

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 10 月 1 日(01.10.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/146690 A1

- (51) 国際特許分類:
B29C 70/06 (2006.01) *B64C 1/14* (2006.01)
B32B 5/08 (2006.01) *B64C 3/26* (2006.01)
B32B 5/12 (2006.01) *B29K 105/08* (2006.01)
B64C 1/00 (2006.01) *B29L 31/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/057786
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 17 日(17.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-067920 2014 年 3 月 28 日(28.03.2014) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 柏木 聖紘(KASHIWAGI, Masahiro); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 野中 吉紀(NONAKA, Yoshinori); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 俊夫(ABE, Toshio); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2

— 2 — 1 横浜ランドマークタワー 3 7 F Kanagawa (JP).

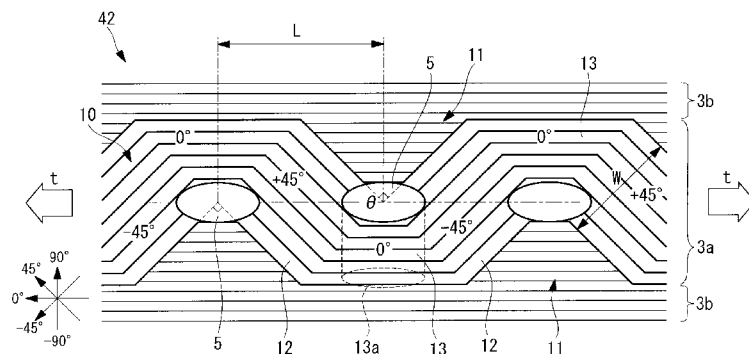
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE, AIRCRAFT WING AND AIRCRAFT FUSELAGE PROVIDED WITH SAME, AND METHOD FOR MANUFACTURING COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE

(54) 発明の名称: 複合材構造体、これを備えた航空機翼および航空機胴体、並びに複合材構造体の製造方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a lightweight composite material structure while limiting reduction in strength. In a composite material structure, which is configured as a fiber-reinforced plastic composite material that extends in one direction and has multiple holes (5) formed at intervals in a row in the one direction and which is subjected to a tensile load and/or a compressive load in the one direction, the peripheral region (3a) around the holes (5) comprises a first area (10) obtained by bending composite material, which is reinforced using continuous fibers that have been made even in the longitudinal direction, so that the center line of the width (W) of the composite material weaves between adjacent holes (5) and zigzags in the one direction. The tensile rigidity and/or compressive rigidity in the one direction of the peripheral region (3a) around the holes (5) is smaller than the tensile rigidity and/or the compressive rigidity in the one direction of the other regions (3b) that surround the peripheral regions (3a).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2015/146690 A1



強度低下を抑制しつつ、軽量の複合材構造体を提供することを目的とする。一方向に延在するとともに、複数の孔（５）が一方向に間隔を空けて並べて形成された繊維強化プラスチック製の複合材とされ、一方向に引張り荷重および／または圧縮荷重が負荷される複合材構造体において、孔（５）の周縁領域（３ a）は、長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材が前記複合材の幅Wの中心線が隣合う孔（５）と孔（５）との間をぬうように屈曲し一方向に向かって蛇行してなる第１エリア（１ ０）を含み、孔（５）の周縁領域（３ a）の一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性が、該周縁領域（３ a）を取り囲む他領域（３ b）の一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性よりも小さい。

明 細 書

発明の名称：

複合材構造体、これを備えた航空機翼および航空機胴体、並びに複合材構造体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、複合材構造体、これを備えた航空機翼および航空機胴体、並びに複合材構造体の製造方法に関するものである。本発明は、特に、一方向に並んで形成された複数の孔を有する複合材構造体を対象としている。

背景技術

[0002] 航空機、船舶、車両等の分野にて、高強度かつ軽量化された構造体として繊維強化プラスチック（FRP：Fiber Reinforced Plastics）製の複合材が広く用いられている（特許文献1）。複合材は金属に比べて「軽くて強い」ことが利点とされている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-180627号公報（請求項1、請求項3）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような複合材に対して、点検のためまたは組立時のアクセス用のために、孔が形成されることがある。孔が形成された場合、孔の周縁領域には応力集中が生じる。金属は、応力集中部が降伏応力に達してもすぐに破断せず、塑性変形を伴って最終破壊に至る。一般的な設計では、例えば孔を有する平板の場合、孔を除く断面積で荷重を除いたネット応力で静的強度を評価する。一方、複合材は金属に比べて塑性変形が少ないため応力集中（孔、切欠き）に対する感度が高く、静的強度評価においても応力集中を考慮する必要がある。この結果、孔周りの板厚を増やして補強することとなり、「軽くて

強い」利点を生かせないことがある。

[0005] 上記課題を解決するため、特許文献1では孔の周縁領域の一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性を、該周縁領域を取り囲む他領域の一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性よりも小さくし、孔の周縁領域に加わる応力集中を緩和させて補強を少なくしている。特許文献1では、他領域の繊維配向を 0° とし、孔の周縁領域の繊維配向を 45° または -45° としている。

[0006] 特許文献1において、他領域は周縁領域に隣接しているが、繊維配向が異なる2つの複合材（周縁領域および他領域）を突き合わせた場合、突合せた境界部分（隣接部分）は繊維が連続しておらず、基材となる樹脂が荷重を伝達することとなるため、複合材構造体の強度を低下させる要因となることがある。

[0007] 特許文献1に記載の航空機の主翼などでは孔が並んだ方向に主荷重がかかるが、同時に剪断荷重もかかることがある。特許文献1では、周縁領域を挟んだ両側に、周縁領域とは繊維配向の異なる他領域が隣接しているため、主荷重方向と直交する方向での強度低下の要因となりうる。繊維が不連続であり且つ繊維配向が切り替わる境界が、孔の主荷重方向と直交する径の延長線上に存在すると、強度低下のリスクは高くなる。

[0008] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、強度低下を抑制しつつ、軽量の複合材構造体を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために、本発明は、一方向に延在するとともに、複数の孔が前記一方向に間隔を空けて並べて形成された繊維強化プラスチック製の複合材とされ、前記一方向に引張り荷重および／または圧縮荷重が負荷される複合材構造体において、前記孔の周縁領域は、長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材が前記複合材の幅Wの中心線が隣合う孔と孔との間をぬうように屈曲し前記一方向に向かって蛇行してなる第1エリアを含み、前記周縁領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛

性が、該周縁領域を取り囲む他領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性よりも小さい複合材構造体を提供する。

[0010] 孔の周縁領域の一方向における引張り剛性が、孔の周縁領域を取り囲む他領域の一方向における引張り剛性よりも小さいので、引張り荷重は他領域が主として負担することになる。したがって、孔の周縁領域に加わる引張り荷重が相対的に小さくなるので、孔の周縁領域に加わる応力集中が緩和される。これにより、孔の周縁領域を他領域と同等の引張り剛性にした場合に比べて、孔の周縁領域の補強を少なくすることができる。

[0011] 孔の周縁領域の一方向における圧縮剛性が、孔の周縁領域を取り囲む他領域の一方向における圧縮剛性よりも小さい場合には、圧縮荷重は他領域が主として負担することになる。したがって、孔の周縁領域に加わる圧縮荷重が相対的に小さくなるので、孔の周縁領域に加わる応力集中が緩和される。これにより、孔の周縁領域を他領域と同等の圧縮剛性にした場合に比べて、孔の周縁領域の補強を少なくすることができる。

[0012] 複合材構造体に引張り荷重および圧縮荷重が加わる場合（すなわち曲げ荷重が加わる場合）には、孔の周縁領域の一方向における引張り剛性および圧縮剛性を、他領域の一方向における引張り剛性および圧縮剛性よりも小さくして、引張り荷重および圧縮荷重を他領域が主として負担することとすればよい。

[0013] 周縁領域は、長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材（複合材A）で構成された第1エリアを含む。複合材Aは、屈曲させることで繊維の向きを異なる方向に向けることができる。繊維の向きを変えて配置することで、複合材構造体の強度・剛性を変化させられうる。繊維を一方向に対して傾斜させるよう複合材Aが配置された領域では、一方向における引張り剛性および圧縮剛性は、他領域の一方向における引張り剛性および圧縮剛性よりも小さくなる。また、繊維を一方向に向けるよう複合材Aが配置された場合では、繊維配向が他領域と揃うため周縁領域と他領域との境界における強度低下のリスクを排除できる。

- [0014] 複合材 A は、屈曲させても繊維は連続した状態が維持される。繊維が連続していることで、短繊維を用いた場合と比較して、一方向における強度を向上できる。本発明は、繊維が連続しているため、第 1 エリア内の繊維配向が切り替わる部分において繊維の隙間が発生する懸念もない。これにより、従来よりも高精度の複合材構造体となる。
- [0015] 孔の間をぬうように複合材 A を蛇行させることで、複数の孔にわたって一枚の複合材 A を配置できるため、効率的に複合材構造体を製造できるようになる。複合材 A は、機械により配置することもできる。
- [0016] 上記発明の一態様において、前記第 1 エリアは、前記一方向を 0° とした場合に前記連続繊維が $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下、好ましくは $\pm 45^\circ$ の方向を向く傾斜部を含み、前記傾斜部が、隣合う孔と孔との間に配置されているとよい。
- [0017] 傾斜部を孔と孔との間に配置することで、 0° 方向（一方向）の引張り剛性が低下して引張り方向（および／または圧縮方向）の伸びを許容する領域を実現することができる。傾斜部では、 $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下の方向、好ましくは $\pm 45^\circ$ 方向に繊維が向いているので、剪断方向（一方向に対して直交する方向、すなわち $\pm 90^\circ$ 方向）の強度が大きくなり、捩り剛性を高めることができる。
- [0018] 上記発明の一態様において、前記第 1 エリアは、前記連続繊維が 0° 方向を向くよう配置された平行部を含み、前記平行部は、前記第 1 エリアの少なくとも前記孔の $\pm 90^\circ$ 方向を向く直径の延長線を含む位置に配置され、前記孔と接しているとよい。
- [0019] 孔の $\pm 90^\circ$ 方向を向く直径の延長線上に孔と接するよう平行部を設けることで、破断しやすい箇所の強度を低下させずに、孔の周縁領域に加わる応力集中を緩和することが可能となる。これにより、実体強度の強い複合材構造体となる。
- [0020] 上記発明の一態様において、前記平行部は、前記孔の 0° 方向の直径に並行する領域にある前記第 1 エリアの外縁を含む位置に配置されているとよい。

。

[0021] 孔の 0° 方向の直径に並行する領域にある第1エリアの外縁とは、すなわち他領域との境界にある周縁領域である。複合材Aは、複合材Aの幅Wの中心線が孔と孔との間をぬうように蛇行している。孔の 0° 方向の直径を軸として見ると、一の孔に対しては一方の側にある複合材Aは、次の孔に対しては他方の側にくる。他領域との境界に平行部を配置することで、周縁領域での繊維の向きを、隣接する他領域での繊維の向きと揃えることができる。それにより、周縁領域と他領域との接続部における $\pm 90^\circ$ 方向の強度低下を抑制できる。

[0022] 上記発明の一態様において、1の前記傾斜部の連続繊維の向きが次の傾斜部の連続繊維の向きと直交する場合、前記幅Wは隣合う孔の中心間距離Lの $1/\sqrt{2}$ 以下と定義され得る。

[0023] 複合材Aは孔と孔との間を蛇行しているため、一の傾斜部の繊維の方向と、次に来る傾斜部の繊維の方向は違う方を向く。一の傾斜部の繊維の方向に対して次の傾斜部の繊維の方向が直角である場合、複合材Aの幅Wを孔の中心間距離Lの $1/\sqrt{2}$ 以下とすることで、孔の $\pm 90^\circ$ 方向を向く直径の延長線上に平行部を配置できる。

[0024] 上記発明の一態様において、前記平行部は、前記孔の 0° 方向の直径と並行する領域であってもよい。

[0025] それにより、孔と並行する領域すべてが平行部となるため、 0° 方向に対する孔周りの強度を向上できる。孔の $\pm 90^\circ$ 方向において繊維の方向が切り替わる境界がなくなるため、 $\pm 90^\circ$ 方向に対する孔周りの強度を向上できる。

[0026] 上記発明の一態様において、前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材が山部、谷部の順に屈曲を繰り返す第1エリアAを含む層と、前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材が谷部、山部の順に屈曲を繰り返す第1エリアBを含む層と、が前記第1エリアAの山部と前記第1エリアBの谷部とが上下対になるよう積層されていることが好ま

しい。

[0027] 第1エリアの傾斜部は、同一層内において隣接する他のエリアと繊維が不連続であり、かつ、繊維の向きが異なる。上記発明の一態様では、第1エリアAの山部と第1エリアBの谷部とが上下対になるようにすることで、傾斜部とそれに隣接するエリアとの境界を上下方向でずらすことができる。それにより、 $\pm 90^\circ$ 方向の強度低下リスクを分散できる。

[0028] 上記発明の一態様において、前記孔は、航空機の翼の下面外板に形成されたアクセスホールとされ得る。

[0029] 下面外板は、航空機の主翼に加わる荷重を負担するトルクボックスの下面部分を構成する。したがって、この下面外板には、飛行時に、主翼長手方向に引張り荷重が加わる。アクセスホールの周縁の所定領域を上記の周縁領域とし、この周縁領域を取り囲む領域を上記の他領域としたので、引張り荷重は主として他領域が負担し、周縁領域には比較的小さな引張り荷重しか加わらない。したがって、アクセスホールの周縁領域の補強を少なくでき、軽量化された主翼を提供することができる。

[0030] 上記発明の一態様において、前記孔は、航空機の胴体の外板に形成された窓用孔とされ得る。

[0031] 航空機の胴体には、長手方向に引張り荷重および圧縮荷重（すなわち曲げ荷重）が加わる。窓用孔の周縁の所定領域を上記の周縁領域とし、この周縁領域を取り囲む領域を上記の他領域としたので、引張り荷重および圧縮荷重は主として他領域が負担し、周縁領域には比較的小さな引張り荷重および圧縮荷重しか加わらない。したがって、窓用孔の周縁領域の補強を少なくでき、軽量化された航空機胴体を提供することができる。

[0032] 本発明は、一方向に延在するとともに、複数の孔が該一方向に間隔を空けて並べて形成された繊維強化プラスチック製の複合材とされ、前記一方向に引張り荷重および／または圧縮荷重が負荷される複合材構造体の製造方法において、長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を該複合材の幅Wの中心線が隣合う孔と孔との間をぬうように屈曲させ前記一方向に向

けて蛇行配置し、前記孔の周縁領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性を、該周縁領域を取り囲む他領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性よりも小さくする複合材構造体の製造方法を提供する。

[0033] 上記発明の一態様において、前記一方向を 0° とした場合に、隣合う孔と孔との間で、前記連続繊維が $\pm 30^{\circ}$ 以上 $\pm 60^{\circ}$ 以下の方向、好ましくは $\pm 45^{\circ}$ 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置するとよい。

[0034] 上記発明の一態様において、前記孔の $\pm 90^{\circ}$ 方向を向く直径の延長線を含む位置に、前記連続繊維が 0° 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置するとよい。

[0035] 上記発明の一態様において、前記孔の 0° 方向の直径に並行する領域に、外縁において前記連続繊維が 0° 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置することが好ましい。

[0036] 上記発明の一態様において、前記孔の 0° 方向の直径に並行する領域の前記連続繊維が 0° 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置してもよい。

発明の効果

[0037] 本発明の複合材構造体、これを備えた航空機翼および航空機胴体、並びに複合材構造体の製造方法によれば、長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を蛇行配置することで、強度低下要因が排除された軽量構造を実現可能とする。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]本発明の複合材構造体の一実施形態にかかる航空機の主翼の下面外板を示し、(a)は平面図であり、(b)は(a)のA-Aにおける縦断面図である。

[図2]ボックス構造とされた主翼の一部を構成する下面外板およびストリングアを示した斜視図である。

[図3]図2のA-Aにおける横断面図である。

[図4]繊維シートの積層構造を示した要部分解斜視図である。

[図5]第1実施形態における第2層の要部平面図である。

[図6]第2実施形態における第2層の要部平面図である。

発明を実施するための形態

[0039] [第1実施形態]

以下、本発明の一実施形態について、図1から図3を用いて説明する。

図1(a)には、航空機の主翼1の下面外板3が示されている。下面外板3は、繊維強化プラスチック(FRP: Fiber Reinforced Plastics)製の複合材構造体で形成されている。同図に示した破線は、フラップやスラット等を含む主翼1の外形線を示している。

[0040] 下面外板3は、図2及び図3に示すように、下面外板3の幅方向両端から立設する側面外板となるフロントスパー20及びリアスパー22と、これらフロントスパー20及びリアスパー22の上端同士を接続する上面外板24と共に箱形のトルクボックスを形成しており、主翼1の荷重を負担する。

[0041] 主翼1の長手方向には、複数のストリング26が設けられている。ストリング26は、下面外板3等と同様にFRP製の複合材とされている。各ストリング26は、下面外板3及び上面外板24の内表面に対して固定されており、主翼1の長手方向の荷重を主として負担する。

ボックス構造とされた主翼1の内部には、その内部空間を長手方向において複数に分割するようにリブ28が設けられている。リブ28は、主翼1の幅方向(長手方向に直交する方向)にわたって延在した板状とされており、長手方向に所定間隔を有して複数配置されている。図3に示すように、各リブ28の前後の端部は、それぞれ、フロントスパー20及びリアスパー22に対してボルト・ナット等の所定のファスナ30によって固定されている。

[0042] 図1に示すように、下面外板3には、主翼1内に設けられた燃料タンクの点検時や組立時等に用いるためのアクセスホール(孔)5が、主翼1の延在方向に沿って所定間隔ごとに複数形成されている。

下面外板 3 は、各アクセスホール 5 の周囲に位置する周縁領域 3 a と、この周縁領域 3 a を取り囲む他領域 3 b とから成り、一体の複合材料で形成されている。

[0043] 周縁領域 3 a は、各アクセスホール 5 の中心を通る主翼 1 の延在方向に沿った線を軸とし、該軸の両側に所定幅 d にわたって設けられている。ここで、「幅 d」とは、主翼 1 の延在方向に直交する方向の周縁領域の距離とされる。

[0044] 他領域 3 b は、周縁領域 3 a の周囲に位置するとともに、周縁領域 3 a 以外の略全領域を存在範囲とする。

[0045] 下面外板 3 を構成する周縁領域 3 a 及び他領域 3 b は、炭素繊維強化プラスチック (CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics) が主体とされた複合材となっている。複合材の積層数は、負担する強度によって決定され、例えば数十程度とされる。

[0046] 他領域 3 b の炭素繊維の配向の比率は、航空機の構造体として用いられる通常程度とされており、例えば、主翼 1 の延在方向 (長手方向) を 0° とした場合、 $(0^\circ, +45^\circ, -45^\circ, 90^\circ) = (30\%, 30\%, 30\%, 10\%)$ となるように、各繊維方向を有する複数の繊維シートが積層されて構成されている。

[0047] 周縁領域 3 a の炭素繊維の配向の比率は、他領域 3 b とは異なり、主翼 1 の延在方向を 0° とした場合、隣合う孔 5 と孔 5 との間において $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下、好ましくは $\pm 45^\circ$ を主体としたものとなっている。つまり、他領域 3 b よりも $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下、好ましくは $\pm 45^\circ$ の配向比率を大きくしており、例えば $\pm 45^\circ$ の配向比率が 70% 以上となるように、各繊維方向を有する複数の繊維シートが積層されて構成されている。さらに、 0° 方向の引張り剛性を低下させるために、 0° 方向の繊維を炭素繊維からガラス繊維 (Glass fiber) またはアラミド繊維 (Aramid fiber) 等に変更しても良い。

[0048] 上述のような配合比率を実現する下面外板 3 の積層構造について、図 4 を

参照して説明する。図4は、繊維シートの積層構造を例示した要部分解斜視図である。図4の積層構造は、第1層41から第5層45から構成されている。第1層41から第5層45における孔5、周縁領域3a及び他領域3bの位置は、上下方向でそれぞれ対応している。図4において、孔5が並べられた方向（主翼1の延在方向）を0°とする。

[0049] 第1層41は、繊維が+45°方向に配向された層である。第1層41は、+45°繊維シートを周縁領域3a及び他領域3bにわたって配置して形成する。

[0050] 第2層42は、主に繊維が0°方向に配向された層である。第2層42は、周縁領域3aに周縁領域用複合材を配置し、他領域3bに他領域用複合材を配置して形成する。周縁領域用複合材及び他領域用複合材の詳しい配置については、後に述べる。

[0051] 第3層43は、繊維が90°方向に配向された層である。第3層43は、90°繊維シートを周縁領域3a及び他領域3bにわたって配置して形成する。

[0052] 第4層44は、主に繊維が0°方向に配向された層である。第4層44は、周縁領域3aに周縁領域用複合材を配置し、他領域3bに他領域用複合材を配置して形成する。

[0053] 第5層45は、第1層41と同様に、繊維が+45°方向に配向された層である。第5層45は、+45°繊維シートを周縁領域3a及び他領域3bにわたって配置して形成する。

[0054] 第2層42について、図5を参照して更に詳しく説明する。図5は、第2層42の要部平面図である。図5において、第2層42は、主荷重が負荷される方向tに沿って間隔を空けて並べて形成された複数の孔5と、孔5の周りにある周縁領域3aと、周縁領域3aを挟んで両側にある他領域3bとから構成されている。周縁領域3aは、第1周縁領域用複合材が配置されてなる第1エリア10と第2周縁領域用複合材が配置されてなる第2エリア11とを含む。第1周縁領域用複合材および第2周縁領域用複合材は、長手方向

に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材（複合材A）である。ここで、「連続繊維」とは周縁領域3aがt方向に切断されていない状態を示す。

複合材Aは、シート状のプリプレグまたは半含浸プリプレグなどである。

[0055] 第1エリア10は、複合材Aの幅Wの中心線が隣合う孔5と孔5との間をぬうように通るよう複合材Aを屈曲させ蛇行配置してなる。複合材Aは、複数の孔5の中心を通る線を軸として対象に蛇行させるとよい。複合材Aは、複数の幅細のプリプレグが並べられて幅Wとなったものでもよい。

[0056] 幅Wは、複合材Aを蛇行配置したときに隣合う孔5と孔5との間を複合材Aで埋められる長さにとるとよい。幅Wは、連続繊維の配向に直交する方向における複合材の長さである。複合材Aの幅Wは、隣合う孔5の中心間距離Lにより定めることができる。例えば、図5のように1の傾斜部の繊維の向きが次の傾斜部の繊維の向きと直交する（ $\theta = 90^\circ$ の）場合、幅Wは隣合う孔5の中心間距離Lの $1/\sqrt{2}$ 以下にとるとよい。

[0057] 第1エリア10は、傾斜部12および平行部13を含む。傾斜部12および平行部13は交互に配置されている。図5では、傾斜部12から平行部13となる際は、所定の角度で繊維配向が切り替わるよう複合材Aが屈曲しているが、曲線を描くように徐々に繊維配向が変化するよう屈曲させてもよい。

[0058] 傾斜部12は、隣合う孔5と孔5との間に位置し、複合材A中の連続繊維が $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下、好ましくは $\pm 45^\circ$ の方向を向いている。

[0059] 平行部13は、孔5の短径（ $\pm 90^\circ$ 方向を向く直径）の延長線を含む位置に配置されている。平行部13は、孔5の長径（孔5の 0° 方向の直径）に並行する領域にある第1エリア10の外縁13aを含む位置にも配置されているとよい。平行部13は、少なくとも一部が孔5に接している。

[0060] 第2エリア11は、蛇行した第1エリアの屈曲した部分である谷部である。第2エリア11は、繊維配向が 0° 方向となるよう該谷部に第2周縁領域用複合材を配置してなる。

[0061] 第4層44も、第2層42と同様の構成である。ただし、第4層44の第

1 エリアは、第2層42の第1エリアと山谷部の配置が逆となる蛇行形状であることが好ましい。具体的には、第2層42における第1エリア10が、複合材Aが山部・谷部の順に屈曲を繰り返す蛇行形状であるとする、第4層44における第1エリアは、複合材Aが谷部、山部の順に屈曲を繰り返す蛇行形状とする。そのような第1エリアを含む第2層42および第4層44を積層すると、第2層42の第1エリアの山部と、第4層44の第1エリアの谷部とが上下対になる。

[0062] 以上のような第1層41から第5層45を繰り返し、あるいはこれらの層の任意の組み合わせを適宜行う（図5参照）ことによって、他領域3bに比べて、周縁領域3aを $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下、好ましくは $\pm 45^\circ$ の配向比率を主体とすることができる。

[0063] 次に、上記構成の主翼1を用いた際の作用効果について説明する。

飛行時、主翼1には、その先端が上向きに変位するように荷重が加わる。したがって、主翼1の下面外板3には、その延在方向（ 0° 方向）に引張り荷重が加わる。 0° 方向の引張り荷重は、周縁領域3aではなく、下面外板3の他領域3bが主として負担する。なぜなら、周縁領域3aは、他領域3bに比べて $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下、好ましくは $\pm 45^\circ$ 配向の繊維が主体とされており 0° 方向の引張り荷重に対して剛性が低い領域とされているからである。したがって、周縁領域3aには、他領域3bに比べて小さな引張り荷重しか加わらないので、周縁領域3aの必要強度が下がる。つまり、増厚のための強化用積層体を孔周りに設ける必要がない。理解の容易のために、図1（b）には、強化用積層体104が併せて示されている。このように、強化用積層体104が不要となるので、この分だけ軽量化することができる。

[0064] 周縁領域3aは、 $\pm 30^\circ$ 以上 $\pm 60^\circ$ 以下、好ましくは $\pm 45^\circ$ を主体としているので、剪断方向の剛性すなわち振り剛性については強化されている。したがって、周縁領域3aは、軸力（引張り荷重）を負担せず、振り荷重を負担するようになっている。

- [0065] 周縁領域 3 a は、長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材 A を蛇行させてなる第 1 エリア 10 を含む。複合材 A は連続繊維を含むため、屈曲させても繊維は連続した状態が維持される。繊維が連続していることで、短繊維を用いた場合と比較して、 0° 方向における強度を向上できる。連続繊維で強化した複合材を用いることで、第 1 エリア内の繊維配向が変化する境界において隙間が発生する懸念もない。これにより、従来よりも高精度の複合材構造体となる。
- [0066] 孔 5 の間をぬうように複合材 A を蛇行させることで、複数の孔周りでまとめて第 1 エリア 10 を形成できるため、機械により複合材 A を配置させることが可能であるし、効率的に製造できるようになる。
- [0067] 傾斜部 12 を孔 5 と孔 5 との間に配置することで、 0° 方向（一方向）の引張り剛性が低下して引張り方向（および／または圧縮方向）の伸びを許容する領域を実現することができる。傾斜部 12 では、 $\pm 30^{\circ}$ 以上 $\pm 60^{\circ}$ 以下の方向、好ましくは $\pm 45^{\circ}$ 方向に繊維が向いているので、剪断方向（一方向に対して直交する方向、すなわち $\pm 90^{\circ}$ 方向）の強度が大きくなり、捩り剛性を高めることができる。
- [0068] 孔 5 の $\pm 90^{\circ}$ 方向を向く径の延長線上に平行部を設けることで、破断しやすい箇所の強度を低下させずに、孔 5 の周縁領域 3 a に加わる応力集中を緩和することが可能となる。これにより、実体強度の強い複合材構造体となる。
- [0069] 境界となる周縁領域 3 a に平行部 13 を配置することで、周縁領域 3 a での繊維の向きを、隣接する他領域 3 b での繊維の向きと揃えることができる。それにより、周縁領域 3 a と他領域 3 b との境界における $\pm 90^{\circ}$ 方向の強度低下を抑制できる。
- [0070] 繊維シートを積層する際、1 の層の第 1 エリア A の山部と別の層の第 1 エリア B の谷部とが対になるようにすることで、繊維シートの境界を上下方向でずらすことができる。それにより、 $\pm 90^{\circ}$ 方向の強度低下リスクを分散できる。

[0071] 〔第2実施形態〕

本実施形態に係る複合材構造体は、平行部を設ける範囲が異なる以外は第1実施形態と同様の構成である。

図6に、本実施形態に係る第2層52の要部平面図を示す。本実施形態において、平行部13は、孔5の長径（0°方向の直径）と並行する領域にわたって配置されている。平行部の長さは、孔5の長径と同じである。

[0072] 孔5と並行する領域すべてを平行部とすることで、0°方向に対する孔周りの強度を向上できる。孔の±90°方向において繊維の方向が切り替わる境界がなくなるため、±90°方向に対する孔周りの強度を向上できる。

[0073] なお、上記実施形態は主翼1の下面外板3への適用について説明したが、本発明はこれに限定されず、孔を有する複合材構造体であれば広く適用することができる。

例えば、下面外板3とともにトルクボックスを構成する上面外板に、下面外板3と同様の構成を適用しても良い。本実施形態は、尾翼などにも適用することができる。

[0074] 上記実施形態は、窓用孔が形成された航空機胴体に適用することもできる。さらには、本発明の複合材構造体は、航空機に限定されず、例えば船舶や車両等にも適用することができる。

[0075] 上記実施形態では、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）を主として用いることとしたが、本発明はこれに限定されず、例えばガラス繊維強化プラスチック（GFRP：Glass Fiber Reinforced Plastic）やアラミド繊維強化プラスチック（AFRP：Aramid Fiber Reinforced Plastic）を用いても良い。

符号の説明

[0076] 1 主翼

3 下面外板（複合材構造体）

3a 周縁領域

3b 他領域

- 5 アクセスホール（孔）
 - 1 0 第1エリア
 - 1 1 第2エリア
 - 1 2 傾斜部
 - 1 3 平行部
 - 1 3 a （平行部の）外縁
- 2 0 フロントスパー
- 2 2 リアスパー
- 2 4 上面外板
- 2 6 ストリング
- 2 8 リブ
- 3 0 ファスナ
- 4 1 第1層
- 4 2 第2層
- 4 3 第3層
- 4 4 第4層
- 4 5 第5層
- 1 0 4 強化用積層体

請求の範囲

- [請求項1] 一方向に延在するとともに、複数の孔が前記一方向に間隔を空けて並べて形成された繊維強化プラスチック製の複合材とされ、前記一方向に引張り荷重および／または圧縮荷重が負荷される複合材構造体において、
- 前記孔の周縁領域は、長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材が前記複合材の幅Wの中心線が隣合う孔と孔との間をぬうように屈曲し前記一方向に向かって蛇行してなる第1エリアを含み、
- 前記周縁領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性が、該周縁領域を取り囲む他領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性よりも小さい複合材構造体。
- [請求項2] 前記第1エリアは、前記一方向を 0° とした場合に前記連続繊維が $\pm 30^{\circ}$ 以上 $\pm 60^{\circ}$ 以下の方向を向く傾斜部を含み、
- 前記傾斜部が、隣合う孔と孔との間に配置されている請求項1に記載の複合材構造体。
- [請求項3] 前記第1エリアは、前記一方向を 0° とした場合に前記連続繊維が $\pm 45^{\circ}$ 方向を向く傾斜部を含み、
- 前記傾斜部が、隣合う孔と孔との間に配置されている請求項1に記載の複合材構造体。
- [請求項4] 前記第1エリアは、前記連続繊維が 0° 方向を向くよう配置された平行部を含み、
- 前記平行部は、前記第1エリアの少なくとも前記孔の $\pm 90^{\circ}$ 方向を向く直径の延長線を含む位置に配置され、前記孔と接している請求項1から請求項3のいずれかに記載の複合材構造体。
- [請求項5] 前記平行部は、前記孔の 0° 方向の直径に並行する領域にある前記第1エリアの外縁を含む位置に配置されている請求項4に記載の複合材構造体。
- [請求項6] 1の前記傾斜部の連続繊維の向きが次の傾斜部の連続繊維の向きと

直交する場合、前記幅Wは隣合う孔の中心間距離Lの $1/\sqrt{2}$ 以下と定義される請求項2から請求項5のいずれかに記載の複合材構造体。

[請求項7] 前記平行部は、前記孔の0°方向の直径と並行する領域にある前記第1エリアである請求項4に記載の複合材構造体。

[請求項8] 前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材が山部、谷部の順に屈曲を繰り返す第1エリアAを含む層と、
前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材が谷部、山部の順に屈曲を繰り返す第1エリアBを含む層と、
が、前記第1エリアAの山部と前記第1エリアBの谷部とが上下対になるよう積層されている請求項1から請求項7のいずれかに記載の複合材構造体。

[請求項9] 前記孔は、航空機の翼の下面外板に形成されたアクセスホールである請求項1から請求項8のいずれかに記載の複合材構造体。

[請求項10] 前記孔は、航空機の胴体の外板に形成された窓用孔である請求項1から請求項8のいずれかに記載の複合材構造体。

[請求項11] 請求項9に記載の複合材構造体を備えている航空機翼。

[請求項12] 請求項10に記載の複合材構造体を備えている航空機胴体。

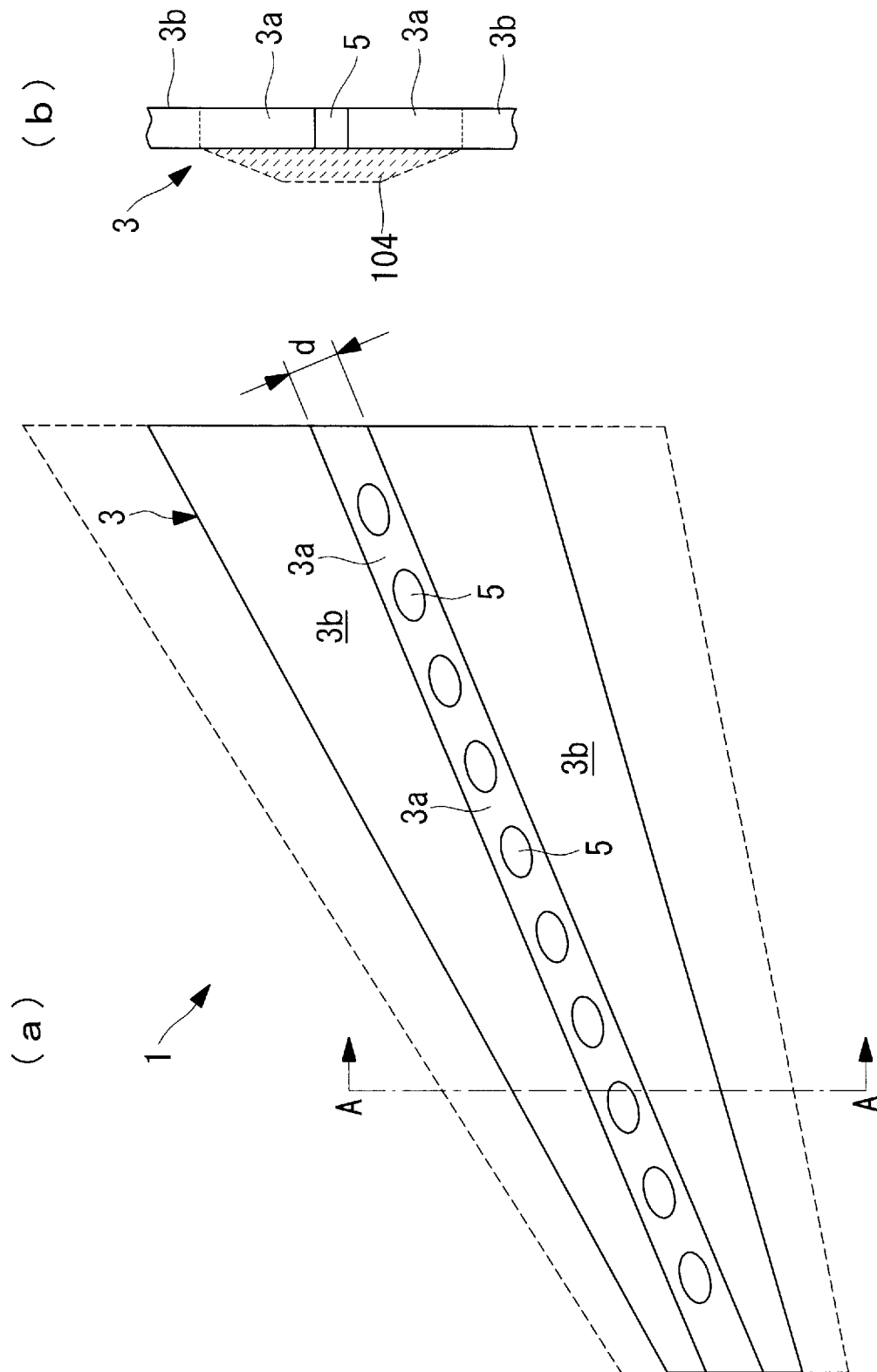
[請求項13] 一方向に延在するとともに、複数の孔が該一方向に間隔を空けて並べて形成された繊維強化プラスチック製の複合材とされ、前記一方向に引張り荷重および／または圧縮荷重が負荷される複合材構造体の製造方法において、

長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を該複合材の幅Wの中心線が隣合う孔と孔との間をぬうように屈曲させ前記一方向に向けて蛇行配置し、

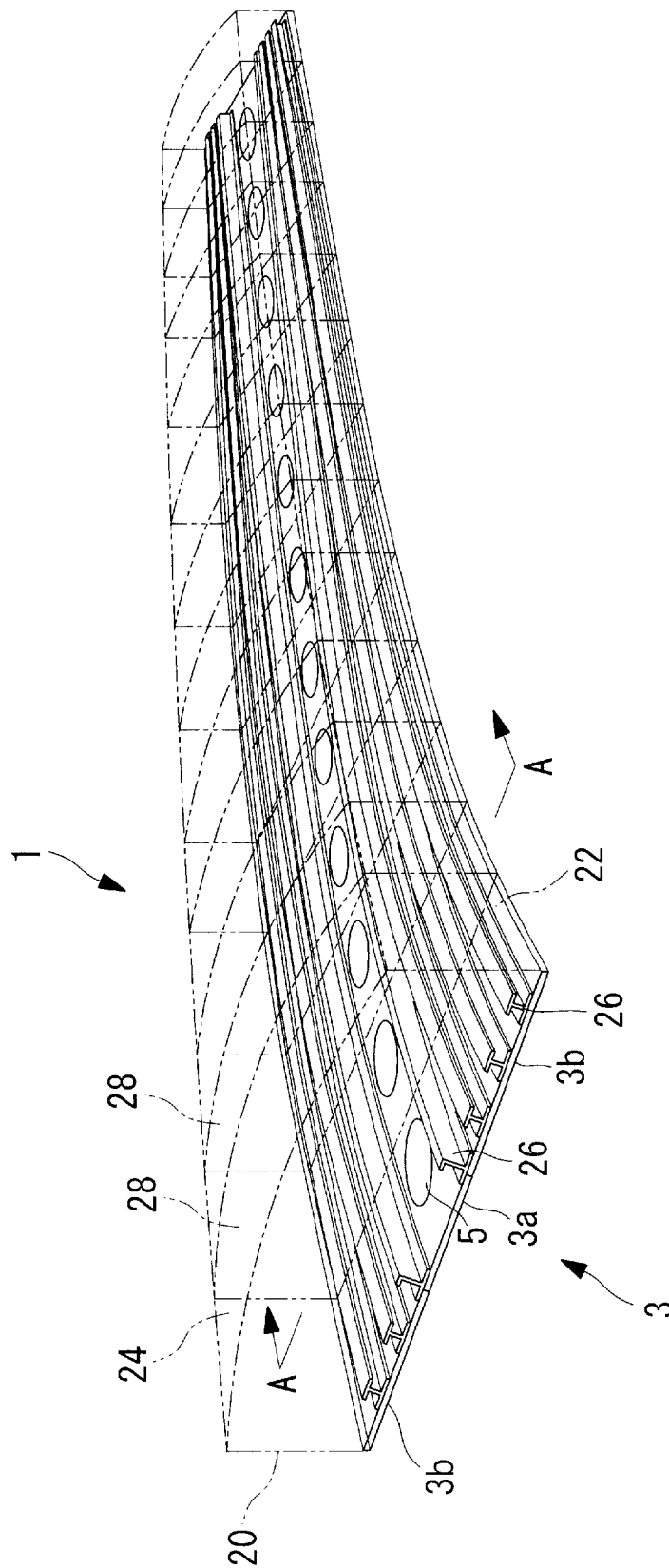
前記孔の周縁領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性を、該周縁領域を取り囲む他領域の前記一方向における引張り剛性および／または圧縮剛性よりも小さくする複合材構造体の製造方法。

- [請求項14] 前記一方向を 0° とした場合に、隣合う孔と孔との間で、前記連続繊維が $\pm 30^{\circ}$ 以上 $\pm 60^{\circ}$ 以下の方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置する請求項13に記載の複合材構造体の製造方法。
- [請求項15] 前記一方向を 0° とした場合に、隣合う孔と孔との間で、前記連続繊維が $\pm 45^{\circ}$ 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置する請求項13に記載の複合材構造体の製造方法。
- [請求項16] 前記孔の $\pm 90^{\circ}$ 方向を向く直径の延長線を含む位置に、前記連続繊維が 0° 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置する請求項13から請求項15のいずれかに記載の複合材構造体の製造方法。
- [請求項17] 前記孔の 0° 方向の直径に並行する領域に、外縁において前記連続繊維が 0° 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置する請求項16に記載の複合材構造体の製造方法。
- [請求項18] 前記孔の 0° 方向の直径に並行する領域の前記連続繊維が 0° 方向を向くよう前記長手方向に引き揃えられた連続繊維で強化された複合材を配置する請求項16に記載の複合材構造体の製造方法。

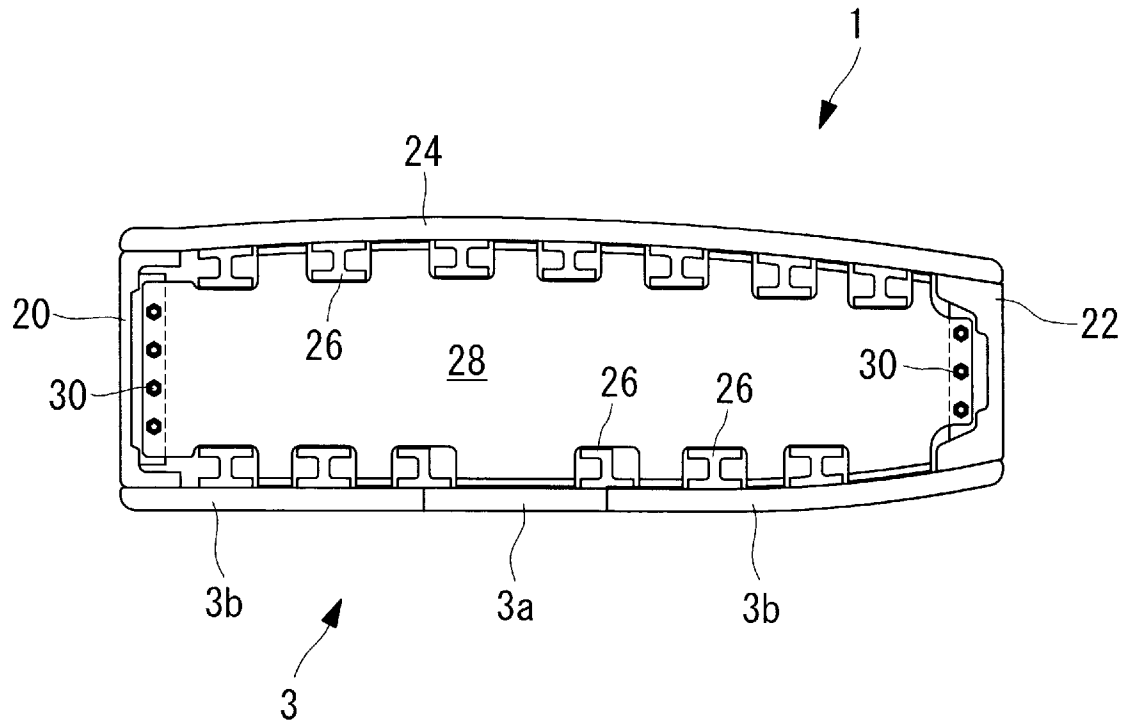
[図1]



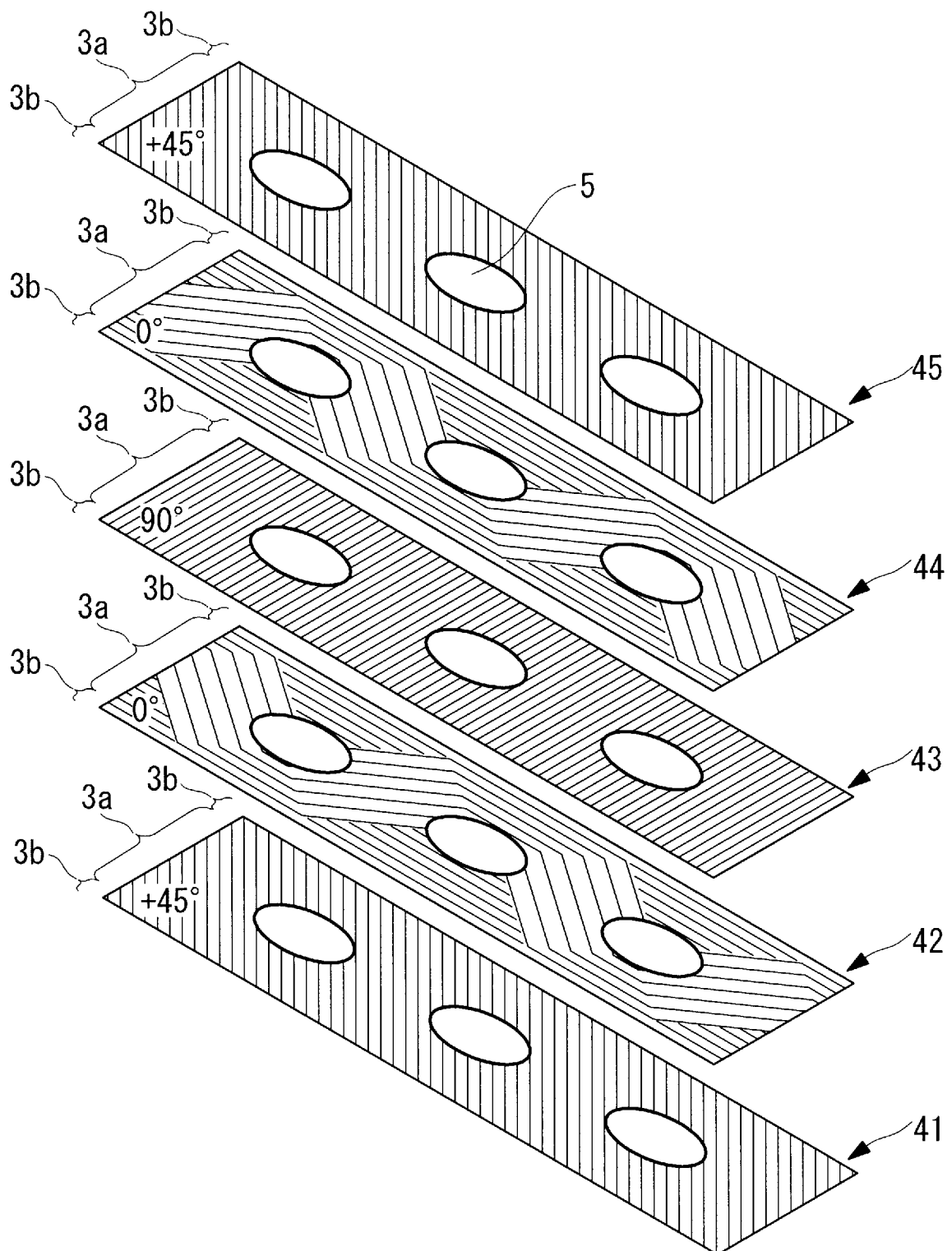
[図2]



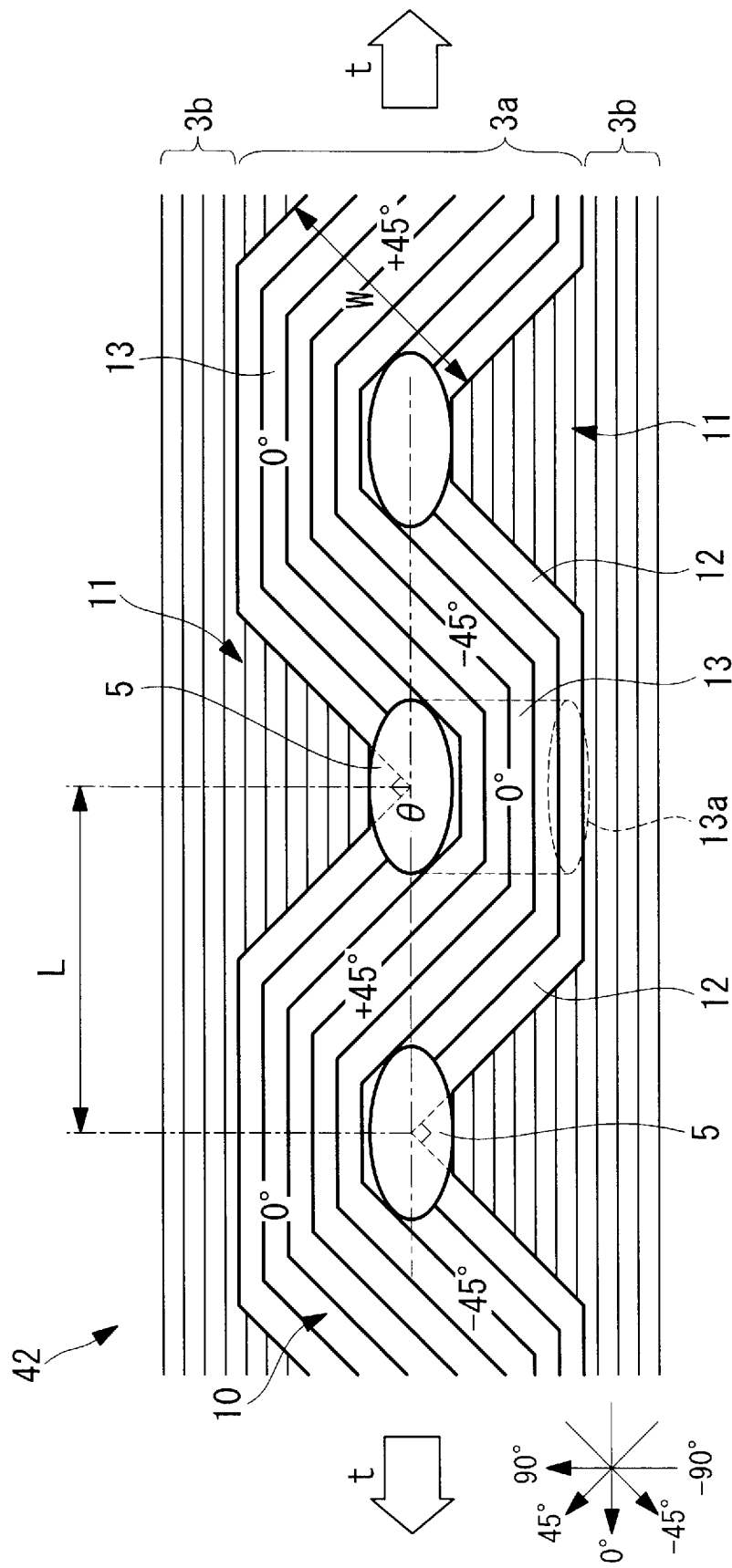
[図3]



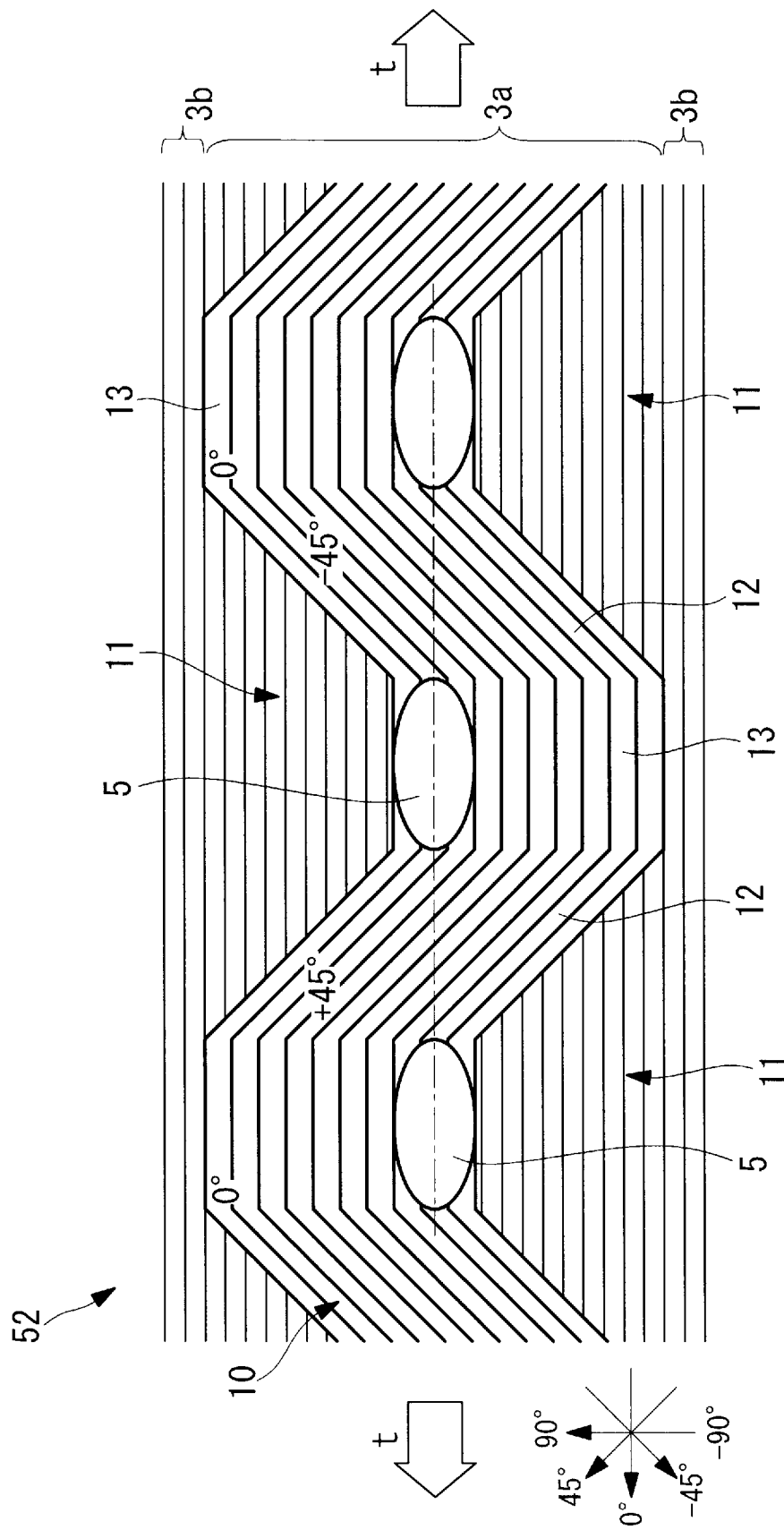
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/057786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C70/06(2006.01)i, B32B5/08(2006.01)i, B32B5/12(2006.01)i, B64C1/00(2006.01)i, B64C1/14(2006.01)i, B64C3/26(2006.01)i, B29K105/08(2006.01)n, B29L31/30(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C70/00-70/88, B32B1/00-43/00, B64C1/00, B64C1/14, B64C3/26, B29K105/08, B29L31/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-524769 A (Airbus Operations GmbH), 22 July 2010 (22.07.2010), claims; paragraphs [0051], [0052]; fig. 13a, 13b & US 2010/0133381 A1 & WO 2008/129038 A1 & EP 2137063 A1 & DE 102007019305 A & CA 2678644 A & CN 101657352 A	1-18
A	WO 2012/105691 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 August 2012 (09.08.2012), claims; fig. 4 & JP 5654055 B & US 2013/0243992 A1 & EP 2671792 A1 & CA 2815966 A & CN 103201167 A	1-18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 May 2015 (25.05.15)

Date of mailing of the international search report
02 June 2015 (02.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/057786

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 1-263030 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 19 October 1989 (19.10.1989), claims; page 2, upper right column, line 13 to lower left column, line 6 (Family: none)	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B29C70/06(2006.01)i, B32B5/08(2006.01)i, B32B5/12(2006.01)i, B64C1/00(2006.01)i, B64C1/14(2006.01)i, B64C3/26(2006.01)i, B29K105/08(2006.01)n, B29L31/30(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B29C70/00-70/88, B32B1/00-43/00, B64C1/00, B64C1/14, B64C3/26, B29K105/08, B29L31/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-524769 A（エアバス・オペレーションズ・ゲーエムベーハー）2010.07.22, 特許請求の範囲, 【0051】, 【0052】, 図 13a, 図 13b & US 2010/0133381 A1 & WO 2008/129038 A1 & EP 2137063 A1 & DE 102007019305 A & CA 2678644 A & CN 101657352 A	1-18
A	WO 2012/105691 A1（三菱重工業株式会社）2012.08.09, 請求の範囲, 図 4 & JP 5654055 B & US 2013/0243992 A1 & EP 2671792 A1 & CA 2815966 A & CN 103201167 A	1-18

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

増田 亮子

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

4 R

9 2 6 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 1-263030 A (工業技術院長) 1989. 10. 19, 特許請求の範囲, 第 2 頁右上欄第 13 行-左下欄第 6 行 (ファミリーなし)	1-18