軸力部 58 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 59 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 91 は、前述の糸 88 と対称に張架され、軸力部 58 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 59 a 内で幅方向 Y に複数回折返されて、末端部 59 a 内で幅方向 Y に一様に張架される。

30

#### 【 0047 】

図 15 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 92 はパターン C 1 の糸 88 と同様に、軸力部 58 a 内で長手方向 X に一様に張架され、末端部 59 b 内で幅方向 Y に一様に張架される。糸 93 は、パターン C 1 の糸 91 と同様に、軸力部 58 b 内で長手方向 X に一様に張架され、末端部 59 a 内で幅方向 Y に一様に張架される。末端部 59 a に上方から面圧部 57 a の左端寄りから入る糸 94 は、末端部 59 a 内で、幅方向 Y に張架され、軸力部 58 a 寄りの端部から面圧部 57 a 内に入り、バイアス方向 B 1 に折返されて、面圧部 57 a 、中間部 60 および面圧部 57 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 57 b の右端部に達すると幅方向 Y に折返され、末端部 59 b 内で複数回折返されて幅方向 Y に張架され、末端部 59 b の軸力部 58 b 寄りの端部から下方に出される。

40

#### 【 0048 】

図 14 および図 15 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 76 , 77 上で折返され面圧部 57 a , 57 b および中間部 60 内で張架される糸 78 , 94 は、パターン C 1 とパターン C 2 とでは折返されるピン 67 が、境界線 76 , 77 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 次元配列糸層を組み合わせることによって、張架した糸 78 , 94 によって境界線 76 ,

50

77上のピン67に作用する荷重が分散される。

【0049】

図16は、パターンC3の配向パターンを示す正面図である。パターンC3は図14に示されるパターンC1に類似し、系90はパターンC1の系91に上下対称に張架され、軸力部58a内で長手方向Xに張架され、末端部59a内で幅方向Yに張架される。また系95は、パターンC1の系88に上下対称に張架され、軸力部58b内で長手方向Xに張架され、末端部59b内で幅方向Yに張架される。また末端部59bの左端部の上方から入る系96は、パターンC1の系78に左右対称に張架され、末端部59b内で幅方向Yに張架され、面圧部57b、中間部60および面圧部57a内でバイアス方向B2に一樣に張架され、末端部59a内で幅方向Yに張架されて下方から出される。

10

【0050】

図17は、パターンC4の配向パターンを示す正面図である。パターンC4は図15に示されるパターンC2に類似し、系97はパターンC2の系93に上下対称に張架され、軸力部58a内で長手方向Xに張架され、末端部59a内で幅方向Yに張架される。また系98は、パターンC2の系92に上下対称に張架され、軸力部58b内で長手方向Xに張架され、末端部59b内で幅方向Yに張架される。また系99は、パターンC2の系94に左右対称に張架され、末端部59b内で幅方向Yに張架され、面圧部57b、中間部60および面圧部57a内でバイアス方向B2に一樣に張架され、末端部59a内で幅方向Yに張架される。

【0051】

パターンC3とパターンC4とは類似しているが、境界線76、77上のピン67で折返される系96、99は、互いに1ピッチずれているので、パターンC3とパターンC4とを組合せることによって、境界線75、76上のピン67に作用する荷重が分散される。

20

【0052】

同様に、軸力部58aと各末端部59a、59bとの境界線72、73および軸力部58bと各末端部59a、59bとの境界線74、75に関しても、パターンC1またはパターンC2と、パターンC3またはパターンC4とを組合せることによって、境界線72～75上のピン67に作用する荷重が分散される。

【0053】

図18はパターンC5の配向パターンを示す正面図であり、パターンC5は図14に示されるパターンC1に類似し、系78が中間部60を避けて張架される点が異なる。図19はパターンC6の配向パターンを示す正面図であり、パターンC6は図15に示されるパターンC2に類似し、系94が中間部60を避けて張架される点が異なる。図20はパターンC7の配向パターンを示す正面図であり、パターンC7は図16に示されるパターンC3に類似し、系96が中間部60を避けて張架される点が異なる。図21はパターンC8の配向パターンを示す正面図であり、パターンC8は図17に示されるパターンC4に類似し、系99が中間部60を避けて張架される点が異なる。これらのパターンC5～C8も、前述のパターンC1～C4と同様に、互いに組合せることによって境界線72～77上のピン67に作用する荷重を分散させることができる。

30

【0054】

図22は、パターンD1の配向パターンを示す正面図である。パターンD1では、一本の系100が折返されるか、複数の系が一樣に長手方向Xに張架される。このような系100によって、複合材ラグ50の長手方向Xへの引張荷重Faに大きな力で抗することができる。

40

【0055】

図23はパターンD2の配向パターンを示す正面図であり、パターンD2は図22に示されるパターンD1に類似し、系107、108が中間部60を避けて張架される点が異なる。

【0056】

図24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59aの左方から入る

50

系 108 は、端末部 59 a、軸力部 58 a および端末部 59 b 内で長手方向 X に張架され、端末部 59 b の右方から入る系 110 は端末部 59 b、軸力部 58 b および端末部 59 a 内で長手方向 X を一様に張架される。

【 0057 】

図 25 は、パターン F1 の配向パターンを示す正面図である。軸力部 58 a の左端部へ上方から入る系 103 は、面圧部 57 a 寄りのピン 104 に巻掛けられて長手方向 X に張架され、軸力部 58 a 内で複数回折返されて軸力部 58 a 内で長手方向 X に一様に張架される。また軸力部 58 b の左端部から上方に入る系 105 は、系 103 に上下対象に張架され、面圧部 57 a 寄りのピン 106 に巻掛けられて長手方向 X に張架され、軸力部 58 b 内で複数回折返されて軸力部 58 b 内で長手方向 X に一様に張架される。

10

【 0058 】

図 26 はパターン F2 の配向パターンを示す正面図であり、パターン F2 は図 25 に示されるパターン F1 に類似し、軸力部 58 a の右端部から下方に入る系 107 は、パターン F1 の系 103 に左右対称に張架され、軸力部 58 b の右端部から上方に入る系 108 は、パターン F1 の系 105 に左右対称に張架される。

【 0059 】

このように図 25 に示されるパターン F1 と図 26 に示されるパターン F2 とは類似しているが、境界線 72 ~ 75 上に配置されるピン 67 に巻掛けられる糸が、パターン F1 とパターン F2 とでは 1 ピッチずれているので、パターン F1 とパターン F2 とを組合せることによって前記ピン 67 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 F1、F2 は、軸力部 58 a、58 b から端末部 59 a、59 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 F1、F2 の 2 次元配列系層は、複合材ラグ 50 の各軸力部 58 a、58 b の厚みを調整するために補足的に積重する 2 次元配列系層である。

20

【 0060 】

以上のようなパターン A1 ~ F2 の配向パターンを有する 2 次元配列系層を選択的に積重し、垂直系 62 によって各 2 次元配列系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 65 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 67 が立設されるので、図 27 ( a )、( b ) に示されるように、互いに隣接する経系 51 および緯系 52 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系 53、54 の間隔  $W_3$ 、 $W_4$  は、図 27 ( 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 61 および各系 51 ~ 54 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、繊維として経系 51 または緯系 52 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系 53 または 54 のみを含む複合材の厚みは  $\sqrt{2}t$  となる。したがって経系 51 または緯系 52 を含む 2 次元織物複合材と、バイアス系 53 または 54 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 61 を充填して複合材ラグ 50 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 次元配列系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る。たとえば経系 51 の割合が比較的多い軸力部 58 a、58 b には、前述のパターン F1 または F2 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 65 の各ピン 67 の格子間隔 p は 3 mm である。

30

40

【 0062 】

次に上記の点を考慮した 2 次元配列系層の組合せの 1 例を示す。また複合材ラグ 50 は厚み方向 Z に関して対称なので、2 次元配列系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 】

50

したがって2次元配列系層の各パターンA1～F2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、A3/E/C8/B2/A4/C5/F1/B4/A3/B6/D2/A4/B5/A1/E/C3/B1/A2/C2/F2/B3/A1/B3/D1/A2/B1となる。なおこの組合せにおいて、最上層から13層目までは中間部60が形成されておらず、14層目から26層目までは中間部60を含んだ2次元配列系層である。このような組合せの2次元配列系層を、3次元織物製作治具65上に順次積重させ、その後3次元織物製作治具65の端部のピン67に垂直系62を挿通させ、このピン67を抜き、次に隣接するピン67に垂直系62を折返し挿通し、垂直系62と隣接するピン67とを順次交換して、全てのピン67を垂直系62と交換して、各2次元配列系層を垂直系62によって結合して3次元織物が形成される。

10

## 【0064】

このように形成された3次元織物の面圧部57a, 57bには、経系51、緯系52、バイアス系53, 54および垂直系62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53, 54を含有し、軸力部58a, 58bには、繊維体積含有量に対して45～70%の経系51と、30～55%のバイアス系53, 54とを含有し、端末部59a, 59bには、繊維体積含有量に対して50～80%のバイアス系53, 54と、20～50%の経系51および緯系52とを含有し、中間部60には、繊維体積含有量に対して少なくとも70%のバイアス系53, 54を含有する。

## 【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。

20

## 【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から端末部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。さらに端末部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、さらに端末部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。

30

## 【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、端末部59aから軸力部58a, 58bにわたって糸が張架されるので、端末部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、端末部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、端末部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。

40

## 【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。

50

また中間部 60 は、長手方向 X 両端部が、バイアス方向 B1, B2 に平行でブッシング 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、端末部 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、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 には多くの経糸 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、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 には経糸 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。

【0072】

【発明の効果】

請求項1記載の本発明によれば、経糸、緯糸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。

【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】

請求項2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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 7 6 】

請求項 3 記載の本発明によれば、面圧部には少なくとも 7 0 % 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。

【 0 0 7 7 】

請求項 4 記載の本発明によれば、軸力部には 3 0 ~ 5 5 % 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 4 5 ~ 7 0 % 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る。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。

10

【 0 0 7 8 】

請求項 5 記載の本発明によれば、端末部には 5 0 ~ 8 0 % のバイアス系と 2 0 ~ 5 0 % 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する。またこの端末部には、5 0 ~ 8 0 % 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。

20

【 0 0 7 9 】

請求項 6 記載の本発明によれば、中間部には少なくとも 7 0 % 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である 3 次元繊維強化複合材ラグ 5 0 を示す正面図である。

【 図 2 】 図 1 の切断面線 I I - I I から見た断面図である。

【 図 3 】 図 1 の切断面線 I I I - I I I から見た断面図である。

30

【 図 4 】 パターン A 1 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 5 】 パターン A 2 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 6 】 パターン A 3 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 7 】 パターン A 4 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 8 】 パターン B 1 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 9 】 パターン B 2 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 0 】 パターン B 3 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 1 】 パターン B 4 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 2 】 パターン B 5 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 3 】 パターン B 6 の配向パターンを示す正面図である。

40

【 図 1 4 】 パターン C 1 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 5 】 パターン C 2 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 6 】 パターン C 3 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 7 】 パターン C 4 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 8 】 パターン C 5 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 1 9 】 パターン C 6 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 2 0 】 パターン C 7 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 2 1 】 パターン C 8 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 2 2 】 パターン D 1 の配向パターンを示す正面図である。

【 図 2 3 】 パターン D 2 の配向パターンを示す正面図である。

50

【図 2 4】パターン E の配向パターンを示す正面図である。

【図 2 5】パターン F 1 の配向パターンを示す正面図である。

【図 2 6】パターン F 2 の配向パターンを示す正面図である。

【図 2 7】経系 5 1、緯系 5 2、バイアス系 5 3、5 4 の間隔 W 1 ~ W 4 を示す正面図である。

【図 2 8】複合材ラグ 5 0 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。

【図 2 9】境界部で折返された 2 次元配列系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。

【図 3 0】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。 10

【図 3 1】複合材ラグ 1 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。

【図 3 2】第 2 の従来技術である複合材ラグ 2 9 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 3 3】複合材ラグ 2 9 のプリプレグ 4 3 ~ 4 6 を示す正面図である。

【図 3 4】プリプレグ 4 3 ~ 4 6 の積重状態を示す分解斜視図である。

【図 3 5】複合材ラグ 2 9 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。

【図 3 6】第 3 の従来技術である複合材ラグ 1 3 の一部を示す斜視図である。 20

【図 3 7】複合材ラグ 1 3 の各プリプレグ 1 3 a ~ 1 3 m を示す正面図である。

【図 3 8】複合材ラグ 3 5 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】

5 0 3次元繊維強化複合材ラグ

5 1 経系

5 2 緯系

5 3, 5 4 バイアス系

5 5 a, 5 5 b 透孔

5 6 a, 5 6 b ブッシング 30

5 7 a, 5 7 b 面圧部

5 8 a, 5 8 b 軸力部

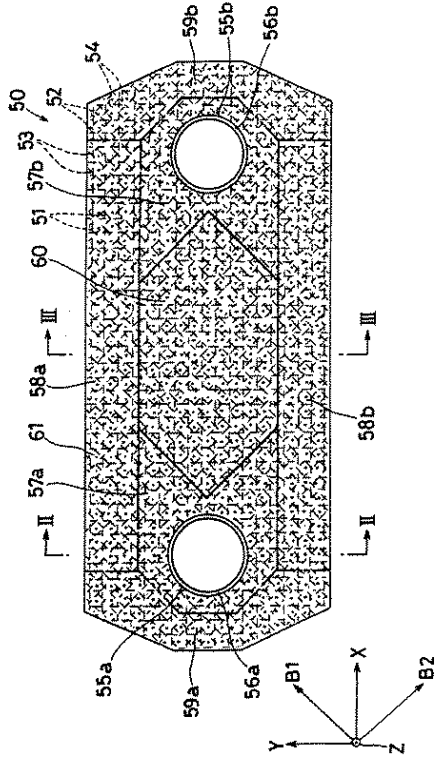
5 9 a, 5 9 b 端末部

6 0 中間部

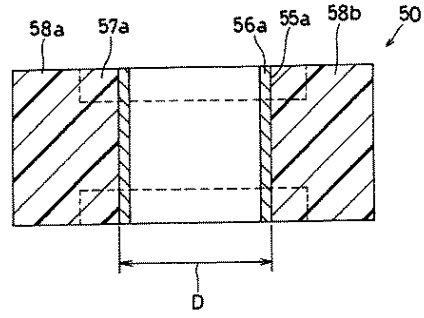
6 1 マトリックス

6 2 垂直系

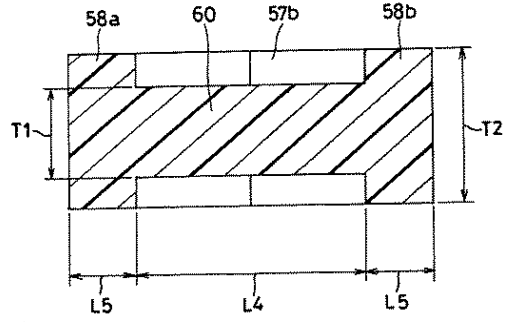
【 図 1 】



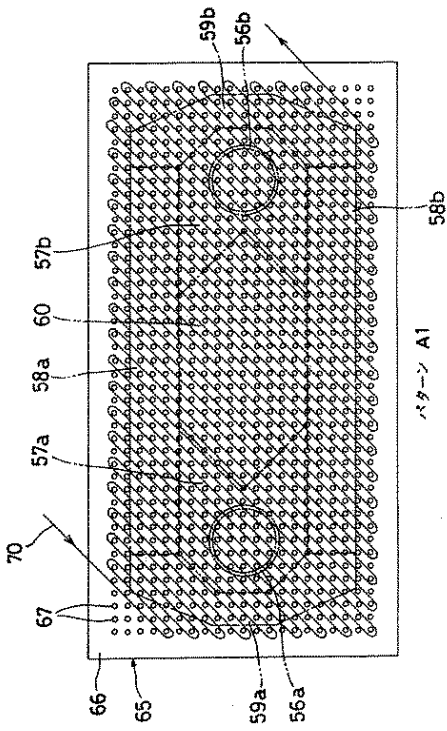
【 図 2 】



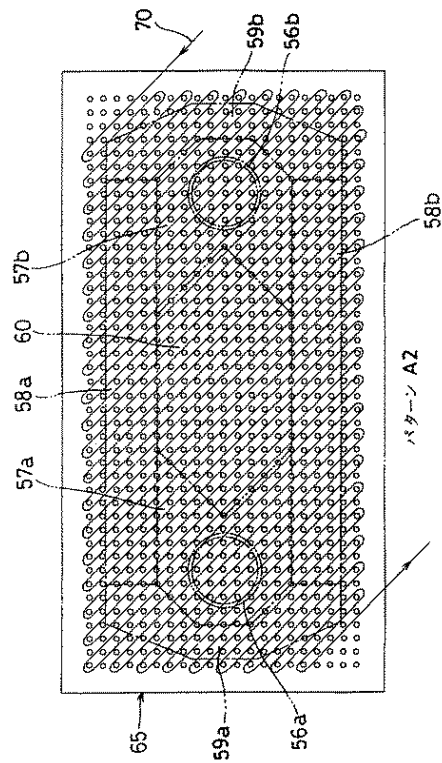
【 図 3 】



【 図 4 】

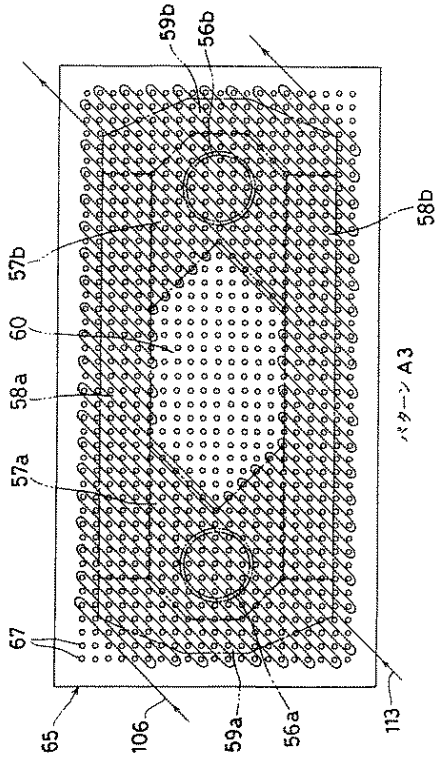


【 図 5 】

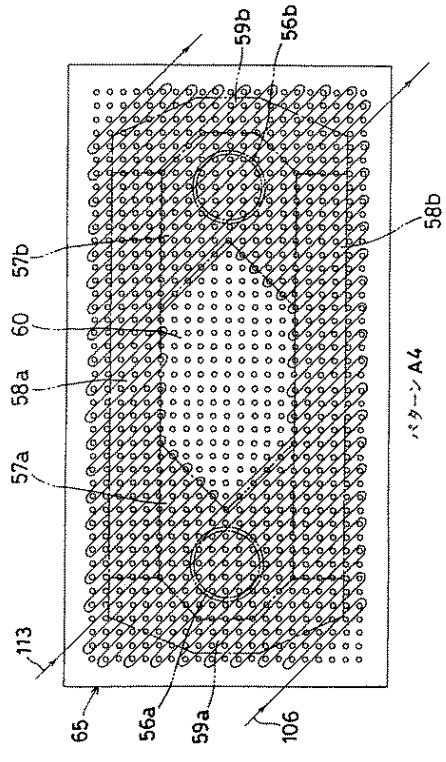




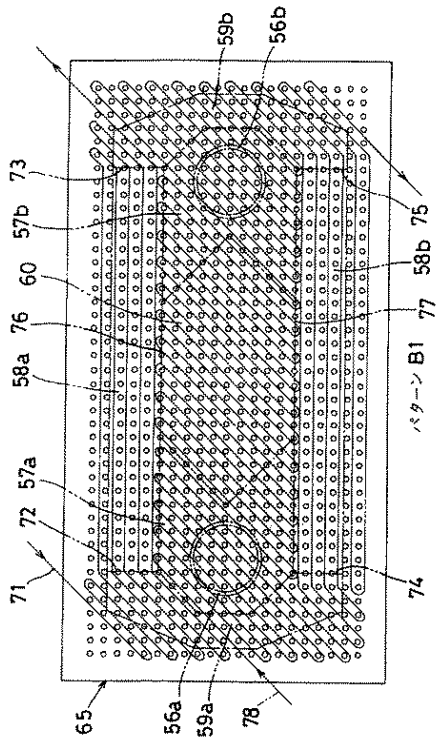
【 図 6 】



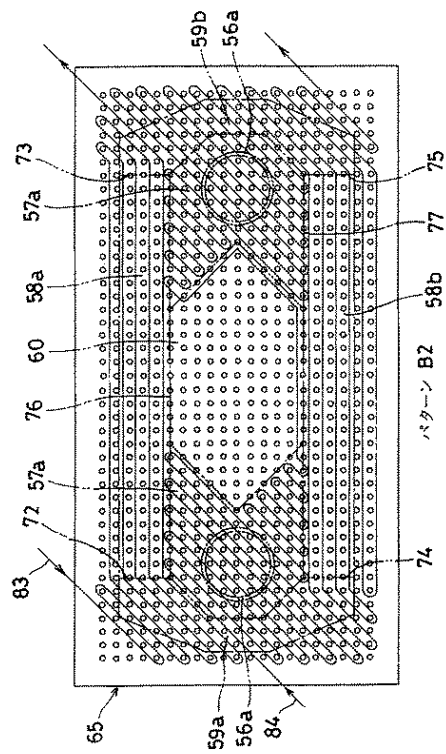
【 図 7 】



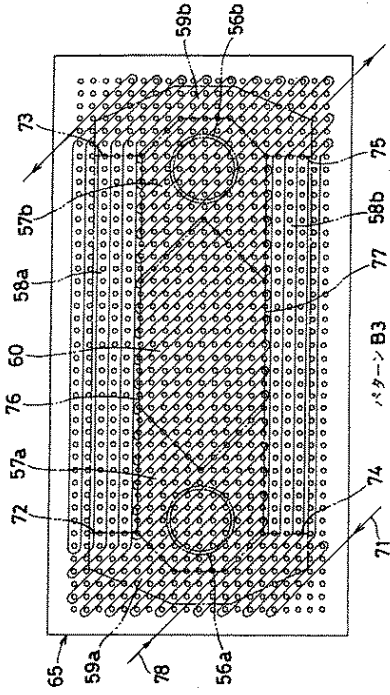
【 図 8 】



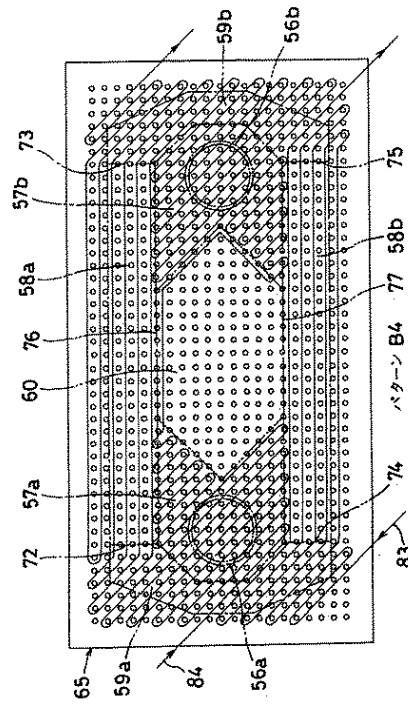
【 図 9 】



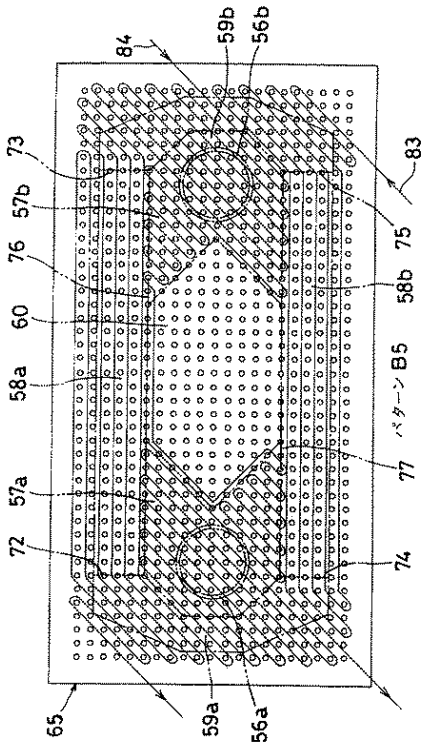
【 図 1 0 】



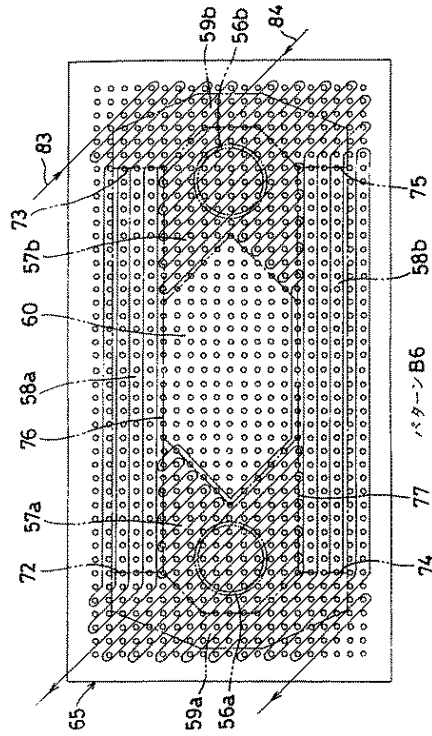
【 図 1 1 】



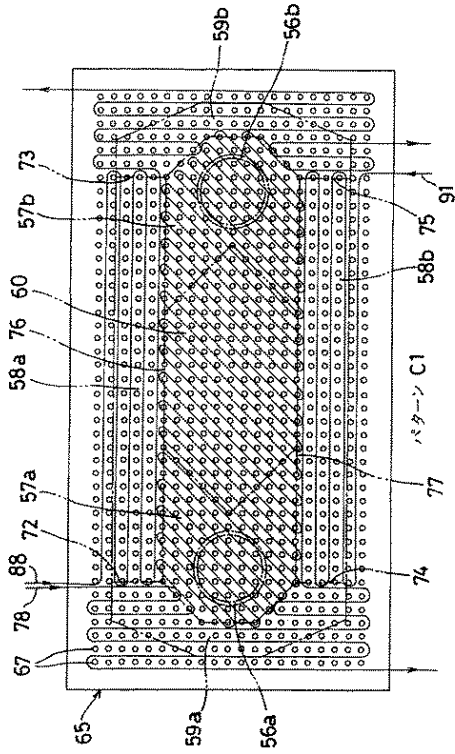
【 図 1 2 】



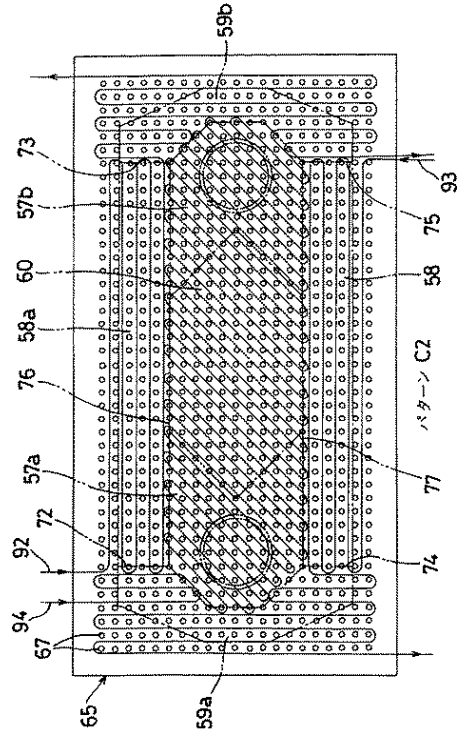
【 図 1 3 】



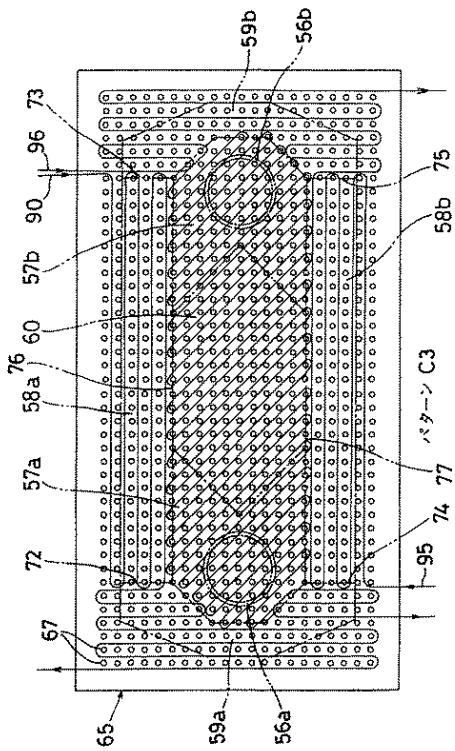
【 図 1 4 】



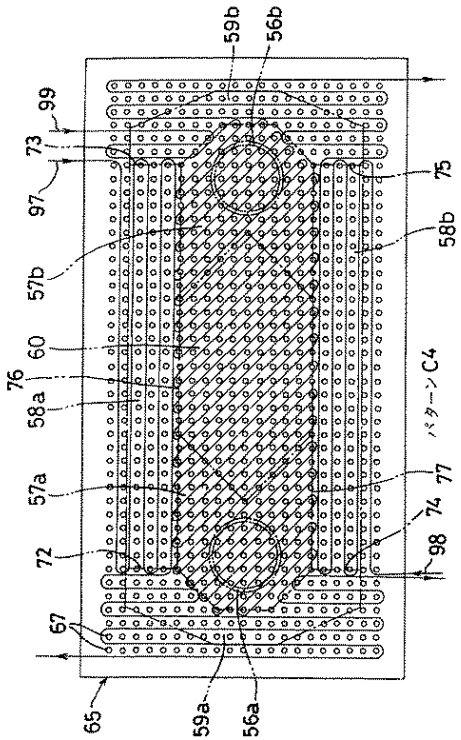
【 図 1 5 】



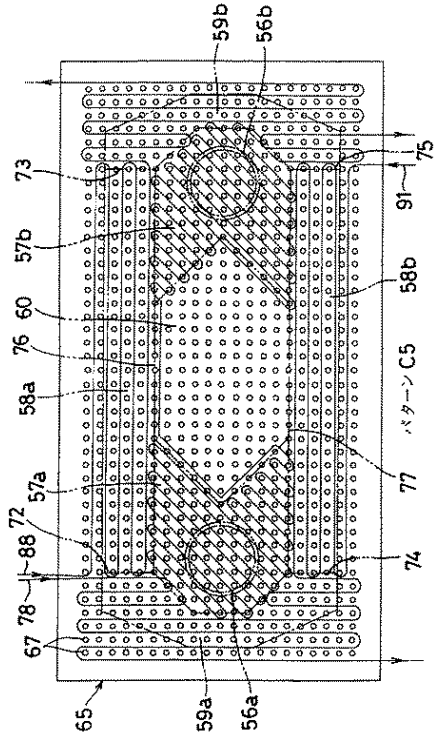
【 図 1 6 】



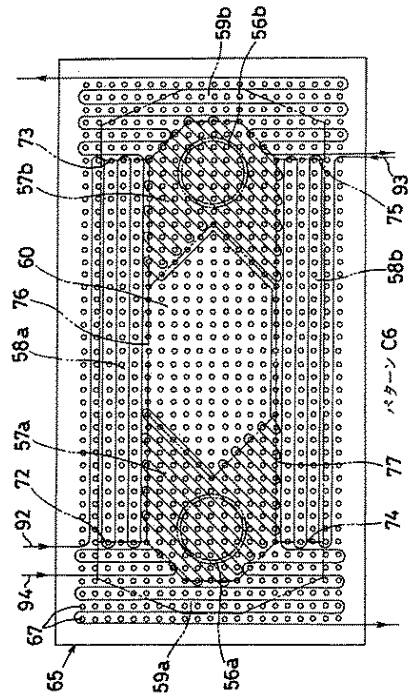
【 図 1 7 】



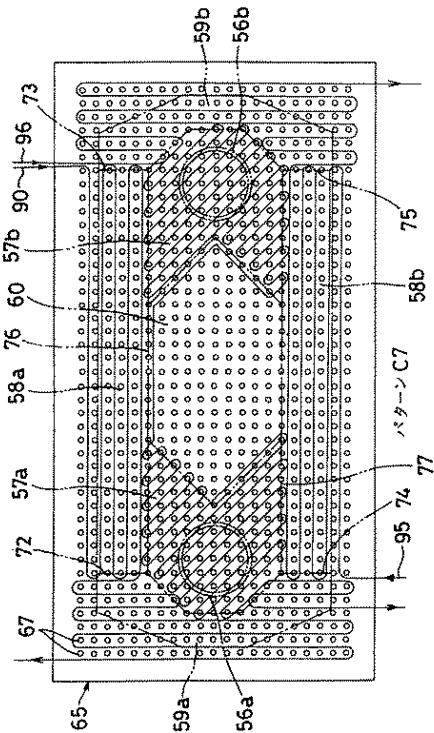
【 図 1 8 】



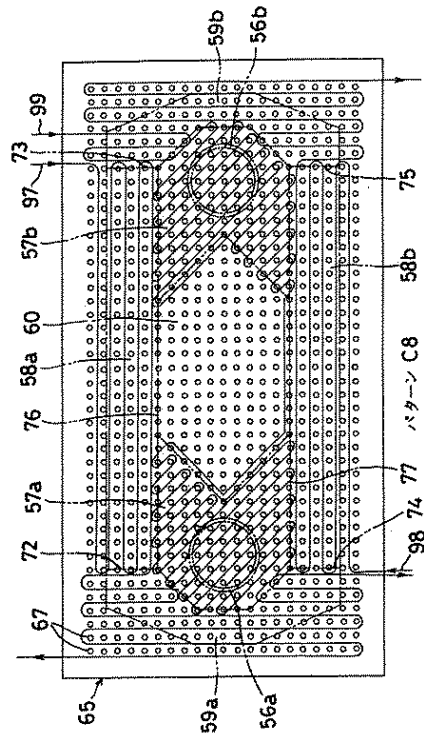
【 図 1 9 】



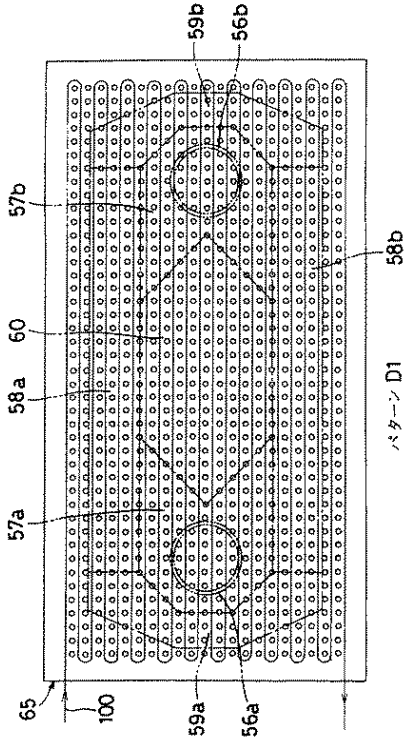
【 図 2 0 】



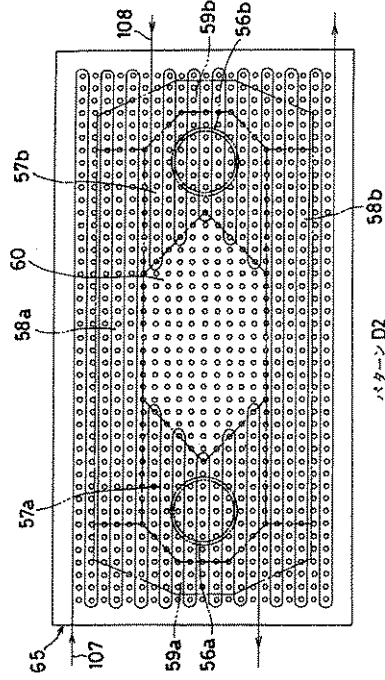
【 図 2 1 】



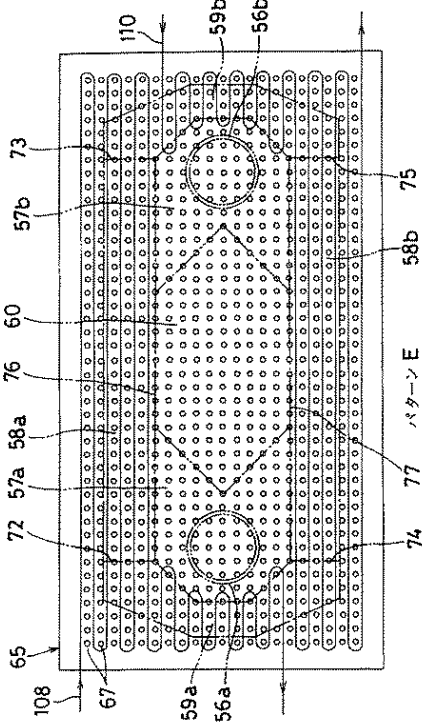
【 図 2 2 】



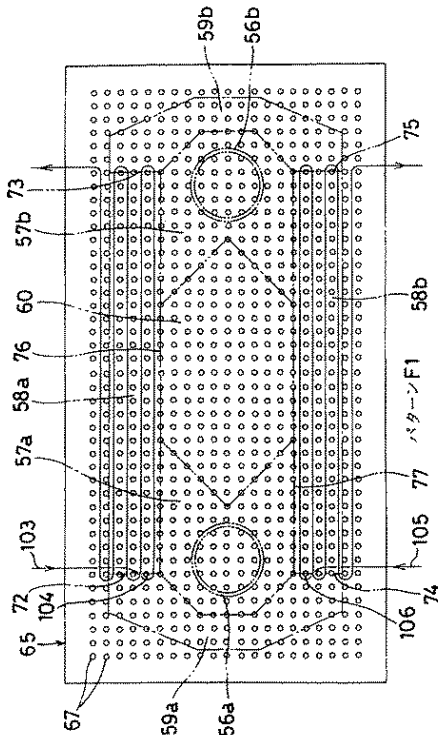
【 図 2 3 】



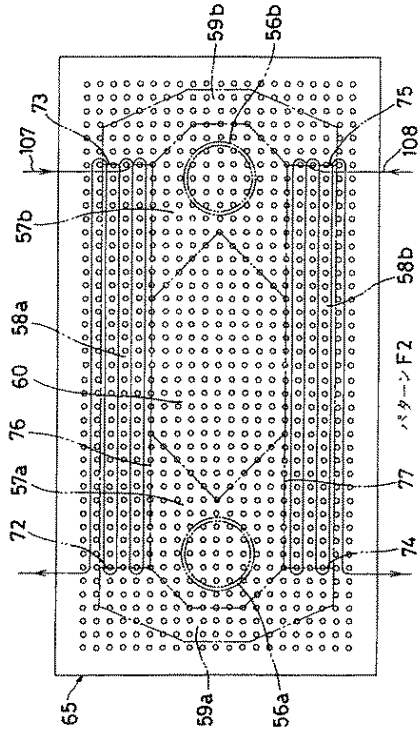
【 図 2 4 】



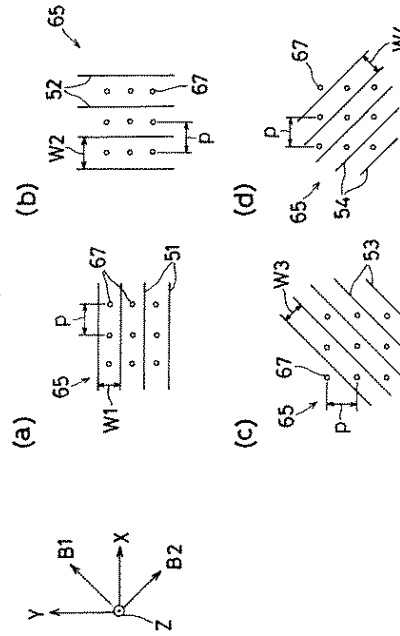
【 図 2 5 】



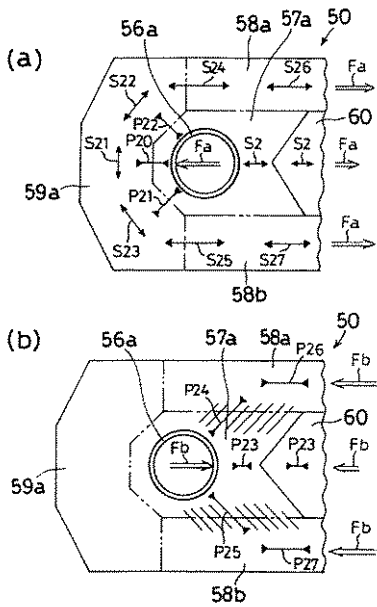
【 図 2 6 】



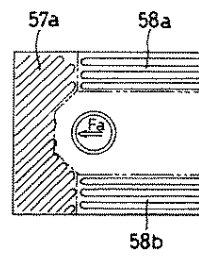
【 図 2 7 】



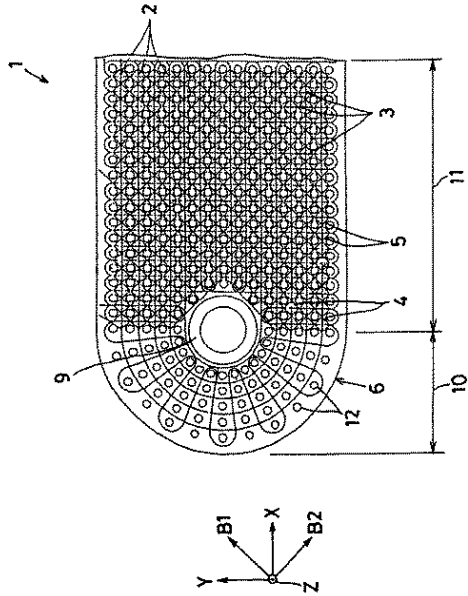
【 図 2 8 】



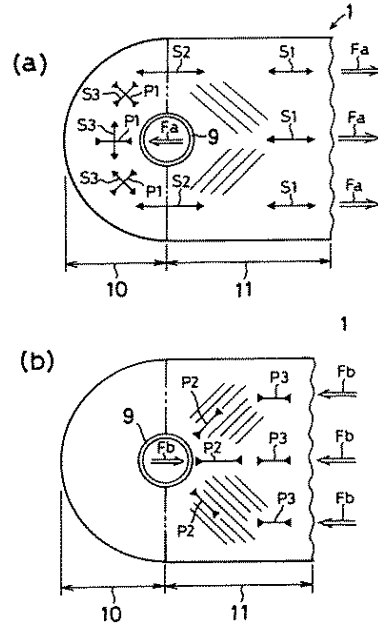
【 図 2 9 】



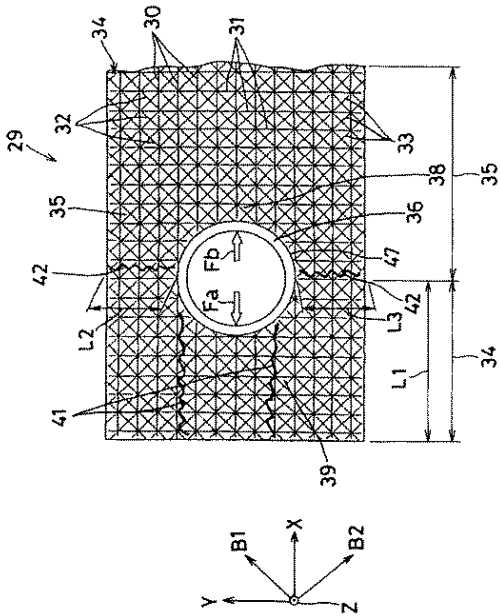
【 図 3 0 】



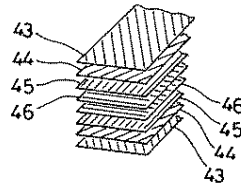
【 図 3 1 】



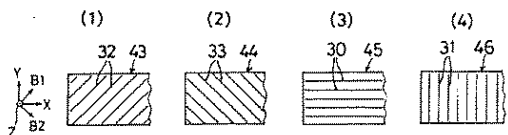
【 図 3 2 】



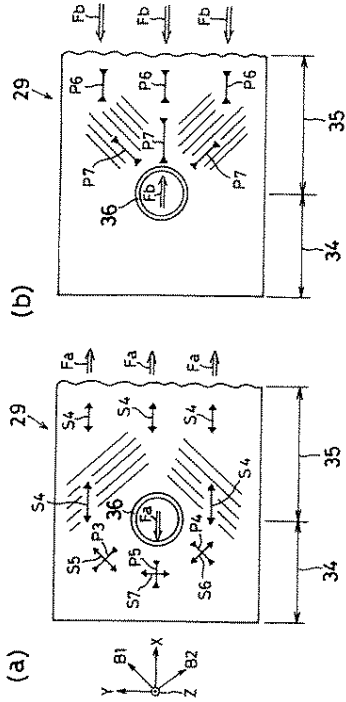
【 図 3 4 】



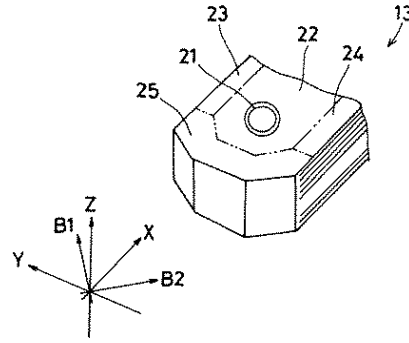
【 図 3 3 】



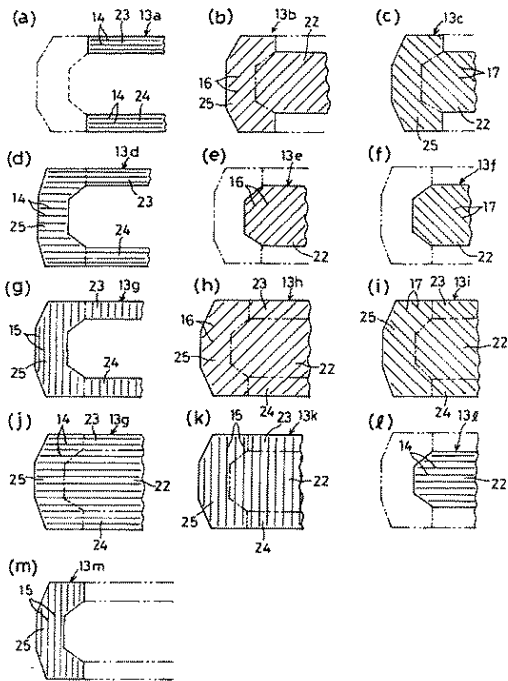
【 図 3 5 】



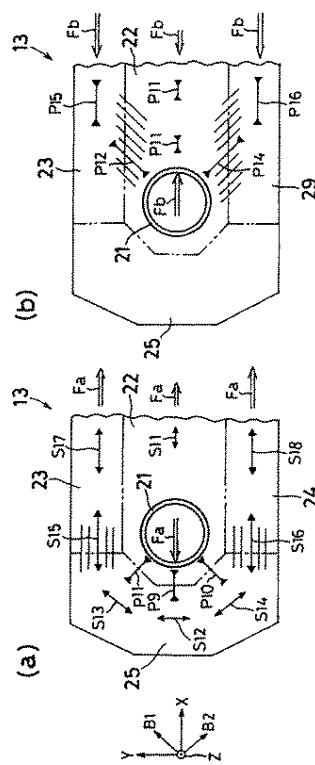
【 図 3 6 】



【 図 3 7 】



【 図 3 8 】





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

Fターム(参考) 4F072 AB04 AB06 AB08 AB09 AB10 AB11 AB30 AD08 AD13 AD23  
AD37 AD38 AD41 AD42 AD44 AD45 AD46 AG02 AG12 AH05  
AK04 AK14 AL01 AL16  
4L048 AA02 AA03 AA04 AA05 AA15 AA16 AA19 AA20 AA25 BA16  
BA22 DA41 EB00