

(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
2019年10月17日(17.10.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/198729 A1

(51) 国際特許分類:
B62D 25/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/015519

(22) 国際出願日: 2019年4月9日(09.04.2019)

(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 2018-074647 2018年4月9日(09.04.2018) JP

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 常見 祐介 (TSUNEMI, Yusuke); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).
阿部 雅彦 (ABE, Masahiko); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).

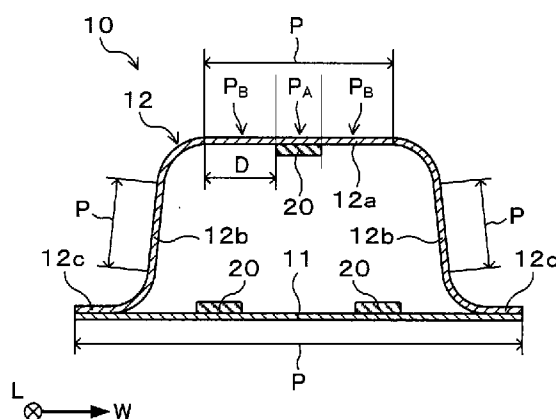
(74) 代理人: 萩原 康司, 外 (HAGIWARA, Yasushi et al.); 〒1620065 東京都新宿区住吉町1-20 角張ビル 曙国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: AUTOMOBILE STRUCTURAL MEMBER

(54) 発明の名称: 自動車構造部材



(57) Abstract: In order to improve impact-resistant weight efficiency in an automobile structural member, this automobile structural member comprises: a hollow member having a flat section; and an FRP member joined to at least one location on the flat section. The automobile structural member is characterized by: the FRP member being joined to at least a 0.1L1-0.9L1 section of the length L1 in the longitudinal direction of the hollow member; an FRP joined section being a section having the FRP member joined thereto and an FRP non-joined section being a section not having the FRP member joined thereto being formed at the 0.1L1-0.9L1 site in the flat section; the total width of the FRP joined section in the flat section being 8% - 60% of the total width of the flat section; and the bending rigidity of the FRP member in the FRP joining section in the flat section being at least 30 times the bending rigidity of the flat section excluding the FRP member.

TM), ヨーロッパ (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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：自動車構造部材において、耐衝撃性の重量効率を向上させる。平面部を有する中空部材と、前記平面部の少なくとも一箇所に接合されるFRP部材と、を備えた自動車構造部材であって、前記FRP部材は、前記中空部材の長手方向の長さL1の少なくとも0.1L1～0.9L1の部位に接合され、前記平面部には、前記0.1L1～0.9L1の部位において、前記FRP部材が接合された部分であるFRP接合部と、前記FRP部材が接合されていない部分であるFRP非接合部と、が形成され、前記平面部において、前記FRP接合部の幅の合計は前記平面部の全幅の8～60％であり、前記平面部において前記FRP接合部での前記FRP部材の曲げ剛性は、前記FRP部材を除いた前記平面部の曲げ剛性の30倍以上であることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：自動車構造部材

技術分野

[0001] (関連出願の相互参照)

本願は、2018年4月9日に日本国に出願された特願2018-074647号に基づき、優先権を主張し、その内容をここに援用する。

[0002] 本発明は、自動車構造部材に関する。

背景技術

[0003] 自動車構造部材には衝突時に乗員を保護するための耐衝撃性が求められる。例えば図1に示すようなフロアクロスメンバには側面衝突時における耐衝撃性が求められ、フロアトンネルおよびサイドシルには前面衝突時および後面衝突時における耐衝撃性が求められる。また、フロントサイドメンバーは、フロントサイドメンバーフロントと、フロントサイドメンバーリアで構成されるが、フロントサイドメンバーリアには前面衝突時における耐衝撃性が求められる。自動車の衝突安全性をさらに高めるためには、各構造部材の耐衝撃性を向上させることが重要である。

[0004] 耐衝撃性を向上させる技術として、特許文献1にはフロアパネルの車内側に接合されたハット状部材と、そのハット状部材の上部に接合されたU字状部材で構成されたフロアクロスメンバが開示されている。特許文献1のフロアクロスメンバにおいては、自動車の側面衝突時に入力される衝撃荷重をハット状部材とU字状部材に分散して伝達させることで耐衝撃性を向上させている。

[0005] また、特許文献2には、アルミ合金の中空フレーム（衝撃吸収材）にFRP部材（高強度軽量材）を接合した複合構造の衝撃吸収用部材が開示されている。特許文献2に記載の技術では、中空フレームの長手方向にFRP部材がほぼ100%接合された構成が開示され、これにより、衝撃エネルギー吸収機能と変形阻止機能を両立させている。

[0006] また、特許文献3には、金属製の中空フレームの壁部にCFRP製の補強材を接着させる技術が開示されている。特許文献3に記載の技術では、引張荷重が集中する場所だけに補強材を貼り付けることで軽量化と耐荷重を両立させている。

[0007] また、特許文献4には、自動車部材に活用する金属-CFRP複合部材が開示されている。特許文献4に記載の技術では、補強材（CFRP）を接着させるための熱硬化性接着剤の残留剪断応力を低減させることができる。

[0008] また、特許文献5には、CFRP製のパッチを用いて自動車の車体部材を補強する車体製造方法が開示されている。特許文献5に記載の技術では、パッチを応力集中部の引張面に貼着あるいはボルト止めすることで補強効果を高め、補強効果の大小を容易に調整することができる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2015-112898号公報

特許文献2：特開平6-101732号公報

特許文献3：特開2015-160524号公報

特許文献4：特開2017-61068号公報

特許文献5：特開2014-233999号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 自動車構造部材には耐衝撃性の向上が求められる一方、燃費向上のために車体重量の軽量化も求められる。このため、構造部材としての耐衝撃性と軽量化を両立させるという観点では、単位重量あたりの耐衝撃性を示す指標となる耐衝撃性の重量効率を向上させることが望まれる。しかしながら、特許文献1のフロアクロスメンバは、ハット状部材やU字状部材等を用いて高さ方向に二つの閉断面を有するように構成される必要があることから、耐衝撃性の向上度合いに対して重量の増加が顕著となり、耐衝撃性の重量効率が低

下する。

[0011] また、上記特許文献2では中空フレームの長手方向にFRP部材がほぼ100%接合された構成を開示しているが、FRP部材の接合箇所には更なる工夫の余地があり、耐衝撃性と軽量化の両立のためには更なる重量効率の向上が求められる。また、上記特許文献3では引張荷重が集中する場所だけに補強材を貼り付けるといったことが記載されているが、耐衝撃性に関しての好適な補強材の構成については言及されておらず、耐衝撃性と軽量化の両立のためには、更なる工夫が求められる。

[0012] また、上記特許文献4は補強材(CFRP)を接着させるための熱硬化性接着剤の残留剪断応力を低減させる技術であり、上記特許文献5はパッチを応力集中部の引張面に貼着あるいはボルト止めすることで補強を行う技術であるが、これらの文献は共に耐衝撃性に伴うFRP部材の好適な接着位置や重量効率の向上技術に関し十分に言及しているとはいえず、更なる改良の余地がある。

[0013] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、自動車構造部材において、耐衝撃性の重量効率を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0014] 上記課題を解決するため、本発明によれば、平面部を有する中空部材と、前記平面部の少なくとも一箇所に接合されるFRP部材と、を備えた自動車構造部材であって、前記FRP部材は、前記中空部材の長手方向の長さLの少なくとも0.1L~0.9Lの部位に接合され、前記平面部には、前記0.1L~0.9Lの部位において、前記FRP部材が接合された部分であるFRP接合部と、前記FRP部材が接合されていない部分であるFRP非接合部と、が形成され、前記平面部において、前記FRP接合部の幅の合計は前記平面部の全幅の8~60%であり、前記平面部において前記FRP接合部での前記FRP部材の曲げ剛性は、前記FRP部材を除いた前記平面部の曲げ剛性の30倍以上であることを特徴とする、自動車構造部材が提供される。

[0015] 前記 F R P 部材の曲げ剛性は、前記 F R P 部材を除いた前記平面部の曲げ剛性の 1 0 0 倍以上であっても良い。

[0016] 前記 F R P 部材の厚さは、前記平面部の厚さの 6 倍以上であっても良い。

[0017] 前記平面部における前記 F R P 非接合部のそれぞれの幅 D が以下の式 (1) を満たしても良い。

[数1]

$$0.5 \times 1.9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \leq D \leq 1.6 \times 1.9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \quad \cdots (1)$$

但し、 t : 前記平面部の厚さ、 E : 前記平面部のヤング率、 σ_y : 前記平面部の降伏応力

[0018] 前記 F R P 部材は、前記中空部材の内部空間側の面に接合されても良い。

[0019] 前記 F R P 部材は C F R P からなる C F R P 部材であっても良い。

[0020] 前記 F R P 部材は G F R P からなる G F R P 部材であっても良い。

[0021] 前記 C F R P 部材の繊維方向が当該 C F R P 部材の長手方向に対し $\pm 5^\circ$ 以内の範囲内にある繊維が、繊維全体の 8 0 % 以上であっても良い。

[0022] 上記自動車構造部材は、フロアクロスメンバ、フロアトンネル、フロントサイドメンバーリアおよびサイドシルの少なくともいずれかの部材であっても良い。

[0023] なお、本発明に係る自動車構造部材には、 F R P 部材が中空部材の平面部全体に接合された構造部材は含まれない。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、自動車構造部材において、耐衝撃性の重量効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]一般的な自動車の車体構造を示す図である。

[図2]本発明の実施形態に係る構造部材の概略構成を示す斜視図である。

[図3]本発明の実施形態に係る構造部材を中空部材の長手方向に対して垂直に

切断した際の断面図である。

[図4]従来の構造部材におけるハット状部材の天板部を、板の支持構造に例えた図である。

[図5]本発明の実施形態に係る構造部材におけるハット状部材の天板部を、板の支持構造に例えた図である。

[図6]本発明の別の実施形態に係る構造部材の概略構成を示す断面図である。

[図7]本発明の別の実施形態に係る構造部材の概略構成を示す断面図である。

[図8]衝突シミュレーション（A）における解析モデルを示す斜視図である。

[図9]衝突シミュレーション（A）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図10]衝突シミュレーション（A）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図11]衝突シミュレーション（A）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図12]衝突シミュレーション（A）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図13]衝突シミュレーション（B）における解析モデルを示す斜視図である。

[図14]衝突シミュレーション（B）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図15]衝突シミュレーション（B）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図16]衝突シミュレーション（B）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図17]衝突シミュレーション（B）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図18]衝突シミュレーション（B）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図19]衝突シミュレーション（B）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

[図20]衝突シミュレーション（B）におけるFRP部材の接合位置を示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能構成を有する要素においては、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0027] 図2および図3に示すように本実施形態の自動車構造部材1（以下、単に「構造部材1」とも呼称）は、中空部材10と、中空部材10に接合された例えばCFRP（炭素繊維強化樹脂）からなるFRP部材20で構成されている。FRP部材20を構成する樹脂および強化繊維等については後述する。なお、本実施形態においては中空部材10の長手方向Lの両端部がそれぞれ開口した状態にあるが、その開口部が他の平板（不図示）等で覆われていても良い。他の平板とは、例えば、構造部材1がフロアクロスメンバであれば、フロアクロスメンバの端部と接合されるサイドシルまたはフロアトンネル等の他部材の壁部である。

[0028] 中空部材10は、平板11と、中空部材10の長手方向Lに垂直な断面における形状がハット形状である部材（以下、“ハット状部材12”）で構成されている。平板11やハット状部材12の素材は特に限定されないが、例えば鋼板やアルミニウム板が用いられる。なお、本明細書では、構造部材1の平面視における中空部材10の閉断面が延伸する長尺方向を部材の長手方向Lと称し、平面視において当該長手方向Lに垂直な方向を“幅方向W”と称す。また、平板11の表面のうち、ハット状部材12に対向する側の面、すなわち中空部材10の内部空間側の面を“内面”と称し、反対側の面を“外面”と称す。また、ハット状部材12の表面のうち、中空部材10の内部空間側の面を“内面”と称し、反対側の面を“外面”と称す。

[0029] 図3に示すようにハット状部材12は、天板部12aと、天板部12aの

幅方向Wの両端部から延び、かつ天板部12aに対して傾斜した縦壁部12bと、縦壁部12bの先端部から幅方向Wの外側に延びたフランジ部12cを有している。図2および図3に示すように本実施形態のFRP部材20は、平板11の内面における二箇所と、ハット状部材12の天板部12aの内面における一箇所に接合されている。平板11に接合されたFRP部材20は間隔をおいて配置されており、ハット状部材12に接合されたFRP部材20は天板部12aの平面部Pに接合されている。各FRP部材20は、中空部材10の長手方向Lに沿って延びており、本実施形態においては中空部材10の長手方向Lの一方の端部から他方の端部まで連続的に延びているが、重量効率を向上させるという観点においては、FRP部材20の長手方向Lの長さは、中空部材10の長手方向Lの長さL1の80%以上であれば良い。具体的には、中空部材10の長手方向Lの長さをL1とした場合の、少なくとも当該長手方向Lにおける $0.1L1 \sim 0.9L1$ の部位にFRP部材20が接合されている必要がある。つまり、中空部材の長さ方向の中央から2つの両端方向に長さL1の40%の距離だけ離れた部位までにFRP部材20が接合されている必要がある。これは、中空部材10の長手方向両端部は、通常、他の部材に接続し拘束状態となっているため、中空部材10の長手方向Lの長さをL1における両端部（ $0 \sim 0.1L1$ 及び $0.9L1 \sim 1.0L1$ ）、つまり両端から長さL1の10%まで部位には、必ずしもFRP部材20を接合しなくても耐衝撃性が担保されるからである。また、FRP部材20の長手方向が、中空部材10の長手方向Lに対し -10° 以上 10° 以下（ $\pm 10^\circ$ 以内）の範囲内であることが好ましい。上記の角度は $-5^\circ \sim +5^\circ$ 以内（ $\pm 5^\circ$ 以内）であることがより好ましい。

[0030] なお、本実施形態のハット状部材12においては、天板部12aと縦壁部12bとがそれぞれ曲面で接続されていることから、天板部12aの幅方向Wの端部には曲面が含まれることになるが、本明細書における平面と曲面を含む部材の“平面部”とは、平面と曲面の境界部分、すなわち一方の曲面のR止まりから他方の曲面のR止まりまでの部分を指しても良い。この定義に

よれば、ハット状部材 12 の縦壁部 12 b の平面部 P とは、天板部 12 a 側の曲面の R 止まりからフランジ部 12 c 側の曲面の R 止まりまでの部分となる。また、“平面部”のより詳細な定義としては、部材（天板部 12 a、縦壁部 12 b 等）の板厚を t 、曲率半径を r とした場合に、 $r/t \geq 1000$ を平面部 P と規定しても良い。平板 11 の表面も当然に平面部 P であることから、本実施形態で用いられている FRP 部材 20 は、全て中空部材 10 の平面部 P の内面に設けられていることになる。なお、後述する例で示すように、中空部材 10 は、曲面部を有さず、平面部のみで構成されていてもよい。

[0031] 平面部 P に対する FRP 部材 20 の接合方法は特に限定されないが、例えば公知の接着剤を用いて平面部 P に貼り付けられることで接合される。このため、構造部材 1 は、例えば接着材により表面に FRP 部材 20 が貼り付けられた状態の平板 11 と、接着剤により天板部 12 a の平面部 P 内面に FRP 部材 20 が貼り付けられた状態のハット状部材 12 とが、ハット状部材 12 のフランジ部 12 c においてスポット溶接等の公知の接合手段により互いに接合されることで製造される。ただし、構造部材 1 の製造方法は上記の方法に限定されることはない。なお、接着剤を用いて中空部材 10 の平面部 P に FRP 部材 20 を貼り付けた構造部材 1 の断面を観察すれば、中空部材 10 の平面部 P と FRP 部材 20 との間に接着剤が存在していることを確認することができる。平面部 P と FRP 部材 20 との接合方法の具体例については後述する。

[0032] 本実施形態の自動車構造部材 1 は以上のように構成されている。本実施形態の構造部材 1 によれば、FRP 部材 20 が中空部材 10 の平面部 P に接合されていることにより、当該平面部 P における面外変形に対する曲げ剛性が大きくなり、衝撃荷重入力時の座屈現象の発生を抑えることができる。これにより構造部材 1 としての耐衝撃性を向上させることができる。

[0033] ここで、上記のように耐衝撃性が向上するメカニズムについて説明する。図 4 は従来の構造部材におけるハット状部材 12 の天板部 12 a を、板 30

の支持構造に例えた図であり、構造部材の幅方向Wを含む面の断面を模式的に示したものである。図5は本実施形態の構造部材1におけるハット状部材12の天板部12aを、板30の支持構造に例えた図であり、構造部材1の幅方向Wを含む面の断面を模式的に示したものである。図4に示すように、従来の構造部材においては板30の両端部が支持点31（ハット状部材12の縦壁部12bに相当）により単純支持状態にあるが、板30の中央部は支持されていない。このため、座屈耐力に影響を与える部分となる、いわゆる有効幅bの範囲は板30の両端部近傍のみである。ここで、本明細書における「有効幅b」とは、von karmanの式で算出される有効幅であり両縁単純支持された平板の圧縮耐力に関して呼称されるものである。

[0034] 一方、本実施形態の構造部材1においては、天板部12aの平面部P中央にFRP部材20が接合されていることによって当該部分の曲げ剛性が高まるため、図5のような板30の支持構造に例えると、板30の中央部に新たな単純支持点32が設けられたような状態となる。すなわち、板30の両端部および中央部が単純支持状態となり、有効幅bの範囲が従来の構造部材に対して増大し、その結果、座屈耐力が向上することになる。これにより構造部材1の耐衝撃性が向上する。また、鋼板等従来の金属部材からなる補強部材を用いて中空部材10を補強する場合と比較して、重量の増加を抑えることができるため、FRP部材20が設けられていない構造部材に対して耐衝撃性の重量効率を向上させることができる。

[0035] ここで、本明細書では、例えば図3に示すように、平面部PにおいてFRP部材20が接合された部分を“FRP接合部 P_A ”と称す。このFRP接合部 P_A は、FRP部材20が接合されている部分の平面部Pと、当該部分に接合されているFRP部材20とを含む概念である。また、平面部PにおいてFRP部材20が接合されていない部分、すなわちFRP接合部 P_A 以外の部分を“FRP非接合部 P_B ”と称す。

[0036] FRP接合部 P_A が上記のように単純支持状態に近づくようにするためには、FRP接合部 P_A におけるFRP部材20の曲げ剛性と、FRP接合部 P_A

におけるFRP部材20を除いた部分、すなわちFRP接合部 P_A における平面部Pの曲げ剛性との比（以下、“曲げ剛性比”）が30以上である必要がある。この条件を満たすような曲げ剛性を有したFRP部材20が、中空部材10の平面部Pに接合されていれば、耐衝撃性を向上させることができると共に、耐衝撃性の重量効率をFRP部材20が設けられていない部材と同等またはそれ以上にすることができる。曲げ剛性比は、50以上、80以上、100以上、150以上、200以上または300以上であることがより好ましい。曲げ剛性比は大きいほど重量効率が向上するため、曲げ剛性の上限は特に限定されず、例えば、構造部材1の設計条件やコスト等の他の要因により適宜決定され得る。いくつか要因の中で、FRP曲部材の接着強度を考慮すると、曲げ剛性比を余り高くすること避けた方が好ましく、具体的には曲げ剛性比を50000以下とすることが好ましい。必要に応じて、曲げ剛性比を20000以下、10000以下、5000以下、1000以下、500以下としてもよい。

[0037] ここで、FRP部材20の曲げ剛性は、中空部材10の垂直横断面における、FRP部材20の形状から算出できる断面2次モーメント I と、FRP部材20の、中空部材10の長手方向 L の常温での引張試験から求められる弾性率 E との積 IE として求めることができる。FRP部材20の形状から算出される断面2次モーメント I は、中空部材10の接着面（平面部Pに接着される面）に平行であり、且つ、FRP部材20の図心（重心位置）を通る直線を原点とし、接着面の垂直な方向を y 軸、FRP部材の長さ方向および y 軸方向に垂直な方向を x 軸とする座標系において下記式（2）により算出する。なお、式（2）における A は断面である。FRP部材20の断面形状は、一定であることが好ましいが、断面形状が変化する場合、断面2次モーメントの最小値をFRP部材20の断面2次モーメントとする。

[数2]

$$I = \int_A y^2 dA \quad \cdots (2)$$

[0038] 平面部Pの断面2次モーメント I_0 は、平面部の板厚中央を通り板厚方向の垂直な面を基準に、その基準面に垂直な方向をy軸、中空部材10の長手方向Lおよびy軸方向に垂直な方向をx軸とする座標系において上記式(2)により算出する。平面部Pの曲げ剛性は、平面部Pの断面2次モーメント I_0 と、平面部Pの、平面部Pの長手方向Lの常温での引張試験から求められる弾性率 E_0 との積 $I_0 E_0$ として求めることができる。したがって、前記曲げ剛性比は、 $I E / I_0 E_0$ として求めることができる。なお、平面部Pの弾性率 E_0 とFRP部材2の弾性率Eについては、上記の引張試験を省略し、公知の文献に記載されている当該素材の弾性率をもちいてもよい。

[0039] 図5のような板30の支持構造において、中空部材10の軽量化と座屈耐力の向上を両立させるためには、FRP接合部 P_A の幅の合計は、平面部Pの全幅の8～60%とする必要がある。FRP接合部 P_A の幅の合計が平面部Pの全幅の60%超の場合、座屈耐力の向上効果に見合った軽量化効果が得られない。一方、FRP接合部 P_A の幅の合計が平面部Pの全幅の8%未満の場合、FRP部材20による重量増に見合った座屈耐力の向上効果が得られない可能性があるためである。必要に応じて、この比率（FRP接合部 P_A の幅の合計／平面部Pの全幅）の上限を50%、40%、30%又は20%としてもよく、この比率の下限を10%、12%又は14%としてもよい。中空部材10の軽量化と座屈耐力の向上を共に実現するために、隣り合う単純支持点31、32の間隔を有効幅bの0.5～1.6倍の範囲内とすることが好ましい。すなわち、FRP非接合部 P_B の幅Dが、von Karmanの式で算出される有効幅bの0.5～1.6倍の範囲内となることが好ましい。したがって、FRP部材20は、FRP非接合部 P_B のそれぞれの幅Dが下記式(1)を満たすように設けられていることが好ましい。これにより耐衝撃性を向上させることができる。なお、重量効率の観点からは、FRP非接合部 P_B の幅Dの値は大きい方が重量低減が図れるため、下記式(1)を満たす幅Dの最大値がより好ましい。必要に応じて、幅Dの下限を有効幅bの0.6倍、0.7倍又は0.8倍としてもよく、幅Dの上限を

2.5倍又は2.0倍に緩和してもよいし、1.5倍、1.4倍、1.3倍又は1.2倍としてもよい。

[数3]

$$0.5 \times 1.9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \leq D \leq 1.6 \times 1.9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \quad \dots (1)$$

但し、 t ：前記平面部の厚さ、 E ：前記平面部のヤング率、 σ_y ：前記平面部の降伏応力

なお、FRP非接合部 P_B のそれぞれの幅 D とは、隣接するFRP部材20がある場合には、隣接するFRP部材20同士の幅方向 W の間隔であり、隣接するFRP部材20がない場合には、FRP部材20（ただし、接着面の平面部 P の端部に最も近い位置）から平面部 P の端部までの幅方向の距離でもある。つまり、隣接するFRP部材20同士の幅方向 W の間隔と、FRP部材20（ただし、接着面の平面部 P の端部に最も近い位置）から平面部 P の端部までの幅方向の距離が、上記式（1）を満たすことが好ましい。

[0040] また、FRP部材20の厚さは、FRP部材20が接合された平面部 P の厚さの6倍以上であることが好ましい。平面部 P の厚さの4倍以上、8倍以上または10倍以上としてもよい。FRP部材20の厚さの上限を特に定める必要はないが、平面部 P の厚さの15倍以下又は20倍以下としてもよい。これにより耐衝撃性の重量効率が高くなり、重量の増加分に対する耐衝撃性の向上度合いが大きくなる。FRP部材20の厚さの上限は特に限定されないが、重量やコスト、接合箇所のスペース等に応じて定まる。なお、FRP部材20として、CFRPやそれ以外の種々のFRPからなるFRP部材を用いるようないかなる場合であっても、FRP部材の厚さが、FRPが接合された平面部 P の厚さの6倍以上であれば、重量の増加分に対する耐衝撃性の向上度合いを確実に大きくすることができる。FRP部材20の幅は、平面部 P の幅や、平面部 P に接合されるFRP部材20の数、構造部材1の設計条件やコスト等の他の要因によって適宜変更されるものであるが、例え

ば5～15mmである。

[0041] 以上のように、本実施形態の自動車構造部材1によれば、中空部材10の平面部PにFRP部材20が接合されていることで、構造部材1の耐衝撃性の重量効率を向上させることができる。このような構造部材1は、自動車の車体を構成する部材のうち、衝突時に軸力が作用する箇所の部材として用いられることが好ましい。例えばフロアクロスメンバ、フロアトンネル、フロントサイドメンバーリアおよびサイドシルの少なくともいずれかの部材として用いられることが好ましい。

[0042] さらに、本実施形態のような構造部材1に使用される程度のFRP部材20の量であれば、FRP部材20が接合された状態の構造部材1を溶解させても鋼の不純物が過度に増加するようなことはない。したがって、本実施形態のような構造部材1は、スクラップとして構造部材1を再利用する際に中空部材10とFRP部材20を分別する必要がなく、リサイクル性に優れている。

[0043] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到しうることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0044] 例えば上記実施形態では、中空部材10の平板11の内面における二箇所と、ハット状部材12の天板部12aの平面部P内面における一箇所にFRP部材20が接合されているが、FRP部材20の数や接合位置は特に限定されない。例えば図6に示すようにハット状部材12の縦壁部12bにFRP部材20が接合されていても良い。この場合であっても、縦壁部12bのFRP接合部が単純支持点のように機能することで、耐衝撃性の重量効率を向上させることができる。また例えば平板11、天板部12aの平面部Pおよび縦壁部12bの平面部PにそれぞれFRP部材20が接合されていても良い。一方で、FRP部材20は複数設けられていなくても良い。すなわち、FRP部材20は、中空部材10の平面部Pの少なくとも一箇所において

、中空部材 10 の長手方向 L に沿うようにして接合されていれば良い。

[0045] また、上記実施形態では中空部材 10 が、平板 11 と、ハット状部材 12 で構成されているが、例えば構造部材 1 がフロアクロスメンバである場合、平板 11 はフロアパネルであっても良い。この場合、ハット状部材 12 がフロアパネルに接合されることで中空部材 10 が製造されることになる。また例えば図 7 に示すように中空部材 10 が 2 つのハット状部材 12 で構成されていても良い。すなわち、中空部材 10 の構成は特に限定されない。

[0046] また、上記実施形態では、FRP 部材 20 が中空部材 10 の内面に接合されていたが、FRP 部材 20 は中空部材 10 の外面に接合されていても良い。ただし、FRP 部材 20 が中空部材 10 の内面に接合されていれば、FRP 部材 20 の厚さを厚くしても車内空間が狭くなるようなことはない。したがって、耐衝撃性の重量効率の向上を図ると共に、さらに車内空間を確保するためには、FRP 部材 20 が中空部材 10 の内面に接合されていることが好ましい。また、FRP 部材 20 は、通常圧縮変形よりも引張変形に関する強度が強いため、比較的引張変形を受けやすい中空部材 10 の内面側に接合された方が、より耐衝撃性の重量効率を向上させることができる。

[0047] また、上記実施形態では、FRP 部材 20 は例えば CFRP（炭素繊維強化樹脂）からなると説明したが、本発明技術は種々の FRP からなる FRP 部材 20 を用いた構成に適用できる。即ち、中空部材 10 の平面部 P に接合される部材として、FRP 部材 20 として GFRP（ガラス繊維強化樹脂）からなる GFRP 部材を用いても良い。この場合も上記実施形態と同様の効果を楽しむことができる。すなわち、中空部材 10 の平面部 P に接合される部材としては FRP（繊維強化樹脂）からなる FRP 部材であれば良い。軽量化および比剛性向上の観点からは、FRP 部材を用いることが重要であり、特に CFRP 部材であればより好ましい。以下、FRP 部材の構成および接合方法について説明する。

[0048] ＜FRP 部材の種類＞

補強部材として用いられ得る FRP 部材は、マトリックス樹脂と、該マト

リックス樹脂中に含有され、複合化された強化繊維材料からなる、繊維強化樹脂部材を意味する。

[0049] 強化繊維材料としては、例えば、炭素繊維、ガラス繊維を用いることができる。他にも、強化繊維材料として、ボロン繊維、シリコンカーバイド繊維、アラミド繊維等を用いることができる。FRP部材に用いられるFRPにおいて、強化繊維材料の基材となる強化繊維基材としては、例えば、チョップドファイバーを使用した不織布基材や連続繊維を使用したクロス材、一方向強化繊維基材（UD材）等を使用することができる。これらの強化繊維基材は、強化繊維材料の配向性の必要に応じて、適宜選択され得る。耐衝撃性の重量効率をより高くするには、一方向強化繊維基材（UD材）を用い、繊維強化樹脂部材の長手方向に、繊維の方向が -5° 以上 5° 以下の範囲内でそろっていることがより望ましい。

[0050] CFRP部材は、強化繊維材料として炭素繊維を用いたFRP部材である。炭素繊維としては、例えば、PAN系またはピッチ系のものが使用できる。炭素繊維を用いることにより、重量に対する強度等を効率よく向上させることができる。CFRP部材の曲げ剛性を高めるため、（炭素）繊維の方向が -5° 以上 5° 以下（ $\pm 5^{\circ}$ ）の範囲内の体積分率が、（炭素）繊維全体の80%以上、90%以上又は95%以上であることが好ましい。（炭素）繊維の方向は、繊維強化樹脂部材をマイクロフォーカスX線CT（X-ray computed tomograph）システムで観察し、得られた3次元画像をコンピュータ解析することで同定できる。X線CTシステムでの観察においてCFRPの繊維径が同一であれば、繊維本数の比が体積分率となる。X線CTシステムでの観察においてCFRPの繊維径が異なる場合、CFRPの繊維径から算出されたCFRP断面積と、当該CFRP断面積毎の繊維本数比から体積比率を算出できる。

[0051] GFRP部材は、強化繊維材料としてガラス繊維を用いたFRP部材である。炭素繊維よりも機械的特性に劣るが、金属部材の電蝕を抑制することができる。

[0052] F R P部材に用いられるマトリックス樹脂として、熱硬化性樹脂および熱可塑性樹脂のいずれも使用することができる。熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、並びにビニルエステル樹脂等があげられる。熱可塑性樹脂としては、ポリオレフィン（ポリエチレン、ポリプロピレン等）およびその酸変性物、ナイロン6およびナイロン66等のポリアミド樹脂、ポリエチレンテレフタレートおよびポリブチレンテレフタレート等の熱可塑性芳香族ポリエステル、ポリカーボネート、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンエーテルおよびその変性物、ポリアリレート、ポリエーテルケトン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルケトンケトン、塩化ビニル、ポリスチレン等のスチレン系樹脂、並びにフェノキシ樹脂等があげられる。なお、マトリックス樹脂は、複数種類の樹脂材料により形成されていてもよい。

[0053] 金属部材への適用を考慮すると、加工性、生産性の観点から、マトリックス樹脂として熱可塑性樹脂を用いることが好ましい。さらに、マトリックス樹脂としてフェノキシ樹脂を用いることで、強化繊維材料の密度を高くすることができる。また、フェノキシ樹脂は熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂と分子構造が酷似しているためエポキシ樹脂と同程度の耐熱性を有する。また、硬化成分をさらに添加することにより、高温環境への適用も可能となる。硬化成分を添加する場合、その添加量は、強化繊維材料への含浸性、F R P部材の脆性、タクトタイムおよび加工性等とを考慮し、適宜決めればよい。

[0054] <接着樹脂層>

補強部材がF R P部材等により形成される場合、F R P部材と金属部材（上記実施形態では中空部材10）との間に接着樹脂層が設けられ、該接着樹脂層によりF R P部材と金属部材とが接合されてもよい。

[0055] 接着樹脂層を形成する接着樹脂組成物の種類は特に限定されない。例えば、接着樹脂組成物は、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂のいずれかであってもよい。熱硬化性樹脂および熱可塑性樹脂の種類は特に限定されない。例えば、熱可塑性樹脂としては、ポリオレフィンおよびその酸変性物、ポリスチレン

、ポリメチルメタクリレート、ＡＳ樹脂、ＡＢＳ樹脂、ポリエチレンテレフタレートやポリブチレンテレフタレート等の熱可塑性芳香族ポリエステル、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンエーテルおよびその変性物、ポリフェニレンスルフィド、ポリオキシメチレン、ポリアリレート、ポリエーテルケトン、ポリエーテルエーテルケトン、並びにポリエーテルケトンケトン等から選ばれる１種以上を使用することができる。また、熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂、フェノール樹脂、およびウレタン樹脂から選ばれる１種以上を使用することができる。

[0056] 接着樹脂組成物は、ＦＲＰ部材を構成するマトリックス樹脂の特性、補強部材の特性または金属部材の特性に応じて適宜選択され得る。例えば、接着樹脂層として極性のある官能基を有する樹脂や酸変性などを施された樹脂を用いることで、接着性が向上する。

[0057] このように、上述した接着樹脂層を用いてＦＲＰ部材を金属部材に接着させることにより、ＦＲＰ部材と金属部材との密着性を向上させることができる。そうすると、金属部材に対し荷重が入力された際の、ＦＲＰ部材の変形追従性を向上させることができる。この場合、金属部材の変形体に対するＦＲＰ部材の効果をより確実に発揮させることが可能となる。

[0058] なお、接着樹脂層を形成するために用いられる接着樹脂組成物の形態は、例えば、粉体、ワニス等の液体、フィルム等の固体とすることができる。

[0059] また、接着樹脂組成物に架橋硬化性樹脂および架橋剤を配合して、架橋性接着樹脂組成物を形成してもよい。これにより接着樹脂組成物の耐熱性が向上するため、高温環境下での適用が可能となる。架橋硬化性樹脂として、例えば２官能性以上のエポキシ樹脂や結晶性エポキシ樹脂を用いることができる。また、架橋剤として、アミンや酸無水物等を用いることができる。また、接着樹脂組成物には、その接着性や物性を損なわない範囲において、各種ゴム、無機フィラー、溶剤等その他添加物が配合されてもよい。

[0060] ＦＲＰ部材の金属部材への複合化は、種々の方法により実現される。例え

ば、FRP部材となるFRPまたはその前駆体であるFRP成形用プリプレグと、金属部材とを、上述した接着樹脂組成物で接着し、該接着樹脂組成物を固化（または硬化）させることで得られる。この場合、例えば、加熱圧着を行うことにより、FRP部材と金属部材とを複合化させることができる。

[0061] 上述したFRPまたはFRP成形用プリプレグの金属部材への接着は、部品の成形前、成形中または成形後に行われ得る。例えば、被加工材である金属材料を金属部材に成形した後に、FRPまたはFRP成形用プリプレグを該金属部材に接着しても良い。また、被加工材にFRPまたはFRP成形用プリプレグを加熱圧着により接着した後に、FRP部材が接着された該被加工材を成形して複合化された金属部材を得てもよい。FRP部材のマトリクス樹脂が熱可塑性樹脂であれば、FRP部材が接着された部分について曲げ加工等の成形を行うことも可能である。また、FRP部材のマトリクス樹脂が熱可塑性樹脂である場合、加熱圧着工程と成形工程とが一体となった複合一括成形が行われてもよい。

[0062] なお、FRP部材と金属部材との接合方法は、上述した接着樹脂層による接着に限られない。例えば、FRP部材と金属部材とは、機械的に接合されてもよい。より具体的には、FRP部材と金属部材のそれぞれ対応する位置に締結用の孔が形成され、これらがボルトやリベット等の締結手段により当該孔を介して締結されることにより、FRP部材と金属部材とが接合されていてもよい。他にも公知の接合手段によってFRP部材と金属部材とが接合されてもよい。また、複数の接合手段により複合的にFRP部材と金属部材とが接合されてもよい。例えば、接着樹脂層による接着と、締結手段による締結とが複合的に用いられてもよい。

[0063] <金属部材およびその表面処理>

本発明に係る金属部材は、めっきされていてもよい。これにより、耐食性が向上する。特に、金属部材が鋼材である場合は、より好適である。めっきの種類は特に限定されず、公知のめっきを用いることができる。例えば、めっき鋼板（鋼材）として、溶融亜鉛めっき鋼板、溶融合金化亜鉛めっき鋼板

、Zn-Al-Mg系合金めっき鋼板、アルミニウムめっき鋼板、電気亜鉛めっき鋼板、電気Zn-Ni系合金めっき鋼板等が用いられ得る。

[0064] また、金属部材は、表面に化成処理とよばれる皮膜が被覆されていてもよい。これにより、耐食性がより向上する。化成処理として、一般に公知の化成処理を用いることができる。例えば、化成処理として、りん酸亜鉛処理、クロメート処理、クロメートフリー処理等を用いることができる。また、上記皮膜は、公知の樹脂皮膜であってもよい。

[0065] また、金属部材は、一般に公知の塗装が施されているものであってもよい。これにより、耐食性がより向上する。塗装として、公知の樹脂を用いることができる。例えば、塗装として、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂またはふっ素系樹脂等を主樹脂としたものを用いることができる。また、塗装には、必要に応じて、一般に公知の顔料が添加されていてもよい。また、塗装は、顔料が添加されていないクリアー塗装であってもよい。かかる塗装は、FRP部材を複合化する前に予め金属部材に施されていてもよいし、FRP部材を複合化した後に金属部材に施されてもよい。また、予め金属部材に塗装が施されたのちにFRP部材が複合化され、さらにその後塗装が施されてもよい。塗装に用いられる塗料は、溶剤系塗料、水系塗料または粉末塗料等であってもよい。塗装の施工方法として、一般に公知の方法が適用され得る。例えば、塗装の施工方法として、電着塗装、スプレー塗装、静電塗装または浸漬塗装等が用いられ得る。電着塗装は、金属部材の端面や隙間部を被覆するのに適しているため、塗装後の耐食性に優れる。また、塗装前に金属部材の表面にりん酸亜鉛処理やジルコニア処理等の一般に公知の化成処理を施すことにより、塗膜密着性が向上する。

実施例

[0066] <衝突シミュレーション(A)>

本発明に係る構造部材の評価を行うため、図8および図9に示す解析モデルを作成し、衝突シミュレーション(A)を実施した。解析モデルの構造部材1は、平板11とハット状部材12からなる中空部材10と、CFRPか

らなるFRP部材20で構成されている。平板11とハット状部材12とはハット状部材12のフランジ部12cでスポット溶接され、スポット打点の間隔は40mmである。平板11およびハット状部材12の板厚は1.0mmであり、降伏応力は700MPaである。FRP部材20は、平板11内面における二箇所と、ハット状部材12の天板部12aの平面部内面における一箇所に接合されている。平板11内面に接合された2つのFRP部材20の幅方向Wの端部は、それぞれ平板11の幅方向Wの端部から40mmの位置にあり、互いのFRP部材20の間隔は30mmである。天板部12aに接合されたFRP部材20の幅方向Wの端部は、対向する一对の縦壁部12bから35mmの位置にある。また、FRP部材20は中空部材10の長手方向Lの一端から他端にかけて連続的に接合されている。

[0067] 衝突シミュレーション(A)では、上記解析モデルの一方の端面を完全に拘束し、他方の端面においては中空部材10の長手方向Lの変位を許容しつつ、面内変形が生じないように拘束している。以降の説明では、完全に拘束されている側の端面を完全拘束側端面、反対側の端面を非完全拘束側端面と称す。衝突シミュレーション(A)は、このような拘束条件の下で、非完全拘束側の端面を中空部材10の長手方向に10mm圧縮する条件で実施された。このときの衝突速度は3m/s、要素サイズは1mmとし、衝突解析は非線形構造解析ソフトLS-DYNAにより実行した。

[0068] なお、衝突シミュレーション(A)は、FRP部材20の厚さが異なる複数の解析モデルで実施した。1つの解析モデルに対して使用された各FRP部材20の厚さは互いに等しい。また、比較例として、図9に示す構造部材1に対してFRP部材20が設けられていない解析モデル(比較例1)と、図10に示すように平板11内面の全体と、天板部12aの平面部内面全体にFRP部材20が接合された解析モデル(比較例2)を作成して各解析モデルで衝突シミュレーション(A)を実施した。なお、図9ではFRP部材の幅は10mmとなっているが、実施例7および比較例4のFRP部材の幅は、図11、図12に示すように、それぞれ30mmと2mmである(表1

参照)。実施例 7 および比較例 4 の平面部 P の全幅 130 mm は図 9 と同じであり、図 9 の F R P 部材の貼付け中央位置は同じである。F R P 部材がない比較例 1 を除き、F R P 部材の繊維の方向が F R P 部材の長手方向の $\pm 5^\circ$ 以内 ($-5^\circ \sim +5^\circ$ の範囲内) にある繊維は、体積分率で繊維全体の 80% 以上であった。

[0069] 衝突シミュレーション (A) の結果を下記表 1 に示す。本シミュレーションでは、非完全拘束側端面を圧縮した際に生じる最大反力を測定した。最大反力は座屈耐力と相関があるため、耐衝撃性の評価を行うための指標となる。また、耐衝撃性の重量効率を評価する指標として最大反力／重量を算出し、F R P 部材が設けられていない比較例 1 の重量効率に対する各実施例における重量効率の比を算出した。また、構造部材のいずれか一箇所の F R P 接合部における F R P 部材単体の曲げ剛性と、F R P 接合部における平面部 P の曲げ剛性をそれぞれ算出し、両者の比 (曲げ剛性比) を算出した。また、「F R P 接合部 P_A の幅の合計／平面部 P の全幅 $\times 100$ 」を「P A 部幅／平面部幅」との値 (単位: %) として定義し、各実施例、比較例での平板 11、天板部 12 a 等の F R P 接合部と F R P 非接合部が混在する各部位でこの値を算出した。また、上記実施形態で説明した式 (1) の条件に鑑み、以下の式 (3) に示す値 α を定義し、各実施例、比較例での平板 11、天板部 12 a といった各部位でこの値 α (単位: %) を算出した。なお、表 1 中の α の値で図 9 に関する場合には天板部 12 a での値と平板 11 の 3 箇所での値を示している。

[数 4]

$$\alpha = \text{F R P 非接合部 } P_B \text{ の幅 } D / 1.9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \times 100 \quad \cdots (3)$$

[0070]

[表1]

	FRP部材			最大反力 [kN]	比較例 1を基準とした 最大反力/重量の比	FRP接合部における 曲げ剛性比	PA部幅／平面部幅 [%]	α [%]
	接合位置	幅 [mm]	厚さ [mm]					
比較例 1	-	-	-	107	1.00	-	天板、平板=0、0	天板、平板=215、399
比較例 2	図10	天板部側	70	122	0.98	4.3	100、62	0、77
		平板側	80					
比較例 3	図9	10	2	110	1.00	4.3	14、15	92、(123、77、123)
実施例 1	図9	10	4	123	1.07	34	14、15	92、(123、77、123)
実施例 2	図9	10	6	161	1.37	115	14、15	92、(123、77、123)
実施例 3	図9	10	8	177	1.46	273	14、15	92、(123、77、123)
実施例 4	図9	10	10	194	1.56	534	14、15	92、(123、77、123)
実施例 5	図9	10	20	232	1.63	4270	14、15	92、(123、77、123)
実施例 6	図9	10	40	370	2.09	34200	14、15	92、(123、77、123)
実施例 7	図11	30	7	210	1.48	10137	43、46	61、(77、31、77)
比較例 4	図12	2	20	115	1.00	4270	3、3	120、(135、117、135)

[0071] 上記表 1 によれば、中空部材 10 の平面部全体に FRP 部材 20 が接合された構造部材である比較例 2 は、曲げ剛性は向上するものの、FRP 部材 20 が設けられていない比較例 1 の構造部材よりも重量効率が低下する。このような結果となる原因は、平面部の中央部に単純支持点のように機能する部分がないためである。詳述すると、FRP 部材 20 が平面部全体に接合されていることによって、FRP 接合部の幅方向端部は単純支持状態に近づくことになるが、平面部の幅方向中央部は単純支持状態とはならず、依然として座屈耐力に寄与しない部分となっている。このため、重量の増加に見合う分の耐衝撃性が得られない。

[0072] 一方、実施例 1 ～ 7 は、比較例 1 に対する重量効率が大きくなっている。本シミュレーションの結果を考慮すると、曲げ剛性比が 30 以上の場合には重量効率を向上させることができる。特に、平板やハット状部材の板厚（1.0 mm）の 6 倍以上の厚さを有する FRP 部材 20 が接合されている場合には、重量効率が顕著に増加している。

[0073] <衝突シミュレーション（B）>

次に、図 13 に示す解析モデルを作成し、衝突シミュレーション（B）を実施した。解析モデルの構造部材 1 は中空部材 10 である角管で構成され、CFRP からなる FRP 部材は角管の内面に接合されている。角管の板厚は 1.0 mm であり、降伏応力は 700 MPa である。

[0074] 衝突シミュレーション（B）では、前述の衝突シミュレーション（A）と同様に、解析モデルの一方の端面を完全拘束側端面とし、他方の端面を非完全拘束側端面としている。衝突シミュレーション（B）は、このような拘束条件の下で、非完全拘束側の端面を中空部材 10 の長手方向に 20 mm 圧縮する条件で実施された。このときの衝突速度は 3 m/s、要素サイズは 1 mm とし、衝突解析は非線形構造解析ソフト LS-DYNA により実行した。

[0075] なお、衝突シミュレーション（B）は、FRP 部材 20 の接合位置が図 14 ～ 図 20 のように異なる複数の解析モデルで実施した。1 つの解析モデル

に対して使用された各FRP部材20の厚さは互いに等しい。また、比較例として、図14に示す構造部材においてFRP部材20が設けられていない解析モデル（比較例5）を作成して衝突シミュレーション（B）を実施し、また、図20に示す構造部材の解析モデルを作成して衝突シミュレーション（B）を実施した。実施例9および10のFRP部材の繊維の方向がFRP部材の長手方向の $\pm 5^\circ$ 以内にある繊維は、体積分率で繊維全体の80%であり、比較例5および6、実施例8、11～13のFRP部材の繊維の方向がFRP部材の長手方向の $\pm 5^\circ$ 以内にある繊維は、体積分率で繊維全体の100%であった。

[0076] 衝突シミュレーション（B）の結果を下記表2に示す。なお、表2中の「PA部幅／平面部幅」の値や値 α については、FRP接合部とFRP非接合部が混在する各部位でこの値を算出した。

[0077]

[表2]

	FRP部材			比較例 5を基準とした 最大反力/重量の比	FRP接合部における 曲げ剛性比	PA部幅／平面部幅 [%]	α [%]
	接合位置	幅 [mm]	厚さ [mm]				
比較例 5	-	-	-	1.00	-	0	337
実施例 8	図 14	10	6	1.58	115	9	153
実施例 9	図 15	10	10	2.61	534	18	92
実施例 10	図 16	10	8	1.15	273	9	153
実施例 11	図 17	10	6	1.21	115	18	92
実施例 12	図 18	10	6	1.72	115	18	61,153
実施例 13	図 19	22	10	1.83	115	40	67
比較例 6	図 20	40	2	1.05	4.3	73	31

[0078] 表2に示されるように、FRP部材20が接合されている実施例8～13の構造部材は、FRP部材20が設けられていない比較例5の構造部材に対し、重量効率が大きく向上している。また、実施例8と実施例11との比較結果で示されるように、同一数のFRP部材20を用いる場合は、各FRP部材20が互いに対向する平面部にそれぞれ設けられることで、重量効率を向上させることができる。また、実施例8と実施例12との比較結果で示されるように、同一平面部内に設けられるFRP部材20を増やすことで、重量効率を向上させることができる。これは同一の平面部内において、単純支持状態に近づく箇所が増えて有効幅の範囲が増大するためである。

[0079] 実施例9と実施例12を比較すると、FRP部材20が同一数であるにも関わらず、実施例9の方が耐衝撃性の重量効率が大きくなった。このような差が生じる理由は、平面部の中央部で隣り合うFRP部材20の間隔が実施例9の方が狭くなっていることで、有効幅の影響が平面部の中央部にあるFRP非接合部に及びやすくなり、当該FRP非接合部が座屈耐力の向上に効果的に寄与する状態になっていることにある。したがって、FRP部材20は、平面部のFRP非接合部の長さが有効幅以下となるように設けられていることが好ましい。

産業上の利用可能性

[0080] 本発明は、例えば自動車のフロアクロスメンバに利用することができる。

符号の説明

[0081]	1	構造部材
	10	中空部材
	11	平板
	12	ハット状部材
	12a	天板部
	12b	縦壁部
	12c	フランジ部
	20	FRP部材

3 0	板
3 1	支持点
3 2	支持点
b	有効幅
D	F R P 非接合部の幅
L	中空部材の長手方向
P	平面部
P _A	F R P 接合部
P _B	F R P 非接合部
W	中空部材の幅方向

請求の範囲

[請求項1] 平面部を有する中空部材と、前記平面部の少なくとも一箇所に接合される F R P 部材と、を備えた自動車構造部材であって、
前記 F R P 部材は、前記中空部材の長手方向の長さ L_1 の少なくとも $0.1L_1 \sim 0.9L_1$ の部位に接合され、
前記平面部には、前記 $0.1L_1 \sim 0.9L_1$ の部位において、前記 F R P 部材が接合された部分である F R P 接合部と、前記 F R P 部材が接合されていない部分である F R P 非接合部と、が形成され、
前記平面部において、前記 F R P 接合部の幅の合計は前記平面部の全幅の 80% であり、
前記平面部において前記 F R P 接合部での前記 F R P 部材の曲げ剛性は、前記 F R P 部材を除いた前記平面部の曲げ剛性の 30 倍以上であることを特徴とする、自動車構造部材。

[請求項2] 前記 F R P 部材の曲げ剛性は、前記 F R P 部材を除いた前記平面部の曲げ剛性の 100 倍以上であることを特徴とする、請求項 1 に記載の自動車構造部材。

[請求項3] 前記 F R P 部材の厚さは、前記平面部の厚さの 6 倍以上であることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の自動車構造部材。

[請求項4] 前記平面部における前記 F R P 非接合部のそれぞれの幅 D が以下の式
(1) を満たすことを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の自動車構造部材。

[数5]

$$0.5 \times 1.9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \leq D \leq 1.6 \times 1.9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \quad \dots (1)$$

但し、 t : 前記平面部の厚さ、 E : 前記平面部のヤング率、 σ_y : 前記平面部の降伏応力

[請求項5] 前記 F R P 部材は、前記中空部材の内部空間側の面に接合されること

を特徴とする、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の自動車構造部材。
。

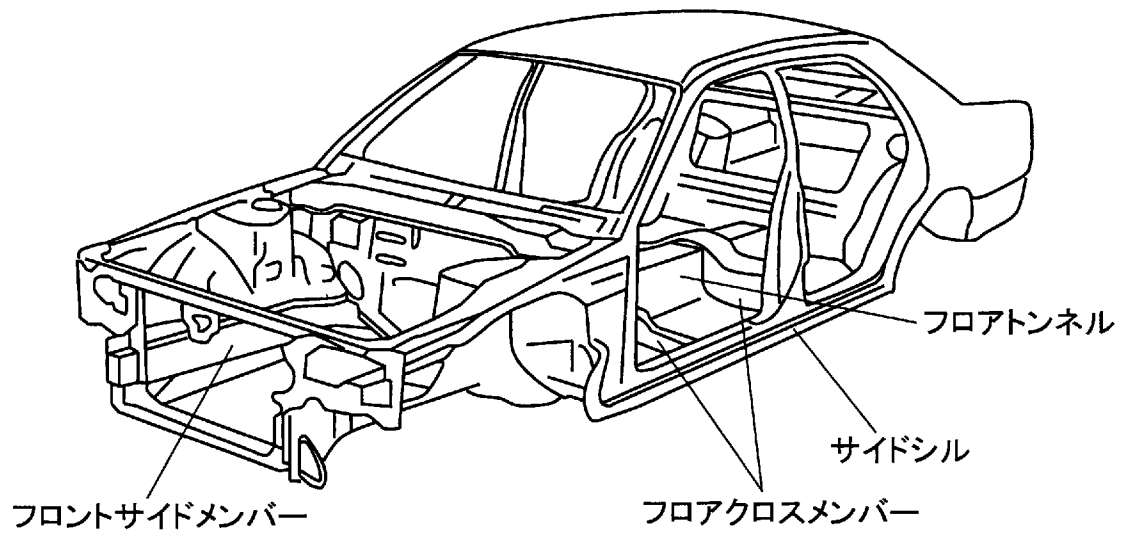
[請求項6] 前記 F R P 部材は C F R P からなる C F R P 部材であることを特徴とする、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の自動車構造部材。

[請求項7] 前記 F R P 部材は G F R P からなる G F R P 部材であることを特徴とする、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の自動車構造部材。

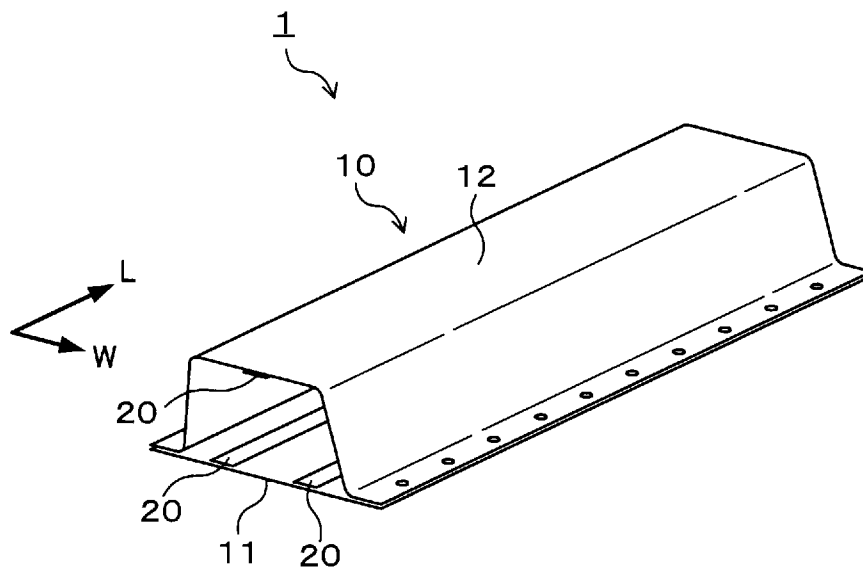
[請求項8] 前記 C F R P 部材の繊維方向が当該 C F R P 部材の長手方向に対し $\pm 5^{\circ}$ 以内の範囲内にある繊維が、繊維全体の 80% 以上であることを特徴とする、請求項 6 に記載の自動車構造部材。

[請求項9] フロアクロスメンバ、フロアトンネル、フロントサイドメンバーリアおよびサイドシルの少なくともいずれかの部材であることを特徴とする、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の自動車構造部材。

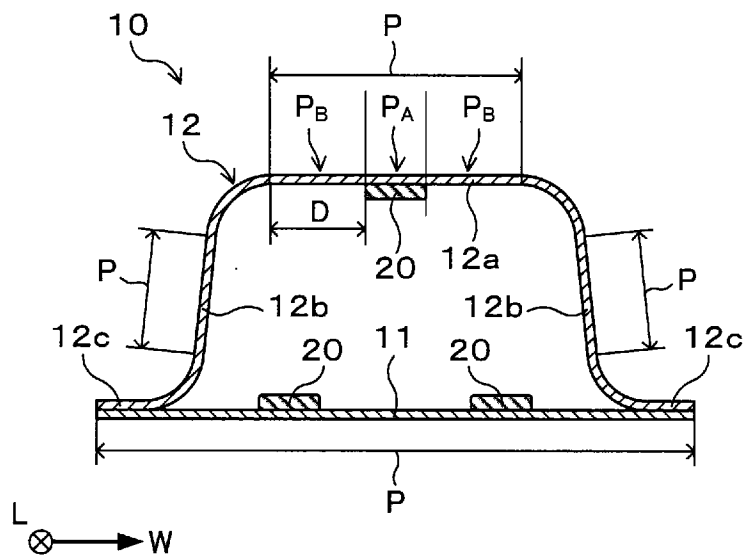
[図1]



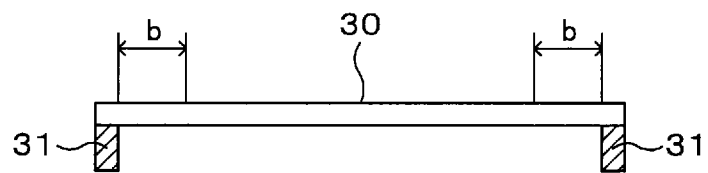
[図2]



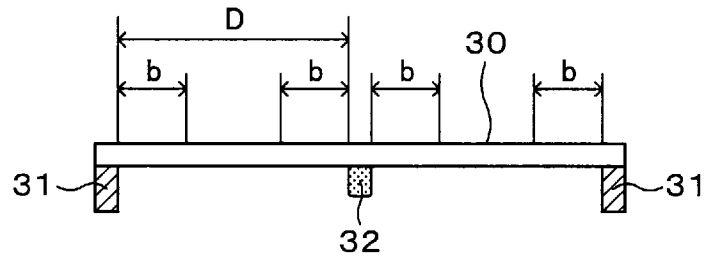
[図3]



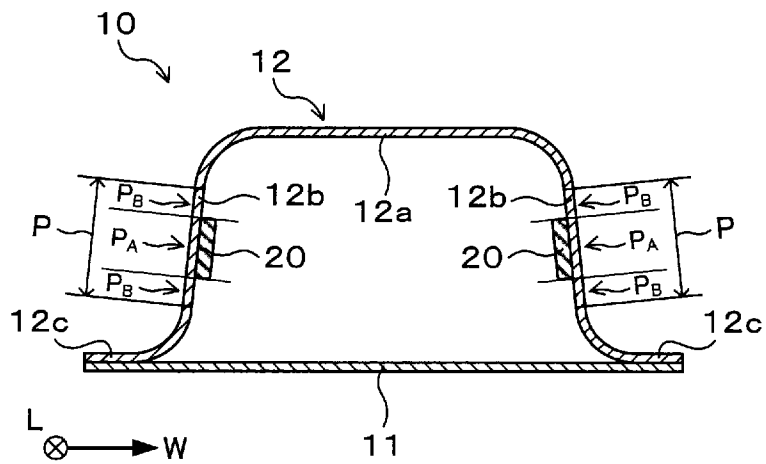
[図4]



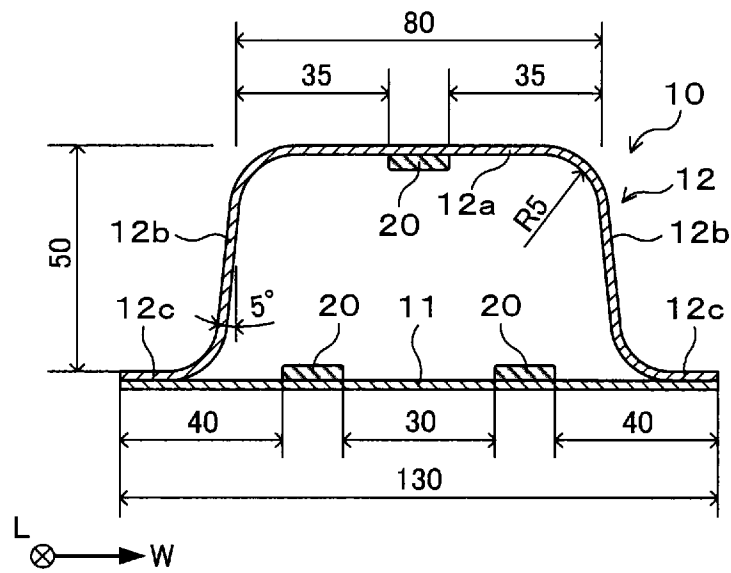
[図5]



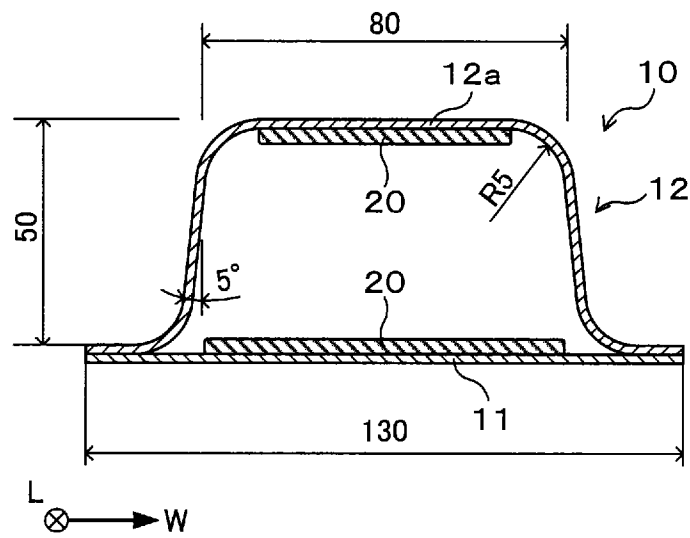
[図6]



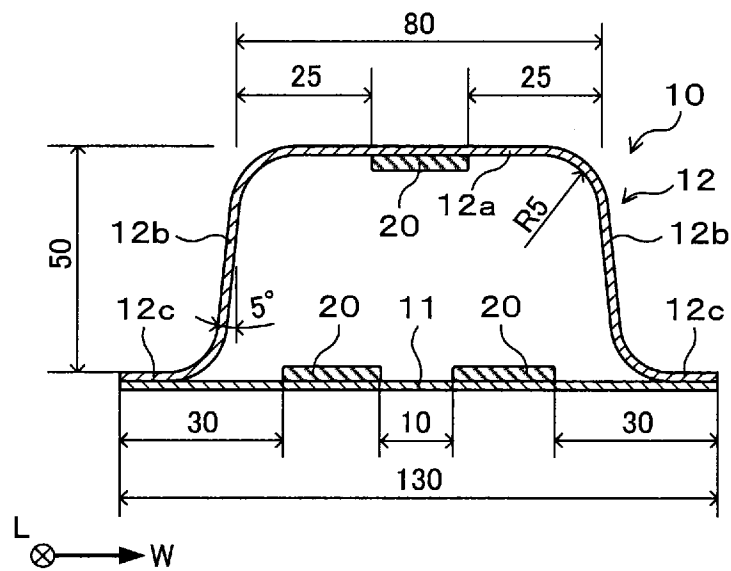
[図9]



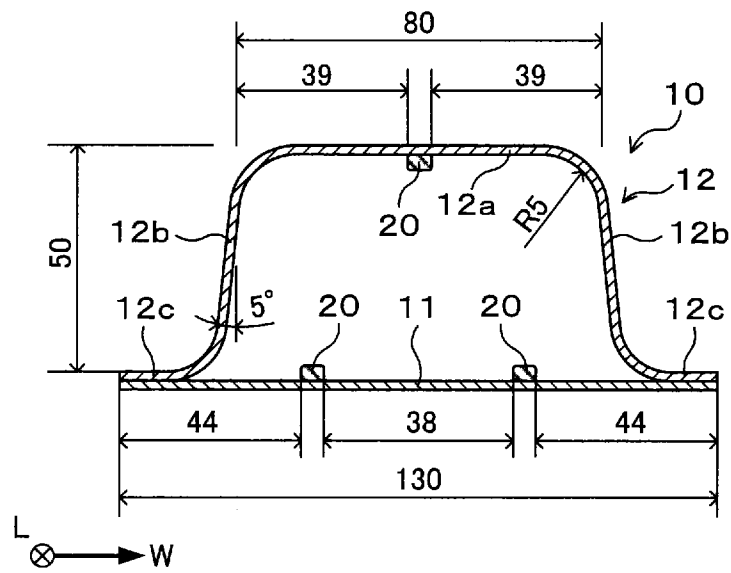
[図10]



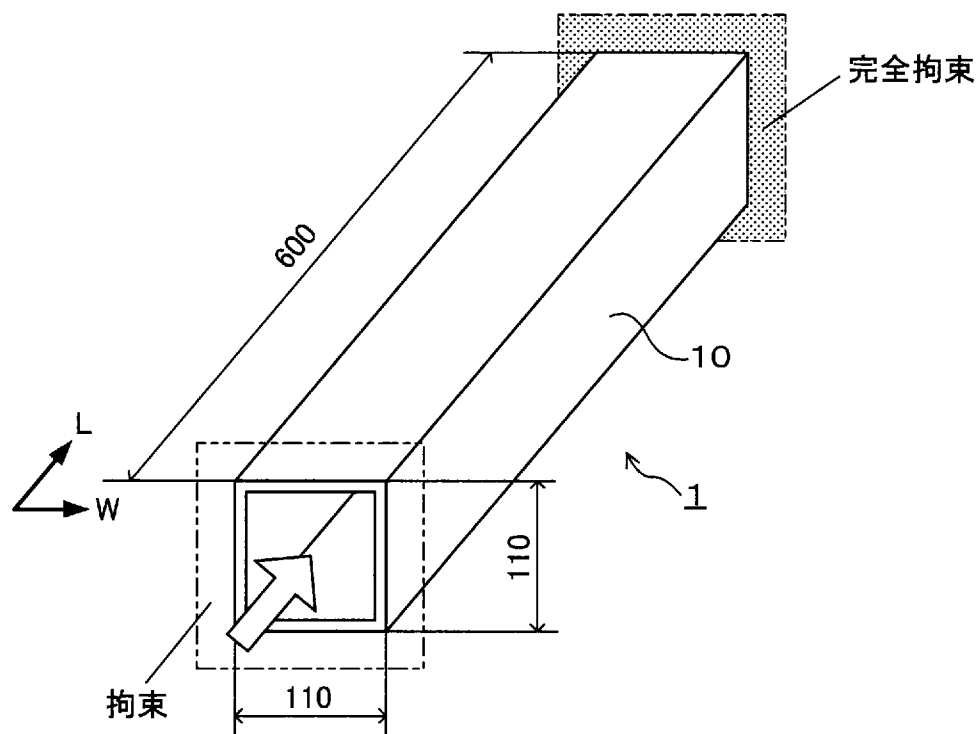
[図11]



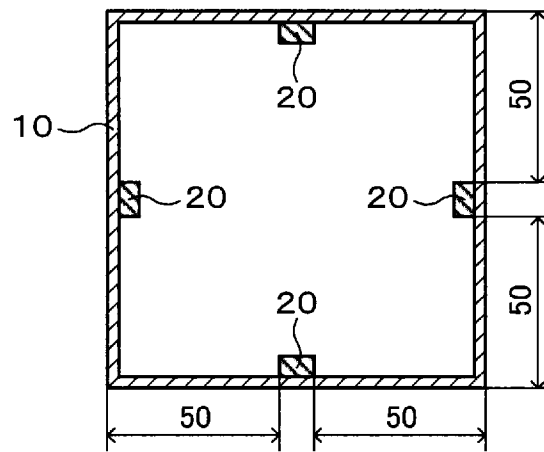
[図12]



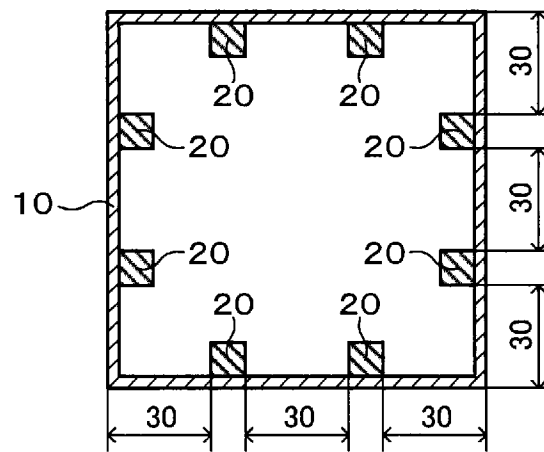
[図13]



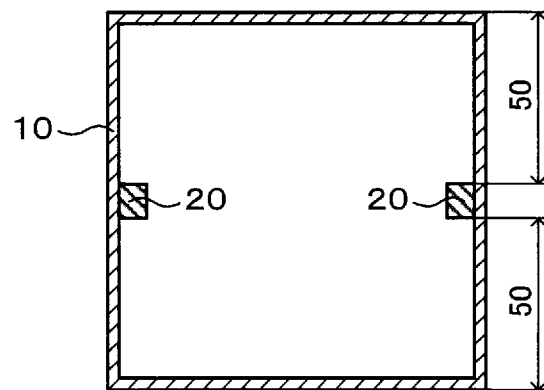
[図14]



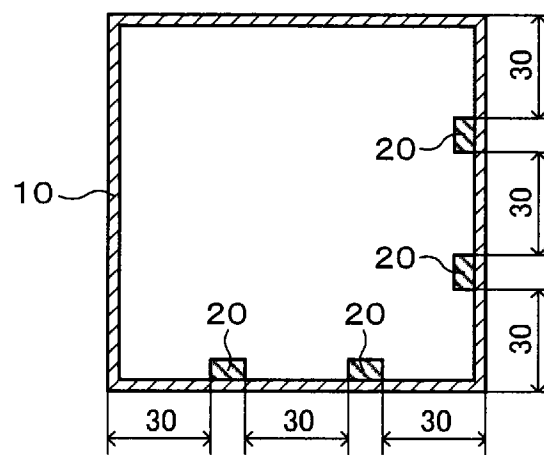
[図15]



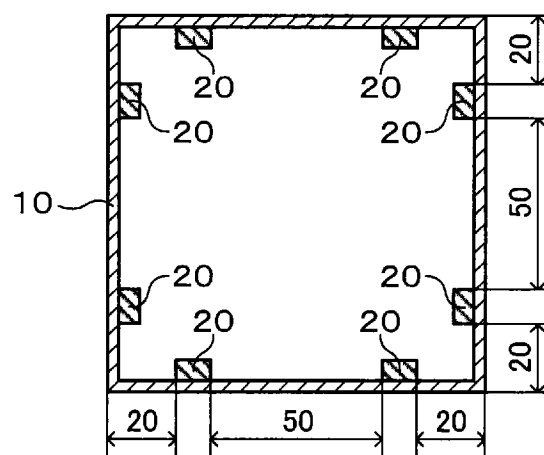
[図16]



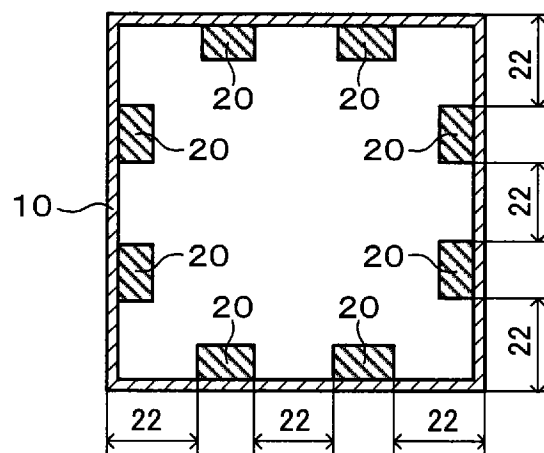
[図17]



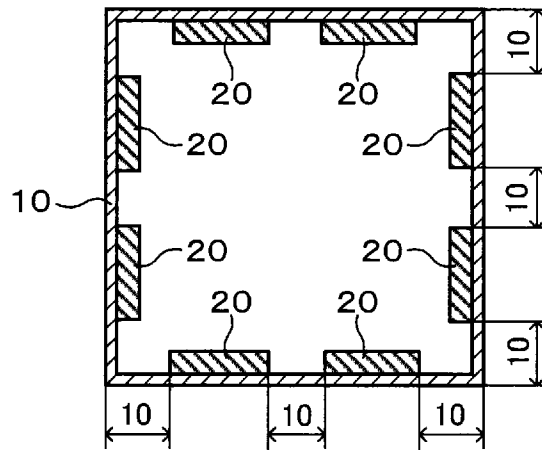
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/015519

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B62D25/20 (2006.01) i

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)

Int.Cl. B62D17/00-25/08, B62D25/14-29/04

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
X	JP 2018-34664 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 08 March 2018, paragraphs [0032]-[0038], [0057]-[0068], [0081]-[0084], fig. 1-4, 13-15 (Family: none)	1-9
A	JP 2013-212730 A (FUJI HEAVY INDUSTRIES LTD.) 17 October 2013, entire text, all drawings & US 2013/0257098 A1, entire text, all drawings & DE 102013203337 A1 & CN 103359176 A	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
18 June 2019 (18.06.2019)

Date of mailing of the international search report
02 July 2019 (02.07.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B62D25/20(2006.01)i

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 (IPC))

Int.Cl. B62D17/00-25/08, B62D25/14-29/04

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X	JP 2018-34664 A (トヨタ自動車株式会社) 2018.03.08, 段落 0032-0038, 0057-0068, 0081-0084, 図 1-4, 13-15 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2013-212730 A (富士重工業株式会社) 2013.10.17, 全文, 全図 & US 2013/0257098 A1, 全文, 全図 & DE 102013203337 A1 & CN 103359176 A	1-9

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

18.06.2019

国際調査報告の発送日

02.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

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)

林 政道

3D

3729

電話番号 03-3581-1101 内線 3341