

(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3月7日(07.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/043900 A1

(51) 国際特許分類:

B62D 21/15 (2006.01) *F16S 3/00* (2006.01)
B62D 25/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/031524

(22) 国際出願日: 2017年9月1日(01.09.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL 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: 広瀬 智史(HIROSE, Satoshi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新

日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 中澤 嘉明(NAKAZAWA, Yoshiaki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

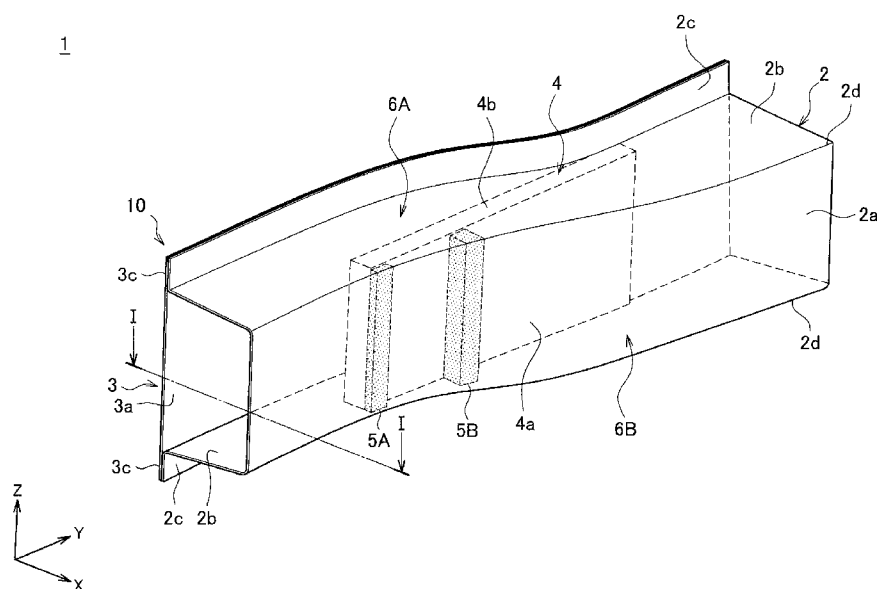
(74) 代理人: 亀谷 美明, 外(KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷3-1-3 第一富澤ビル はづき国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: HOLLOW MEMBER

(54) 発明の名称: 中空の部材

[図2]



(57) Abstract: [Problem] To implement, with high mass efficiency, absorption of energy at the time of a load input. [Solution] This hollow member is provided with: a hollow metal member which has a bending induction part in a portion thereof in the longitudinal direction; and resin members which are disposed on both sides, in the longitudinal direction, of the bending induction part so as to be in close contact with the metal member, and which are disposed within at least a portion of the range of less than five sixths of the cross sectional height of the metal member so as to each extend from

[続葉有]

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, 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)）

an end of the bending induction part toward the outside in the longitudinal direction, wherein the amount of the resin members on the outer side of the bending induction part is larger, per longitudinal length, than that of the resin members on the inner side of the bending induction part.

(57) 要約：【課題】荷重入力時のエネルギー吸収を高い質量効率で実現する。【解決手段】長手方向の一部に曲げ誘起部を有する、中空の金属部材と、前記金属部材に密着し、前記曲げ誘起部の前記長手方向の両側に配置され、前記長手方向において前記曲げ誘起部の端部から外側に向かって前記金属部材の断面高さの6分の5未満の範囲の少なくとも一部に配置される樹脂材と、を備え、前記長手方向の長さ当たりの前記樹脂材の量は、前記曲げ誘起部の外側の方が前記曲げ誘起部の内側より大である、中空の部材。

明 細 書

発明の名称：中空の部材

技術分野

[0001] 本発明は、中空の部材に関する。

背景技術

[0002] 自動車、鉄道車両、航空機又は建物等の構造物の形成方法の一つに、骨格に相当するフレームと、その他の構造部材（外皮等）とにより構造物を形成する方法がある。このようなフレームには、典型的には、構造物の強度向上およびコスト抑制の観点から、高強度化および軽量化が求められる。例えば、自動車に関しては、衝突安全性能の維持又は向上、および燃費向上の観点から、フレームを形成する鋼板の高強度化および薄肉化が進められている。

[0003] また、自動車の衝突時等においてフレームの変形を抑制するために、発泡樹脂材等により形成される充填部材が当該フレームの内側に充填されることがある。例えば、下記特許文献1には、フレームの内側に、充填部材が隙間なく配置される技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-18868号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 自動車の衝突時のようにフレームに荷重が加えられると、フレームが変形する。このときフレームの断面に変形が生じる。この変形を断面変形という。そして、フレームに加えられる荷重が所定値を超えると、フレームに座屈が生じてフレームの耐荷重性能が著しく低下する。座屈が生じるということは、折れ曲がるということである。この場合、フレームについて想定されていたエネルギー吸収量を確保できなくなる可能性がある。

[0006] フレームの内部空間に充填部材を充填することでフレームの断面変形が抑

制されると考えられる。しかしながら、特許文献1に記載の技術のように充填部材をむやみに充填すると、エネルギー吸収量の向上の代償として、フレームの重量を増加させてしまう。

[0007] そのため、充填部材によるエネルギー吸収量の向上に対する質量効率をさらに高め、かつフレームのエネルギー吸収量を減少させる要因となる面外変形を抑制することが有用であると本発明者らは考えた。しかし、面外変形を抑制しフレームのエネルギー吸収量を向上させるための充填部材の効果的な配置については、これまで何ら検討されていなかった。

[0008] 本発明は、上記問題に鑑みてなされた。本発明の目的は、荷重入力時のエネルギー吸収を高い質量効率で実現する、新規且つ改良された中空の部材を提供することにある。

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、本発明によれば、長手方向の一部に曲げ誘起部を有する、中空の金属部材と、前記金属部材に密着し、前記曲げ誘起部の前記長手方向の両側に配置され、前記長手方向において前記曲げ誘起部の端部から外側に向かって前記金属部材の断面高さの6分の5未満の範囲の少なくとも一部に配置される樹脂材と、を備え、前記長手方向の長さ当たりの前記樹脂材の量（体積）は、前記曲げ誘起部の外側の方が前記曲げ誘起部の内側より大である中空の部材が提供される。

前記長手方向において、前記曲げ誘起部に近い方の前記樹脂材の端部は、前記曲げ誘起部と重複する、あるいは前記曲げ誘起部の端部から外側に向かって前記金属部材の断面高さの6分の5未満の範囲に配置されてもよい。

前記樹脂材は前記曲げ誘起部を挟んで2つ配置される。他に、前記樹脂材は1つであって、前記長手方向で前記樹脂材の前記曲げ誘起部に重なる箇所に空洞を有し、曲げ誘起部の両側に端部を有してもよい。前記空洞の前記長手方向の端部は、前記曲げ誘起部の内側に位置してもよいし、前記曲げ誘起部の外側に位置してもよい。

[0010] 前記長手方向において、前記曲げ誘起部に近い方の前記樹脂材の端部は、

前記曲げ誘起部と重複する、あるいは前記曲げ誘起部の外側に前記曲げ誘起部の端部から前記金属部材の断面高さの2の1以下の範囲に配置されてもよい。

[0011] 前記曲げ誘起部から前記長手方向に遠い方の前記樹脂材の端部から前記曲げ誘起部の端部までの前記長手方向の距離は、前記金属部材の断面高さの6分の5以下であってもよい。

[0012] 前記金属部材は、底壁部と、前記底壁部の両端から起立した一对の側壁部と、前記底壁部に対向する天壁部とを有し、前記底壁部、前記一对の側壁部および前記天壁部により閉断面を形成してもよい。

[0013] 前記樹脂材は、前記底壁部又は前記天壁部の少なくともいずれかの内面に密着して配置されてもよい。

[0014] 前記樹脂材は、前記一对の側壁部の少なくともいずれかの内面に密着して配置されてもよい。

[0015] 前記金属部材の内側において前記金属部材を形成する第1の金属板と接合して第2の金属板が配置されてもよい。

[0016] 前記樹脂材は、前記第2の金属板に密着して配置されてもよい。

[0017] 前記金属部材を形成する第1の金属板は穴部を有し、前記樹脂材は発泡樹脂からなり、前記樹脂材は前記穴部を貫通して前記第1の金属板の外側と内側の両面に密着して配置されてもよい。

[0018] 前記穴部の穴縁端は、前記金属部材を形成する第1の金属板よりも前記金属部材の内方に位置してもよい。

[0019] 前記穴部は、前記金属部材を形成する第1の金属板の外側から内側に向かって前記穴部の穴縁端が突出するバーリング穴であってもよい。

[0020] 前記穴部には、前記金属部材を形成する第1の金属板よりも前記金属部材の内方に窪んだ窪み部が設けられ、前記穴部は、前記窪み部の内部に設けられてもよい。

[0021] 前記曲げ誘起部は、前記金属部材の全塑性モーメントが前記長手方向で変化する部分であってもよい。

- [0022] 前記曲げ誘起部は、前記金属部材の断面の重心により形成される前記長手方向に沿った前記重心の軌跡の曲率半径が260mm以下である部分であってもよい。
- [0023] 前記曲げ誘起部は、板厚変化部であってもよい。
- [0024] 前記曲げ誘起部は、凹部が設けられた部分であってもよい。
- [0025] 前記曲げ誘起部は、凸部が設けられた部分であってもよい。
- [0026] 前記曲げ誘起部は、穴部が設けられた部分であってもよい。
- [0027] 前記樹脂材は、前記金属部材の断面において、前記断面の重心から前記曲げ誘起部に向かう方向で定義される前記断面の高さ方向で前記断面を2等分する境界より前記曲げ誘起部のある側に配置されてもよい。
- [0028] 上記構成によれば、荷重の入力時に曲げ誘起部により曲げ変形が誘起される一方で、長手方向に曲げ誘起部の両側の周辺に配置される樹脂材により、曲げ変形発生時に曲げ誘起部の周辺において生じる面外変形を抑制することができる。曲げ誘起部の周辺とは、前記曲げ誘起部の前記長手方向の端部から外側に向かって前記金属部材の断面高さの6分の5未満の範囲の少なくとも一部を意味する。これにより、荷重の入力時における中空の部材の面外変形が抑制されるので、中空の部材の断面により発揮される耐荷重性能を設計段階において想定されていたレベルで維持することができる。そのため、荷重入力時のエネルギー吸収量を向上させることができる。また、面外変形を抑制すべき場所が長手方向に曲げ誘起部の周辺に限定されるので、荷重入力時のエネルギー吸収量を高い質量効率で向上させることができる。

発明の効果

- [0029] 以上説明したように本発明によれば、荷重入力時のエネルギー吸収を高い質量効率で実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0030] [図1]本発明の一実施形態に係るフレームの適用対象について説明するための自動車の概要構成図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係るフレームの一例の概略構成を示す斜視図

である。

[図3]同実施形態に係る中空部材の一例のY軸方向に直交する断面を示す断面図である。

[図4]中空部材の断面の重心の軌跡を可視化した模式図である。

[図5]同実施形態に係るフレームの一例のZ軸方向に直交する断面における断面図である。

[図6]図5に示したフレームのI-I切断線における断面図である。

[図7]図5に示したフレームのII-II切断線における断面図である。

[図8]同実施形態に係る充填部材の第1の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図9]同実施形態に係る充填部材の第2の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図10]同実施形態に係る充填部材の第3の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図11]本発明の第2の実施形態に係るフレームの一例の概略構成を示す斜視図である。

[図12]同実施形態に係るフレームの一例のZ軸方向に直交する断面を示す断面図である。

[図13]図12に示したフレームのV-V切断線における断面図である。

[図14]図12に示したフレームのVI-VI切断線における断面図である。

[図15]同実施形態に係る充填部材の第1の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図16]同実施形態に係る充填部材の第2の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図17]同実施形態に係る充填部材の第3の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図18]同実施形態に係る充填部材の第2の配置例の変形例を説明するためのフレームの断面図である。

[図19]同実施形態に係る充填部材の第3の配置例の変形例を説明するためのフレームの断面図である。

[図20]同実施形態に係る充填部材の第4の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図21]本発明の第3の実施形態に係るフレームの一例の概略構成を示す斜視図である。

[図22]同実施形態に係るフレームの一例のZ軸方向に直交する断面を示す断面図である。

[図23]図22に示したフレームのV-V切断線における断面図である。

[図24]同実施形態に係る充填部材の第1の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図25]同実施形態に係る充填部材の第2の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図26]同実施形態に係る充填部材の第3の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図27]同実施形態に係る充填部材の第4の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図28]同実施形態に係る充填部材の第5の配置例を説明するためのフレームの断面図である。

[図29]同実施形態に係る充填部材の第4の配置例および第5の配置例の変形例を説明するためのフレームの断面図である。

[図30]本発明の第4の実施形態に係るフレームの一例の構成例を示す部分断面図である。

[図31]同実施形態に係るフレームの一例による作用の一例を示す部分断面図である。

[図32]同実施形態の第1の変形例に係るフレームの構成例を示す部分断面図である。

[図33]同変形例に係るフレームによる作用の一例を示す部分断面図である。

[図34]同実施形態の第2の変形例に係るフレームの構成例を示す部分断面図である。

[図35]同実施形態の第3の変形例に係るフレームの構成例を示す部分断面図である。

[図36]同実施形態の第4の変形例に係るフレームの構成例を示す部分断面図である。

[図37]同実施形態の第5の変形例に係るフレームの構成例を示す部分断面図である。

[図38]本発明の第4の実施形態に係るフレームの一例の概略構成を示す斜視図である。

[図39]同実施形態に係るフレームの一例のZ軸方向に直交する断面における断面図である。

[図40]図39に示したフレームのXⅠⅠⅠ-XⅠⅠⅠ切断線における断面図である。

[図41]図39に示したフレームのXⅠⅤ-XⅠⅤ切断線における断面図である。

[図42]一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図43]一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図44]一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図45]一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の他の例を示す模式図である。

[図46]一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の他の例を示す模式図である。

[図47]一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の他の例を示す模式図で

ある。

[図48]一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の他の例を示す模式図である。

[図49]一実施形態に係る中空部材に設けられるビード部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図50]一実施形態に係る中空部材に設けられるビード部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図51]一実施形態に係る中空部材に設けられるビード部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図52]一実施形態に係る中空部材に設けられる凹部の他の例を示す模式図である。

[図53]一実施形態に係る中空部材に設けられる凹部の他の例を示す模式図である。

[図54]一実施形態に係る中空部材に設けられる凹部の他の例を示す模式図である。

[図55]一実施形態に係る中空部材に設けられる凹部の他の例を示す模式図である。

[図56]一実施形態に係る凹部の形状および大きさの一例を示す模式図である。

[図57]一実施形態に係る中空部材に設けられる凹部の他の例を示す模式図である。

[図58]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図59]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図60]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図61]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の他の例を示す模式図で

ある。

[図62]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の他の例を示す模式図である。

[図63]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の他の例を示す模式図である。

[図64]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の他の例を示す模式図である。

[図65]一実施形態に係る凸部の形状および大きさの一例を示す模式図である。

[図66]一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の他の例を示す模式図である。

[図67]一実施形態に係る中空部材に設けられる板厚変化部の一例を示す模式図である。

[図68]一実施形態に係る中空部材に設けられる薄肉部の一例を示す模式図である。

[図69]一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図70]一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図71]一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の例を説明するためのフレームの断面図である。

[図72]一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の他の例を示す模式図である。

[図73]一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の他の例を示す模式図である。

[図74]一実施形態に係る中空部材に設けられる強度変化部の一例を示す模式図である。

[図75]一実施形態に係る中空部材に設けられる屈曲部および穴部の組み合わせ

せの例を説明するためのフレームの断面図である。

[図76]一実施形態に係る中空部材に設けられる屈曲部および穴部の組み合わせの例を説明するためのフレームの断面図である。

[図77]一実施形態に係る中空部材に設けられる屈曲部および穴部の組み合わせの例を説明するためのフレームの断面図である。

[図78]一実施形態に係る中空部材の内側にレインフォースメントを長手方向に離間して並設した構成例を示すフレームの断面図である。

[図79]本発明の他の実施形態に係る中空部材の第1の例の長手方向に直交する断面を示す断面図である。

[図80]本発明の他の実施形態に係る中空部材の第2の例の長手方向に直交する断面を示す断面図である。

[図81]本発明の他の実施形態に係る中空部材の第3の例の長手方向に直交する断面を示す断面図である。

[図82]フレームに設けられた曲げ誘起部（屈曲部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図83]フレームに設けられた曲げ誘起部（屈曲部）と充填部材の別の具体例を示す断面図である。

[図84]中空部材の一例を示す断面図である。

[図85]中空部材の別の例を示す断面図である。

[図86]フレームに設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図87]フレームに設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図88]フレームに設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図89]フレームに設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図90]フレームに設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材の具体例を示す

断面図である。

[図91]フレームに設けられた曲げ誘起部（凹部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図92]フレームに設けられた曲げ誘起部（凸部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図93]フレームに設けられた曲げ誘起部（板厚変化部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図94]フレームに設けられた曲げ誘起部（異強度部）と充填部材の具体例を示す断面図である。

[図95]Y軸方向に直交する断面におけるフレーム及び充填部材の具体例を示す断面図である。

[図96]Y軸方向に直交する断面におけるフレーム及び充填部材の具体例を示す断面図である。

[図97]Y軸方向に直交する断面におけるフレーム及び充填部材の具体例を示す断面図である。

[図98]Y軸方向に直交する断面におけるフレーム及び充填部材の具体例を示す断面図である。

[図99]本発明の第4の実施形態に係る実施例1および実施例2に係る十字引張試験に用いられるサンプルの構成を示す上面図である。

[図100]同実施形態に係る実施例1に係るサンプルの構成を示す側方断面図である。

[図101]同実施形態に係る実施例2に係るサンプルの構成を示す側方断面図である。

[図102]同実施形態に係る比較例に係るサンプルの構成を示す側方断面図である。

[図103]同実施形態に係る十字引張試験により計測された各サンプルの最大荷重を示すグラフである。

[図104]充填部材の配置範囲に関する実施例のシミュレーション設定を説明す

るための図である。

[図105]充填部材の配置範囲に関する実施例1～実施例5および参考例1の変形前後の断面図の一覧表を示す図である。

[図106]充填部材の配置範囲に関する実施例1～実施例5および参考例1の、参考例1のエネルギー吸収量を1とした場合のエネルギー吸収量の比率である吸収エネルギー比を示すグラフである。

[図107]充填部材の配置範囲に関する実施例6～実施例10および参考例2の変形前後の断面図の一覧表を示す図である。

[図108]充填部材の配置範囲に関する実施例6～実施例10および参考例2の、参考例2のエネルギー吸収量を1とした場合のエネルギー吸収量の比率である吸収エネルギー比を示すグラフである。

[図109]全塑性モーメント変化部に関する実施例の中空部材の平面図である。

[図110]全塑性モーメント変化部に関する各実施例及び参考例に係る中空部材の全塑性モーメント比率の長手方向の変化を示すグラフである。

[図111]全塑性モーメント変化部に関する参考例に係る中空部材の曲げ変形が生じた領域を示す図である。

[図112]全塑性モーメント変化部に関する実施例1に係る中空部材の曲げ変形が生じた領域を示す図である。

[図113]全塑性モーメント変化部に関する実施例2に係る中空部材の曲げ変形が生じた領域を示す図である。

[図114]全塑性モーメント変化部に関する実施例3に係る中空部材の曲げ変形が生じた領域を示す図である。

[図115]全塑性モーメント変化部に関する各実施例及び参考例に係る中空部材の全塑性モーメント比率の長手方向の変化および曲げ変形が生じた位置を示すグラフである。

[図116]薄肉化されたフレームの断面形状の変化の一例を示す断面図である。

[図117]薄肉化されたフレームの断面形状の変化の他の例を示す断面図である。

[図118]充填部材が配設されたフレームの構成例を示す部分断面図である。

[図119]充填部材が配設されたフレームによる作用の一例を示す部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。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構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0032] <<1. 中空の部材の適用対象>>

本発明の一実施形態に係る中空の部材は、様々な構造部材として利用可能である。本明細書では、その一例として、一実施形態に係る中空の部材が、車両用構造部材として車両用フレームに利用される場合について説明する。以下では、車両用フレームを、単にフレームと記載する。

[0033] 図1は、本実施形態に係るフレームの適用対象について説明するための自動車の概要構成図である。図1に示す一般的な自動車等の車両1000に設けられる車体は、フロント構造（FRONT）、リア構造（REAR）、およびキャビン構造（CABIN）に分別することができる。

[0034] フロント構造およびリア構造は、「クラッシュブルゾーン」とも呼ばれ、車両に対する衝撃を吸収して緩和する機能（衝撃吸収機能）を担っている。クラッシュブルゾーンは、車両衝突時に衝突エネルギーにより圧潰される。すなわち、車両衝突時に、キャビンに搭乗する乗員の安全を確保するために、フロント構造およびリア構造は、衝突により生じるエネルギー（衝突エネルギー）を吸収する構造であることが要求される。したがって、フロント構造およびリア構造を構成するフレームは、衝突時に曲げや潰れが生じた際においても衝突エネルギーを吸収することが求められる。当該フロント構造およびリア構造に用いられるフレームは、例えば、フロントサイドメンバ、リアサイドメンバ、バンパーレインフォースメント、およびクラッシュボックス等である。フロントサイドメンバは、後端部を構成するフロントサイドメンバリア

、および当該後端部よりも前側の部分を構成するフロントサイドメンバフロントを含む。リアサイドメンバは、後端部を構成するリアサイドメンバリア、および当該後端部よりも前側の部分を構成するリアサイドメンバフロントを含む。

[0035] 一方で、キャビン構造は、「セーフティゾーン」とも呼ばれ、車両衝突時において当該車両に搭乗している乗員の安全を確保する機能（乗員保護機能）を担っている。すなわち車両衝突時に、乗員の安全を確保するために、キャビン構造は、衝撃力に対して潰れにくい構造であることが要求される。したがって、キャビン構造を構成するフレームは変形しにくく、かつ、高い耐荷重性能を有することが求められる。当該キャビン構造に用いられるフレームは、例えば、フロントピラー（Aピラー）、センターピラー（Bピラー）、リアピラー（Cピラー、Dピラー）、フロントピラーロア（Aピラーロア）、サイドシル、ルーフレール、クロスメンバ、およびトンネル等である。

[0036] ところで、車両の衝突安全性能の維持と軽量化とを両立させるために、車体構造を形成する構造材（例えば鋼板）の高強度化および薄肉化が進められている。上記のフロント構造、リア構造およびキャビン構造を構成するフレームについても、薄肉化された高強度鋼板に置き換えることが進められている。置き換えには、衝突エネルギー吸収量および耐荷重性能の少なくともいずれかが、従来のフレームと同等になることが求められる。高強度鋼板により形成されるフレームの板厚は、従来の鋼板により形成されるフレームよりも薄くすることが可能である。これにより、高強度フレームの衝突性能を従来フレームと同等に維持しつつ、フレームの重量を低減させることができると考えられている。

[0037] しかし、薄肉化されたフレームに対して長手方向に衝突が生じた場合、フレームが曲げられたときにフレームの断面変形が大きくなると、フレームについて想定されていた衝突安全性能を確保できなくなる可能性があることを、本発明者らは見出した。フレームの板厚が薄いほど座屈は発生することが多い。

[0038] 図116は、薄肉化されたフレーム900の断面形状の変化の一例を示す断面図である。図116に示すように、フレーム900の長手方向（Y軸方向）に衝突荷重が加えられ、フレーム900に曲げが生じると、底壁部900aが面外方向に膨らみ、かつ、側壁部900bが面外方向に撓むように変形する（断面形状901）。なお、底壁部900aが曲げ内側である。さらに曲げが進展すると、底壁部900aおよび側壁部900bの面外方向への変形がさらに進む。その結果、フレーム900は座屈する。座屈したフレーム900の断面形状902は、当初の断面形状から大幅に逸脱する。

[0039] また、図117は、薄肉化されたフレーム910の断面形状の変化の他の例を示す断面図である。図117に示すように、フレーム910の長手方向（Y軸方向）に衝突荷重が加えられ、または底壁部910aの面に垂直方向に衝突荷重が加えられ、フレーム910に曲げが生じると、底壁部910aが凹み、かつ、側壁部910bが撓むように変形する（断面形状911）。なお、底壁部910aが曲げ内側である。さらに曲げが進展すると、底壁部910aおよび側壁部910bが面外方向に更に変形する。その結果、フレーム910は座屈する。座屈したフレーム910の断面形状912は、当初の断面形状から大幅に逸脱する。図116および図117に示したような座屈がフレーム900（910）に生じると、断面が偏平に潰れる。このような変形を断面潰れという。

[0040] 構造材の曲げ剛性は構造材の板厚に依存する。フレームの板厚が従来よりも薄くなると、フレームを構成する面が面外変形しやすくなる。その結果、フレームの曲げ剛性が低下する。すなわち、図116および図117に示したような、フレームの曲げ変形が生じやすくなる。フレームが断面変形すると、フレームの高さ（厚さ）が徐々に小さくなるため、曲げ剛性は徐々に小さくなる。そして曲げ変形が進み、座屈が生じると急激に曲げ剛性が低下する。座屈の結果、フレームの耐荷重性能は、設計した値よりも極端に低くなる。そのため、当該フレームが従来有する衝突安全性能が低減してしまう。つまり、単に高強度鋼板を用いてフレームを薄肉化することにより車体の軽

量化を図るだけでは、フレームの断面変形あるいは座屈により、想定されていた衝突安全性能を確保できない可能性がある。

[0041] フレームの内部空間に充填部材を充填すると、フレームの断面変形を抑制することができる。しかしながら、充填部材を充填すると、荷重入力時のエネルギー吸収量は向上するが、フレームの重量を増加させてしまう。そこで、本発明者らは、まず、荷重入力時に曲げ変形を誘起する曲げ誘起部を設け、当該曲げ誘起部に充填部材を配置したフレームを試作した。フレームに充填部材が配置されると、配置された場所は、充填部材により厚みが増すので、曲げ剛性が高められる。曲げ誘起部が優先して面外変形するため、曲げ誘起部に充填部材を配置することが効果的な充填部材の配置になる。しかしながら、本発明者らは、長手方向で曲げ誘起部全体に充填部材をくまなく配置すると、曲げ誘起部が曲げ変形を誘起しない場合があることを発見した。充填部材により曲げ誘起部におけるフレームの剛性が高められた結果、荷重入力時にフレームの曲げ誘起部以外の部分において曲げ変形が生じるためである。この場合、曲げ誘起部以外の部分が優先して面外変形するので、曲げ誘起部に配置された充填部材によるフレームの面外変形を抑制する効果が、著しく薄れてしまう。

[0042] そこで、本発明者らは、曲げ誘起部の周辺に充填部材を配置し、更に長手方向に曲げ誘起部と重複する領域の少なくとも一部に曲げ誘起部の周辺に比べ配置される充填部材の量（体積）を少なくすることで、荷重入力時のエネルギー吸収量を高い質量効率で向上させることが可能な中空の部材に想到した。曲げ誘起部の面外変形に伴い、長手方向に曲げ誘起部の周辺の部分も面外変形するため、長手方向に曲げ誘起部の周辺部分に充填部材を配置することが効率的な充填部材の配置になる。更に、曲げ誘起部での曲げの発生を阻害しないために、長手方向に曲げ誘起部と重複する領域の長手方向の長さ当たりの充填部材の量を曲げ誘起部の周辺に比べ抑える。具体的には、以下の様に例示される。第1に、長手方向に曲げ誘起部と重複する領域の少なくとも一部に充填部材を配置しなくてもよい。第2に、長手方向に曲げ誘起部と重

複する領域の少なくとも一部に、曲げ誘起部の周辺に比べ長手方向の長さ当たりで配置される充填部材の量の少ない箇所を設けてもよい。配置される充填部材の量の少ない箇所とは、充填部材の配置される領域が狭い場合、配置される充填部材の厚さが薄い場合、のどちらでもよい。第3に、第1と第2の例の充填部材の配置されない箇所、あるいは配置される充填部材の量の少ない箇所は、曲げ誘起部の全てに加え、曲げ誘起部の周辺の一部まで及んでもよい。但し、充填部材を配置しない領域が曲げ誘起部から離れ過ぎてしまうと充填部材の効果が落ちてしまう。長手方向で曲げ誘起部の端部からフレームの断面高さの半分以上の領域に、充填部材の一部を配置する必要がある。本発明によれば、少なくとも曲げ誘起部で曲げ変形を誘起させることができる。また、フレームが面外変形し座屈に至るまでの間、曲げ誘起部の周辺に配置される充填部材がフレームの剛性を高める結果、フレームは粘り強くエネルギー吸収する。また、重量増加につながる充填部材の量も抑えることができる。以下、本発明の一実施形態に係る中空の部材について説明する。

[0043] 以下では、本発明の一実施形態に係る中空の部材が車両用構造部材として適用される場合を例に説明する。この場合、荷重とは例えば衝突荷重である。また、荷重入力時のエネルギー吸収量とは、衝突荷重が入力された時のフレームによる衝突エネルギーの吸収量である。衝突エネルギーの吸収量を向上させることは、衝突安全性能を向上させることを意味する。

[0044] <<2. 第1の実施形態>>

第1の実施形態は、第2の金属板に密着して、長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して樹脂材が配置される形態である。長手方向に曲げ誘起部と隣接して充填部材が配置されとは、充填部材を配置しない領域が長手方向に曲げ誘起部と完全に重複することを意味する。長手方向に曲げ誘起部と離隔して充填部材が配置されとは、充填部材を配置しない領域が長手方向に曲げ誘起部の外側まで広がっていることを意味する。前述した第1の例と第2の例のように長手方向で曲げ誘起部と重複する範囲まで充填部材が配置されている場合については、曲げ誘起部の周辺領域に充填材が配置されてい

る点では同じであるので、説明を割愛することがある。これは、第1の実施形態のみならず、後述する他の実施形態においても同じである。

[0045] <2. 1. フレームの構成>

図2は、本発明の第1の実施形態に係るフレーム1の一例の概略構成を示す斜視図である。本明細書におけるフレーム1は、中空の部材の一例である。なお、当該中空の部材は、例えば、自動車のフロントサイドメンバ、リアサイドメンバに使用される。フロントサイドメンバは、後端部を構成するフロントサイドメンバリア、および当該後端部よりも前側の部分を構成するフロントサイドメンバフロントを含む。リアサイドメンバは、後端部を構成するリアサイドメンバリア、および当該後端部よりも前側の部分を構成するリアサイドメンバフロントを含む。また当該中空の部材は、自動車のピラーにも使用される。ピラーは、例えば、フロントピラー（Aピラー）、センターピラー（Bピラー）、リアピラー（Cピラー、Dピラー）、フロントピラーロア（Aピラーロア）を含む。また、当該中空の部材は、フロアレインフォースメント、フロアクロスメンバ、バンパーレインフォースメント、サイドシル、ルーフサイドレール、ルーフセンターレインフォースメント、クラッシュボックス、トンネル等にも使用できる。また、当該中空の部材は、自動車のみならず、他の車両および自走可能な機械にも適用可能である。他の車両および自走可能な機械には、例えば、二輪車両、バスまたは牽引車等の大型車両、トレーラー、鉄道車両、建設機械、鉱山機械、農業機械、一般機械、航空機および船舶等が含まれる。

[0046] 本実施形態に係るフレーム1は、第1の構造部材2、第2の構造部材3、レインフォースメント4、および充填部材5（5Aおよび5B）を備える。本実施形態に係る中空部材10は、第1の構造部材2、および第2の構造部材3により形成される。図3は、本実施形態に係る中空部材10の一例のY軸方向に直交する断面を示す断面図である。以下、図2および図3を参照しながら、本実施形態に係るフレーム1の構成について説明する。

[0047] 本実施形態に係る第1の構造部材2は、長尺状の中空部材10を形成する

構造部材の一例であり、ハット型の断面形状を有する。図2および図3に示すように、第1の構造部材2は、長手方向（Y軸方向）に延びる底壁部2a、側壁部2b、2b、フランジ部2c、2c、および稜線部2d、2d、2e、2eを有する。

[0048] 側壁部2bは、底壁部2aのZ軸方向（幅方向）の両端から起立して設けられる。側壁部2bと底壁部2aとにより成される角度は、略垂直に限らず部材の設計に応じて適宜設定される。また、稜線部2dは、底壁部2aと側壁部2bとの境界となる部分である。

[0049] フランジ部2cは、側壁部2bの底壁部2aに対し反対側の端部からZ軸方向に沿って外側に起立して設けられる。フランジ部2cと側壁部2bのなす角度は部材の設計に応じて適宜決めればよい。また、稜線部2eは、側壁部2bとフランジ部2cとの境界となる部分である。

[0050] 本実施形態に係る第2の構造部材3は、上記中空部材10を第1の構造部材2とともに形成する構造部材の一例である。第2の構造部材3は板状の部材である。図3に示すように、第2の構造部材3は、天壁部3a、および接合部3c、3cを有する。

[0051] 天壁部3aは、第1の構造部材2の底壁部2aに対向する部分である。また、接合部3cは、第1の構造部材2のフランジ部2cに対して当接し、フランジ部2cと接合される部分である。つまり、天壁部3aは、第2の構造部材3における一对の稜線部2eとのそれぞれの接続部分の間に存在する領域に相当する部分である。また、接合部3cは、第2の構造部材3における稜線部2eとフランジ部2cの端部とに挟まれるフランジ部2cの領域に当接する部分である。

[0052] 本実施形態に係る中空部材10は、フランジ部2cと接合部3cとが接合されることにより、第1の構造部材2と第2の構造部材3とにより形成される。このとき、図3に示すように、中空部材10は閉断面を有する。この閉断面は、底壁部2aと、一对の側壁部2b、2bと、天壁部3aにより形成される。なお、フランジ部2cと接合部3cとの接合方法は特に限定されな

い。例えば、当該接合方法は、レーザー溶接、アーク溶接、スポット溶接等の溶接でもよいし、リベットまたはボルト締結等の機械接合でもよいし、接着剤やろう付けによる接着でもよい。本実施形態では、フランジ部 2 c と接合部 3 c は、スポット溶接により接合される。

[0053] なお、中空部材 10 の有する閉断面の形状は略多角形である。ここで、略多角形とは、複数の線分で近似表現することが可能である閉じた平面図形を意味する。例えば、図 3 に示した閉断面は、4 つの線分（底壁部 2 a、側壁部 2 b、天壁部 3 a に相当）および 4 つの頂点（稜線部 2 d、2 e に相当）からなる略四角形である。この略四角形は、矩形、台形等を含む。

[0054] また、中空部材 10 が有する閉断面の形状が略四角形以外の略多角形である場合であっても、本明細書において、当該中空部材 10 は、底壁部 2 a、一对の側壁部 2 b、2 b および天壁部 3 a により形成されるものとして説明する。中空部材 10 の有する閉断面の形状の例については後述する。

[0055] 中空部材 10 は、上記説明したように閉断面構造を有してもよいし、U 字状等の開放断面構造を有していてもよい。また、中空部材 10 の長手方向に直交する断面の形状は特に限定されない。例えば、中空部材 10 の断面形状は、矩形断面であってもよいし、円形断面であってもよい。

[0056] 本実施形態に係る中空部材は、金属部材の一例である。本実施形態に係る第 1 の構造部材 2 および第 2 の構造部材 3 は、例えば鋼板等の金属板により形成される。本実施形態に係る第 1 の構造部材 2 および第 2 の構造部材 3 は、第 1 の金属板の一例である。軽量化の観点から両構造部材の板厚はバス等の大型の車両で多く用いられるフレーム構造では、板厚は 2.3 mm 以下が好ましく、通常のサイズの車両で多く用いられるモノコック構造車両では板厚は 1.8 mm 以下であることが好ましく、バイク等の小型車両では板厚は 1.4 mm 以下であることが好ましい。更に、本発明の観点では、これら板厚の比較的薄い金属板に曲げ誘起部を設けると、曲げ誘起部で他の箇所より優先して面外変形を発生させることができる。また、本実施形態に係る第 1 の構造部材 2 および第 2 の構造部材 3 の強度は特に限定されない。ただし、

両構造部材の引張強度は780MPa以上であることが好ましい。また、両構造部材の引張強度は980MPa以上であることがさらに好ましい。なぜなら、中空部材を構成する金属部材は、曲げ誘起部において最も高い引張応力が付与される表面に配置されるからである。引張強度の低い部材は降伏強度も低い。降伏強度が低いと面外変形が生じたとき、容易に中空部材が塑性変形してしまう。塑性変形が進むと、中空部材が座屈する。

[0057] 図2に戻り、フレーム1の構成要素について説明する。レインフォースメント4は、図2に示すように、中空部材10の内側に配置される。レインフォースメント4は、図2に示すように、主面部4aおよび接合部4bを有する。本実施形態に係る主面部4aは、底壁部2aおよび天壁部3aに対向するように、レインフォースメント4は配置される。

[0058] また、本実施形態に係る接合部4bは、側壁部2bに接合される。これにより、主面部4aが一对の側壁部2b、2b間を架け渡すように設けられる。そうすると、中空部材10に衝撃が加わった際にレインフォースメント4が一对の側壁部2b、2bの変形を抑えるので、中空部材10の断面変形を抑制することができる。なお、接合部4bと側壁部2bとの接合方法は特に限定されない。例えば、当該接合方法は、フランジ部2cと接合部3cとの接合同様に特に限定されない。本実施形態では、接合部4bと側壁部2bは、スポット溶接により接合される。また、レインフォースメント4は、充填部材5の配置領域を区切るためのしきい板としての機能も有する。

[0059] 本実施形態に係るレインフォースメント4は、第2の金属板の一例である。本実施形態に係るレインフォースメント4は、例えば鋼板等の金属板により形成される。また、レインフォースメント4を形成する材料は、プラスチック、炭素繊維、合金板または複合材であってもよい。

[0060] なお、本実施形態に係るレインフォースメント4の中空部材10の内部における具体的な配置位置については後述する。

[0061] 本実施形態に係る充填部材5は、樹脂材である。充填部材5は、ウレタン系、エポキシ系又はその他の任意の樹脂から成る。充填部材5は、ウレタン

系の樹脂であれば、最大300MPa程度、エポキシ系の樹脂であれば、最大3000MPa程度のヤング率で、形成可能である。充填部材5は、例えば発泡樹脂からなる硬質の発泡充填部材であってもよい。発泡樹脂は、中空部材10の内側に充填された後に、化学変化により硬化して、充填部材5が形成される。充填部材5のヤング率は、20MPa以上であることが好ましい。充填部材5のヤング率は、充填部材5を形成する樹脂の密度に応じて変化させることができる。ただし、樹脂の密度が高いほど樹脂の成形が難しくなるので、充填部材5のヤング率は、最大でも300~400MPaであることが好ましい。

[0062] なお、本実施形態に係る充填部材5の中空部材10の内部における具体的な配置位置については後述する。

[0063] また、本実施形態に係る中空部材10には、屈曲部6Aおよび6Bが設けられる。屈曲部6は、中空部材10が屈曲する部分である。すなわち、屈曲部6とは、中空部材10の断面の重心に沿って定義される重心の軌跡の長手方向における曲率半径が260mm以下である部分である。図4は、中空部材10の断面の重心の軌跡を可視化した模式図である。図4に示すように、中空部材10の断面の重心の軌跡C1は、屈曲部6Aおよび6Bにおいて屈曲している。

[0064] 屈曲部6は、詳しくは後述するが、曲げ誘起部の一例である。このような屈曲部6を備える中空部材10は、例えば第1の構造部材2および第2の構造部材3の一部が屈曲する形状にプレス成形を行い、これらの構造部材を組み立てることにより得られる。このような屈曲部6は、フレーム1が適用される車両の構造に応じて適宜設けられる。すなわち、フレーム1には車両の構造に応じて曲げ変形が許容される箇所があり、その箇所に屈曲部6が設けられる。曲げ変形が許容される箇所は、当該箇所でフレーム1が曲げ変形しても、曲がったフレーム1が乗員及び重要部品に接触しない箇所が例示される。中空部材10に設けられる屈曲部6の数は特に限定されず、上述したように車両の構造に応じて適宜決定される。

[0065] 曲げ誘起部は、中空部材 10 の長手方向の一部に設けられる。中空部材 10 に曲げ誘起部が形成された場合、長手方向への衝突によって曲げ誘起部において曲げ変形が生じる。例えば、図 4 に示すように、かかる屈曲部 6 A および 6 B の曲率半径 R_A および R_B の少なくともいずれかが 260 mm 以下であれば、中空部材 10 は、衝突荷重の入力時に、上記曲率半径の条件を満たす屈曲部 6 A および 6 B のうちの少なくともいずれかにおいて曲げ変形が生じる。この曲げ変形に必要なエネルギーは衝突によるエネルギーから供給される。すなわち、中空部材 10 の曲げ変形により衝突エネルギーを吸収することができる。この曲げ誘起部を中空部材 10 に設けることにより、衝突により生じる中空部材 10 の曲げ起点を設定することができる。そのため、中空部材 10 の想定外の曲げによるキャビンへの衝撃を回避することができるので、キャビンの安全性を維持することができる。

[0066] さらに、レインフォースメント 4 が中空部材 10 を内側から支えるように、中空部材 10 の曲げ誘起部の内側に設けられる。これにより、中空部材 10 の衝突時の断面変形を抑制し、衝突に対する耐荷重性を高めることができる。ゆえに、衝突安全性能を高めることができる。

[0067] なお、底壁部 2 a の Z 軸方向の長さは、側壁部 2 b の X 軸方向の長さ以上であることが好ましい。これにより、中空部材 10 の Z 軸方向に係る断面二次モーメントが X 軸方向に係る断面二次モーメントよりも大きくなる。そのため、中空部材 10 に衝突荷重が入力された際に、底壁部 2 a および天壁部 3 a が屈曲しやすくなる。

[0068] 以下、本実施形態に係るフレーム 1 の内部における、レインフォースメント 4 および充填部材 5 の配置の一例について説明する。なお、上述した曲げ誘起部は屈曲部 6 に限られない。曲げ誘起部の具体例については後述する。

[0069] (充填部材およびレインフォースメントの配置)

図 5 は、本実施形態に係るフレーム 1 の一例の Z 軸方向に直交する断面における断面図である。なお、図 5 に示す断面図は、図 2 に示した I-I 切断線における中空部材 10 の断面図に相当する。図 5 に示すように、中空部材

10には2つの屈曲部6Aと6Bがある。屈曲部6Aは、中空部材10に衝突荷重Fが入力された場合、底壁部2aが曲げ内側となるように、底壁部2a方向に屈曲する。屈曲部6Bは、中空部材10に衝突荷重Fが入力された場合、天壁部3aが曲げ内側となるように、天壁部3a方向に屈曲する。これらの屈曲部6A、6Bは、フレーム1における曲げ誘起部に相当する。

[0070] 本実施形態に係る充填部材5（5A～5D）は、それぞれレインフォースメント4の主面部4aに密着して配置される。図5に示した例では、充填部材5Aおよび5Bは、底壁部2aに対向する部分に設けられている。また、充填部材5Cおよび5Dは、天壁部3aに対向する部分に設けられている。

[0071] 本実施形態に係る充填部材5は、底壁部2a又は天壁部3aの内面に密着し、長手方向に屈曲部6A又は屈曲部6Bと隣接して又は離隔して配置される。図5に示した例では、充填部材5Aおよび5Bは、屈曲部6Aにおける底壁部2aの部分2xに配置されず、底壁部2aの長手方向に屈曲部6Aと離隔する部分の内面に密着して配置されている。また、充填部材5Cおよび5Dは、屈曲部6Bにおける天壁部3aの部分3xに配置されず、天壁部3aの長手方向に屈曲部6Bと離隔する部分の内面に密着して配置されている。

[0072] 図6および図7は、図5に示したフレーム1のⅠⅠ-ⅠⅠ切断線およびⅡⅡ-ⅡⅡ切断線における断面図である。図6に示すように、充填部材5Aは、底壁部2aと、主面部4aと、一对の側壁部2bとにより形成される空間7Aにおいて、主面部4aに密着して配置されている。なお、詳しくは後述するが、充填部材5Aは、少なくとも主面部4aに密着するように配置されればよい。例えば、充填部材5Aは、必ずしも空間7A側に配置されなくてもよい。より具体的には、充填部材5Aは、レインフォースメント4に対する空間7Aの反対側の空間において、主面部4aに密着して配置されてもよい。充填部材5Bの配置は、図6を参照して説明した充填部材5Aの配置と同様である。また、図7に示すように、充填部材5Dは、天壁部3aと、主面部4aと、一对の側壁部2bとにより形成される空間7Bにおいて、

主面部 4 a に密着して配置されている。なお、充填部材 5 D は、充填部材 5 A の例と同様に、必ずしも空間 7 B に配置されなくてもよい。より具体的には、充填部材 5 D は、レインフォースメント 4 に対する空間 7 B の反対側の空間において、主面部 4 a に密着して配置されてもよい。充填部材 5 C の配置は、図 7 を参照して説明した充填部材 5 D の配置と同様である。

[0073] 図 5 および図 6 を参照しながら、充填部材 5 A および 5 B による作用および効果について説明する。まず、充填部材 5 A および 5 B は、レインフォースメント 4 の主面部 4 a に密着して配置されている。充填部材 5 A および 5 B が主面部 4 a に密着（好ましくは接着）することにより、主面部 4 a の面外変形に対する抵抗が高くなる。これにより、フレーム 1 への衝突荷重が入力されて屈曲部 6 A において折れ曲げが生じた場合に、レインフォースメント 4 にかかる Z 軸方向の圧縮応力に起因して生じ得る主面部 4 a の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。したがって、レインフォースメント 4 は、当該衝突荷重の入力による側壁部 2 b の変形を抑制できるので、中空部材 10 の閉断面の断面変形も抑制される。ゆえに、フレーム 1 の衝突安全性能をより確実に発揮させることができる。

[0074] また、図 5 および図 6 を参照すると、充填部材 5 A および 5 B は、屈曲部 6 A における底壁部 2 a の部分 2 x に配置されず、底壁部 2 a の長手方向に屈曲部 6 A と離隔する部分の内面に密着（好ましくは接着）して配置されている。充填部材 5 A および 5 B が、屈曲部 6 A における底壁部 2 a の部分 2 x に配置されないため、屈曲部 6 A における底壁部 2 a の部分 2 x の面外変形に対する抵抗は、低いままである。即ち、屈曲部 6 A における曲げこわさは低いままである。これにより、フレーム 1 に衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 A において曲げ変形を確実に生じさせることができる。一方で、充填部材 5 A および 5 B は、底壁部 2 a の長手方向に屈曲部 6 A と離隔する部分の内面に密着して配置されることにより、充填部材 5 A および 5 B が配置された部分における底壁部 2 a の面外変形に対する抵抗が高くなる。これにより、フレーム 1 に衝突荷重が入力されて屈曲部 6 A において曲げ変形が

生じた場合に、屈曲部 6 A の面外変形に伴って生じる、充填部材 5 A および 5 B が配置された部分における底壁部 2 a の面外変形を、抑制することができる。したがって、中空部材 10 の閉断面の断面変形が充填部材 5 A および 5 B により抑制される。ゆえに、フレーム 1 の衝突安全性能をより高めることができる。

[0075] さらに、図 5 および図 6 に示した例では、充填部材 5 A および 5 B は、主面部 4 a と底壁部 2 a とを連結している。ここで連結とは、充填部材 5 A および 5 B が主面部 4 a と底壁部 2 a とをまたいでそれぞれに密着して配置されることを意味する。フレーム 1 への衝突荷重が入力されて屈曲部 6 A において折れ曲げが生じた場合に、主面部 4 a と底壁部 2 a とにおける面外変形は、それぞれ相対する方向に生じる。ここで、主面部 4 a と底壁部 2 a とを充填部材 5 A および 5 B によって連結することにより、充填部材 5 A および 5 B が、主面部 4 a および底壁部 2 a のそれぞれの変形により受ける力を相殺することができる。これにより、主面部 4 a の面外変形を単に抑制するだけではなく、面外変形を生じさせる力そのものを減じることができる。よって、フレーム 1 の衝突安全性能をより高めることができる。

[0076] また、図 5 および図 6 に示した例では、充填部材 5 A および 5 B は、レインフォースメント 4 と側壁部 2 b とに連続して密着して配置されている。つまり充填部材 5 A および 5 B は、主面部 4 a と側壁部 2 b とを接続する接続部分 4 c の内側に密着して配置されている。フレーム 1 への衝突荷重が入力されて屈曲部 6 において折れ曲げが生じた場合に、接続部分 4 c に高い応力が発生し、接続部分 4 c において局所的に塑性変形が生じる。充填部材 5 A および 5 B が接続部分 4 c に密着（好ましくは接着）して配置されることにより、接続部分 4 c において生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。これにより、フレーム 1 の衝突安全性能をより効果的に高めることができる。

[0077] また、図 5 および図 6 に示した例では、充填部材 5 A および 5 B は、底壁部 2 a と側壁部 2 b とに連続して密着して配置されている。つまり充填部材

5 Aおよび5 Bは、稜線部2 dの内側に密着して配置されている。上述した接続部分4 cにおける塑性変形と同様に、フレーム1への衝突荷重が入力されて屈曲部6 Aにおいて折れ曲げが生じた場合に、稜線部2 dにおいて局所的に塑性変形が生じる。そのため、充填部材5 Aおよび5 Bがかかる位置に密着（好ましくは接着）して配置されることにより、稜線部2 dにおいて生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。これにより、フレーム1の衝突安全性能をより効果的に高めることができる。

[0078] 図6に示した例では充填部材5 Aおよび5 Bは稜線部2 dおよび接続部分4 cの全ての内側に密着して配置されている。これに限らず、稜線部2 dまたは接続部分4 cの少なくともいずれかの内側に充填部材5 Aおよび5 Bが配置されていれば、衝突安全性能の向上は発揮される。

[0079] ここで、充填部材5のヤング率が高いほど、充填部材5による上述した塑性変形の抑制効果が高まる。しかしながら、充填部材5のヤング率を高めるには、高密度で樹脂を成形することが要される。即ち、充填部材5のヤング率を高めると、充填部材5の単位体積当たりの質量は増大する。本実施形態では、断面変形を抑制すべき場所を屈曲部6と隣接する又は離隔する部分に限定することができる。このため、断面変形する場所を見越して充填部材5を配置すべき場所も限定することができる。即ち、本実施形態では、充填部材5の高ヤング率化に伴う重量増加を軽減することが可能である。このように、本実施形態では、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることが可能である。

[0080] 以上、充填部材5 Aおよび5 Bの配置によりもたらされる作用および効果について説明した。なお、上記では、充填部材5 Aおよび5 Bが長手方向に屈曲部6 Aと離隔して配置される場合について説明したが、充填部材5 Aおよび5 Bが長手方向に屈曲部6 Aと隣接して配置される場合も、上述した作用および効果は同様に発揮される。また、上述した作用および効果は、図5および図7に示したような、天壁部3 aと主面部4 aとの間に充填される充填部材5 Cおよび5 Dについても同様に発揮される。

[0081] このように、本実施形態に係るフレーム 1 においては、曲げ誘起部である屈曲部 6 の内側にレインフォースメント 4 が設けられ、充填部材 5 がレインフォースメント 4 に密着して配置される。かかる構成により、フレーム 1 への衝突荷重の入力の際にレインフォースメント 4 の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。これにより、レインフォースメント 4 によって中空部材 10 の断面形状が維持されるため、中空部材 10 の断面変形を抑制することができる。したがって、車体の軽量化を図るために中空部材 10 およびレインフォースメント 4 の板厚を小さくする場合においても、フレーム 1 の衝突安全性能を維持することができる。

[0082] なお、図 5 に示したレインフォースメント 4 は一の部材により形成され、屈曲部 6 における底壁部 2 a および天壁部 3 a のそれぞれに対向するように設けられているが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、レインフォースメント 4 は、屈曲部 6 等の曲げ誘起部における底壁部 2 a または天壁部 3 a に対向して複数設けられてもよい。また、レインフォースメント 4 は、中空部材 10 の長手方向に沿って全体的に設けられてもよい。つまり、レインフォースメント 4 は、曲げ誘起部の内側に設けられていれば、レインフォースメント 4 の中空部材 10 の長手方向における位置および長さは特に限定されない。

[0083] また、本実施形態に係るフレーム 1 においては、充填部材 5 が、中空部材 10 に密着し、曲げ誘起部である屈曲部 6 の周辺に配置され、更に、屈曲部 6 において充填部材 5 が配置されない、あるいは長手方向の長さ当たりの配置される充填部材の量が少ない領域がある。かかる構成により、屈曲部 6 における曲げこわさを低いままにすることができる。これにより、フレーム 1 へ衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。一方で、かかる構成により、フレーム 1 への衝突荷重が入力されて屈曲部 6 において曲げ変形が生じた場合に、屈曲部 6 の面外変形に伴って生じる、充填部材 5 が配置された部分における中空部材 10 の面外変形を、抑制することができる。したがって、中空部材 10 の閉断面の断面

変形が充填部材 5 により抑制される。ゆえに、フレーム 1 の衝突安全性能をより高めることができる。

[0084] < 2. 2. 充填部材の配置例 >

以上、本実施形態に係る充填部材 5 の配置について説明した。なお、充填部材 5 の配置は、図 6 および図 7 に示した例に限定されない。以下、充填部材 5 の他の配置例について説明する。

[0085] (第 1 の配置例)

第 1 の配置例では、レインフォースメント 4 に密着して配置した充填部材 5 1 0 により、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制する。レインフォースメント 4 の面外変形を抑制できれば、レインフォースメント 4 がつながる壁部（例えば側壁部 2 b）の面外変形を抑制できる。その結果中空部材 1 0 の断面変形を抑制できる。

[0086] 図 8 は、本実施形態に係る充填部材の第 1 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 8 に示す断面図は、図 5 に示したフレーム 1 の | | - | | 切断線におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0087] 図 8 に示すように、充填部材 5 1 0 は、主面部 4 a の底壁部 2 a に対向する面の中央部分に密着（好ましくは接着）して配置されている。かかる配置により、上述したように、主面部 4 a の面外変形に対する抵抗を大きくすることができる。つまり、充填部材 5 1 0 が主面部 4 a の一部だけに密着して配置されることによっても、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。すなわち、中空部材 1 0 の断面変形を抑制する効果を十分に得ることができる。したがって、要求される衝突安全性能を確保することが可能であれば、図 8 に示したように、充填部材 5 1 0 が主面部 4 a の一部だけに配置されてもよい。これにより、充填部材 5 1 0 の充填量が少なくなるので、充填部材 5 1 0 のコストおよびフレーム 1 の重量を低く抑えることができる。

[0088] なお、充填部材 5 1 0 の配置位置は、上述したように、主面部 4 a の底壁部 2 a に対向する側に限られない。例えば、図 8 に示した充填部材 5 1 0 は

、主面部 4 a の天壁部 3 a に対向する側に設けられてもよい。つまり、レインフォースメント 4 に充填部材 5 1 0 が密着して配置されていれば、充填部材 5 1 0 の主面部 4 a における配置面は特に限定されない。

[0089] (第 2 の配置例)

第 2 の配置例では、レインフォースメント 4 とレインフォースメント 4 に対向する壁部（例えば底壁部 2 a）とを充填部材 5 1 1 がつなぐ。充填部材 5 1 1 を介してレインフォースメント 4 とレインフォースメント 4 に対向する壁部が互いを拘束するため、レインフォースメント 4 とレインフォースメント 4 に対向する壁部との面外変形を抑制できる。更に、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制できるため、レインフォースメント 4 がつながる壁部の面外変形も抑制できる。その結果、中空部材 1 0 の断面変形を抑制できる。

[0090] 図 9 は、本実施形態に係る充填部材の第 2 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 9 に示す断面図は、図 5 に示したフレーム 1 の | | - | | 切断線におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0091] 図 9 に示すように、充填部材 5 1 1 は、主面部 4 a の中央部分と底壁部 2 a の中央部分とを連結するように、各部分に密着（好ましくは接着）して配置されている。かかる配置により、上述したように、レインフォースメント 4 および底壁部 2 a の面外変形をより効果的に抑制することができる。この場合、図 9 に示したように、充填部材 5 1 1 が主面部 4 a の一部および底壁部 2 a の一部のみを連結しても、中空部材 1 0 の断面変形を抑制する効果を十分に得ることができる。したがって、要求される衝突安全性能を確保することが可能であれば、図 9 に示したように、充填部材 5 1 1 が主面部 4 a および底壁部 2 a の一部だけを連結するように配置されてもよい。これにより、充填部材 5 1 1 の充填量が少なくなるので、充填部材 5 1 1 のコストおよびフレーム 1 の重量を低く抑えることができる。

[0092] また、充填部材 5 1 1 の配置位置は、上述したように、主面部 4 a と底壁部 2 a との間に限られない。例えば、図 9 に示した充填部材 5 1 1 は、主面

部 4 a と天壁部 3 a との間に配置され、主面部 4 a と天壁部 3 a とを連結してもよい。また、レインフォースメント 4 の主面部 4 a が側壁部 2 b に対向するように設けられている場合、充填部材 5 1 1 は、いずれかの側壁部 2 b と主面部 4 a とを連結してもよい。つまり、レインフォースメント 4 に充填部材 5 1 1 が密着して配置されていれば、充填部材 5 1 1 による連結対象となる部分は特に限定されない。

[0093] なお、第 1 の配置例および第 2 の配置例に示した充填部材 5 の主面部 4 a（および底壁部 2 a）の Z 軸方向における配置位置については特に限定されない。しかし、曲げモーメントを受ける主面部 4 a のたわみ量が最も大きくなる主面部 4 a の中央部分に充填部材 5 が密着して配置されることが好ましい。更に主面部 4 a 上の充填部材 5 の幅は、主面部の幅の 20% 以上であることが望ましい。30% 以上であれば更に望ましい。これにより、レインフォースメント 4 の弾性変形によりレインフォースメント 4 に衝突エネルギーが付勢されることを防ぐことができる。レインフォースメント 4 に衝突エネルギーが付勢されると、衝突時の曲げによるエネルギー吸収が阻害されるためである。

[0094] また、図 8 および図 9 に示したように、充填部材 5 は必ずしも空間 7 A を密に充填するように配置されなくてもよい。充填部材 5 は少なくともレインフォースメント 4 の主面部 4 a に密着して配置されていれば、レインフォースメント 4 による中空部材の断面変形を抑制する効果が発揮される。充填部材 5 の空間 7 A における充填量および配置位置は、要求されるフレーム 1 の衝突安全性能およびフレーム 1 の重量、並びに充填部材 5 による充填コスト等に基づいて、適宜調整され得る。また、充填部材 5 は必ずしも空間 7 A に設けられなくてもよい。すなわち、充填部材 5 は、中空部材 10 の空間のうち、空間 7 A とは異なる側の空間に配置されてもよい。

[0095] （第 3 の配置例）

第 3 の配置例では、レインフォースメント 4 とレインフォースメント 4 がつながる壁部とを充填部材 5 1 2 がつなぐ。レインフォースメント 4 とレイ

ンフォースメント４がつながる壁部とが充填部材５１２で拘束されるため、レインフォースメント４とレインフォースメント４がつながる壁部とがなす角が固定される。その結果、中空部材１０の断面変形を抑制できる。

[0096] 図１０は、本実施形態に係る充填部材の第３の配置例を説明するためのフレーム１の断面図である。なお、図１０に示す断面図は、図５に示したフレーム１のⅠ－Ⅰ切断線におけるフレーム１の断面に相当する。

[0097] 図１０に示すように、充填部材５１２は、主面部４ａ、底壁部２ａ、および一对の側壁部２ｂにより囲まれて形成される空間７Ａに、主面部４ａおよび底壁部２ａ、および一对の側壁部２ｂに密着（好ましくは接着）するように配置されている。また、充填部材５１２は、その内部に空洞５１２ａを有する。これにより、レインフォースメント４および中空部材１０の変形を抑制させる効果を高めつつ、充填部材５１２の充填量を抑制することができる。なお、図１０に示した充填部材５１２は、レインフォースメント４に密着して配置されていれば、他の壁部との密着の有無、および充填量は特に限定されない。

[0098] <<３．第２の実施形態>>

第２の実施形態は、金属部材の底壁又は天壁の少なくともいずれかの内面に密着して、長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して樹脂材が配置される形態である。

[0099] <３．１．フレームの構成>

（フレームの構成要素）

図１１は、本発明の第２の実施形態に係るフレーム１の一例の概略構成を示す斜視図である。図１１に示すように、本実施形態に係るフレーム１は、第１の構造部材２、第２の構造部材３、および充填部材５（５Ａ～５Ｄ）を備える。本実施形態に係る中空部材１０は、第１の構造部材２および第２の構造部材３により形成される。図１１に示したフレーム１の構成は、レインフォースメント４を有しない点および充填部材５の配置を除き、第１の実施形態について図２～図４を参照して説明した通りである。以下、本実施形態

に係るフレーム 1 の内部における、充填部材 5 の配置の一例について説明する。

[0100] (充填部材の配置)

図 1 2 は、本実施形態に係るフレーム 1 の一例の Z 軸方向に直交する断面を示す断面図である。なお、図 1 2 に示す断面図は、図 1 1 に示した I-V-I-V 切断線における中空部材 1 0 の断面図に相当する。図 1 2 に示すように、中空部材 1 0 には、屈曲部 6 A および 6 B が設けられている。屈曲部 6 A は、中空部材 1 0 に衝突荷重 F が入力された場合、底壁部 2 a が曲げ内側となる方向に屈曲する。屈曲部 6 B は、中空部材 1 0 に衝突荷重 F が入力された場合、天壁部 3 a が曲げ内側となる方向に屈曲する。これらの屈曲部 6 は、フレーム 1 における曲げ誘起部に相当する。

[0101] 本実施形態に係る充填部材 5 は、底壁部 2 a 又は天壁部 3 a の内面に密着し、長手方向に屈曲部 6 A 又は屈曲部 6 B と隣接して又は離隔して配置される。図 1 1 および図 1 2 に示した例では、充填部材 5 A および 5 B は、底壁部 2 a における屈曲部 6 A が設けられた部分 2 x に配置されず、長手方向に屈曲部 6 A と離隔して配置される。一方で、充填部材 5 C および 5 D は、図 1 1 および図 1 2 に示すように、天壁部 3 a における屈曲部 6 B が設けられた部分 3 x に配置されず、長手方向に屈曲部 6 B と離隔して配置される。

[0102] 図 1 3 は、図 1 2 に示したフレーム 1 の V-V 切断線における断面図である。また、図 1 4 は、図 1 2 に示したフレーム 1 の V-I-V-I 切断線における断面図である。図 1 3 に示すように、充填部材 5 A は、底壁部 2 a の内面に密着（好ましくは接着）して配置される。特に、図 1 3 に示すように、充填部材 5 A は、底壁部 2 a の中央部分の内面に密着して配置される。充填部材 5 B の配置は、図 1 3 を参照して説明した充填部材 5 A の配置と同様である。また、図 1 4 に示したように、充填部材 5 D は、天壁部 3 a の内面に密着して配置される。充填部材 5 C の配置は、図 1 4 を参照して説明した充填部材 5 D の配置と同様である。

[0103] 図 1 2 および図 1 3 を参照しながら、充填部材 5 A および 5 B による作用

および効果について説明する。図 1 2 および図 1 3 を参照すると、充填部材 5 A および 5 B は、屈曲部 6 A における底壁部 2 a の部分 2 x に配置されず、底壁部 2 a の長手方向に屈曲部 6 A と離隔する部分の内面に密着（好ましくは接着）して配置されている。充填部材 5 A および 5 B が、屈曲部 6 A における底壁部 2 a の部分 2 x に配置されないため、屈曲部 6 A における底壁部 2 a の部分 2 x の面外変形に対する抵抗は、低いままである。即ち、屈曲部 6 A における曲げこわさは低いままである。これにより、フレーム 1 に衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 A において曲げ変形を確実に生じさせることができる。

[0104] 一方で、充填部材 5 A および 5 B は、底壁部 2 a の長手方向に屈曲部 6 A と離隔する部分の中央部分の内面に密着して配置される。かかる配置により、フレーム 1 の曲げ圧縮に起因する面外方向への力が底壁部 2 a に負荷された場合に、屈曲部 6 A の変形に伴って生じる、底壁部 2 a の長手方向に屈曲部 6 A と離隔する部分の Z 軸方向の中央部分の変形が、充填部材 5 A および 5 B により拘束される。これにより、底壁部 2 a の面外変形を抑制することができる。すなわち、フレーム 1 に衝突荷重が入力された際に、充填部材 5 A および 5 B が配置された部分における中空部材 1 0 の面外変形を抑制することができる。これにより、フレーム 1 の断面変形が抑制されるので、フレーム 1 の耐荷重性能を高めることができる。ゆえに、フレーム 1 の軽量化を図りつつ、衝突安全性能を高く維持することができる。

[0105] なお、充填部材 5 A および 5 B の X 軸方向の肉厚 a については特に限定されず、当該肉厚 a は、フレーム 1 に要求される耐荷重性能および重量に応じて適宜設定される。充填部材 5 A および 5 B の肉厚 a を制御するために、例えば、不図示のレインフォースメント等の板材が中空部材 1 0 の内側に設けられてもよい。また、充填部材 5 A および 5 B の配置位置を定める側壁部からの距離 b_1 および b_2 についても特に限定されない。ただし、底壁部 2 a の中央部分の内面に充填部材 5 A および 5 B を密着して配置させることにより、底壁部 2 a の面外変形を効率的に抑制することができる。更に、底壁部 2

a上の充填部材5 Aおよび5 Bの幅は、底壁部2 aの幅の20%以上であることが望ましい。30%以上であれば更に望ましい。また、距離 b_1 および b_2 は同値であることが好ましい。また、距離 b_1 および b_2 の大きさは、フレーム1に要求される耐荷重性能および重量に応じて適宜設定される充填部材5 Aおよび5 BのX軸方向の肉厚に応じて決定される。

[0106] 図12および図14に示すように、充填部材5 Cおよび5 Dは天壁部3 a上に配置される。充填部材5 Cおよび5 Dは、天壁部3 a上に配置される以外は図12および図13を参照して説明した充填部材5 Aおよび5 Bと同じである。但し、天壁部3 a上の充填部材5 Cおよび5 Dの幅は、閉断面内の天壁部3 aの幅の20%以上であることが望ましい。30%以上であれば更に望ましい。

[0107] なお、本発明において密着とは、隙間なく接して配置されることを意味する。特に密着のうち、互いを拘束する接着が最も好ましい。互いを拘束しない場合でも、中空部材10を形成する少なくともいずれかの壁部が面外変形するのを充填部材5が抑制する効果が発揮される。例えば、図116および図117に示したような断面形状の変化が本実施形態に係るフレーム1に生じるとする。充填部材5が底壁部2 aまたは天壁部3 aの少なくともいずれかの内面に接着されている場合、底壁部2 aまたは天壁部3 aが面外変形すると、充填部材5も当該内面の面外変形に追従する。そのため、充填部材5による底壁部2 aまたは天壁部3 aの面外変形の抑制効果が顕著に発揮される。また、充填部材5と底壁部2 aまたは天壁部3 aの少なくともいずれかの内面とが互いに拘束せずに密着して配置される場合、底壁部2 aまたは天壁部3 aが面外変形すると、充填部材5と当該内面とが部分的に離隔する場合も存在する。しかし、当該内面が面外変形した場合においても、充填部材5の少なくとも一部とは接した状態となる。したがって、充填部材5と当該内面とが互いに拘束せずに密着している状態であっても、充填部材5による底壁部2 aまたは天壁部3 aの面外変形の抑制効果は十分発揮される。

[0108] ここで、充填部材5のヤング率が高いほど、充填部材5による上述した塑

性変形の抑制効果が高まる。しかしながら、充填部材 5 のヤング率を高めるには、高密度で樹脂を成形することが要される。即ち、充填部材 5 のヤング率を高めると、充填部材 5 の単位体積当たりの質量は増大する。本実施形態では、断面変形を抑制すべき場所を屈曲部 6 と隣接する又は離隔する部分に限定することができる。このため、断面変形する場所を見越して充填部材 5 を配置すべき場所も限定することができる。即ち、本実施形態では、充填部材 5 の高ヤング率化に伴う重量増加を軽減することが可能である。このように、本実施形態では、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることが可能である。

[0109] 以上、充填部材 5 A および 5 B の配置、並びに当該配置による作用および効果について説明した。なお、上記では、充填部材 5 A および 5 B が長手方向に屈曲部 6 A と離隔して配置される場合について説明したが、充填部材 5 A および 5 B が長手方向に屈曲部 6 A と隣接して配置される場合も、充填部材 5 A および 5 B の端部が屈曲部 6 A と重複して配置される場合も、充填部材 5 A および 5 B がつながっていて屈曲部 6 A と重複する範囲の一部に屈曲部 6 A の周辺に比べ配置される長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量が少ない場合も、上述した作用および効果は同様に発揮される。また、上述した作用および効果は、図 1 2 および図 1 4 に示すような、屈曲部 6 B と隣接して又は離隔して配置される充填部材 5 C および 5 D によっても同様に発揮される。

[0110] このように、本実施形態に係るフレーム 1 においては、充填部材 5 が、底壁部 2 a 又は天壁部 3 a の内面に密着し、曲げ誘起部である屈曲部 6 の周辺に配置され、更に、屈曲部 6 において充填部材 5 が配置されない領域、又は屈曲部 6 と重複する範囲の一部に屈曲部 6 の周辺に比べ配置される長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量が少ない領域がある。かかる構成により、屈曲部 6 における曲げこわさを低いままにすることができる。これにより、フレーム 1 に衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。一方で、かかる構成により、フレーム 1 に衝突

荷重が入力されて屈曲部 6 において曲げ変形が生じた場合に、屈曲部 6 の面外変形に伴って生じる、充填部材 5 が配置された部分における底壁部 2 a 又は天壁部 3 a の面外変形を、抑制することができる。これにより、衝突によるフレーム 1 の断面潰れを抑制することができる。したがって、車体の軽量化を図るために中空部材 10 の板厚を小さくする場合においても、質量密度の低い充填部材 5 を上述したような部分に配置することにより、フレーム 1 の重量をさほど増加させずにフレーム 1 の耐荷重性能を高く維持することができる。ゆえに、フレーム 1 の衝突安全性能をより高めることができる。

[0111] <3. 2. 充填部材の配置例>

以上、本実施形態に係る充填部材 5 の配置について説明した。なお、充填部材 5 の配置は、図 1 1 ~ 図 1 4 に示した例に限定されない。以下、充填部材 5 の他の配置例について説明する。

[0112] 以下の第 1 の配置例~第 4 の配置例では、側壁部 2 b の端部と底壁部 2 a あるいは天壁部 3 a を充填部材がつなぐ。すなわち、稜線部 2 d あるいは稜線部 2 e に隣接して充填部材が配置される。充填部材は、側壁部 2 b と底壁部 2 a あるいは天壁部 3 a とのなす角が変化するのを抑制する。すなわち、充填部材は稜線部 2 d あるいは稜線部 2 e の変形を抑制する。その結果、中空部材 10 の断面変形を抑制できる。

[0113] (第 1 の配置例)

図 1 5 は、本実施形態に係る充填部材の第 1 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 1 5 に示す断面図は、図 1 2 に示したフレーム 1 の V-V 切断線におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0114] 図 1 5 に示すように、本配置例に係る充填部材 5 20 は、側壁部 2 b と底壁部 2 a とに連続して密着（好ましくは接着）して配置されている。つまり充填部材 5 20 は、稜線部 2 d の内側に密着して配置されている。フレーム 1 への衝突荷重が入力されて屈曲部 6 A において折れ曲げが生じるときに、稜線部 2 d において局所的に塑性変形が生じる。この塑性変形により側壁部 2 b の面外方向への倒れが促進されてしまう。そのため、充填部材 5 20 が

かかる位置に密着して配置されることにより、稜線部 2 d において生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。これにより、側壁部 2 b の面外方向への倒れを抑制することができる。したがって、フレーム 1 の断面変形をより効果的に抑制することができる。

[0115] なお、充填部材 5 2 0 の肉厚 a は、フレーム 1 に要求される耐荷重性能および重量に応じて適宜設定される。

[0116] また、図 1 2 に示したフレーム 1 の V I - V I 切断線におけるフレーム 1 の断面に対しても、図 1 5 に示す充填部材の配置を同様に適用することができる。この場合、充填部材 5 2 0 は、天壁部 3 a の内面および稜線部 2 e の内側に密着して配置される。

[0117] (第 2 の配置例)

図 1 6 は、本実施形態に係る充填部材の第 2 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 1 6 に示す断面図は、図 1 2 に示したフレーム 1 の V - V 切断線におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0118] 本配置例に係る充填部材 5 2 1 a および 5 2 1 b は、稜線部 2 d のそれぞれの内側に局所的に密着（好ましくは接着）して配置される。かかる配置により、稜線部 2 d において生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。これにより、側壁部 2 b の面外方向への倒れを低減させることができる。したがって、フレーム 1 の断面変形を抑制することができる。また、図 1 6 に示した例では、充填部材 5 2 1 a および 5 2 1 b が稜線部 2 d の内側に局所的に密着して配置されるので、フレーム 1 の重量をほとんど増加させずに、フレーム 1 の断面変形を抑制することができる。

[0119] (第 3 の配置例)

また、本実施形態に係る充填部材は、稜線部 2 d の少なくともいずれか一方の内側に局所的に密着（好ましくは接着）して配置されてもよい。図 1 7 は、本実施形態に係る充填部材の第 3 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 1 7 に示す断面図は、図 1 2 に示したフレーム 1 の V - V 切断線におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0120] 図17に示すように、本配置例に係る充填部材521cは、稜線部2dの一方の内側に局所的に密着して配置される。これにより、充填部材521cが配置された稜線部2dにおいて生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。また、充填部材の充填量を少なくできるので、フレーム1の重量を増加させずに済ませることができる。

[0121] 図16および図17に示した充填部材の配置例によれば、底壁部2aの面外変形だけではなく、稜線部2dの局所的な塑性変形を抑制することができる。なお、充填部材を稜線部2dの一方または両方のいずれかの内側に設けるかについては、フレーム1に要求される衝突安全性能および重量に応じて決定することが好ましい。また、充填部材521a、521bおよび521cのZ軸方向の肉厚 a (a_1 、 a_2) およびX軸方向の肉厚 c (c_1 、 c_2) は、適宜設定される。

[0122] また、充填部材は、底壁部2aの中央部分の内面および稜線部2dの内側にそれぞれ別々に密着して配置されてもよい。充填部材の各々が底壁部2aの中央部分の内面および稜線部2dの内側に密着して配置されていれば、フレーム1の断面変形を抑制する効果が十分得られる。

[0123] また、図12に示したフレーム1のVⅠ-VⅠ切断線におけるフレーム1の断面に対しても、図16および図17に示す充填部材の配置を同様に適用することができる。この場合、充填部材521a~521cは、稜線部2eの内側に密着して配置される。

[0124] また、充填部材は、稜線部2dの内側だけではなく、側壁部2bの内面に密着して配置されていてもよい。図18および図19は、本実施形態に係る充填部材の第2の配置例および第3の配置例の各変形例を説明するためのフレーム1の断面図である。図18および図19に示すように、充填部材522a、522bおよび522cは、稜線部2dの内側だけではなく、側壁部2bの内面に密着して配置されてもよい。さらに、充填部材522a、522bおよび522cは、稜線部2eの内側に密着して配置されてもよい。これにより、フレーム1の耐荷重性能を、図16および図17に示した配置例

と比較して、同等以上とすることができる。なお、充填部材 5 2 2 a、5 2 2 b および 5 2 2 c の肉厚 a (a_1 、 a_2) は、フレーム 1 に要求される耐荷重性能および重量に応じて適宜設定される。

[0125] (第 4 の配置例)

図 2 0 は、本実施形態に係る充填部材の第 4 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 2 0 に示す断面図は、図 1 2 に示したフレーム 1 の V-V 切断線におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0126] 図 2 0 に示すように、本配置例に係る充填部材 5 2 3 は、底壁部 2 a、および一对の側壁部 2 b の内面に連続して密着（好ましくは接着）して配置される。側壁部 2 b では、フレーム 1 の曲げにより、面外方向への倒れが生じやすい。図 2 0 に示した配置によれば、側壁部 2 b の内面にも充填部材 5 2 3 が密着して配置されるので、充填部材 5 2 3 が側壁部 2 b の面外変形を抑制することが可能となる。フレーム 1 において曲げが生じてても、充填部材 5 2 3 により側壁部 2 b の面外方向への倒れが抑制されるので、フレーム 1 の断面変形を抑制しつつ、フレーム 1 の圧潰による衝突エネルギーの吸収を行うことができる。すなわち、フレーム 1 の耐荷重性能のみならず、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を向上させることができる。

[0127] なお、図 2 0 に示した充填部材 5 2 3 は、一对の側壁部 2 b と底壁部 2 a とに連続して密着して配置されているが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、充填部材 5 2 3 は、一对の側壁部 2 b および底壁部 2 a の内面に、それぞれ別々に密着して配置されてもよい。また、充填部材 5 2 3 は、一对の側壁部 2 b のいずれかと底壁部 2 a とに連続して密着して配置されてもよい。すなわち、Y 軸方向に直交する断面において、充填部材 5 2 3 が L 字状に設けられてもよい。つまり、充填部材 5 2 3 が一对の側壁部 2 b のいずれかと底壁部 2 a とにそれぞれ設けられていれば、フレーム 1 の耐荷重性能のみならず、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を向上させることができる。充填部材の配置位置および充填量については、フレーム 1 に要求される衝突安全性能および重量に応じて適宜設定され得る。また、図 2 0 に示した

充填部材 5 2 3 の肉厚 a_1 、 a_2 および a_3 も、適宜設定され得る。

[0128] また、図 1 2 に示したフレーム 1 の V I - V I 切断線におけるフレーム 1 の断面に対しても、図 2 0 に示す充填部材の配置を同様に適用することができる。この場合、充填部材 5 2 3 は、一对の側壁部 2 b と天壁部 3 a とに連続して密着して配置される。

[0129] << 4. 第 3 の実施形態 >>

第 3 の実施形態は、金属部材の一对の側壁部の少なくともいずれかの内面に密着して、長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して樹脂材が配置される形態である。

< 4. 1. フレームの構成 >

(フレームの構成要素)

図 2 1 は、本発明の第 3 の実施形態に係るフレーム 1 の一例の概略構成を示す斜視図である。図 2 1 に示すように、本実施形態に係るフレーム 1 は、第 1 の構造部材 2、第 2 の構造部材 3、および充填部材 5 (5 A ~ 5 D) を備える。本実施形態に係る中空部材 1 0 は、第 1 の構造部材 2 および第 2 の構造部材 3 により形成される。図 2 1 に示したフレーム 1 の構成は、レインフォースメント 4 を有しない点および充填部材 5 の配置を除き、第 1 の実施形態について図 2 ~ 図 4 を参照して説明した通りである。以下、本実施形態に係るフレーム 1 の内部における、充填部材 5 の配置の一例について説明する。

[0130] (充填部材の配置)

図 2 2 は、本実施形態に係るフレーム 1 の一例の Z 軸方向に直交する断面を示す断面図である。なお、図 2 2 に示す断面図は、図 2 1 に示した V I I - V I I 切断線における中空部材 1 0 の断面図に相当する。図 2 2 に示すように、屈曲部 6 A および 6 B が設けられている。屈曲部 6 A は、中空部材 1 0 に衝突荷重 F が入力された場合、底壁部 2 a が曲げ内側となる方向に屈曲する。屈曲部 6 B は、中空部材 1 0 に衝突荷重 F が入力された場合、天壁部 3 a が曲げ内側となる方向に屈曲する。これらの屈曲部 6 は、フレーム 1 に

おける曲げ誘起部に相当する。

[0131] 本実施形態に係る充填部材 5 は、側壁部 2 b の内面に密着し、長手方向に屈曲部 6 A 又は屈曲部 6 B と隣接して又は離隔して配置される。図 2 1 および図 2 2 に示した例では、充填部材 5 A および 5 B は、側壁部 2 b における屈曲部 6 A が設けられた部分 2 x に配置されず、長手方向に屈曲部 6 A と離隔して配置される。一方で、充填部材 5 C および 5 D は、図 2 1 および図 2 2 に示すように、側壁部 2 b における屈曲部 6 B が設けられた部分 2 y に配置されず、長手方向に屈曲部 6 B と離隔して配置される。

[0132] 図 2 3 は、図 2 2 に示したフレーム 1 の V | | | - V | | | 切断線における断面図である。図 2 3 に示すように、充填部材 5 A は、側壁部 2 b の内面に密着（好ましくは接着）して配置される。充填部材 5 B の配置は、図 2 3 を参照して説明した充填部材 5 A の配置と同様である。なお、充填部材 5 D においても同様に、図 2 2 に示したフレーム 1 の | X - | X 切断線における断面において、充填部材 5 D は、側壁部 2 b の内面に密着して配置される。充填部材 5 C の配置は、充填部材 5 D の配置と同様である。

[0133] 図 2 2 および図 2 3 を参照しながら、充填部材 5 A および 5 B による作用および効果について説明する。図 2 2 および図 2 3 を参照すると、充填部材 5 A および 5 B は、屈曲部 6 A における側壁部 2 b の部分 2 x に配置されず、側壁部 2 b の長手方向に屈曲部 6 A と離隔する部分の内面に密着（好ましくは接着）して配置されている。充填部材 5 A および 5 B が、屈曲部 6 A における側壁部 2 b の部分 2 x に配置されないため、屈曲部 6 A における側壁部 2 b の部分 2 x の面外変形に対する抵抗は、低いままである。即ち、屈曲部 6 A における曲げこわさは低いままである。これにより、フレーム 1 に衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 A において曲げ変形を確実に生じさせることができる。

[0134] 一方で、充填部材 5 A および 5 B は、側壁部 2 b の長手方向に屈曲部 6 A と離隔する部分の内面に密着して配置される。かかる配置により、充填部材 5 A および 5 B が側壁部 2 b を拘束するので、側壁部 2 b の面外変形を抑制

することができる。すなわち、フレーム 1 に衝突荷重が入力された際のフレーム 1 の曲げ変形において、屈曲部 6 A の変形に伴って生じる、側壁部 2 b の充填部材 5 A および 5 B が配置された部分の面外方向への倒れを、抑制することができる。したがって、フレーム 1 の曲げ変形後においてもフレーム 1 の断面変形が抑制されるので、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高めることができる。また、充填部材 5 A および 5 B の配置が衝撃吸収に貢献する箇所に限られているため、中空部材が重くなることも無い。

[0135] また、図 2 2 および図 2 3 に示した例では、充填部材 5 A および 5 B は、側壁部 2 b と底壁部 2 a とに連続して密着して配置されている。つまり充填部材 5 A および 5 B は、稜線部 2 d の内側に密着して配置されている。フレーム 1 への衝突荷重が入力されて屈曲部 6 A において折れ曲げが生じるときに、稜線部 2 d において局所的に塑性変形が生じる。この塑性変形により側壁部 2 b の面外方向への倒れが促進されてしまう。そのため、充填部材 5 A および 5 B がかかる位置に密着して配置されることにより、稜線部 2 d において生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。これにより、側壁部 2 b の面外方向への倒れを抑制することができる。したがって、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性をより効果的に高めることができる。

[0136] また、図 2 2 および図 2 3 に示したように、充填部材 5 A および 5 B は、側壁部 2 b と天壁部 3 a とに連続して密着して配置されてもよい。これにより、稜線部 2 e において生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。この結果、中空部材 1 0 の断面変形を抑制でき、フレーム 1 の衝突安全性能をより高めることができる。充填部材 5 A および 5 B は、図 2 3 に示したように、稜線部 2 d または 2 e の少なくともいずれかの内側に密着して配置されることが好ましい。このとき、屈曲部 6 A は底壁部 2 a を曲げ内側となる方向に屈曲している。曲げ内側では、フレーム 1 の曲げにより圧縮方向に力が作用することにより、稜線部における塑性変形が生じやすい。屈曲部 6 A と隣接する又は離隔する稜線部においても同様に、屈曲部 6 A の曲げ変形に伴い塑性変形が生じやすい。そのため、充填部材 5 A および 5 B は、底壁部

2 a と側壁部 2 b との境に存在する稜線部 2 d の内側に少なくとも密着して配置されていることがさらに好ましい。

[0137] また、図 2 2 および図 2 3 に示した例では、図 2 3 の図面に向かって上側の側壁部 2 b の内面に充填部材 5 A および 5 B が配置されているが、下側の側壁部 2 b の内面に配置されてもよい。また、充填部材 5 A および 5 B の肉厚 a については特に限定されず、当該肉厚 a は、フレーム 1 に要求される衝突エネルギーの吸収特性および重量に応じて適宜設定される。充填部材 5 A および 5 B の肉厚 a を制御するために、例えば、不図示のレインフォースメント等の板材が中空部材 1 0 の内側に設けられてもよい。

[0138] なお、本発明において密着とは、隙間なく接して配置されることを意味する。特に密着のうち、互いを拘束する接着が最も好ましい。互いを拘束しない場合でも、中空部材 1 0 を形成する少なくともいずれかの壁部が面外変形するのを充填部材 5 が抑制する効果が発揮される。例えば、図 1 1 6 および図 1 1 7 に示したような断面形状の変化が本実施形態に係るフレーム 1 に生じるとする。充填部材 5 が側壁部 2 b の内面に接着されている場合、側壁部 2 b が面外変形すると、充填部材 5 も当該内面の面外変形に追従する。そのため、充填部材 5 による側壁部 2 b の面外変形の抑制効果が顕著に発揮される。また、充填部材 5 と側壁部 2 b の内面とが互いに拘束せずに密着して配置される場合、側壁部 2 b が面外変形すると、充填部材 5 と当該内面とが部分的に離隔する場合も存在する。しかし、当該内面が面外変形した場合においても、充填部材 5 の少なくとも一部とは接した状態となる。したがって、充填部材 5 と当該内面とが互いに拘束せずに密着している状態であっても、充填部材 5 による側壁部 2 b の面外変形の抑制効果は十分発揮される。

[0139] ここで、充填部材 5 のヤング率が高いほど、充填部材 5 による上述した塑性変形の抑制効果が高まる。しかしながら、充填部材 5 のヤング率を高めるには、高密度で樹脂を成形することが要される。即ち、充填部材 5 のヤング率を高めると、充填部材 5 の単位体積当たりの質量は増大する。本実施形態では、断面変形を抑制すべき場所を屈曲部 6 と隣接する又は離隔する部分に

限定することができる。このため、断面変形する場所を見越して充填部材 5 を配置すべき場所も限定することができる。即ち、本実施形態では、充填部材 5 の高ヤング率化に伴う重量増加を軽減することが可能である。このように、本実施形態では、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることが可能である。

[0140] 以上、充填部材 5 A および 5 B の配置、並びに当該配置による作用および効果について説明した。なお、上記では、充填部材 5 A および 5 B が長手方向に屈曲部 6 A と離隔して配置される場合について説明したが、充填部材 5 A および 5 B が長手方向に屈曲部 6 A と隣接して配置される場合も、上述した作用および効果は同様に発揮される。また、上述した作用および効果は、屈曲部 6 B と隣接して又は離隔して配置される充填部材 5 C および 5 D によっても同様に発揮される。

[0141] このように、本実施形態に係るフレーム 1 においては、充填部材 5 が、側壁部 2 b の内面に密着し、曲げ誘起部である屈曲部 6 の周辺に配置され、更に、屈曲部 6 において充填部材 5 が配置されない領域、又は屈曲部 6 と重複する範囲の一部に屈曲部 6 の周辺に比べ配置される長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量が少ない領域がある。かかる構成により、屈曲部 6 における曲げこわさを低いままにすることができる。これにより、フレーム 1 へ衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。一方で、かかる構成により、フレーム 1 に衝突荷重が入力されて屈曲部 6 において曲げ変形が生じた場合に、屈曲部 6 の面外変形に伴って生じる、充填部材 5 が配置された部分における側壁部 2 b の面外変形を、抑制することができる。これにより、フレーム 1 が折れ曲がった後においてもフレーム 1 の断面潰れを抑制することができる。したがって、車体の軽量化を図るために中空部材 10 の板厚を小さくする場合においても、質量密度の低い充填部材 5 を上述したような部分に配置することにより、フレーム 1 の重量をさほど増加させずにフレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高く維持することができる。ゆえに、フレーム 1 の衝突安全性能をより高めることが

できる。

[0142] <4. 2. 充填部材の配置例>

以上、本実施形態に係る充填部材5の配置について説明した。なお、充填部材5の配置は、図21～図23に示した例に限定されない。以下、充填部材5の他の配置例について説明する。

[0143] 下記の第1の配置例と第2の配置例では、側壁部2bに密着して配置された充填部材530a又は531aにより、側壁部2bの面外変形を抑制する。その結果フレーム1の断面変形を抑制できる。

[0144] (第1の配置例)

図24は、本実施形態に係る充填部材の第1の配置例を説明するためのフレーム1の断面図である。なお、図24に示す断面図は、図22に示したフレーム1のV1-V1切断線におけるフレーム1の断面に相当する。

[0145] 図24に示すように、本配置例に係る充填部材530aおよび530bは、一对の側壁部2bの内面のそれぞれに密着（好ましくは接着）して配置されている。かかる配置により、側壁部2bのそれぞれの面外変形を抑制し、側壁部2bの面外方向への倒れを防止することができる。すなわち、一の側壁部2bに対して一の充填部材を配置するよりも、フレーム1の断面変形をより確実に抑制することができるので、フレーム1の衝突エネルギーの吸収特性をより向上させることができる。さらに、充填部材530aおよび530bは、稜線部2dおよび2eのそれぞれの内側に密着して配置されている。そのため、各稜線部における塑性変形を抑制することができ、フレーム1の断面変形をさらに抑制することができる。

[0146] ただし、充填部材530aおよび530bをフレーム1に設けることによりフレーム1の全体の重量が増加する。そのため、充填部材を側壁部2bの一方または両方の内面に設けるかについては、フレーム1に要求される衝突安全性能および重量に応じて決定することが好ましい。また、充填部材530aの肉厚 a_1 および530bの肉厚 a_2 は、適宜設定される。

[0147] なお、図22に示したフレーム1のⅠX-ⅠX切断線におけるフレーム1の断面に対しても、図24に示す充填部材の配置を同様に適用することができる。

[0148] (第2の配置例)

図25は、本実施形態に係る充填部材の第2の配置例を説明するためのフレーム1の断面図である。なお、図25に示す断面図は、図22に示したフレーム1のVⅠⅠⅠ-VⅠⅠⅠにおけるフレーム1の断面に相当する。

[0149] 図25に示すように、本配置例に係る充填部材531aおよび531bは、一对の側壁部2bの内面のそれぞれの中央部に密着（好ましくは接着）して配置される。このように、稜線部2dおよび2eのいずれの内側に充填部材531aおよび531bが配置されていなくても、側壁部2bのそれぞれの面外変形を抑制し、側壁部2bの面外方向への倒れを局所的に防止することができる。したがって、フレーム1の衝突エネルギーの吸収特性を向上させることができる。

[0150] また、図25に示した例においては、側壁部2bのそれぞれの内面に充填部材531aおよび531bが密着して配置されているが、側壁部2bのいずれか一方の内面にのみ充填部材が配置されてもよい。充填部材を側壁部2bの一方または両方の内面に設けるかについては、フレーム1に要求される衝突安全性能および重量に応じて決定することが好ましい。また、充填部材531aの肉厚 a_1 および531bの肉厚 a_2 、側壁部2b上における充填部材531aの天壁部3aからの距離 b_1 および b_3 、並びに底壁部2aからの距離 b_2 および b_4 は、適宜設定され得る。

[0151] なお、上述したように、側壁部2bの面外方向への倒れは、稜線部2d（2e）の塑性変形に起因する。そのため、側壁部2bの内面に密着して配置される充填部材5は、稜線部2d（2e）の内側にも密着して配置されることが好ましい。これにより、充填部材によるフレーム1の断面変形の抑制効果をより高めることができる。

[0152] なお、図22に示したフレーム1のⅠX-ⅠX切断線におけるフレーム1

の断面に対しても、図 2 5 に示す充填部材の配置を同様に適用することができる。

[0153] 以上、第 1 の配置例および第 2 の配置例について説明した。下記の第 3 の配置例～第 5 の配置例では、側壁部 2 b と側壁部 2 b がつながる底壁部 2 a とに充填部材が密着して配置される。稜線部 2 d が充填部材で拘束されるため、稜線部 2 d の変形が抑制される。その結果、フレーム 1 の断面変形を抑制できる。

[0154] (第 3 の配置例)

図 2 6 は、本実施形態に係る充填部材の第 3 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 2 6 に示す断面図は、図 2 2 に示したフレーム 1 の V I I I - V I I I におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0155] 図 2 6 に示すように、本配置例に係る充填部材 5 3 2 は、一对の側壁部 2 b、および底壁部 2 a の内面に連続して密着（好ましくは接着）して配置される。このとき、屈曲部 6 A は底壁部 2 a を曲げ内側となる方向に屈曲しているので、充填部材 5 3 2 は、屈曲部 6 A の曲げ内側部分と隣接して又は離隔して配置されることとなる。曲げ内側部分に相当する底壁部 2 a では、フレーム 1 の曲げにより圧縮方向に力が作用することにより面外変形が生じやすい。曲げ内側部分に相当する底壁部 2 a の面外変形に伴い、曲げ内側部分と隣接する又は離隔する底壁部 2 a においても面外変形が生じやすい。図 2 6 に示した配置によれば、底壁部 2 a の内面にも充填部材 5 3 2 が密着して配置されるので、充填部材 5 3 2 が底壁部 2 a の面外変形を抑制することが可能となる。これにより、高い衝突荷重がフレーム 1 に作用しても、フレーム 1 の断面潰れを抑制することができる。すなわち、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性のみならず、フレーム 1 の耐荷重性能を向上させることができる。

[0156] なお、図 2 6 に示した充填部材 5 3 2 は、一对の側壁部 2 b と底壁部 2 a とに連続して密着して配置されているが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、充填部材 5 3 2 は、一对の側壁部 2 b および底壁部 2 a の内面に

、それぞれ別々に密着して配置されてもよい。また、充填部材 5 3 2 は、一对の側壁部 2 b のいずれかと底壁部 2 a とに連続して密着して配置されてもよい。すなわち、Y 軸方向に直交する断面において、充填部材 5 3 2 が L 字状に設けられてもよい。つまり、充填部材 5 3 2 が一对の側壁部 2 b のいずれかと底壁部 2 a とにそれぞれ設けられていれば、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性のみならず、フレーム 1 の耐荷重性能を向上させることができる。充填部材の配置位置および充填量については、フレーム 1 に要求される衝突安全性能および重量に応じて適宜設定され得る。また、図 2 6 に示した充填部材 5 3 2 の肉厚 a_1 、 a_2 および a_3 も、適宜設定され得る。

[0157] また、図 2 2 に示したフレーム 1 の I X - I X 切断線におけるフレーム 1 の断面に対しても、図 2 6 に示す充填部材の配置を同様に適用することができる。この場合、充填部材 5 3 2 は、一对の側壁部 2 b と天壁部 3 a とに連続して密着して配置される。

[0158] (第 4 の配置例)

図 2 7 は、本実施形態に係る充填部材の第 4 の配置例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、図 2 7 に示す断面図は、図 2 2 に示したフレーム 1 の V I I I - V I I I におけるフレーム 1 の断面に相当する。

[0159] 図 2 7 に示すように、本配置例に係る充填部材 5 3 3 a および 5 3 3 b は、稜線部 2 d のそれぞれの内側に局所的に密着（好ましくは接着）して配置される。かかる配置により、稜線部 2 d において生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。これにより、側壁部 2 b の面外方向への倒れを低減させることができる。したがって、フレーム 1 の断面変形を抑制し、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高くすることができる。また、図 2 7 に示した例では、充填部材 5 3 3 a および 5 3 3 b が稜線部 2 d の内側に局所的に密着して配置されるので、フレーム 1 の重量をほとんど増加させずに、フレーム 1 の断面変形を抑制することができる。

[0160] (第 5 の配置例)

また、本実施形態に係る充填部材 5 3 3 c は、稜線部 2 d の少なくともい

いずれか一方の内側に局所的に密着（好ましくは接着）して配置されてもよい。図28は、本実施形態に係る充填部材の第5の配置例を説明するためのフレーム1の断面図である。なお、図28に示す断面図は、図22に示したフレーム1のV111-V111におけるフレーム1の断面に相当する。

[0161] 図28に示すように、本配置例に係る充填部材533cは、稜線部2dの一方の内側に局所的に密着して配置される。これにより、充填部材533cが配置された稜線部2dにおいて生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。また、充填部材の充填量を少なくできるので、フレーム1の重量を増加させずに済ませることができる。

[0162] 図27および図28に示した充填部材の配置例によれば、側壁部2bの面外変形だけではなく、稜線部2dの局所的な塑性変形を抑制することができる。したがって、図25に示した第2の配置例と比較して、側壁部2bの面外方向への倒れをより効果的に防止することができる。

[0163] なお、充填部材を稜線部2dの一方または両方のいずれかの内側に設けるかについては、フレーム1に要求される衝突安全性能および重量に応じて決定することが好ましい。また、充填部材533a、533bおよび533cのZ軸方向の肉厚 a (a_1 、 a_2) およびX軸方向の肉厚 c (c_1 、 c_2) は、適宜設定される。

[0164] また、充填部材は、稜線部2dの内側だけではなく、底壁部2aの内面に密着して配置されていてもよい。図29は、本実施形態に係る充填部材の第4の配置例および第5の配置例の変形例を説明するためのフレーム1の断面図である。図29に示すように、充填部材534は、稜線部2dの内側だけではなく、底壁部2aの内面に密着して配置されてもよい。これにより、フレーム1の衝突エネルギーの吸収特性を、図27および図28に示した配置例と比較して、同等以上とすることができる。なお、充填部材534の肉厚 a の大きさは、フレーム1に要求される衝突安全性能および重量に応じて適宜設定される。

[0165] また、図22に示したフレーム1の1X-1X切断線におけるフレーム1

の断面に対しても、図 27～図 29 に示す充填部材の配置を同様に適用することができる。この場合、充填部材 533a、533b、533c および 534 は、稜線部 2e の内側（充填部材 534 については、さらに天壁部 3a の内面）に密着して配置される。

[0166] <<5. 第4の実施形態>>

第4の実施形態は、金属部材を形成する第1の金属板に設けられた穴部を貫通して、長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して樹脂材が配置される形態である。

[0167] 第1～第3の実施形態において説明したように、フレーム1に設けられた曲げ誘起部と長手方向に隣接して又は離隔して充填部材5を配置することで、荷重入力時のエネルギー吸収量を向上させることが可能である。しかしながら、フレーム1に曲げ変形が生じた場合、当該フレーム1が面外変形し易くなる。そうすると、充填部材5のフレーム1への接着力が不十分な場合、フレーム1の変形の程度によっては、充填部材5がフレーム1の内壁から剥がれてしまうおそれがある。

[0168] 図118は、充填部材925が配設されたフレーム920の構成例を示す部分断面図である。図118に示すように、フレーム920の壁部922の内壁面922Aには、充填部材925が密着して配置されている。ところが、図119に示すように、壁部922が変形位置BPにおいて面外変形しようとする、充填して硬化した充填部材925の接着力が不十分であれば、壁部922の変形により充填部材925が内壁面922Aから剥がれてしまう可能性がある。この場合、充填部材によるフレームの壁部の変形の抑制効果が十分に発揮されず、想定される衝突性能を達成することが困難となる。

[0169] そこで、本実施形態では、充填部材5が衝突安全性能に安定的に貢献することが可能な技術を提供する。

[0170] <5. 1. 第1の例>

図30は、本発明の第4の実施形態に係るフレーム100の一例の構成例を示す部分断面図である。

[0171] 図30に示すように、フレーム100は、中空部材110および充填部材50を備える。

[0172] なお、図30～図37に示される方向V（V1、V2）は、中空部材110の外方を示す。

[0173] 本実施形態に係る中空部材110は、上述した金属部材の一例である。具体的には、中空部材110は、長手方向に延びる壁部20を有する構造部材である。中空部材110は、いわゆるフレーム形状を有しており、複数の壁部20により構成される。本実施形態に係る壁部20は、上述した第1の金属板の一例である。中空部材110は、中空の閉断面構造を有してもよいし、U字状等の開放断面構造を有してもよい。また、中空部材110の長手方向に直交する断面の形状は特に限定されない。例えば、中空部材110の断面形状は、矩形断面であってもよいし、円形断面であってもよい。

[0174] また、中空部材110の壁部20には、少なくとも1つの壁穴21が設けられる。壁穴21の加工方法、並びに壁穴21の数および形状は特に限定されない。本実施形態に係る壁穴21は、穴部の一例である。

[0175] 充填部材50は、上述した樹脂材の一例である。充填部材50は、ウレタン系、エポキシ系又はその他の任意の樹脂から成る。充填部材50は、ウレタン系の樹脂であれば、最大300MPa程度、エポキシ系の樹脂であれば、最大3000MPa程度のヤング率で、形成可能である。充填部材50は、例えば発泡樹脂材からなる硬質の発泡充填部材であってもよい。発泡樹脂は、中空部材110の内側に設置された後に、化学変化により硬化する。充填部材50のヤング率は、20MPa以上であることが好ましい。充填部材50のヤング率は、充填部材50を形成する樹脂の密度に応じて変化させることができる。ただし、密度が高いほど成形が難しくなるので、充填部材50のヤング率は、最大でも300～400MPaであることが好ましい。

[0176] 充填部材50は、中空部材110の内側に設置されると、壁部20の内壁面20Aに密着するように配設される。充填部材50のうち内壁面20Aに密着する部分を第1充填部分51と称する。例えば、第1充填部分51は、

中空部材 110 の内側に発泡樹脂を導入することにより形成される。このとき、第 1 充填部分 51 は内壁面 20A と当接面 51a において密着する。なお、第 1 充填部分 51 は、第 1 補強部分の一例である。

[0177] また、充填部材 50 は、中空部材 110 の内側のみならず、壁穴 21 を貫通して、壁部 20 の外壁面 20B に密着するように配設される。充填部材 50 のうち外壁面 20B に密着する部分を第 2 充填部分 52 と称する。例えば、第 2 充填部分 52 は、中空部材 110 の内側に発泡樹脂を導入し、発泡した当該発泡樹脂が中空部材 110 の内側から壁穴 21 を貫通して外側に膨出することにより形成される。このとき、第 2 充填部分 52 は外壁面 20B と当接面 52a において密着する。なお、第 2 充填部分 52 は、第 2 補強部分の一例である。

[0178] さらに、充填部材 50 のうち、壁穴 21 に密着して設けられる部分を第 3 充填部分 53 と称する。すなわち、充填部材 50 は、第 1 充填部分 51 と、第 2 充填部分 52 と、第 3 充填部分 53 とにより一体に成形されるものである。第 1 充填部分 51 と第 2 充填部分 52 とは、第 3 充填部分 53 を介して接続されている。なお、第 3 充填部分 53 は、第 3 補強部分の一例である。

[0179] なお、充填部材 50 のうち第 2 充填部分 52 は、中空部材 110 の内側に充填された充填部材が壁穴 21 を貫通して中空部材 110 の外側に漏れ出たものである。例えば、第 2 充填部分 52 は、壁穴 21 の断面視において、壁穴 21 の穴縁端 22 から距離 p の範囲において壁部 20 と密着して設けられている。第 2 充填部分 52 の外壁面 20B への密着性を十分得るためには、距離 p は、例えば、5 mm 以上であることが好ましい。

[0180] かかる構成によれば、充填部材 50 が中空部材 110 の壁部 20 に設けられた壁穴 21 を貫通して壁部 20 の両面に密着する。そうすると、充填部材 50 は壁穴 21 に機械的に引っ掛けられるので、充填部材 50 が壁部 20 に係止される。この場合、充填部材 50 が壁部 20 から脱落するか否かは、充填部材 50 の壁部 20 に対する接着力ではなく、充填部材 50 の引張強度により決まる。一般的に、充填部材 50 の接着力よりも充填部材 50 の引張強

度の方が顕著に高いので、充填部材 50 は壁部 20 から容易に脱落しにくくなる。

[0181] 図 31 は、本実施形態に係るフレーム 100 による作用の一例を示す部分断面図である。フレーム 100 の構成において、中空部材 110 の長手方向に対して衝突荷重が作用したとする。この場合、例えば、図 31 に示すように、中空部材 110 の外方（図中の方向 V）に突出するような座屈が壁穴 21 の近傍の変形位置 B P で生じ、壁部 20 が中空部材 110 の内方に折れ曲がろうとする作用がかかったとする。なお、本明細書において内方とは、図中の方向 V の反対方向であり、中空部材 110 の重心側の方向を意味する。

[0182] ここで、充填部材 50 は、壁穴 21 を貫通して第 1 充填部分 51 と接続する第 2 充填部分 52 により壁部 20 に係止されている。そのため、例えば、壁部 20 が中空部材 110 の内方に折れ曲がろうとしても、第 1 充填部分 51 が第 2 充填部分 52 に追従するので、第 1 充填部分 51 が壁部 20 に拘束された状態が維持される。

[0183] そうすると、中空部材 110 の内側における充填部材 50 の壁部 20 に対する接着力が十分確保されていなくても、充填部材 50 は壁部 20 から容易に脱落しにくくなる。これにより、車両衝突により壁部 20 に面外変形を生じさせる力が作用しても、充填部材 50 が中空部材 110 の壁部 20 に密着した状態を維持することができる。したがって、これにより、充填部材 50 の第 1 充填部分 51 が壁部 20 の面外方向への変形を拘束するので、壁部 20 の面外変形を抑制することができる。すなわち、充填部材 50 がフレーム 100 の衝突安全性能に安定して貢献することが可能となる。

[0184] なお、第 1 充填部分 51 と第 2 充填部分 52 とを接続する第 3 充填部分 53 は、密に充填されていることが好ましい。なぜなら、これらが密に充填されることで、壁穴 21 の軸に垂直方向における充填部材 50 のずれを抑制し、充填部材 50 の剥離防止に貢献するからである。また、第 1 充填部分 51 と第 2 充填部分 52 とを接続する第 3 充填部分 53 は、必ずしも壁穴 21 に密に充填されていなくともよい。例えば、第 3 充填部分 53 は、壁穴 21 の

穴縁端 2 2 と密着していなくてもよい。この場合においても、第 1 充填部分 5 1 と第 2 充填部分 5 2 とが接続されていれば、充填部材 5 0 が中空部材 1 1 0 に係止されている状態が実現される。また、充填部材 5 0 の内部は、必ずしも密に充填されていなくてもよい。

[0185] (変形例)

次に、充填部材 5 0 の構成の変形例を説明する。

[0186] 図 3 2 は、本実施形態の第 1 の変形例に係るフレーム 1 0 0 A の構成例を示す部分断面図である。図 3 2 に示すように、本変形例に係るフレーム 1 0 0 A を構成する中空部材 1 1 0 A の壁部 2 0 には、複数の壁穴 2 1 が設けられている。また、充填部材 5 0 は、これらの壁穴 2 1 を貫通して、壁部 2 0 の内壁面 2 0 A および外壁面 2 0 B に密着して設けられている。すなわち、充填部材 5 0 は、壁部 2 0 の内壁面 2 0 A に密着する第 1 充填部分 5 1 と、複数の壁穴 2 1 の各々の位置において壁部 2 0 の外壁面 2 0 B に密着する複数の第 2 充填部分 5 2 と、複数の壁穴 2 1 の各々に密着して設けられ第 1 充填部分 5 1 と複数の第 2 充填部分 5 2 とを接続する第 3 充填部分 5 3 とにより構成される。

[0187] かかる構成により、充填部材 5 0 が貫通する壁穴 2 1 の数に応じて、充填部材 5 0 を壁部 2 0 に係止する部分が増加する。これにより、壁部 2 0 に対して充填部材 5 0 をより強固に固定することが可能となる。

[0188] また、かかる構成により、壁部 2 0 の折れ曲がろうとする方向に関わらず、充填部材 5 0 を壁部 2 0 に追従させることができる。図 3 3 は、本変形例に係るフレーム 1 0 0 A による作用の一例を示す部分断面図である。フレーム 1 0 0 A の構成において、中空部材 1 1 0 A の長手方向に対して衝突荷重が作用したとする。この場合、例えば、図 3 3 に示すように、中空部材 1 1 0 A の内方（図中の方向 V の反対方向）に突出するような座屈が壁穴 2 1 の近傍の変形位置 B P で生じ、壁部 2 0 が中空部材 1 1 0 A の外方に折れ曲がろうとする。

[0189] この場合、単に充填部材 5 0 を壁部 2 0 の内壁面 2 0 A にのみ密着させて

いた場合、壁部 20 が中空部材 110 の外方に折れ曲がろうとすることにより、充填部材 50 が壁部 20 の内壁面 20A から剥離してしまう。しかしながら、充填部材 50 は複数の壁穴 21 を貫通して接続する第 2 充填部分 52 の各々により複数の壁穴 21 に係止されている。そうすると、図 33 に示した例では、壁部 20 が外側に折れ曲がろうとしても、第 1 充填部分 51 が第 2 充填部分 52 に追従するので、第 1 充填部分 51 が壁部 20 に拘束された状態が維持される。

[0190] そうすると、車両衝突により中空部材 110A に対して内側に面外変形を生じさせる力が作用しても、充填部材 50 が中空部材 110A の壁部 20 に密着した状態を維持することができる。したがって、これにより、充填部材 50 の第 1 充填部分 51 が壁部 20 の面外方向への変形を拘束するので、壁部 20 の面外変形を抑制することができる。すなわち、充填部材 50 がフレーム 100A の衝突安全性能に安定して貢献することが可能である。

[0191] 図 34 は、本実施形態の第 2 の変形例に係るフレーム 100B の構成例を示す部分断面図である。図 34 に示すように、本変形例に係る充填部材 50 の第 1 充填部分 51 は、中空部材 110A の壁部 20 の稜線部 23 の内側に配設されている。また、壁部 20 の稜線部 23 を挟んで両側には、それぞれ壁穴 21 が設けられている。充填部材 50 は、これらの壁穴 21 を貫通して、壁部 20 の内壁面 20A および外壁面 20B に密着して設けられている。

[0192] 中空部材 110B の壁部 20 が面外変形すると、稜線部 23 において局所的に塑性変形が生じる。この塑性変形により壁部 20 の面外方向への倒れが促進されてしまう。そこで、稜線部 23 の内側に充填部材 50 を密着させて配置することにより、稜線部 23 において生じる局所的な塑性変形を抑制することができる。

[0193] また、充填部材 50 を上述した構成により壁部 20 に固定することにより、稜線部 23 において生じる塑性変形に起因して充填部材 50 が壁部 20 から脱落することを防ぐことができる。したがって、壁部 20 の面外変形をより確実に抑制することができる。

[0194] なお、壁部20に設けられる壁穴21の数は特に限定されない。壁穴21は、稜線部23を挟んだ壁部20それぞれに設けられていることが望ましい。そうすると、稜線部23の角が開くように中空部材110Bが面外変形することを、抑制できる。壁穴21が複数の壁部20に設けられることにより、充填部材50の第1充填部分51と第2充填部分52とを接続する箇所が増える。そうすると、壁部20の変形により第1充填部分51と第2充填部分52とが引っ張られるが、その接続部分である第3充填部分53の数が多ければ、1つあたりの接続部分の負荷が分散される。よって、壁穴21の数を増やすことにより、充填部材50の壁部20に対する固定力を増やすことができる。ただし、壁穴21の数を増やすことにより、中空部材110の剛性が低下し得る。そのため、壁穴21の数や設置位置は、設計に応じて適宜決めればよい。

[0195] 図35は、本実施形態の第3の変形例に係るフレーム100Cの構成例を示す部分断面図である。図35に示すように、壁穴21Aの穴縁端22Aは、壁部20よりも中空部材110Cの内方に位置する。具体的には、壁部20は、壁穴21Aの近傍において中空部材110Cの内方に向かって傾斜する傾斜部24を備えている。

[0196] ここで、図35に示すように、充填部材50は、傾斜部24に食い込まれるように、かつ、壁部20の内側および外側に密着して配置されている。第2充填部分52は、壁部20の外壁面20Bのうち、傾斜部24の傾斜面24Aに密着して設けられている。

[0197] かかる構成により、第2充填部分52の外側面52bと壁部20の外壁面20Bとは面一の関係とすることができる。そうすると、充填部材50が壁部20の内側から壁穴21Aを貫通して外側に膨出しても、膨出部を除去して壁部20の外壁面20Bが平坦とすることが可能になる。したがって、充填部材50の膨出による他部材との干渉が生じなくなる。そのため、フレーム100の取扱いが容易となる。なお、かかる第2充填部分52は、例えば、中空部材110Cの内側に発泡樹脂を導入し、発泡した当該発泡樹脂が中

空部材 110C の内側から壁穴 21A を貫通して外側に膨出した部分を切除することにより得られる。他に、発泡樹脂が固まる前に外壁面 20B に沿って壁穴 21A に蓋をして、外壁面 20B より飛び出した発泡樹脂を押し込んでもよい。また、他部材との干渉等の切除する理由が無ければ、第 2 充填部分 52 のうち壁部 20 の外壁面 20B よりも外側に膨出する部分は、切除されなくてもよい。

[0198] また、図 35 に示すように、充填部材 50 は傾斜部 24 を覆うように傾斜部 24 に密着しているので、傾斜部 24 によってアンカーボルトのように充填部材 50 と壁部 20 とを固定する機能が発揮される。したがって、充填部材 50 が壁部 20 により強固に固定される。

[0199] 図 36 は、本実施形態の第 4 の変形例に係るフレーム 100D の構成例を示す部分断面図である。図 36 に示すように、本変形例においても、壁穴 21B の穴縁端 22B は、壁部 20 よりも中空部材 110D の内方に位置する。具体的には、壁部 20 は、壁部 20 の外側から内側に向かって穴縁端 22B が突出する突出部 25 を備えている。すなわち、壁穴 21 はバーリング穴である。かかるバーリング穴は、例えば、公知のバーリング加工により形成される。

[0200] ここで、図 36 に示すように、充填部材 50 は、突出部 25 に食い込まれるように、かつ、壁部 20 の内側および外側に密着して配置されている。第 2 充填部分 52 は、壁部 20 の外壁面 20B のうち、突出部 25 の外表面 25A に密着して設けられている。

[0201] かかる構成により、上記の第 3 の変形例と同様に、第 2 充填部分 52 の外側面 52b と壁部 20 の外壁面 20B とは面一の関係とすることができる。つまり、充填部材 50 が壁部 20 の内側から壁穴 21B を貫通して外側に膨出しても、壁部 20 の外壁面 20B を平坦にすることができる。そうすれば、充填部材 50 の膨出による他部材との干渉が生じなくなる。他に、発泡樹脂が固まる前に外壁面 20B に沿って壁穴 21B に蓋をして、外壁面 20B より飛び出した発泡樹脂を押し込んでもよい。なお、第 2 充填部分 52 のう

ち壁部20の外壁面20Bよりも外側に膨出する部分は、他部材との干渉等の切除する理由が無ければ、切除されなくてもよい。

[0202] また、図36に示すように、充填部材50は突出部25を覆うように突出部25に密着しているので、突出部25によってアンカーボルトのように充填部材50と壁部20とを固定する機能が発揮される。したがって、充填部材50が壁部20により強固に固定される。

[0203] 図37は、本実施形態の第5の変形例に係るフレーム100Eの構成例を示す部分断面図である。図37に示すように、本変形例に係る壁部20には、壁部20よりも中空部材110Eの内方に窪んだ窪み部26が設けられる。そして、壁穴21Cは、窪み部26の内部に設けられる。

[0204] ここで、図37に示すように、充填部材50は、窪み部26に食い込まれるように、かつ、壁部20の内側および外側に密着して配置されている。第2充填部分52は、壁部20の外壁面20Bのうち、窪み部26の外表面26Aに密着して設けられている。

[0205] かかる構成により、上記の第3の変形例および第4の変形例と同様に、第2充填部分52の外側面52bと壁部20の外壁面20Bとは面一関係とすることができる。つまり、充填部材50が壁部20の内側から壁穴21Cを貫通して外側に膨出しても、壁部20の外壁面20Bを平坦にすることができる。そうすれば、充填部材50の膨出による他部材との干渉が生じなくなる。他に、発泡樹脂が固まる前に外壁面20Bに沿って窪み部26に蓋をして、外壁面20Bより飛び出した発泡樹脂を押し込んでもよい。なお、第2充填部分52のうち壁部20の外壁面20Bよりも外側に膨出する部分は、他部材との干渉等の切除する理由が無ければ、切除されなくてもよい。

[0206] また、図37に示すように、充填部材50は窪み部26を覆うように窪み部26に密着しているので、窪み部26によってアンカーボルトのように充填部材50と壁部20とを固定する機能が発揮される。したがって、充填部材50が壁部20により強固に固定される。

[0207] なお、上記の第3の変形例～第5の変形例に係る壁穴21の近傍の壁部2

0の形状は、互いに組み合わせられてもよい。例えば、壁部20に窪み部が設けられ、当該窪み部の内部に壁穴が設けられ、さらに当該壁穴に対してバーリング加工が成されてもよい。更に、窪み部26の代わりに壁部20に別の部品を取り付けてもよい。別の部品の要件は、充填部材50と噛み合う凹凸部あるいは突出部を備えること、壁部20の壁穴の周辺かつ中空部材110の内部に中空部材110に固定して配置されること、である。例えば、壁部20に壁穴を設け、ナットをねじ穴と壁穴と同軸上にして中空部材110の内部に接合して配置してもよい。この場合、ねじ穴の凹凸が充填部材50とかみ合って、充填部材を固定することができる。また、ナットの六角形状により充填部材50がナットの周りを回転することを抑止できる。

[0208] <5. 2. 第2の例>

次に、本実施形態の第2の例として、上述した第1の例に係る中空部材110および充填部材50の構成を適用させた、フレーム1の具体的な構成について説明する。

[0209] 図38は、本発明の第4の実施形態に係るフレーム1の一例の概略構成を示す斜視図である。図38に示すように、本実施形態に係るフレーム1は、第1の構造部材2、第2の構造部材3、レインフォースメント4、および充填部材5（5A、5B）を備える。本実施形態に係る中空部材10は、第1の構造部材2、および第2の構造部材3により形成される。

[0210] 図38に示したフレーム1の構成は、充填部材5が第1の例において説明した充填部材50の構成を有する点を除き、第1の実施形態について図2～図4を参照して説明した通りである。詳しくは、図38に示すように、中空部材10の底壁部2aとレインフォースメント4との間には、充填部材5が配置されている。さらに、図38に示すように、底壁部2aには壁穴21（21A、21B）が設けられており、充填部材5は、壁穴21を貫通し、底壁部2aの内壁面に密着する第1充填部分51（51A、51B）と、底壁部2aの外壁面に密着する第2充填部分52（52A、52B）とを備える構成となっている。

[0211] 以下、充填部材 5 に関する構成および作用について、図 39～図 41 を参照しながら説明する。

[0212] 図 39 は、本実施形態に係るフレーム 1 の一例の Z 軸方向に直交する断面における断面図である。なお、図 39 に示す断面図は、図 38 に示した中空部材 10 の X1-X1 切断線におけるフレーム 1 の断面に相当する。図 39 に示すように、中空部材 10 には、長手方向に沿って屈曲部 6A、6B が設けられている。屈曲部 6A は、中空部材 10 に衝突荷重 F が入力された場合、底壁部 2a が曲げ内側となる方向に屈曲して設けられている。また、屈曲部 6B は、中空部材 10 に衝突荷重 F が入力された場合、天壁部 3a が曲げ内側となる方向に屈曲して設けられている。これらの屈曲部 6A、6B は、フレーム 1 における曲げ誘起部に相当する。

[0213] 本実施形態に係る充填部材 5（5A～5D）は、レインフォースメント 4 の主面部 4a に密着して配置される。図 39 に示した例では、充填部材 5A および 5B は、屈曲部 6A において、底壁部 2a に密着して設けられている。また、充填部材 5C および 5D は、屈曲部 6B において、天壁部 3a に密着して設けられている。

[0214] 本実施形態に係る充填部材 5 は、底壁部 2a 又は天壁部 3a の内面に密着し、長手方向に屈曲部 6A 又は屈曲部 6B と隣接して又は離隔して配置される。図 39 に示した例では、充填部材 5A および 5B は、屈曲部 6A における底壁部 2a の部分 2x に配置されず、底壁部 2a の長手方向に屈曲部 6A と離隔する部分に配置されている。また、充填部材 5C および 5D は、屈曲部 6B における天壁部 3a の部分 3x に配置されず、天壁部 3a の長手方向に屈曲部 6B と離隔する部分に配置されている。充填部材 5（5A および 5B）に、屈曲部 6A における底壁部 2a の部分 2x に配置されない領域、又は屈曲部 6A における底壁部 2a の部分 2x に屈曲部 6A の周辺に比べ配置される長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量が少ない領域があるため、屈曲部 6A における底壁部 2a の部分 2x の面外変形に対する抵抗は、低いままである。即ち、屈曲部 6A における曲げこわさは低いままである。これに

より、フレーム 1 に衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 A において曲げ変形を確実に生じさせることができる。同様に、充填部材 5 C および 5 D が、屈曲部 6 B における天壁部 3 a の部分 3 x に配置されないため、屈曲部 6 B における天壁部 3 a の部分 3 x の面外変形に対する抵抗は、低いままである。即ち、屈曲部 6 B における曲げこわさは低いままである。これにより、フレーム 1 に衝突荷重が入力された場合に、屈曲部 6 B において曲げ変形を確実に生じさせることができる。

[0215] また、屈曲部 6 A と離隔する部分において、底壁部 2 a には壁穴 2 1 A および 2 1 B が設けられており、レインフォースメント 4 の主面部 4 a には穴 4 1 A および 4 1 B が設けられている。充填部材 5 A は、壁穴 2 1 A および穴 4 1 A を貫通し、底壁部 2 a の両面および主面部 4 a の両面に密着して設けられている。詳細には、充填部材 5 A は、底壁部 2 a の内壁面とレインフォースメント 4 の主面部 4 a の第 1 の面 4 0 a とに密着する第 1 充填部分 5 1 A と、底壁部 2 a の外壁面に密着する第 2 充填部分 5 2 A と、壁穴 2 1 A に密着して設けられ第 1 充填部分 5 1 A と第 2 充填部分 5 2 A とを接続する第 3 充填部分 5 3 A と、主面部 4 a の第 2 の面 4 0 b に密着する第 4 充填部分 5 4 A と、穴 4 1 A の内側に設けられ第 1 充填部分 5 1 A と第 4 充填部分 5 4 A とを接続する第 5 充填部分 5 5 A と、により構成される。また、充填部材 5 B は、壁穴 2 1 B および穴 4 1 B を貫通し、底壁部 2 a の両面および主面部 4 a の両面に密着して設けられている。詳細には、充填部材 5 B は、底壁部 2 a の内壁面とレインフォースメント 4 の主面部 4 a の第 1 の面 4 0 a とに密着する第 1 充填部分 5 1 B と、底壁部 2 a の外壁面に密着する第 2 充填部分 5 2 B と、壁穴 2 1 B に密着して設けられ第 1 充填部分 5 1 B と第 2 充填部分 5 2 B とを接続する第 3 充填部分 5 3 B と、主面部 4 a の第 2 の面 4 0 b に密着する第 4 充填部分 5 4 B と、穴 4 1 B の内側に設けられ第 1 充填部分 5 1 B と第 4 充填部分 5 4 B とを接続する第 5 充填部分 5 5 B と、により構成される。

[0216] 同様に、屈曲部 6 B と離隔する部分において、天壁部 3 a には壁穴 3 1 A

および31Bが設けられており、レインフォースメント4の主面部4aには穴41Cおよび41Dが設けられている。充填部材5Cは、壁穴31Aおよび穴41Cを貫通し、天壁部3aの両面および主面部4aの両面に密着して設けられている。詳細には、充填部材5Cは、天壁部3aの内壁面とレインフォースメント4の主面部4aの第2の面40bとに密着する第1充填部分51Cと、天壁部3aの外壁面に密着する第2充填部分52Cと、壁穴31Aに密着して設けられ第1充填部分51Cと第2充填部分52Cとを接続する第3充填部分53Cと、主面部4aの第1の面40aに密着する第4充填部分54Cと、穴41Cの内側に設けられ第1充填部分51Cと第4充填部分54Cとを接続する第5充填部分55Cと、により構成される。また、充填部材5Dは、壁穴31Bおよび穴41Dを貫通し、天壁部3aの両面および主面部4aの両面に密着して設けられている。詳細には、充填部材5Dは、天壁部3aの内壁面とレインフォースメント4の主面部4aの第2の面40bとに密着する第1充填部分51Dと、天壁部3aの外壁面に密着する第2充填部分52Dと、壁穴31Bに密着して設けられ第1充填部分51Dと第2充填部分52Dとを接続する第3充填部分53Dと、主面部4aの第1の面40aに密着する第4充填部分54Dと、穴41Dの内側に設けられ第1充填部分51Dと第4充填部分54Dとを接続する第5充填部分55Dと、により構成される。

[0217] 図40および図41は、図39に示したフレーム1のX111-X111切断線およびX1V-X1V切断線における断面図である。図40に示すように、充填部材5Aは、底壁部2aと、主面部4aと、一对の側壁部2bとにより形成される空間7Aにおいて、底壁部2aおよび主面部4aに密着して配置されている。充填部材5Bの配置は、図40を参照して説明した充填部材5Aの配置と同様である。

[0218] 底壁部2aには壁穴21Aが設けられ、主面部4aには穴41Aが設けられている。充填部材5Aは、空間7Aの各壁面に密着する第1充填部分51Aと、底壁部2aの外壁面に密着する第2充填部分52Aおよび主面部4a

の第2の面40bに密着する第4充填部分54Aとが、壁穴21Aおよび穴41Aを貫通して接続されている。これにより、充填部材5Aは、底壁部2aと主面部4aとの双方に係止される。同様に、充填部材5Bは、底壁部2aと主面部4aとの双方に係止される。

[0219] そうすると、例えば、フレーム1への衝突荷重が入力されて屈曲部6Aにおいて折れ曲げが生じる場合、車両衝突により底壁部2aおよび主面部4aに面外変形を生じさせる力が作用する。この場合、屈曲部6Aにおいて生じる折り曲げに伴い、屈曲部6Aと離隔する部分においても、底壁部2aと主面部4aが互いに遠ざかる方向に変形しようとし、充填部材5Aおよび5Bには引張の力が作用する。このような状態であっても、充填部材5Aおよび5Bは底壁部2aおよび主面部4aに拘束されるので、充填部材5Aおよび5Bが底壁部2aおよび主面部4aに密着した状態を維持することができる。したがって、充填部材5Aおよび5Bは、底壁部2aおよびレインフォースメント4の面外変形を抑制することができる。

[0220] また、充填部材5Aおよび5Bが底壁部2aおよび主面部4aの継手としての能力を発揮するので、主面部4aおよび底壁部2aのそれぞれの変形により受ける力を相殺することができる。これにより、主面部4aの面外変形を単に抑制するだけでなく、面外変形を生じさせる力そのものを減じることができる。よって、フレーム1の衝突安全性能をより高めることができる。

[0221] また、図40に示した例では、充填部材5Aの第1充填部分51Aは、稜線部2dや接続部分4cの内側に密着して配置されている。同様に、充填部材5Bの第1充填部分51Bは、稜線部2dや接続部分4cの内側に密着して配置される。そのため、屈曲部6Aにおいて生じる折り曲げに起因する、屈曲部6Aと離隔する部分における稜線部2dや接続部分4cにかかる局所的に高い応力による塑性変形を、より確実に抑制することができる。よって、フレーム1の衝突安全性能をより高めることができる。

[0222] 以上、充填部材5Aおよび5Bの配置によりもたらされる作用および効果

について説明した。なお、上記では、充填部材 5 A および 5 B が長手方向に屈曲部 6 A と離隔して配置される場合について説明したが、充填部材 5 A および 5 B が長手方向に屈曲部 6 A と隣接して配置される場合も、上述した作用および効果は同様に発揮される。

[0223] また、図 4 1 に示すように、屈曲部 6 B において、充填部材 5 D は、天壁部 3 a と、主面部 4 a と、一对の側壁部 2 b とにより形成される空間 7 B において、天壁部 3 a および主面部 4 a に密着して配置されている。充填部材 5 D の配置は、上述した充填部材 5 A の配置と同様である。充填部材 5 C の配置は、図 4 1 を参照して説明した充填部材 5 D の配置と同様である。

[0224] 充填部材 5 A および 5 B について上述した作用および効果は、図 3 9 および図 4 1 に示したような、天壁部 3 a と主面部 4 a との間に充填される充填部材 5 C および 5 D についても同様に発揮される。

[0225] なお、図 3 9、図 4 0 および図 4 1 に示した例では、壁穴 2 1 (2 1 A、2 1 B)、3 1 (3 1 A、3 1 B) は底壁部 2 a および天壁部 3 a に設けられるとしたが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、壁穴 2 1 は、側壁部 2 b または稜線部 2 d、2 e に隣接する壁部に設けられてもよい。かかる場合であっても、充填部材 5 のうち側壁部 2 b の外側に膨出する部分がこれらの外壁面に密着するように設けられていれば、充填部材 5 が中空部材 1 0 の各壁部に密着した状態を維持することができる。

[0226] ここで、充填部材 5 のヤング率が高いほど、充填部材 5 による上述した塑性変形の抑制効果が高まる。しかしながら、充填部材 5 のヤング率を高めるには、高密度で樹脂を成形することが要される。即ち、充填部材 5 のヤング率を高めると、充填部材 5 の単位体積当たりの質量は増大する。本実施形態では、断面変形を抑制すべき場所を屈曲部 6 と隣接する又は離隔する部分に限定することができる。このため、断面変形する場所を見越して充填部材 5 を配置すべき場所も限定することができる。即ち、本実施形態では、充填部材 5 の高ヤング率化に伴う重量増加を軽減することが可能である。このように、本実施形態では、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることが可能

である。

[0227] このように、本実施形態に係るフレーム 1 においては、曲げ誘起部である屈曲部 6 の内側にレインフォースメント 4 が設けられる。また、充填部材 5 は、中空部材 10 の壁部およびレインフォースメント 4 に設けられた穴を貫通して、これらの両面に密着して配置される。これにより、フレーム 1 への衝突荷重の入力の際においても、充填部材 5 は、中空部材 10 およびレインフォースメント 4 のいずれからも脱落せず、これらに拘束された状態を維持することができる。そうすると、充填部材 5 による中空部材 10 の壁部およびレインフォースメント 4 の面外変形を抑制することができる。これにより、充填部材 5 がフレーム 1 の衝突安全性能に安定して貢献することができる。

[0228] また、充填部材 5 は、レインフォースメント 4 にのみ密着して配置されてもよい。例えば、図 40 および図 41 に示した空間 7 A、7 B が大きく、充填部材 5 が空間 7 A および 7 B を横断して底壁部 2 a または天壁部 3 a とレインフォースメント 4 との双方に密着して配置することが困難である場合、充填部材 5 は、レインフォースメント 4 にのみ密着されて配置されてもよい。この場合、レインフォースメント 4 には図 30～図 37 に示したような穴が設けられ、充填部材 5 が当該穴を貫通してレインフォースメント 4 の両面に密着して配置される。そうすると、フレーム 1 への衝突荷重の入力の際においても、充填部材 5 は、レインフォースメント 4 から脱落せず、レインフォースメント 4 に拘束された状態を維持することができる。

[0229] なお、図 39 に示したレインフォースメント 4 は一の部材により形成され、屈曲部 6 における底壁部 2 a および天壁部 3 a のそれぞれに対向するように設けられているが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、レインフォースメント 4 は、屈曲部 6 等の曲げ誘起部における底壁部 2 a または天壁部 3 a に対向して複数設けられてもよい。また、レインフォースメント 4 は、中空部材 10 の長手方向に沿って全体的に設けられてもよい。つまり、レインフォースメント 4 は、曲げ誘起部の内側に設けられていれば、レインフ

ォースメント4の中空部材10の長手方向における位置および長さは特に限定されない。

[0230] <<6. 曲げ誘起部の例>>

次に、中空部材10に設けられる曲げ誘起部の例について説明する。上記の各実施形態では、曲げ誘起部である屈曲部6について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。曲げ誘起部は2つの特徴の少なくとも片方を備えている。

[0231] 第1の特徴は、中空部材10の軸方向に垂直な断面の全塑性モーメントが周囲に比べ低下する特徴である。かかる特徴を有する部分においては、中空部材10の曲げが誘起される。より具体的には、長手方向で中空部材10のうち全塑性モーメントが相対的に小さい部分については、当該部分において屈曲が生じる。この特徴を備えた曲げ誘起部を、全塑性モーメント変化部という。例えば、異強度部は全塑性モーメント変化部である。

[0232] 第2の特徴は、中空部材10の軸方向に沿った稜線あるいは面が、軸方向に沿って屈曲、断絶、又は肉厚変化等の形状変化する特徴である。この特徴を備えた曲げ誘起部を形状変化部という。例えば、中空部材10の面（例えば、底壁部2a、側壁部2b、又は天壁部3a等）に設けられた穴部、凹部、凸部、および板厚変化部は、形状変化部である。

[0233] 曲げ誘起部は、第1の特徴および第2の特徴の両方を備えることが多い。また、片方の特徴しか備えない場合、曲げ誘起部は形状変化部であることが多い。なぜなら、形状変化部は中空部材10が曲がる方向を誘導できるからである。中空部材10の長手方向のうち、曲げ誘起部に該当する領域の長手方向に垂直な断面の中には、形状変化部がある。中空部材10が曲がる際、形状変化部が座屈するため、形状変化部の配置により中空部材10が曲がる方向を誘導できる。自動車の骨格部材に本発明を採用する場合、中空部材10が曲がる方向は予め決められる。中空部材10が曲がる方向の先には乗員及び重要部品が無いことが要求される。故に、曲げ誘起部は少なくとも形状変化部の特徴を備えることが望ましい。曲げ誘起部が全塑性モーメント変化

部の特徴を備えた場合、中空部材 10 の長手方向で全塑性モーメント変化部と同じ場所にある小さな形状変化部でも機能する。このため、曲げ誘起部は全塑性モーメント変化部と形状変化部の両方の特徴を備えることが望ましい。

[0234] (穴部)

穴部は、全塑性モーメント変化部と形状変化部の特徴を兼ね備える。図 4 2 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 4 2 に示すように、底壁部 2 a には穴部 60 が設けられている。穴部 60 が設けられた部分における中空部材 10 の全塑性モーメントは、穴部 60 が設けられた部分の前後（中空部材 10 の長手方向についての）における部分の中空部材 10 の全塑性モーメントよりも低い。また、穴部 60 で面（底壁部 2 a）の一部が断絶しているため曲げこわさが低い。したがって、図 4 2 に示す衝突荷重 F が中空部材 10 に入力された場合、フレーム 1 は、穴部 60 が設けられた部分において、穴部 60 が曲げ内側となるように屈曲する。そのため、レインフォースメント 4 は少なくとも穴部 60 が設けられた底壁部 2 a に対向する位置に設けられる。充填部材 5（5 A、5 B）は、レインフォースメント 4 に密着し、長手方向に穴部 60 と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、穴部 60 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により穴部 60 の近傍において屈曲が生じた場合に、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。

[0235] ここで、図 4 2 では、第 1 の実施形態および第 4 の実施形態の第 2 の例のように、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有する場合の穴部の例が示されている。他の例として、図 4 3 および図 4 4 に、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有さない場合の穴部の例を示す。

[0236] 図 4 3 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 4 3 に示したフレーム 1 は、第 2 の実施

形態に係るフレーム 1 である。図 4 3 に示すように、底壁部 2 a には穴部 6 0 が設けられている。穴部 6 0 が設けられた部分における中空部材 1 0 の全塑性モーメントは、穴部 6 0 が設けられた部分の前後（中空部材 1 0 の長手方向についての）における部分の中空部材 1 0 の全塑性モーメントよりも低い。また、穴部 6 0 で面（底壁部 2 a）の一部が断絶しているため曲げこわさが低い。したがって、図 4 3 に示す衝突荷重 F が中空部材 1 0 に入力された場合、フレーム 1 は、穴部 6 0 が設けられた部分において、穴部 6 0 が曲げ内側となるように屈曲する。すなわち、中空部材 1 0 の長手方向において、中空部材 1 0 のうち穴部 6 0 が設けられた部分が、中空部材 1 0 に設けられる曲げ誘起部となる。そのため、充填部材 5（5 A、5 B）は、底壁部 2 a の内面に密着し、長手方向に穴部 6 0 と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、穴部 6 0 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により穴部 6 0 の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム 1 の面外変形を抑制し、フレーム 1 の耐荷重性能を高く維持することができる。

[0237] 図 4 4 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 4 4 に示したフレーム 1 は、第 3 の実施形態に係るフレーム 1 である。図 4 4 に示すように、底壁部 2 a には穴部 6 0 が設けられている。穴部 6 0 が設けられた部分における中空部材 1 0 の全塑性モーメントは、穴部 6 0 が設けられた部分の前後（中空部材 1 0 の長手方向についての）における部分の中空部材 1 0 の全塑性モーメントよりも低い。また、穴部 6 0 で面（底壁部 2 a）の一部が断絶しているため曲げこわさが低い。したがって、図 4 4 に示す衝突荷重 F が中空部材 1 0 に入力された場合、フレーム 1 は、穴部 6 0 が設けられた部分において、穴部 6 0 が曲げ内側となるように屈曲する。すなわち、中空部材 1 0 の長手方向において、中空部材 1 0 のうち穴部 6 0 が設けられた部分が、中空部材 1 0 に設けられる曲げ誘起部となる。そのため、充填部材 5（5 A、5 B）は、側壁部 2 b の内面に密着し、長手方向に穴部 6 0 と隣接して又は離隔して配置される

。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、穴部 60 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により穴部 60 の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム 1 の面外変形を抑制し、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高く維持することができる。

[0238] また、穴部の形状および配置については、上述した例に限られない。図 4 5～図 4 8 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる穴部の他の例を示す模式図である。図 4 5 に示すように、円形の穴部 60 a が底壁部 2 a に設けられてもよい。また、図 4 6 に示すように、複数の穴部 60 b が底壁部 2 a に設けられてもよい。この場合、例えば、複数の穴部 60 b が、中空部材 10 A の長手方向に横切る方向に並んで設けられてもよい。この場合、衝突荷重の入力時において、穴部 60 b が曲げの起点として、中空部材 10 A が底壁部 2 a 側に曲げ変形されやすくなる。

[0239] また、図 4 7 に示すように、中空部材 10 A の長手方向に横切る方向に延在する穴部 60 c が底壁部 2 a に設けられてもよい。この場合、衝突荷重の入力時において、穴部 60 c が曲げの起点として、中空部材 10 A が底壁部 2 a 側に曲げ変形される。なお、穴部 60 c の形状は、図 4 7 に示す角丸矩形に限定されず、あらゆる形状であってもよい。

[0240] なお、上述した中空部材 10 A の長手方向に横切る方向は、図 4 5～図 4 7 に示すような、中空部材 10 A の長手方向に直交する方向に限定されない。例えば、穴部 60 が設けられた部分の面において、中空部材 10 A の長手方向と当該横切る方向とのなす角が、45 度以上 90 度以下であることが好ましい。これにより、安定した曲げ変形を誘起させることができる。

[0241] また、穴部 60 の設けられる部分は底壁部 2 a に限られない。例えば、側壁部 2 b や天壁部 3 a に穴部 60 が設けられてもよい。また、穴部 60 が設けられた部分に対向する部分には、穴部 60 等が設けられないことが好ましい。例えば、穴部 60 が底壁部 2 a に設けられた場合、天壁部 3 a には別の穴部 60 の曲げ変形を誘起する部分は設けられないことが好ましい。衝突荷

重の入力時に、穴部 60 が設けられた側に曲げ変形を誘起するためである。

[0242] また、図 48 に示すように、穴部 60 d が稜線部 2 d に設けられてもよい。これにより、中空部材 10 A のうち長手方向で穴部 60 d が設けられた部分の全塑性モーメントが顕著に低下するので、穴部 60 d が設けられた部分を曲げの起点とする曲げ変形をより確実に誘起することができる。

[0243] (凹部)

穴部は、全塑性モーメント変化部と形状変化部の特徴を兼ね備える。図 49 は、一実施形態に係る中空部材に設けられるビード部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。なお、ビード部 61 は、一実施形態における凹部の一例である。図 49 に示すように、底壁部 2 a にはビード部 61 が設けられている。ビード部 61 が設けられた部分における中空部材 10 の全塑性モーメントは、ビード部 61 が設けられた部分の前後（中空部材 10 の長手方向についての）における部分の中空部材 10 の全塑性モーメントよりも低い。また、凹部が潰れて曲げの起点になりやすい。したがって、図 49 に示す衝突荷重 F が中空部材 10 に入力された場合、フレーム 1 はビード部 61 が設けられた部分において、ビード部 61 が曲げ内側となるように屈曲する。そのため、レインフォースメント 4 は少なくともビード部 61 が設けられた底壁部 2 a に対向する位置に設けられる。充填部材 5（5 A、5 B）は、レインフォースメント 4 に密着し、長手方向にビード部 61 と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、ビード部 61 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力によりビード部 61 の近傍において屈曲が生じた場合に、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。

[0244] ここで、図 49 では、第 1 の実施形態および第 4 の実施形態の第 2 の例のように、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有する場合の凹部の例が示されている。他の例として、図 50 および図 51 に、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有さない場合の穴部の例を示す。

[0245] 図50は、一実施形態に係る中空部材に設けられるビード部の例を説明するためのフレーム1の断面図である。図50に示したフレーム1は、第2の実施形態に係るフレーム1である。なお、ビード部61は、一実施形態における凹部の一例である。図50に示すように、底壁部2aにはビード部61が設けられている。ビード部61が設けられた部分における中空部材10の全塑性モーメントは、ビード部61が設けられた部分の前後（中空部材10の長手方向についての）における部分の中空部材10の全塑性モーメントよりも低い。また、凹部が潰れて曲げの起点になりやすい。したがって、図50に示す衝突荷重Fが中空部材10に入力された場合、フレーム1はビード部61が設けられた部分において、ビード部61が曲げ内側となるように屈曲する。すなわち、中空部材10の長手方向において、中空部材10のうちビード部61が設けられた部分が、中空部材10に設けられる曲げ誘起部となる。そのため、充填部材5（5A、5B）は、底壁部2aの内面に密着し、長手方向にビード部61と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム1に衝突荷重Fが入力された場合に、ビード部61において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重Fの入力によりビード部61の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム1の面外変形を抑制し、フレーム1の耐荷重性能を高く維持することができる。

[0246] 図51は、一実施形態に係る中空部材に設けられるビード部の例を説明するためのフレーム1の断面図である。図51に示したフレーム1は、第3の実施形態に係るフレーム1である。なお、ビード部61は、一実施形態における凹部の一例である。図51に示すように、底壁部2aにはビード部61が設けられている。ビード部61が設けられた部分における中空部材10の全塑性モーメントは、ビード部61が設けられた部分の前後（中空部材10の長手方向についての）における部分の中空部材10の全塑性モーメントよりも低い。また、凹部が潰れて曲げの起点になりやすい。したがって、図51に示す衝突荷重Fが中空部材10に入力された場合、フレーム1はビード部61が設けられた部分において、ビード部61が曲げ内側となるように屈

曲する。すなわち、中空部材 10 の長手方向において、中空部材 10 のうちビード部 61 が設けられた部分が、中空部材 10 に設けられる曲げ誘起部となる。そのため、充填部材 5 (5A、5B) は、側壁部 2b の内面に密着し、長手方向にビード部 61 と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、ビード部 61 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力によりビード部 61 の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム 1 の面外変形を抑制し、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高く維持することができる。

[0247] なお、凹部の形状および配置については、上述した例に限られない。図 52～図 55 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる凹部の他の例を示す模式図である。ここでいう凹部とは、エンボスやビードなどの、中空部材 10B の底壁部 2a 等に設けられる窪み部分を意味する。図 52 に示すように、円形の凹部 61a が底壁部 2a に設けられてもよい。

[0248] また、図 53 に示すように、複数の凹部 61b が底壁部 2a に設けられてもよい。この場合、例えば、複数の凹部 61b が、中空部材 10B の長手方向に横切る方向に並んで設けられてもよい。この場合、衝突荷重の入力時において、複数の凹部 61b が曲げの起点として、中空部材 10B が底壁部 2a 側に曲げ変形されやすくなる。

[0249] また、図 54 に示すように、中空部材 10B の長手方向に横切る方向に延在するビード部 61c が底壁部 2a に設けられてもよい。この場合、衝突荷重の入力時において、ビード部 61c が曲げの起点として、中空部材 10B が底壁部 2a 側に曲げ変形される。なお、ビード部 61c の形状は、図 54 に示す角丸矩形に限定されず、あらゆる形状であってもよい。

[0250] なお、上述した中空部材 10B の長手方向に横切る方向は、図 54 に示すような、中空部材 10B の長手方向に直交する方向に限定されない。例えば、凹部 61 が設けられた部分の面において、中空部材 10B の長手方向と当該横切る方向とのなす角が、45 度以上 90 度以下であればよい。

[0251] また、凹部 61 の設けられる部分は底壁部 2a に限られない。例えば、側

壁部 2 b や天壁部 3 a に凹部 6 1 が設けられてもよい。また、凹部 6 1 が設けられた部分に対向する部分には、凹部 6 1 等が設けられないことが好ましい。例えば、凹部 6 1 が底壁部 2 a に設けられた場合、天壁部 3 a には別の凹部 6 1 の曲げ変形を誘起する部分は設けられないことが好ましい。衝突荷重の入力時に、凹部 6 1 が設けられた側に曲げ変形を誘起するためである。

[0252] また、図 5 5 に示すように、凹部 6 1 d が稜線部 2 d に設けられてもよい。これにより、中空部材 1 0 B のうち長手方向で凹部 6 1 d が設けられた部分の全塑性モーメントが顕著に変化するので、凹部 6 1 d が設けられた部分を曲げの起点とする曲げ変形をより確実に誘起することができる。

[0253] 上述したような凹部 6 1 を設ける場合、凹部 6 1 の形態は特に限定されないが、凹部 6 1 は以下に示す形態を有することが好ましい。例えば、中空部材 1 0 B が高強度鋼板により形成される場合、成型性の観点から、図 5 6 に示すように、凹部 6 1 の深さ D_d (凹部 6 1 が設けられた部分の面 6 1 1 と凹部 6 1 の底 6 1 2 との間における、平面に直交する方向の長さ、図 5 6 参照) は、中空部材 1 0 B の板厚の 3 倍以上であることが好ましい。また、中空部材 1 0 B の長手方向における凹部 6 1 の縁 6 1 3 同士の距離 L_d (図 5 6 参照) は、50 mm 以下であることが好ましい。

[0254] 図 5 7 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる凹部の他の例を示す模式図である。図 5 7 に示すように、中空部材 1 0 B の長手方向に延在する凹部 6 1 e、6 1 f が、中空部材 1 0 B の長手方向に沿って並んで設けられている。凹部 6 1 e と凹部 6 1 f において凹部の縁に長手方向に沿って稜線がある。この場合、中空部材 1 0 B のうち、長手方向における凹部 6 1 e と凹部 6 1 f との間の部分 6 1 0 で曲げが生じる。長手方向における凹部 6 1 e と凹部 6 1 f との間の部分 6 1 0 において稜線が断絶しているからである。すなわち、長手方向における凹部 6 1 e と凹部 6 1 f との間の部分 6 1 0 は形状変化部である。なお、この場合においても、中空部材 1 0 B が高強度鋼板により形成される場合、成型性の観点から、凹部 6 1 e、6 1 f の深さ D_d は、中空部材 1 0 B の板厚の 3 倍以上であることが好ましい。また、当該部

分 6 1 0 には、凹部、後述する凸部、薄肉部または異強度部等が形成されていてもよい。

[0255] なお、凹部 6 1 e および凹部 6 1 f は、図 5 7 に示すように、必ずしも直列に並んでいなくてもよい。また、凹部 6 1 e および凹部 6 1 f は、必ずしも中空部材 1 0 B の長手方向に延在していなくてもよい。例えば、凹部 6 1 e および凹部 6 1 f が設けられた部分の面において、中空部材 1 0 B の長手方向と凹部 6 1 e および凹部 6 1 f の延在方向とのなす角は、0 度以上 4 5 度以下であればよい。

[0256] (凸部)

凸部は、形状変化部の特徴を備える。図 5 8 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 5 8 に示すように、底壁部 2 a には凸部 6 2 が設けられている。凸部 6 2 が設けられた部分は形状変化部である。図 5 8 に示す衝突荷重 F が中空部材 1 0 に入力された場合、中空部材 1 0 の長手方向における凸部 6 2 の縁 8 a または 8 b の少なくともいずれかにおいて、凸部 6 2 が曲げ内側となるように屈曲する。そのため、レインフォースメント 4 は少なくとも凸部 6 2 並びに凸部 6 2 の前後の領域 8 a および 8 b に対向する位置に設けられる。充填部材 5 (5 A、5 B) は、レインフォースメント 4 に密着し、長手方向に凸部 6 2 並びにその前後の縁 8 a および 8 b と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、凸部 6 2 の縁 8 a または 8 b の少なくともいずれかにおいて曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により凸部 6 2 の近傍において屈曲が生じた場合に、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。

[0257] ここで、図 5 8 では、第 1 の実施形態および第 4 の実施形態の第 2 の例のように、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有する場合の凸部の例が示されている。他の例として、図 5 9 および図 6 0 に、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有さない場合の穴部の例を示す。

[0258] 図59は、一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の例を説明するためのフレーム1の断面図である。図59に示したフレーム1は、第2の実施形態に係るフレーム1である。図59に示すように、底壁部2aには凸部62が設けられている。凸部62が設けられた部分は形状変化部である。図59に示す衝突荷重Fが中空部材10に入力された場合、中空部材10の長手方向における凸部62の前後の縁8aまたは8bのうち、最も全塑性モーメントが低くなる部分において、凸部62が曲げ内側となるように屈曲する。すなわち、中空部材10の長手方向において、中空部材10のうち凸部62およびその前後の縁8aおよび8bを含む部分が、中空部材10に設けられる曲げ誘起部となる。そのため、充填部材5（5A、5B）は、底壁部2aの内面に密着し、長手方向に凸部62並びにその前後の縁8aおよび8bと隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム1に衝突荷重Fが入力された場合に、凸部62の縁8aまたは8bの少なくともいずれかにおいて曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重Fの入力により凸部62の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム1の面外変形を抑制し、フレーム1の耐荷重性能を高く維持することができる。

[0259] 図60は、一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の例を説明するためのフレーム1の断面図である。図60に示したフレーム1は、第3の実施形態に係るフレーム1である。図60に示すように、底壁部2aには凸部62が設けられている。凸部62が設けられた部分は形状変化部である。図60に示す衝突荷重Fが中空部材10に入力された場合、中空部材10の長手方向における凸部62の前後の縁8aまたは8bのうち、最も全塑性モーメントが低くなる部分において、凸部62が曲げ内側となるように屈曲する。すなわち、中空部材10の長手方向において、中空部材10のうち凸部62およびその前後の縁8aおよび8bを含む部分が、中空部材10に設けられる曲げ誘起部となる。そのため、充填部材5（5A、5B）は、側壁部2b内面に密着し、凸部62並びにその前後の縁8aおよび8bと隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム1に衝突荷重Fが入力された場

合に、凸部 6 2 の縁 8 a または 8 b の少なくともいずれかにおいて曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により凸部 6 2 の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム 1 の面外変形を抑制し、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高く維持することができる。

[0260] なお、凸部の形状および配置については、上述した例に限られない。図 6 1 ～図 6 4 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の他の例を示す模式図である。ここでいう凸部は、例えば、中空部材 1 0 の加工等により実現される。すなわち、かかる凸部は、中空部材 1 0 C を構成する鋼板の一部を変形させて設けられるものであってもよい。図 6 1 に示すように、円形の凸部 6 2 a が底壁部 2 a に設けられてもよい。

[0261] また、図 6 2 に示すように、複数の凸部 6 2 b が底壁部 2 a に設けられてもよい。この場合、例えば、複数の凸部 6 2 b が、中空部材 1 0 C の長手方向に横切る方向に並んで設けられてもよい。この場合、衝突荷重の入力時において、中空部材 1 0 C の長手方向における複数の凸部 6 2 b の前後の領域のいずれかが曲げの起点として、中空部材 1 0 C が底壁部 2 a 側に曲げ変形されやすくなる。

[0262] また、図 6 3 に示すように、中空部材 1 0 C の長手方向に横切る方向に延在する凸部 6 2 c が底壁部 2 a に設けられてもよい。この場合、衝突荷重の入力時において、中空部材 1 0 C の長手方向における凸部 6 2 c の前後の領域のいずれかが曲げの起点として、中空部材 1 0 C が底壁部 2 a 側に曲げ変形される。なお、凸部 6 2 c の形状は、図 6 3 に示す角丸矩形に限定されず、あらゆる形状であってもよい。

[0263] なお、上述した中空部材 1 0 C の長手方向に横切る方向は、図 6 3 に示すような、中空部材 1 0 C の長手方向に直交する方向に限定されない。例えば、凸部 6 2 が設けられた部分の面において、中空部材 1 0 C の長手方向と当該横切る方向とのなす角が、45 度以上 90 度以下であればよい。

[0264] また、凸部 6 2 の設けられる部分は底壁部 2 a に限られない。例えば、側壁部 2 b や天壁部 3 a に凸部 6 2 が設けられてもよい。また、凸部 6 2 が設

けられた部分に対向する部分には、凸部 6 2 等が設けられないことが好ましい。例えば、凸部 6 2 が底壁部 2 a に設けられた場合、天壁部 3 a には別の凸部 6 2 等の曲げ変形を誘起する部分は設けられないことが好ましい。衝突荷重の入力時に、凸部 6 2 が設けられた側に曲げ変形を誘起するためである。

[0265] また、図 6 4 に示すように、凸部 6 2 d が稜線部 2 d に設けられてもよい。これにより、中空部材 1 0 C のうち長手方向で凸部 6 2 d が設けられた部分で稜線が断絶するので、凸部 6 2 d が設けられた部分を曲げの起点とする曲げ変形をより確実に誘起することができる。

[0266] 上述したような凸部 6 2 を設ける場合、凸部 6 2 の形態は特に限定されないが、凸部 6 2 は以下に示す形態を有することが好ましい。例えば、中空部材 1 0 C が高強度鋼板により形成される場合、成型性の観点から、図 6 5 に示すように、凸部 6 2 の高さ H_d (凸部 6 2 が設けられた部分の面 6 2 1 と凸部 6 2 の頂 6 2 2 との間における、平面に直交する方向の長さ、図 6 5 参照) は、中空部材 1 0 C の板厚の 3 倍以上であることが好ましい。また、中空部材 1 0 C の長手方向における凸部 6 2 の縁 6 2 3 同士の距離 L_d (図 6 5 参照) は、50 mm 以下であることが好ましい。

[0267] 図 6 6 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる凸部の他の例を示す模式図である。図 6 6 に示すように、中空部材 1 0 C の長手方向に延在する凸部 6 2 e、6 2 f が、中空部材 1 0 C の長手方向に沿って並んで設けられている。凸部 6 2 e、6 2 f において凸部の縁に長手方向に沿って稜線がある。この場合、中空部材 1 0 C のうち、長手方向における凸部 6 2 e と凸部 6 2 f との間の部分 6 2 0 で曲げが生じる。長手方向における凸部 6 2 e と凸部 6 2 f との間の部分 6 2 0 において稜線が断絶しているからである。すなわち、長手方向における凸部 6 2 e と凸部 6 2 f との間の部分 6 2 0 は形状変化部である。なお、この場合においても、中空部材 1 0 C が高強度鋼板により形成される場合、成型性の観点から、凸部 6 2 e、6 2 f の高さ (H_d) は、中空部材 1 0 C の板厚の 3 倍以上であることが好ましい。また、当該

部分 6 2 0 には、上述した凹部、凸部または後述する薄肉部もしくは異強度部等が形成されていてもよい。

[0268] なお、凸部 6 2 e および凸部 6 2 f は、図 6 6 に示すように、必ずしも直列に並んでいなくてもよい。また、凸部 6 2 e および凸部 6 2 f は、必ずしも中空部材 1 0 C の長手方向に延在していなくてもよい。例えば、凸部 6 2 e および凸部 6 2 f が設けられた部分の面において、中空部材 1 0 C の長手方向と凸部 6 2 e および凸部 6 2 f の延在方向とのなす角は、0 度以上 4 5 度以下であればよい。

[0269] (板厚変化部・薄肉部)

板厚変化部・薄肉部は、全塑性モーメント変化部と形状変化部の特徴を兼ね備える。図 6 7 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる板厚変化部の一例を示す模式図である。ここでいう板厚変化部とは、中空部材 1 0 D の長手方向において板厚が変化する部分を意味する。図 6 7 に示すように、中空部材 1 0 D は、第 1 板厚部 1 1 1 および第 2 板厚部 1 1 2 を備える。第 1 板厚部 1 1 1 は中空部材 1 0 D の端部側に設けられ、第 2 板厚部 1 1 2 は、中空部材 1 0 D の長手方向に沿って第 1 板厚部 1 1 1 と連続して設けられる。第 1 板厚部 1 1 1 と第 2 板厚部 1 1 2 との間では、鋼板の板厚が異なる。板厚の大小関係については特に限定されないが、中空部材 1 0 D 全体の曲げ剛性の確保の観点から、第 2 板厚部 1 1 2 の板厚が第 1 板厚部 1 1 1 の板厚よりも大きいことが好ましい。

[0270] この場合、図 6 7 に示すように、第 1 板厚部 1 1 1 と第 2 板厚部 1 1 2 との境目の部分が板厚変化部 1 1 3 となる。この板厚変化部 1 1 3 において中空部材 1 0 D の長手方向での全塑性モーメントが変化する。また板厚変化部 1 1 3 は形状変化部でもある。すなわち、板厚変化部 1 1 3 が曲げ誘起部に相当する。したがって、衝突荷重が中空部材 1 0 D に入力された場合、フレーム 1 は板厚変化部 1 1 3 において屈曲する。そのため、充填部材 5 は、底壁部 2 a 又は側壁部 2 b の内面に密着し、長手方向に板厚変化部 1 1 3 と隔離して配置される。あるいは、長手方向で板厚変化部 1 1 3 と重複する箇所

の充填部材の量を板厚変化部 113 の周辺に比べ少なくする。フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有する場合、レインフォースメント 4 は少なくとも板厚変化部 113 が設けられた底壁部 2a に対向する位置に設けられ、充填部材 5 はレインフォースメント 4 に密着して配置されることが望ましい。このような配置により、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、板厚変化部 113 において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により板厚変化部 113 の近傍において屈曲が生じた場合に、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。

[0271] また、曲げ誘起部は、例えば、薄肉部により実現されてもよい。図 68 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる薄肉部の一例を示す模式図である。図 68 に示すように、底壁部 2a には、中空部材 10D の長手方向前後において、他の部分よりも相対的に板厚が薄い薄肉部 114 が設けられている。薄肉部 114 を含む部分における中空部材 10 の全塑性モーメントは、薄肉部 114 が設けられた部分の前後（中空部材 10D の長手方向についての）における部分の中空部材 10D の全塑性モーメントよりも低い。薄肉部 114 は全塑性モーメント変化部と形状変化部の両方の特徴を備えている。すなわち、中空部材 10D のうち薄肉部 114 が設けられた部分が曲げ誘起部に相当する。したがって、衝突荷重が中空部材 10D に入力された場合、フレーム 1 は薄肉部が設けられた部分において、薄肉部が曲げ内側となるように屈曲する。

[0272] かかる板厚変化部を有する中空部材 10D は、例えば、切削、プレス、およびテーラードブランクからなる被加工板により形成されてもよい。かかる被加工板は、溶接線を有するテーラーウェルドブランク (Tailor Welded Blank; TWB) であってもよい。また、上記被加工板は、圧延ロールにより板厚を異ならせて設けられるテーラーロールドブランク (Tailor Rolled Blank; TRB) であってもよい。TWB においては、板厚変化部における差厚は 0.2 mm 以上とすることが可能である。また、TRB においては、部

材長手方向当たりの板厚変化部における板厚変化量は、 $0.1\text{ mm}/100\text{ mm}$ 以上とすることが可能である。

[0273] (異強度部・強度変化部)

異強度部と強度変化部は、全塑性モーメント変化部の特徴を備える。異強度部は、中空部材 10 の長手方向で中空部材 10 の降伏強度が変化する部分である。例えば、中空部材 10 の長手方向で降伏強度が変化する部分においては、周囲に比べ全塑性モーメントが小さい箇所がある。すなわち、異強度部は全塑性モーメント変化部である。従って、当該箇所では中空部材 10 の塑性変形が誘起される。強度変化部は、中空部材 10 の長手方向で中空部材 10 の降伏強度が変化する境界部分である。すなわち、強度変化部は全塑性モーメント変化部である。

[0274] 図 69 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 69 に示すように、底壁部 2a には異強度部 63 が設けられている。異強度部 63 は、例えば、中空部材 10 に対して部分的に溶接、焼き入れまたは焼き戻し等の熱処理等を行うことにより設けられる。異強度部 63 が設けられた部分における中空部材 10 の降伏強度は、異強度部 63 が設けられた部分の前後（中空部材 10 の長手方向についての）における部分の中空部材 10 の降伏強度とは異なる。したがって、図 69 に示す衝突荷重 F が中空部材 10 に入力された場合、異強度部 63 または異強度部 63 の近傍において、異強度部 63 が曲げ内側となるように屈曲する。この屈曲は、異強度部 63 または異強度部 63 の近傍の領域が塑性変形することにより生じる屈曲である。そのため、レインフォースメント 4 は少なくとも異強度部 63 または異強度部 63 の近傍の領域に対向する位置に設けられる。充填部材 5（5A、5B）は、レインフォースメント 4 に密着し、長手方向に異強度部 63 と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、異強度部 63 または異強度部 63 の近傍において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により異強度部 63 または異強度部 63 の近傍におい

て屈曲が生じた場合に、レインフォースメント 4 の面外変形を抑制し、レインフォースメント 4 の座屈を抑制することができる。

[0275] ここで、図 69 では、第 1 の実施形態および第 4 の実施形態の第 2 の例のように、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有する場合の異強度部の例が示されている。他の例として、図 70 および図 71 に、フレーム 1 がレインフォースメント 4 を有さない場合の穴部の例を示す。

[0276] 図 70 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 70 に示したフレーム 1 は、第 2 の実施形態に係るフレーム 1 である。図 70 に示すように、底壁部 2 a には異強度部 6 3 が設けられている。異強度部 6 3 は、例えば、中空部材 10 に対して部分的に溶接、焼き入れまたは焼き戻し等の熱処理等を行うことにより設けられる。異強度部 6 3 が設けられた部分における中空部材 10 の降伏強度は、異強度部 6 3 が設けられた部分の前後（中空部材 10 の長手方向についての）における部分の中空部材 10 の降伏強度とは異なる。したがって、図 70 に示す衝突荷重 F が中空部材 10 に入力された場合、異強度部 6 3 または異強度部 6 3 の近傍において、異強度部 6 3 が曲げ内側となるように屈曲する。すなわち、中空部材 10 の長手方向において、中空部材 10 のうち異強度部 6 3 を含む部分が、中空部材 10 に設けられる曲げ誘起部となる。この屈曲は、異強度部 6 3 または異強度部 6 3 の近傍の領域が塑性変形することにより生じる屈曲である。そのため、充填部材 5（5 A、5 B）は、底壁部 2 a の内面に密着し、長手方向に異強度部 6 3 と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、異強度部 6 3 又は異強度部 6 3 の近傍において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により異強度部 6 3 の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム 1 の面外変形を抑制し、フレーム 1 の耐荷重性能を高く維持することができる。

[0277] 図 71 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 71 に示したフレーム 1 は、第 3 の

実施形態に係るフレーム 1 である。図 7 1 に示すように、底壁部 2 a には異強度部 6 3 が設けられている。異強度部 6 3 は、例えば、中空部材 1 0 に対して部分的に溶接、焼き入れまたは焼き戻し等の熱処理等を行うことにより設けられる。異強度部 6 3 が設けられた部分における中空部材 1 0 の降伏強度は、異強度部 6 3 が設けられた部分の前後（中空部材 1 0 の長手方向についての）における部分の中空部材 1 0 の降伏強度とは異なる。したがって、図 7 1 に示す衝突荷重 F が中空部材 1 0 に入力された場合、異強度部 6 3 または異強度部 6 3 の近傍において、異強度部 6 3 が曲げ内側となるように屈曲する。すなわち、中空部材 1 0 の長手方向において、中空部材 1 0 のうち異強度部 6 3 を含む部分が、中空部材 1 0 に設けられる曲げ誘起部となる。この屈曲は、異強度部 6 3 または異強度部 6 3 の近傍の領域が塑性変形することにより生じる屈曲である。そのため、充填部材 5（5 A、5 B）は、側壁部 2 b の内面に密着し、長手方向に異強度部 6 3 と隣接して又は離隔して配置される。これにより、フレーム 1 に衝突荷重 F が入力された場合に、異強度部 6 3 又は異強度部 6 3 の近傍において曲げ変形を確実に生じさせることができる。また、衝突荷重 F の入力により異強度部 6 3 の近傍において屈曲が生じた場合に、フレーム 1 の面外変形を抑制し、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高く維持することができる。

[0278] なお、異強度部の配置については、上述した例に限られない。図 7 2、図 7 3 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる異強度部の他の例を示す模式図である。ここでいう異強度部は、中空部材 1 0 E を形成する被加工板に対する溶接または熱処理等により実現される。

[0279] 図 7 2 に示すように、中空部材 1 0 E の長手方向に対する断面周方向に沿って異強度部 1 2 0 が設けられている。この場合も、中空部材 1 0 E のうち異強度部 1 2 0 が設けられた部分が曲げ誘起部に相当する。したがって、衝突荷重が中空部材 1 0 E に入力された場合、フレーム 1 は異強度部 1 2 0 が設けられた部分において、異強度部 1 2 0 が曲げ内側となるように屈曲する。

[0280] なお、かかる異強度部は、例えば、図 7 3 に示したように、底壁部 2 a 等、中空部材 1 0 E の断面を構成する壁部の少なくともいずれかに部分的に設けられてもよい。かかる場合においても、衝突荷重が中空部材 1 0 E に入力された場合、フレーム 1 は異強度部 1 2 1 が設けられた部分において、異強度部 1 2 1 が曲げ内側となるように屈曲する。

[0281] また、曲げ誘起部は、例えば、強度変化部により実現されてもよい。図 7 4 は、一実施形態に係る中空部材に設けられる強度変化部の一例を示す模式図である。図 7 4 に示すように、中空部材 1 0 E は、第 1 強度部 1 2 2 および第 2 強度部 1 2 3 を備える。第 1 強度部 1 2 2 は中空部材 1 0 E の端部側に設けられ、第 2 強度部 1 2 3 は、中空部材 1 0 E の長手方向に沿って第 1 強度部 1 2 2 と連続して設けられる。第 1 強度部 1 2 2 と第 2 強度部 1 2 3 との間では、鋼板の降伏強度が異なる。降伏強度の大小関係については特に限定されないが、中空部材 1 0 E 全体としての曲げ剛性の確保の観点から、第 2 強度部 1 2 3 の降伏強度が第 1 強度部 1 2 2 の降伏強度よりも大きいことが好ましい。

[0282] この場合、図 7 4 に示すように、第 1 強度部 1 2 2 と第 2 強度部 1 2 3 との境目の部分が強度変化部 1 2 4 となる。この強度変化部 1 2 4 において中空部材 1 0 E の長手方向での降伏強度が変化する。すなわち、強度変化部 1 2 4 が曲げ誘起部に相当する。したがって、衝突荷重が中空部材 1 0 E に入力された場合、フレーム 1 は強度変化部 1 2 4 において屈曲する。

[0283] (組み合わせ)

なお、屈曲部を有する中空部材において、屈曲部の曲げ内側部分に上記の例に示した穴部等の曲げを誘起させるための部分がさらに設けられてもよい。図 7 5 は一実施形態に係る中空部材に設けられる屈曲部および穴部の組み合わせの例を説明するためのフレーム 1 の断面図である。図 7 5 に示すように、中空部材 1 0 には屈曲部 6 A が設けられ、底壁部 2 a の曲げ内側部分 6 A a には穴部 6 4 が設けられる。レインフォースメント 4 は少なくとも曲げ内側部分 6 A a および穴部 6 4 に対向する位置に設けられる。充填部材 5 (

５Ａ、５Ｂ）は、レインフォースメント４に密着し、長手方向に屈曲部６Ａおよび穴部６４と隣接して又は離隔して配置される。これにより、衝突荷重Ｆの入力により、屈曲部６Ａにおいて中空部材１０をより確実に屈曲させることができる。

[0284] ここで、図７５では、第１の実施形態および第４の実施形態の第２の例のように、フレーム１がレインフォースメント４を有する場合の異強度部の例が示されている。他の例として、図７６および図７７に、フレーム１がレインフォースメント４を有さない場合の穴部の例を示す。

[0285] 図７６および図７７は、一実施形態に係る中空部材に設けられる屈曲部および穴部の組み合わせの例を説明するためのフレーム１の断面図である。図７６に示したフレーム１は、第２の実施形態に係るフレーム１である。図７７に示したフレーム１は、第３の実施形態に係るフレーム１である。図７６および図７７に示すように、中空部材１０には屈曲部６Ａが設けられ、底壁部２ａの曲げ内側部分には穴部６４が設けられる。充填部材５（５Ａ、５Ｂ）は、底壁部２ａ又は側壁部２ｂの内面に密着し、長手方向に屈曲部６Ａおよび穴部６４と隣接して又は離隔して配置される。これにより、衝突荷重Ｆの入力により、屈曲部６Ａにおいて中空部材１０をより確実に屈曲させることができる。

[0286] 曲げ誘起部の組み合わせは図７５に示した例に限られず、上記に示した曲げ誘起部の例を複数組み合わせることにより、曲げ誘起部における中空部材１０の屈曲をより確実に生じさせることができる。例えば、上述した屈曲部、凹部、凸部、穴部、板厚変化部、薄肉部、異強度部および強度変化部の少なくとも２つ以上の組み合わせにより、曲げ誘起部が実現されてもよい。特に、曲げ誘起部のうち、形状変化部と全塑性モーメント変化部の組み合わせは、小さな形状変化部を機能させ、所望の方向に中空部材１０を曲げるために有用である。

[0287] なお、図４２、図４９、図５８、図６９、図７５に示したレインフォースメント４の設置位置は、曲げ誘起部の内側のみであるが、本発明はかかる例

に限定されない。少なくとも曲げ誘起部の内側に設けられていれば、レインフォースメント4の長手方向の長さおよび設置位置は特に限定されない。フレーム1に要求される衝突安全性能および重量等に応じて、レインフォースメント4のサイズ、材質および設置位置は適宜調整される。

[0288] (曲げ誘起部の他の例)

また、中空部材10に効果的な曲げ誘起部が設けられない場合であっても、レインフォースメント4に屈曲部、凹部、凸部、穴部、板厚変化部、薄肉部、異強度部および強度変化部が設けられれば、レインフォースメント4の屈曲部、凹部、凸部、穴部、板厚変化部、薄肉部、異強度部および強度変化部が曲げ誘起部になる。しかしながら、レインフォースメント4に曲げ誘起部が設けられても、中空部材10の曲げ誘起部に比べ、同じ条件であれば、曲げ誘起部としての効果は得られにくい。なぜなら、レインフォースメント4は中空部材10の内部にあるため、曲げ変形挙動への影響が小さいからである。

[0289] 故に、中空部材10に設けられた曲げ誘起部が主要な曲げ誘起部として扱われる。また、中空部材10に曲げ誘起部が設けられず、レインフォースメント4に凹部、凸部、穴部、板厚変化部、薄肉部、異強度部および強度変化部があれば、それらが曲げ誘起部とみなされる。

[0290] この場合、例えば、屈曲部については、中空部材10とレインフォースメント4とを合わせた断面（すなわち、充填部材5を除くフレーム1の断面）の重心により形成される長手方向に沿った重心の軌跡の曲率半径が260mm以下である部分が、曲げ誘起部となる屈曲部とみなされる。

[0291] さらに、レインフォースメント4に上述したような構成に基づく曲げ誘起部が設けられていない場合であっても、レインフォースメント4の端部が曲げ誘起部になることもある。なぜなら、フレーム1の長手方向において、レインフォースメント4の有無により全塑性モーメントが変化するからである。図78は、一実施形態に係る中空部材10の内側にレインフォースメント4を長手方向に離間して並設した構成例を示すフレーム1の断面図である。

例えば、図 7 8 に示すように、レインフォースメント 4 を長手方向に離間して配置した場合、部材の長手方向にレインフォースメント 4 の端部と隣接して又は離隔して充填部材 5 を配置すれば、部材の変形を確実に生じさせつつ、変形度合いを緩和することができる。このように、充填部材 5 を除くフレーム 1 の全塑性モーメントが長手方向で変化する部分が、曲げ誘起部とみなされる。

[0292] ここで、全塑性モーメント変化部が曲げ誘起部として機能するための条件について説明する。全塑性モーメント変化部が曲げ誘起部として機能するとは、全塑性モーメント変化部において曲げ変形が誘起されることを指す。全塑性モーメント変化部における変化前後の全塑性モーメントの値のうち、小さい方の値を、大きい方の値で除算することにより算出される値を、全塑性モーメント変化部の全塑性モーメント変化比率とする。全塑性モーメント変化部が曲げ誘起部として機能するためには、全塑性モーメント変化部の全塑性モーメント変化比率が 0.9 以下であることが好ましい。一方で、中空部材 10 に曲げ誘起部として機能させない全塑性モーメント変化部を設ける場合には、かかる全塑性モーメント変化部の全塑性モーメント変化比率を、0.9 を超える値にすることが好ましく、さらには 0.95 以上にするのが好ましい。中空部材 10 に設けられる、曲げ誘起部として機能させない全塑性モーメント変化部としては、例えば、第 4 の実施形態において充填部材 5 が貫通する、底壁部 2 a の壁穴 2 1、天壁部 3 a の壁穴 3 1 及びレインフォースメント 4 の穴 4 1 が挙げられる。すなわち、第 4 の実施形態において充填部材 5 が貫通する、底壁部 2 a の壁穴 2 1、天壁部 3 a の壁穴 3 1 及びレインフォースメント 4 の穴 4 1 は、曲げ誘起部ではない。

[0293] 以上の様に、長手方向の曲げ誘起部を特定できる。更に、長手方向の曲げ誘起部の中で、長手方向に垂直な断面内で曲げ誘起部を定義する必要があるれば、次のようにみなす。曲げ誘起部が形状変化部である場合、形状変化部が断面内の曲げ誘起部である。曲げ誘起部が屈曲部である場合、重心から長手方向に沿った重心の軌跡の湾曲の中心に向かう方向が、中空部材 10 が曲が

る方向である。中空部材 10 の断面の外周部のうち、重心と重心の軌跡の湾曲の中心とを結ぶ線と交わる箇所を、断面内の曲げ誘起部とみなす。

[0294] << 7. 中空部材の閉断面の形状の例 >>

中空部材 10 の有する閉断面の形状の例について説明する。図 79 は、本発明の他の実施形態に係る中空部材 10 の第 1 の例の長手方向に直交する断面を示す断面図である。図 79 に示すように、中空部材 10 の閉断面は、X 軸について対称な略六角形の形状を有する。このうち、第 1 の構造部材 2 の X 軸方向に略直交する部分において、4 つの頂点 2 d、2 d、2 f、2 f が存在する。ここで、頂点 2 d の内角 $\text{ang } 1$ が頂点 2 f の内角 $\text{ang } 2$ より小さい場合、頂点 2 d が稜線部 2 d として定義される。すなわち、頂点 2 f、2 f を含む、一对の稜線部 2 d に挟まれる部分が、底壁部 2 a と定義される。

[0295] 図 80 は、本発明の他の実施形態に係る中空部材 10 の第 2 の例の長手方向に直交する断面を示す断面図である。図 80 に示すように、第 1 の構造部材 2 および第 2 の構造部材 30 は、ハット型の断面形状を有する。すなわち、中空部材 10 は、ハット型の断面形状を有する 2 つの構造部材により形成される。この場合、第 1 の構造部材 2 の側壁部 2 b および第 2 の構造部材 30 の側壁部 30 b は、第 1 の構造部材 2 の稜線部 2 e と第 2 の構造部材 30 の稜線部 30 e とを介して、連続した一つの側壁部（連続側壁部）として定義される。すなわち、中空部材 10 の閉断面は、底壁部 2 a と、一对の連続側壁部と、底壁部 30 a（天壁部に相当）により形成される。

[0296] また、中空部材 10、および中空部材 10 の有する閉断面の形状は、図 3、図 79 および図 80 に示した例に限定されない。中空部材 10 の有する閉断面の形状が略多角形であり、当該閉断面を形成する底壁部、一对の側壁部および天壁部に相当する部分が定義できれば、本発明に係る技術は中空部材 10 に対して適用可能である。例えば、中空部材は、U 字形の断面形状を有する 2 つの構造部材を、開口部分が対向するように重ねあわせることにより得られる閉断面を有する中空部材であってもよい。また、中空部材は、円管

に対してハイドロフォーミングまたは曲げ加工等を行うことにより形成される中空部材であってもよい。

[0297] また、中空部材 10 の有する閉断面の形状が略多角形以外の任意の形状であっても、本発明に係る技術は中空部材 10 に対して適用可能である。図 8 1 は、本発明の他の実施形態に係る中空部材 10 の第 3 の例の長手方向に直交する断面を示す断面図である。図 8 1 に示すように、中空部材 10 は、円形の断面形状を有する第 3 の構造部材 9 により形成される。中空部材 10 は、長手方向に延びる円管である。

[0298] 第 3 の構造部材 9 は、第 1 の金属板の一例である。第 3 の構造部材 9 は、例えば鋼板等の金属板により形成される。第 3 の構造部材 9 の強度は特に限定されない。ただし、軽量化により低減し得るフレームの全体的な強度を補うために、第 3 の構造部材 9 の引張強度は 780 MPa 以上であることが好ましい。また、第 3 の構造部材 9 の引張強度は 980 MPa 以上であることがさらに好ましい。

[0299] なお、図 8 1 では、ひとつの構造部材により中空部材 10 が形成される例を示したが、2 以上の構造部材が互いに接合されることで中空部材 10 が形成されてもよい。また、中空部材 10 の断面形状は、真円であってもよいし、楕円であってもよい。

[0300] << 8. 充填部材の配置範囲 >>

第 1 ～ 第 4 の実施形態において説明したように、充填部材 5 は、樹脂材の一例であり、フレーム 1 に密着し、長手方向に曲げ誘起部の周辺の箇所に配置される。それに加え、充填部材 5 は長手方向で曲げ誘起部と重複する箇所にも配置されてもよいが、長手方向で曲げ誘起部と重複する領域には充填部材 5 が配置されない箇所、あるいは長さ当たりの配置される充填部材 5 の量（体積）が曲げ誘起部の周辺に比べ少ない箇所がある。以下では、曲げ誘起部と充填部材 5 の配置範囲の具体例について説明する。

[0301] ・ 第 1 の観点

まず、図 8 2 ～ 図 9 4 を参照して、フレーム 1（中空部材 10）を Z 軸方

向から見たときの充填部材 5 の配置範囲について説明する。なお、以下の説明では、フレーム 1 の長手方向（Y 軸方向）を「長手方向 Y」と称し、フレーム 1 の高さ方向（X 軸方向）を「高さ方向 X」と称し、フレーム 1 の幅方向（Z 軸方向）を「幅方向 Z」と称する場合もある。

[0302] （屈曲部の具体例 1）

図 8 2 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（屈曲部）と充填部材 5 の具体例を示す。図 8 2 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2 a に、曲げ誘起部として、湾曲状の屈曲部 6 a が設けられている。この屈曲部 6 a は、フレーム 1 の底壁部 2 a が長手方向 Y に沿って曲線状に湾曲した領域であり、当該屈曲部 6 a の位置でフレーム 1 の曲げ変形が誘起される。

[0303] 充填部材 5（5 A、5 B）は、底壁部 2 a の内面に密着し、屈曲部 6 a と隣接して又は離隔して配置される。充填部材 5 A および 5 B は、屈曲部 6 a の長手方向 Y の両端部 6 a_{E1}、6 a_{E2} から長手方向 Y の両側に間隔 L_P を空けて配置される。また、充填部材 5 A および 5 B は、屈曲部 6 a の長手方向 Y の両側に、屈曲部 6 a の両端部 6 a_{E1}、6 a_{E2} からの長手方向 Y の距離が間隔 L_P（下限距離）から上限距離 L_Q までである領域を覆うように配置される。なお、間隔 L_P は、屈曲部 6 a から外側に向かう方向の距離を正の値として表し、屈曲部 6 a の内側に向かう方向の距離を負の値として表す。図 8 2 に示すように、一側の間隔 L_P は、充填部材 5 A の長手方向 Y に屈曲部 6 a に近い方の端部 5 A_{E2} と、屈曲部 6 a の長手方向 Y に充填部材 5 A に近い方の端部 6 a_{E1} との間の、長手方向 Y の距離に相当する。同様に、他側の間隔 L_P は、充填部材 5 B の長手方向 Y に屈曲部 6 a に近い方の端部 5 B_{E1} と、屈曲部 6 a の長手方向 Y に充填部材 5 B に近い方の端部 6 a_{E2} との間の、長手方向 Y の距離に相当する。図 8 2 に示す例では、両側の間隔 L_P、L_P は同一であるが、いずれか一方の間隔 L_P が他方の間隔 L_P より長くてもよい。また、図 8 2 に示すように、一側の上限距離 L_Q は、充填部材 5 A の長手方向 Y に屈曲部 6 a から遠い方の端部 5 A_{E1} と、屈曲部 6 a の長手方向 Y に充填部材 5 A に近い方の端部 6 a_{E1} との間の、長手方向 Y の距離に相当する。同様に、他

側の上限距離 L_Q は、充填部材5 Bの長手方向Yに屈曲部6 aから遠い方の端部 $5 B_{E2}$ と、屈曲部6 aの長手方向Yに充填部材5 Bに近い方の端部 $6 a_{E2}$ との間の、長手方向Yの距離に相当する。図82に示す例では、両側の上限距離 L_Q 、 L_Q は同一であるが、いずれか一方の上限距離 L_Q が他方の上限距離 L_Q より長くてもよい。

[0304] 充填部材5 (5 A、5 B) は、屈曲部6 aと隣接して又は離隔して配置されるのみであれば、長手方向Yの屈曲部6 aと充填部材5 との間の間隔 L_P は、少なくとも0以上である。つまり、 $L_P \geq 0$ である。充填部材5 が屈曲部6 aと隣接して配置されるとは、 L_P が0であること ($L_P = 0$) を指す。充填部材5 が屈曲部6 aと離隔して配置されるとは、 L_P が0を超えること ($L_P > 0$) を指す。これらの場合、長手方向において、屈曲部6 aに近い方の充填部材5 の端部 ($5 A_{E2}$ 及び $5 B_{E1}$) は、屈曲部6 aの外側に配置される。しかし、充填部材5 が配置される領域が屈曲部6 a領域と重複していたとしても、充填部材5 のフレーム1の変形を抑制する機能が損なわれるわけではない。従って、屈曲部6 aにも充填部材5 が配置されることは許容できる。すなわち、 L_P が0未満となることは許容できる ($L_P < 0$)。この場合、長手方向において、屈曲部6 aに近い方の充填部材5 の端部 ($5 A_{E2}$ 及び $5 B_{E1}$) は、屈曲部6 aと重複する。しかし、フレーム1の長手方向で屈曲部6 a全ての領域に屈曲部6 aの周辺と同様に充填部材5 を配置してしまうと屈曲部6 aが曲がらない、すなわち屈曲部6 aが曲げ誘起部として機能しないことがある。これを避けるため、屈曲部6 aには充填部材5 を配置しない、あるいは長手方向の長さ当たりの配置される充填部材5 の量が周囲より狭い領域を設けることが必要である。これにより、屈曲部6 aにおけるフレーム1の面外変形に対する抵抗は低いままとなり、その結果、屈曲部6 aにおけるフレーム1の曲げこわさは低いままとなる。よって、フレーム1に衝突荷重が入力された場合に、屈曲部6 aにおいて曲げ変形を確実に生じさせることができる。

[0305] 長手方向Yの屈曲部6 a (曲げ誘起部) と充填部材5 との間の間隔 L_P は、

フレーム 1（中空部材 10）の断面高さ H の $6/5$ 未満であることが好ましく、さらには $2/5$ 以下であることが好ましい。つまり、 $L_p < 5H/6$ であることが好ましく、さらには $L_p \leq H/2$ であることが好ましい。フレーム 1 に対して荷重が入力された時に、屈曲部 6a の面外変形に伴い、長手方向 Y に屈曲部 6a と隣接する又は離隔する部分も面外変形する。 $L_p < 5H/6$ である場合、少なくとも面外変形する部分に、充填部材 5 を配置することができる。さらに、 $L_p \leq H/2$ である場合、相対的に大きく面外変形する部分に、充填部材 5 を配置することができる。そして、面外変形する部分に充填部材 5 を配置することで、充填部材 5 は、かかる面外変形に対する抵抗を高めることができる。これにより、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高めることができる。とりわけ、 $L_p \leq H/2$ である場合には、相対的に大きく面外変形する部分において面外変形に対する抵抗を高めることができるので、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を特に高めることができる。また、エネルギー吸収特性を向上させ得る部分に充填部材 5 を配置することができるので、充填部材 5 の配置に伴うフレーム 1 の不必要な重量増加を抑制できる。

[0306] 同様の理由から、充填部材 5 における屈曲部 6a（曲げ誘起部）から長手方向 Y に遠い方の端部から屈曲部 6a の端部までの長手方向 Y の距離が、フレーム 1（中空部材 10）の断面高さ H の $6/5$ 以下となる範囲内で、充填部材 5 が配置されることが好ましい。つまり、 $L_q \leq 5H/6$ であることが好ましい。これにより、フレーム 1 に対して荷重が入力された時に、屈曲部 6a の面外変形に伴い面外変形する、屈曲部 6a と隣接する又は離隔する部分に限定して、充填部材 5 を配置することが可能となる。よって、充填部材 5 を無駄に配置しなくてすむので、充填部材 5 の配置に伴うフレーム 1 の不必要な重量増加を抑制できる。

[0307] （屈曲部の具体例 2）

図 83 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（屈曲部）と充填部材 5 の別の具体例を示す。図 83 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2a に、曲げ

誘起部として、角型の屈曲部 6 b が設けられている。この屈曲部 6 b は、フレーム 1 が所定位置で角型に折れ曲がった部分である。屈曲部 6 b の長手方向 Y の両側の底壁部 2 a は平面状であり、これら平面状の底壁部 2 a が角度を成して交わる稜線部分が屈曲部 6 b を構成する。当該屈曲部 6 b の折れ曲がり位置でフレーム 1 の曲げ変形が誘起される。

[0308] 充填部材 5 (5 A、5 B) は、底壁部 2 a の内面に密着し、屈曲部 6 b と離隔して配置される。あるいは、長手方向の長さ当たりの屈曲部 6 b 上に配置される充填部材 5 の量は屈曲部 6 b の周辺に配置される充填部材 5 より少ない。具体的には、屈曲部 6 b 上に配置される充填部材 5 の厚さは屈曲部 6 b の周辺に配置される充填部材 5 の厚さより薄い。ここでの厚さとは、中空部材 10 の軸方向に直交する方向の厚さであり、具体的には、X 軸方向の厚さであってもよいし、Z 軸方向の厚さであってもよい。充填部材 5 A、5 B は、屈曲部 6 b から長手方向 Y の両側に、間隔 L_p を空けて、且つ屈曲部 6 b からの長手方向 Y の距離が間隔 L_p (下限距離) から上限距離 L_q までである領域を覆うように配置される。屈曲部 6 b とその周辺に配置される充填部材 5 の厚さが均一な場合、間隔 $L_p = 0$ を許容しない。間隔 $L_p = 0$ だと屈曲部 6 b の曲げ誘起部としての機能に支障をきたしてしまうからである。間隔 L_p の値は、屈曲部 6 b の曲げ誘起部としての機能を損なわないよう選択される必要がある。あるいは、屈曲部 6 b 上の充填部材 5 の厚さは、屈曲部 6 b の曲げ誘起部としての機能を損なわないよう選択される必要がある。図 8 3 に示すように、一側の間隔 L_p は、充填部材 5 A の長手方向 Y に屈曲部 6 b に近い方の端部 $5A_{E2}$ と、屈曲部 6 b との間の、長手方向 Y の距離に相当する。同様に、他側の間隔 L_p は、充填部材 5 B の長手方向 Y に屈曲部 6 b に近い方の端部 $5B_{E1}$ と、屈曲部 6 a との間の、長手方向 Y の距離に相当する。図 8 3 に示す例では、両側の間隔 L_p 、 L_p は同一であるが、いずれか一方の間隔 L_p が他方の間隔 L_p より長くてよい。また、図 8 3 に示すように、一側の上限距離 L_q は、充填部材 5 A の長手方向 Y に屈曲部 6 b から遠い方の端部 $5A_{E1}$ と、屈曲部 6 b との間の、長手方向 Y の距離に相当する。同様に、他側

の上限距離 L_Q は、充填部材5Bの長手方向Yに屈曲部6bから遠い方の端部 $5B_{E2}$ と、屈曲部6bとの間の、長手方向Yの距離に相当する。図83に示す例では、両側の上限距離 L_Q 、 L_Q は同一であるが、いずれか一方の上限距離 L_Q が他方の上限距離 L_Q より長くてよい。

[0309] そして、長手方向Yの屈曲部6b（曲げ誘起部）と充填部材5との間の間隔 L_P は、フレーム1（中空部材10）の断面高さHの6分の5未満であることが好ましく（つまり、 $L_P < 5H/6$ ）、さらには2分の1以下であることが好ましい（つまり、 $L_P \leq H/2$ ）。また、充填部材5における屈曲部6bから長手方向Yに遠い方の端部から屈曲部6bまでの長手方向Yの距離が、フレーム1（中空部材10）の断面高さHの6分の5以下となる範囲内で、充填部材5が配置されることが好ましい（つまり、 $L_Q \leq 5H/6$ ）。これにより、図83に示す屈曲部6bの例でも、上記図82の例の屈曲部6aの場合と同様な効果が得られる。

[0310] ここで、図84および図85を参照して、中空部材10の断面高さHについて説明する。

[0311] 図84は、中空部材10の一例を示す断面図であり、当該中空部材10の長手方向Xに直交する断面を示している。図84に示すように、中空部材10は、ハット型の断面形状を有する第1の構造部材2と、平板状の第2の構造部材3とからなる。第1の構造部材2は、底壁部2aと、底壁部2aの幅方向Zの両側に設けられる一対の側壁部2b、2bと、側壁部2b、2bの端部にそれぞれ設けられる一対のフランジ部2c、2cと、稜線部2d、2d、2e、2eとを有する。一対の側壁部2b、2bの長さは、互いに等しい。第2の構造部材3は、上記底壁部2aに対向して配置される天壁部3aと、上記フランジ部2c、2cに対して接合される一対の接合部3c、3cとを有する。

[0312] ここで、中空部材10の断面高さHとは、中空部材10の長手方向Yに直交する断面において、中空部材10の高さ方向Xの最大長である。即ち、断面高さHとは、中空部材10の曲げ変形時に内側となる面（曲げ内側面）と

、当該面に対向する面（曲げ外側面）との間の距離のうち、最大の距離をいう。図 8 4 に示す中空部材 1 0 の例においては、天壁部 3 a が曲げ内側面に相当し、底壁部 2 a が曲げ外側面に相当する。そして、天壁部 3 a と底壁部 2 a は相互に対向し、かつ相互に平行である。したがって、図 8 4 の例の中空部材 1 0 の断面高さ H は、天壁部 3 a の外壁面と、天壁部 3 a に対向する底壁部 2 a の外壁面との間の高さ方向 X の距離である。

[0313] 図 8 5 は、中空部材 1 0 の別の例を示す断面図であり、当該中空部材 1 0 の長手方向 X に直交する断面を示している。図 8 5 に示す中空部材 1 0 の例においても、上記図 8 4 の例と同様に、天壁部 3 a が曲げ内側面に相当し、底壁部 2 a が曲げ外側面に相当する。一方、図 8 5 に示す中空部材 1 0 の例においては、第 1 の構造部材 2 の底壁部 2 a と第 2 の構造部材 3 の天壁部 3 a は、相互に平行ではなく、相互に交差する方向に配置されている。したがって、図 8 5 の例の中空部材 1 0 の断面高さ H は、天壁部 3 a の外壁面と底壁部 2 a の外壁面との間の高さ方向 X の距離のうち最大の距離、即ち、天壁部 3 a の外壁面と、稜線部 2 d の位置における底壁部 2 a の外壁面との間の距離である。

[0314] （穴部の具体例）

図 8 6 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材 5 の具体例を示す。図 8 6 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2 a に、曲げ誘起部として、穴部 6 0 が設けられている。この穴部 6 0 は、フレーム 1 の底壁部 2 a に貫通形成された開口である。Y Z 平面視において、穴部 6 0 の形状は、例えば、幅方向 Z に延びる縦長の長方形が好適であるが、その他にも、矩形状、多角形状、円形状、楕円形状など任意の形状であってもよい。当該穴部 6 0 でフレーム 1 の曲げ変形が誘起される。

[0315] 図 8 6 に示すように、充填部材 5（5 A、5 B）は、底壁部 2 a の内面に密着し、穴部 6 0 と隣接して又は離隔して配置される。即ち、長手方向において、屈曲部 6 a に近い方の充填部材 5 A 及び 5 B の端部 5 A_{E2} 及び 5 B_{E1} は、穴部 6 0 の外側に配置される。充填部材 5 A および 5 B は、長手方向 Y

の穴部 60 の両端部 60_{E1} 、 60_{E2} から長手方向 Y の両側に間隔 L_P を空けて、且つ穴部 60 の両端部 60_{E1} 、 60_{E2} からの長手方向 Y の距離が間隔 L_P （下限距離）から上限距離 L_Q までである領域を覆うように配置される。間隔 L_P 、 L_P はそれぞれ、充填部材 5 A 又は 5 B の長手方向 Y に穴部 60 に近い方の端部 $5A_{E2}$ 又は $5B_{E1}$ と、穴部 60 の長手方向 Y に充填部材 5 A 又は 5 B に近い方の端部 60_{E1} 又は 60_{E2} との間の、長手方向 Y の距離に相当する。図 86 より Z 方向手前と奥に位置する穴の縁に沿って充填部材 5 を配置してもよい。すなわち間隔 L_P が 0 未満でもよい。また、充填部材 5 が一体となってもよい。但し、長手方向で穴部 60 と重複する領域に配置される長さ当たりの充填部材 5 の量は、長手方向で穴部 60 の周辺に配置される長さ当たりの充填部材 5 の量より少ないことは必要である。前述したように、両側の間隔 L_P 、 L_P は同一であってもよいし、いずれか一方の間隔 L_P が他方の間隔 L_P より長くてよい。上限距離 L_Q 、 L_Q はそれぞれ、充填部材 5 A 又は 5 B の長手方向 Y に穴部 60 から遠い方の端部 $5A_{E1}$ 又は $5B_{E2}$ と、穴部 60 の長手方向 Y に充填部材 5 A 又は 5 B に近い方の端部 60_{E1} 又は 60_{E2} との間の、長手方向 Y の距離に相当する。前述したように、両側の上限距離 L_Q 、 L_Q は同一であってもよいし、いずれか一方の上限距離 L_Q が他方の上限距離 L_Q より長くてよい。また、上記と同様に、 $L_P < 5H/6$ 又は $L_P \leq H/2$ であり、 $L_Q \leq 5H/6$ となる範囲内で、充填部材 5 が配置されることが好ましい。これにより、図 86 に示す穴部 60 の例でも、上記図 82 の例の屈曲部 6a の場合と同様な効果が得られる。

[0316] 前述のように、充填部材 5 は、穴部 60 と重複して配置されてもよい。その場合の一例を、図 87～図 90 を参照して説明する。

[0317] 図 87 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材 5 の具体例を示す。図 87 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2a に、曲げ誘起部として、穴部 60 が設けられている。充填部材 5（5A 及び 5B）は、底壁部 2a 及び天壁部 3a の内面に密着し、穴部 60 の長手方向の両側の周辺部分に配置されている。 L_P 及び L_Q の定義は、図 86 と同様である。充填部材

5は、穴部60と長手方向に重複する範囲にも配置されている。詳しくは、穴部60に近い方の充填部材5Aの端部 $5A_{E2}$ は、穴部60の端部 60_{E1} より内側に配置されており、穴部60と重複している。また、穴部60に近い方の充填部材5Bの端部 $5B_{E1}$ は、穴部60の端部 60_{E2} より内側に配置されており、穴部60と重複している。即ち、 $L_P < 0$ である。ただし、図87に示すように、充填部材5Aと充填部材5Bとは離隔して配置されており、長手方向に穴部60と重複する範囲に、充填部材5が配置されない空洞72がある。長手方向における穴部60の外側の空間であって充填部材5が配置される空間71A及び71Bを、外側空間71A及び71Bとする。長手方向における穴部60の内側の空間70を、内側空間70とする。外側空間71A及び71Bは充填部材5A及び5Bにより占められており、内側空間70は充填部材5が充填されない空洞72を少なくとも有する。このため、外側空間71A及び71Bの長手方向の長さ当たりの充填部材5の量（体積）は、内側空間70の長手方向の長さ当たりの充填部材5の量より大きい。

[0318] 図88は、フレーム1に設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材5の具体例を示す。図88に示すように、フレーム1の底壁部2aに、曲げ誘起部として、穴部60が設けられている。充填部材5は、底壁部2a及び天壁部3aの内面に密着し、穴部60の長手方向の両側の周辺部分に配置されており、穴部60の長手方向の両側に端部 5_{E1} 及び 5_{E2} を有する。上限距離 L_Q 、 L_Q はそれぞれ、充填部材5の長手方向Yの端部 5_{E1} 又は 5_{E2} と、穴部60の長手方向Yの端部 60_{E1} 又は 60_{E2} との間の、長手方向Yの距離に相当する。充填部材5は、一体に成形される。充填部材5は、穴部60の長手方向の両側の周辺部分において底壁部2a及び天壁部3aの内面に密着する周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} 、並びに周辺部分 5_{P1} と周辺部分 5_{P2} とを接続する接続部分 5_{P3} を含む。充填部材5の接続部分 5_{P3} は、穴部60と長手方向に重複する範囲に配置される。接続部分 5_{P3} のX軸方向の厚さは、周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} のX軸方向の厚さより薄い。その結果、穴部60と長手方向に重複する範囲において、充填部材5が配置されない空洞72が形成される。空洞72の長

手方向の端部 72_{E1} 及び 72_{E2} は、穴部60の端部 60_{E1} 及び 60_{E2} より外側に位置している。なお、空洞72の長手方向の端部 72_{E1} 及び 72_{E2} は、穴部60の端部 60_{E1} 及び 60_{E2} より内側に位置していてもよい。長手方向における穴部60の外側の空間であって充填部材5が配置される空間71A及び71Bを、外側空間71A及び71Bとする。長手方向における穴部60の内側の空間70を、内側空間70とする。外側空間71A及び71Bは、充填部材5が密に充填される周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} を少なくとも有し、内側空間70は充填部材5が充填されない空洞72を少なくとも有する。このため、外側空間71A及び71Bの長手方向の長さ当たりの充填部材5の量（体積）は、内側空間70の長手方向の長さ当たりの充填部材5の量より大きい。

[0319] 図89は、フレーム1に設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材5の具体例を示す。図89に示すように、フレーム1の底壁部2aに、曲げ誘起部として、穴部60が設けられている。充填部材5は、底壁部2a及び天壁部3aの内面に密着し、穴部60の長手方向の両側の周辺部分に配置されており、穴部60の長手方向の両側に端部 5_{E1} 及び 5_{E2} を有する。上限距離 L_Q 、 L_Q はそれぞれ、充填部材5の長手方向Yの端部 5_{E1} 又は 5_{E2} と、穴部60の長手方向Yの端部 60_{E1} 又は 60_{E2} との間の、長手方向Yの距離に相当する。充填部材5は、一体に成形される。充填部材5は、穴部60の長手方向の両側の周辺部分でXZ平面の全域に充填される周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} 、並びにXZ平面の一部に充填され、周辺部分 5_{P1} と周辺部分 5_{P2} とを接続する接続部分 5_{P3} を含む。充填部材5の接続部分 5_{P3} は、穴部60と長手方向に重複する範囲に配置される。接続部分 5_{P3} のZ軸方向の厚さは、周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} のZ軸方向の厚さより薄い。その結果、穴部60と長手方向に重複する部分において、充填部材5が配置されない空洞72が形成される。空洞72の長手方向の端部 72_{E1} 及び 72_{E2} は、穴部60の端部 60_{E1} 及び 60_{E2} より外側に位置している。なお、空洞72の長手方向の端部 72_{E1} 及び 72_{E2} は、穴部60の端部 60_{E1} 及び 60_{E2} より内側に位置していてもよい。

図 89 を参照すると、周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} は端面が図示されている一方で、接続部分 5_{P3} は Z 軸方向奥側（マイナス側）の背景として図示されている。このことは、周辺部分 5_{P1} 、 5_{P2} 及び接続部分 5_{P3} により囲われた空洞 72 が形成されていることを示している。長手方向における穴部 60 の外側の空間であって充填部材 5 が配置される空間 71A 及び 71B を、外側空間 71A 及び 71B とする。長手方向における穴部 60 の内側の空間 70 を、内側空間 70 とする。外側空間 71A 及び 71B は、充填部材 5 が密に充填される周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} を少なくとも有し、内側空間 70 は充填部材 5 が充填されない空洞 72 を少なくとも有する。このため、外側空間 71A 及び 71B の長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量（体積）は、内側空間 70 の長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量より大きい。

[0320] 図 90 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（穴部）と充填部材 5 の具体例を示す。図 90 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2a に円形の穴部 60a が設けられている。充填部材 5 は、フレーム 1 の内側に、穴部 60a を除いて穴部 60a の周辺を覆うように配置されている。充填部材 5 は、一体に成形される。充填部材 5 は、穴部 60 の長手方向の両側の周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} 、並びに周辺部分 5_{P1} と周辺部分 5_{P2} とを接続する接続部分 5_{P3} を含む。充填部材 5 の接続部分 5_{P3} は、穴部 60 と長手方向に重複する範囲に配置される。充填部材 5 の接続部分 5_{P3} は、YZ 平面において穴部 60a と重複する範囲を除いて配置される。かかる範囲を除き、充填部材 5 の X 軸方向の厚さは一様である。このため、充填部材 5 の周辺部分 5_{P1} 及び 5_{P2} の長手方向の長さ当たりの量（体積）は、充填部材 5 の接続部分 5_{P3} の長手方向の長さ当たりの量より大きい。

[0321] 図 87 ～図 90 を参照して上記説明した例では、次の点が共通している。第 1 に、充填部材 5 は、曲げ誘起部の長手方向の両側の周辺部分に配置される。第 2 に、充填部材 5 は、曲げ誘起部と長手方向に重複する範囲にも配置される。第 3 に、長手方向における曲げ誘起部の外側空間であって充填部材 5 が配置される外側空間の長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量（体積）

は、長手方向における曲げ誘起部の内側空間の長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量より大きい。かかる構成によれば、充填部材 5 が曲げ誘起部と重複して配置される場合であっても、少なくとも長手方向に曲げ誘起部と重複する領域における長手方向の長さ当たりの充填部材 5 の量が、曲げ誘起部の周辺に比べ小さくなる。このため、曲げ誘起部での曲げの発生が阻害されず、曲げ誘起部で曲げ変形を誘起させることができる。

[0322] (凹部の具体例)

図 9 1 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（凹部）と充填部材 5 の具体例を示す。図 9 1 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2 a に、曲げ誘起部として、凹部 6 1 が設けられている。この凹部 6 1 は、フレーム 1 の底壁部 2 a の一部が内側に向けて陥没形成された部分である。YZ 平面視において、凹部 6 1 の形状は、例えば、幅方向 Z に延びる縦長の長方形が好適であるが、その他にも、矩形状、多角形状、円形状、楕円形状など任意の形状であってもよい。当該凹部 6 1 でフレーム 1 の曲げ変形が誘起される。

[0323] 図 9 1 に示すように、充填部材 5（5 A、5 B）は、底壁部 2 a の内面に密着し、凹部 6 1 と隣接して又は離隔して配置される。即ち、長手方向において、凹部 6 1 に近い方の充填部材 5 A 及び 5 B の端部 $5 A_{E2}$ 及び $5 B_{E1}$ は、凹部 6 1 の外側に配置される。充填部材 5 A および 5 B は、長手方向 Y の凹部 6 1 の両端部 $6 1_{E1}$ 、 $6 1_{E2}$ から長手方向 Y の両側に間隔 L_P を空けて、且つ凹部 6 1 の両端部 $6 1_{E1}$ 、 $6 1_{E2}$ からの長手方向 Y の距離が間隔 L_P （下限距離）から上限距離 L_Q までである領域を覆うように配置される。間隔 L_P 、 L_P はそれぞれ、充填部材 5 A 又は 5 B の長手方向 Y に凹部 6 1 に近い方の端部 $5 A_{E2}$ 又は $5 B_{E1}$ と、凹部 6 1 の長手方向 Y に充填部材 5 A 又は 5 B に近い方の端部 $6 1_{E1}$ 又は $6 1_{E2}$ との間の、長手方向 Y の距離に相当する。凹部 6 1 にも充填部材 5 を配置してもよい。すなわち間隔 L_P が 0 未満でもよい。但し、長手方向の長さ当たりの充填部材の量は、曲げ誘起部である凹部 6 1 と重複する領域の方が、長手方向で凹部 6 1 と重複しない凹部 6 1 の周辺より少ない。前述したように、両側の間隔 L_P 、 L_P は同一であってもよいし

、いずれか一方の間隔 L_P が他方の間隔 L_P より長くてよい。上限距離 L_Q 、 L_Q はそれぞれ、充填部材5 A又は5 Bの長手方向Yに凹部6 1から遠い方の端部 $5 A_{E1}$ 又は $5 B_{E2}$ と、凹部6 1の長手方向Yに充填部材5 A又は5 Bに近い方の端部 $6 1_{E1}$ 又は $6 1_{E2}$ との間の、長手方向Yの距離に相当する。前述したように、両側の上限距離 L_Q 、 L_Q は同一であってもよいし、いずれか一方の上限距離 L_Q が他方の上限距離 L_Q より長くてよい。また、上記と同様に、 $L_P < 5H/6$ 又は $L_P \leq H/2$ であり、 $L_Q \leq 5H/6$ となる範囲内で、充填部材5が配置されることが好ましい。これにより、図9 1に示す凹部6 1の例でも、上記図8 2の例の屈曲部6 aの場合と同様な効果が得られる。

[0324] (凸部の具体例)

図9 2は、フレーム1に設けられた曲げ誘起部(凸部)と充填部材5の具体例を示す。図9 2に示すように、フレーム1の底壁部2 aに、曲げ誘起部として、凸部6 2が設けられている。この凸部6 2は、フレーム1の底壁部2 aの一部が外側に向けて突出形成された部分である。YZ平面視において、凸部6 2の形状は、例えば、幅方向Zに延びる縦長の長方形が好適であるが、その他にも、矩形状、多角形状、円形状、楕円形状など任意の形状であってもよい。当該凸部6 2でフレーム1の曲げ変形が誘起される。

[0325] 図9 2に示すように、充填部材5(5 A、5 B)は、底壁部2 aの内面に密着し、凸部6 2と隣接して又は離隔して配置される。即ち、長手方向において、凸部6 2に近い方の充填部材5 A及び5 Bの端部 $5 A_{E2}$ 及び $5 B_{E1}$ は、凸部6 2の外側に配置される。充填部材5 Aおよび5 Bは、長手方向Yの凸部6 2の両端部 $6 2_{E1}$ 、 $6 2_{E2}$ から長手方向Yの両側に間隔 L_P を空けて、且つ凸部6 2の両端部 $6 2_{E1}$ 、 $6 2_{E2}$ からの長手方向Yの距離が間隔 L_P (下限距離)から上限距離 L_Q までである領域を覆うように配置される。間隔 L_P 、 L_P はそれぞれ、充填部材5 A又は5 Bの長手方向Yに凸部6 2に近い方の端部 $5 A_{E2}$ 又は $5 B_{E1}$ と、凸部6 2の長手方向Yに充填部材5 A又は5 Bに近い方の端部 $6 2_{E1}$ 又は $6 2_{E2}$ との間の、長手方向Yの距離に相当する。凸

部 6 2 にも充填部材 5 を配置してもよい。すなわち間隔 L_P が 0 未満でもよい。但し、長手方向の長さ当たりの充填部材の量は、曲げ誘起部である凸部 6 2 と重複する領域の方が、長手方向で凸部 6 2 と重複しない凸部 6 2 の周辺より少ない。前述したように、両側の間隔 L_P 、 L_P は同一であってもよいし、いずれか一方の間隔 L_P が他方の間隔 L_P より長くてよい。上限距離 L_Q 、 L_Q はそれぞれ、充填部材 5 A 又は 5 B の長手方向 Y に凸部 6 2 から遠い方の端部 5 A_{E1} 又は 5 B_{E2} と、凸部 6 2 の長手方向 Y に充填部材 5 A 又は 5 B に近い方の端部 6 2_{E1} 又は 6 2_{E2} との間の、長手方向 Y の距離に相当する。前述したように、両側の上限距離 L_Q 、 L_Q は同一であってもよいし、いずれか一方の上限距離 L_Q が他方の上限距離 L_Q より長くてよい。また、上記と同様に、 $L_P < 5H/6$ 又は $L_P \leq H/2$ であり、 $L_Q \leq 5H/6$ となる範囲内で、充填部材 5 が配置されることが好ましい。これにより、図 9 2 に示す凸部 6 2 の例でも、上記図 8 2 の例の屈曲部 6 a の場合と同様な効果が得られる。

[0326] (板厚変化部・薄肉部の具体例)

図 9 3 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（板厚変化部）と充填部材 5 の具体例を示す。図 9 3 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2 a に、曲げ誘起部として、板厚変化部 1 1 3 が設けられている。この板厚変化部 1 1 3 は、鋼板の板厚が異なる第 1 板厚部 1 1 1 と第 2 板厚部 1 1 2 との境目の部分であり、例えば、幅方向 Z に直線状に設けられる。当該板厚変化部 1 1 3 でフレーム 1 の曲げ変形が誘起される。

[0327] 図 9 3 に示すように、充填部材 5 (5 A、5 B) は、底壁部 2 a の内面に密着し、板厚変化部 1 1 3 と隣接して又は離隔して配置される。即ち、長手方向において、板厚変化部 1 1 3 に近い方の充填部材 5 A 及び 5 B の端部 5 A_{E2} 及び 5 B_{E1} は、板厚変化部 1 1 3 の外側に配置される。充填部材 5 A および 5 B は、板厚変化部 1 1 3 の長手方向 Y の両側に間隔 L_P を空けて、且つ板厚変化部 1 1 3 からの長手方向 Y の距離が間隔 L_P (下限距離) から上限距離 L_Q までである領域を覆うように配置される。間隔 L_P 、 L_P はそれぞれ、充

充填部材 5 A 又は 5 B の長手方向 Y に板厚変化部 1 1 3 に近い方の端部 5 A_{E2} 又は 5 B_{E1} と、板厚変化部 1 1 3 との間の距離に相当する。この場合、間隔 $L_P = 0$ でもよい。但し、 $L_P = 0$ の場合、板厚変化部 1 1 3 の曲げ誘起部の機能に支障をきたさないよう、板厚変化部 1 1 3 上の充填部材 5 は板厚変化部 1 1 3 の周辺より薄くする、あるいは板厚変化部 1 1 3 上に配置する充填部材 5 の幅は板厚変化部 1 1 3 の周辺より狭くする必要がある。すなわち、長手方向で板厚変化部 1 1 3 と重複する領域に配置される長さ当たりの充填部材 5 の量は、長手方向で板厚変化部 1 1 3 の周辺に配置される長さ当たりの充填部材 5 の量より少ないことは必要である。前述したように、両側の間隔 L_P 、 L_P は同一であってもよいし、いずれか一方の間隔 L_P が他方の間隔 L_P より長くてもよい。上限距離 L_Q 、 L_Q はそれぞれ、充填部材 5 A 又は 5 B の長手方向 Y に板厚変化部 1 1 3 から遠い方の端部 5 A_{E1} 又は 5 B_{E2} と、板厚変化部 1 1 3 との間の、長手方向 Y の距離に相当する。前述したように、両側の上限距離 L_Q 、 L_Q は同一であってもよいし、いずれか一方の上限距離 L_Q が他方の上限距離 L_Q より長くてもよい。また、上記と同様に、 $L_P < 5H/6$ 又は $L_P \leq H/2$ であり、 $L_Q \leq 5H/6$ となる範囲内で、充填部材 5 が配置されることが好ましい。これにより、図 9 3 に示す板厚変化部 1 1 3 の例でも、上記図 8 2 の例の屈曲部 6 a の場合と同様な効果が得られる。

[0328] (異強度部・強度変化部の具体例)

図 9 4 は、フレーム 1 に設けられた曲げ誘起部（異強度部）と充填部材 5 の具体例を示す。図 9 4 に示すように、フレーム 1 の底壁部 2 a に、曲げ誘起部として、異強度部 6 3 が設けられている。この異強度部 6 3 は、フレーム 1 の底壁部 2 a の強度が部分的に低下した部分であり、例えば、幅方向 Z に延びる帯状に設けられる。当該異強度部 6 3 でフレーム 1 の曲げ変形が誘起される。

[0329] 図 9 4 に示すように、充填部材 5 (5 A、5 B) は、底壁部 2 a の内面に密着し、異強度部 6 3 と隣接して又は離隔して配置される。即ち、長手方向において、異強度部 6 3 に近い方の充填部材 5 A 及び 5 B の端部 5 A_{E2} 及び

5 B_{E1}は、異強度部63の外側に配置される。充填部材5 Aおよび5 Bは、異強度部63の長手方向Yの両側に間隔L_Pを空けて、且つ異強度部63からの長手方向Yの距離が間隔L_P（下限距離）から上限距離L_Qまでである領域を覆うように配置される。間隔L_P、L_Pはそれぞれ、充填部材5 A又は5 Bの長手方向Yに異強度部63に近い方の端部5 A_{E2}又は5 B_{E1}と、異強度部63の長手方向Yに充填部材5 A又は5 Bに近い方の端部63_{E1}又は63_{E2}との間の、長手方向Yの距離に相当する。異強度部63に充填部材5を配置してもよい。すなわち間隔L_Pが0未満でもよい。但し、長手方向で異強度部63と重複する領域に配置される長さ当たりの充填部材5の量は、長手方向で異強度部63の周辺に配置される長さ当たりの充填部材5の量より少ないことは必要である。前述したように、両側の間隔L_P、L_Pは同一であってもよいし、いずれか一方の間隔L_Pが他方の間隔L_Pより長くてよい。上限距離L_Q、L_Qはそれぞれ、充填部材5 A又は5 Bの長手方向Yに異強度部63から遠い方の端部5 A_{E1}又は5 B_{E2}と、異強度部63の長手方向Yに充填部材5 A又は5 Bに近い方の端部63_{E1}又は63_{E2}との間の、長手方向Yの距離に相当する。前述したように、両側の上限距離L_Q、L_Qは同一であってもよいし、いずれか一方の上限距離L_Qが他方の上限距離L_Qより長くてよい。また、上記と同様に、 $L_P < 5H/6$ 又は $L_P \leq H/2$ であり、 $L_Q \leq 5H/6$ となる範囲内で、充填部材5が配置されることが好ましい。これにより、図94に示す異強度部63の例でも、上記図82の例の屈曲部6aの場合と同様な効果が得られる。

[0330] 以上、第1の観点から、各々の曲げ誘起部の例における充填部材5の配置範囲について説明した。

[0331] 充填部材5は、少なくとも曲げ誘起部の周辺に配置される。更に、曲げ誘起部において充填部材5が配置されない領域、あるいは充填部材5の厚さが曲げ誘起部の周辺より薄い領域がある。すなわち、長手方向で曲げ誘起部と重複する領域に配置される長さ当たりの充填部材5の量は、長手方向で曲げ誘起部の周辺に配置される長さ当たりの充填部材5の量より少ない。これに

より、曲げ誘起部におけるフレーム 1 の面外変形に対する抵抗は低いままとなり、その結果、曲げ誘起部におけるフレーム 1 の曲げこわさは低いままとなる。よって、フレーム 1 に衝突荷重が入力された場合に、曲げ誘起部において曲げ変形を確実に生じさせることができる。

[0332] 長手方向 Y の曲げ誘起部と充填部材 5 との間の間隔 L_p は、フレーム 1（中空部材 10）の断面高さ H の 6 分の 5 未満であることが好ましく、さらには 2 分の 1 以下であることが好ましい。つまり、 $L_p < 5H/6$ であることが好ましく、さらには $L_p \leq H/2$ であることが好ましい。フレーム 1 に対して荷重が入力された時に、曲げ誘起部の面外変形に伴い、長手方向 Y に曲げ誘起部と隣接する又は離隔する部分も面外変形する。そして、面外変形する部分に充填部材 5 を配置することで、充填部材 5 は、かかる面外変形に対する抵抗を高めることができる。 $L_p < 5H/6$ である場合、少なくとも面外変形する部分に、充填部材 5 を配置することができるので、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を高めることができる。さらに、 $L_p \leq H/2$ である場合、相対的に大きく面外変形する部分に、充填部材 5 を配置することができるので、フレーム 1 の衝突エネルギーの吸収特性を特に高めることができる。また、エネルギー吸収特性を向上させ得る部分に充填部材 5 を配置することができるので、充填部材 5 の配置に伴うフレーム 1 の不必要な重量増加を抑制することができる。このように、 $L_p < 5H/6$ 、さらに好ましくは $L_p \leq H/2$ を満たすように充填部材 5 を配置することで、荷重入力時のエネルギー吸収量を高い質量効率で向上させることができる。

[0333] 加えて、充填部材 5 における曲げ誘起部から長手方向 Y に遠い方の端部から曲げ誘起部までの長手方向 Y の距離が、フレーム 1（中空部材 10）の断面高さ H の 6 分の 5 以下となる範囲内で、充填部材 5 が配置されることが好ましい。つまり、 $L_o \leq 5H/6$ であることが好ましい。これにより、フレーム 1 に対して荷重が入力された時に、屈曲部 6a の面外変形に伴い面外変形する、屈曲部 6a と隣接する又は離隔する部分に限定して、充填部材 5 を配置することが可能となる。よって、充填部材 5 を無駄に配置しなくてすむの

で、充填部材 5 の配置に伴うフレーム 1 の不必要な重量増加を抑制できる。このように、 $L_0 \leq 5H/6$ を満たすように、充填部材 5 を配置することで、荷重入力時のエネルギー吸収量を高い質量効率で向上させることができる。

[0334] ・第 2 の観点

続いて、図 9 5 ～図 9 8 を参照して、フレーム 1（中空部材 1 0）を Y 軸方向から見たときの充填部材 5 の配置範囲について説明する。なお、以下では一例として、中空部材 1 0 の断面形状が円形又は楕円である場合について説明する。図 9 5 ～図 9 8 はそれぞれ、Y 軸方向に直交する断面におけるフレーム 1 及び充填部材 5 の具体例を示す断面図である。

[0335] 図 9 5 に示した例では、中空部材 1 0 の断面形状は円形である。充填部材 5 は、図示しない曲げ誘起部（例えば、穴部 6 0）の周辺に、中空部材 1 0 の内面に密着して配置されている。また、長手方向で曲げ誘起部と重複する領域に配置される長さ当たりの充填部材 5 の量は、長手方向で曲げ誘起部の周辺に配置される長さ当たりの充填部材 5 の量より少ない。充填部材 5 は、中空部材 1 0 の内面に密着する円弧状の密着面 5 0 1 と、中空部材 1 0 の内面に接触しない湾曲状の解放面 5 0 2 と、から成る。充填部材 5 は、中空部材 1 0 の断面において、中空部材 1 0 の境界 1 9 よりも、曲げ誘起部のある側（例えば、穴部 6 0 が形成された側）に配置されることが望ましい。更に、解放面 5 0 2 が境界 1 9 を超えない範囲に充填部材 5 が配置されることが望ましい。

[0336] なお、境界とは、断面の曲げ方向の高さを半分に分割する面である。換言すると、断面において曲げ方向の高さの中心で定義される面である。境界 1 9 は曲げ変形時にかかる応力が概ねゼロである面である。曲げ変形時にかかる応力がゼロである面を曲げの中立面と定義すると、曲げの中立面と境界 1 9 は厳密には異なる。曲げの中立面と境界 1 9 が一致しないのは、次の理由による。構造材の圧縮と引張の剛性が異なること、構造材の板厚がどれも同じとは限らないこと、充填部材 5 がある側が変形しにくく中立面が充填部材 5 側に移動すること、曲げ変形が軸方向に圧縮又は引張の変形も伴うこと、

等である。しかし、曲げの中立面と境界 19 とが大きく乖離することはないので、境界 19 を曲げの中立面とみなす。なお、曲げ方向は断面の重心から曲げ誘起部に向かう方向である。中空部材 10 は、曲げ誘起部で座屈し、屈曲するからである。一つの断面に複数の曲げ誘起部がある場合、曲げ方向はそれぞれの曲げ誘起部の曲げのベクトルを合わせた方向である。曲げのベクトルの大きさは、曲げ誘起部の種類、位置、大きさ等によって変化する。例えば、曲げ誘起部が小さい場合、その曲げ誘起部による曲げのベクトルは小さい。実際の中空部材 10 の設計では曲げたい箇所で確実に座屈するよう曲げ誘起部を設けるので、最も大きな曲げ誘起部を一つか二つ考慮すれば、曲げ方向は推定できる。例えば、ある面を曲げる場合、当該面の両側の稜線に曲げ誘起部を設ける。この場合、稜線に設けられた二つの曲げ誘起部を見れば、曲げ方向が重心から当該面に向かう方向であることは容易にわかる。

[0337] 充填部材 5 のヤング率は中空部材 10 を構成する金属板に比べ低い。従って、充填部材 5 は、応力が付与されると容易に変形する。この充填部材 5 が中空部材 10 の変形を抑制するのは、中空部材 10 のうち、圧縮応力を付与された箇所が面外変形するのを抑制するからである。すなわち、充填部材 5 が中空部材 10 の面外変形を阻害するからである。故に、充填部材 5 は中空部材 10 の変形時に圧縮変形する面に密着して配置されることが効果的である。更に、充填部材 5 の質量対効果の観点では、全ての充填部材 5 は、中空部材 10 の変形時に圧縮変形する面に密着して配置されることが最も望ましい。中空部材 10 の変形時に圧縮変形する面とは、中空部材 10 の境界 19 よりも、曲げ誘起部のある側の面（中空部材 10 を構成する金属板）である。

[0338] このことから、充填部材 5 は、中空部材 10 の曲げ誘起部のある断面において、断面の重心から曲げ誘起部に向かう方向で定義される断面の高さ方向で断面を 2 等分する境界 19 より曲げ誘起部のある側に密着して配置されることが望ましい。

[0339] 図 96 に示した例では、中空部材 10 の断面形状は楕円である。充填部材

5は、図95と同様に配置されている。更に、充填部材5は、中空部材10の内面に密着する湾曲状の密着面503と、直線状の解放面504と、から成る。充填部材5は、中空部材10の断面において、中空部材10の境界19よりも曲げ内側に配置される。つまり、解放面504が境界19を超えない範囲に充填部材5が配置される。

[0340] 図97に示した例では、中空部材10の断面形状は円形である。充填部材5は、図95と同様に配置されている。更に、充填部材5は、中空部材10の内面に密着する円弧状の密着面505と、一对の直線状の第1の解放面506、507と、円弧状の第2の解放面508と、から成る。充填部材5は、中空部材10の断面において、中空部材10の境界19よりも曲げ内側に配置される。つまり、第1の解放面506及び507が境界19を超えない範囲に充填部材5が配置される。

[0341] 図98に示した例では、中空部材10の断面形状は円形である。充填部材5は、図95と同様に配置されている。更に、壁穴21は、中空部材10の図示しない曲げ誘起部と長手方向に隣接する又は離隔する壁面に設けられている。充填部材5は、上記第4の実施形態において説明したように、壁穴21を貫通して中空部材10に密着する。詳しくは、充填部材5は、中空部材10の内壁面に密着する第1充填部分51と、中空部材10の外壁面に密着する第2充填部分52と、壁穴21に密着して設けられ第1充填部分51と第2充填部分52とを連結する第3充填部分53と、を備える。充填部材5は、中空部材10の断面において、中空部材10の境界19よりも曲げ内側に配置される。つまり、第1充填部分51が境界19を超えない範囲に充填部材5が配置される。

[0342] 図95～図98に示したように、充填部材5は、中空部材10の断面において、中空部材10の境界19よりも曲げ誘起部により誘起される曲げ内側に配置される。境界19は、曲げ変形時にかかる応力がゼロであり、境界19付近は曲げ変形時にかかる応力が少ない。そのため、境界19では中空部材10に面外変形が生じにくい。充填部材の配置範囲が境界19よりも曲げ

内側に限定されることで、少なくとも境界 19 よりも曲げ外側の、面外変形が生じにくい境界 19 付近の領域に、充填部材 5 が配置されなくなる。したがって、充填部材 5 による衝突安全性能の質量効率を維持することができる。他方、図 116 および図 117 を参照すると、曲げ外側よりも曲げ内側の方が大きな面外変形が生じている。そのため、充填部材 5 を中空部材 10 の境界 19 よりも曲げ内側に配置することで、曲げ内側で生じる大きな面外変形を効果的に抑制することが可能となる。このようにして、フレーム 1 の衝突安全性能を高い質量効率で向上させることができる。

実施例

[0343] << 9. 実施例 >>

次に、本発明の実施例について説明する。

[0344] < 9. 1. 第 4 の実施形態に関する実施例 >

本発明の効果を確認するために、以下で説明する実施例では、上記実施形態に係る充填部材（例えば、樹脂材）の中空部材（例えば、金属部材）に対する密着性の向上効果について検証した。なお、以下の実施例は本発明の効果を検証するために行ったものに過ぎず、本発明が以下の実施例に限定されるものではない。

[0345] 本発明者らは、充填部材の中空部材に対する密着性の向上効果について検証するために、十字引張試験による CTS（Cross Tension Strength：十字剥離強さ）を評価した。より詳細には、本試験では、実施例および比較例ごとに十字引張試験片を準備し、これらについて引張試験を行い、その継手強度である CTS を評価した。継手強度の大小が、充填部材の中空部材に対する密着性の大小に対応する。

[0346] 図 99 は、実施例 1 および実施例 2 に係る十字引張試験に用いられるサンプルの構成を示す上面図である。また、図 100 は、実施例 1 に係るサンプルの構成を示す側方断面図である。図 99 および図 100 に示すように、実施例 1 に係るサンプルは、第 1 試験片 101 および第 2 試験片 102 との間に充填部材 50 を充填して硬化させることにより第 1 試験片 101 および第

2試験片102を接合した、十字引張試験片である。また、第1試験片101および第2試験片102の中心には、壁穴103、104が設けられている。壁穴103、104の直径は、それぞれ22mmである。

[0347] 充填部材50の一部は、かかる壁穴103、104から膨出し、第1試験片101および第2試験片102の外壁面に密着する第2充填部分52となる。また、第1試験片101および第2試験片の内壁面に密着する第1充填部分51と第2充填部分52とは、壁穴103、104に密着して設けられる第3充填部分53により接続される。すなわち、充填部材50は、第1試験片101および第2試験片102に、接着力により、および機械的に係止されて接合された状態である。

[0348] 図101は、実施例2に係るサンプルの構成を示す側方断面図である。図101に示すように、実施例2に係るサンプルは、第1試験片201および第2試験片202との間に充填部材50を充填して硬化させることにより第1試験片201および第2試験片202を接合した、十字引張試験片である。また、実施例1と同様に、実施例2に係る第1試験片201および第2試験片202の中心には、壁穴203、204が設けられている。壁穴203、204にはバーリング加工が施されており、壁穴203、204の穴縁端は、互いに対向する方向に突出している。壁穴203、204のバーリング加工後の直径は、それぞれ22mmである。

[0349] 充填部材50の一部は、かかる壁穴203、204から膨出し、第1試験片201および第2試験片202の外壁面に密着する第2充填部分52となる。また、第1試験片201および第2試験片の内壁面に密着する第1充填部分51と第2充填部分52とは、壁穴203、204に密着して設けられる第3充填部分53により接続される。すなわち、充填部材50は、第1試験片201および第2試験片202に、接着力により、および機械的に係止されて接合された状態である。

[0350] 図102は、比較例に係るサンプルの構成を示す側方断面図である。図102に示すように、比較例に係るサンプルは、第1試験片931および第2

試験片 9 3 2 との間に充填部材 5 0 を充填して硬化させることにより第 1 試験片 9 3 1 および第 2 試験片 9 3 2 を接合した、十字引張試験片である。なお、比較例に係る第 1 試験片 9 3 1 および第 2 試験片 9 3 2 の中心には、壁穴は設けられていない。したがって、充填部材 5 0 は、第 1 試験片 9 3 1 および第 2 試験片 9 3 2 に接着力のみにより接合された状態である。

[0351] 各実施例および比較例に用いた第 1 試験片、第 2 試験片および充填部材の特性およびサイズは以下の通りである。

[0352] ー第 1 試験片、第 2 試験片

引張強度：1180MPa

サイズ：幅50mm、長さ150mm、厚さ1.4mm

表面処理：合金化溶融亜鉛めっき

[0353] ー充填部材

材質：ポリウレタン

厚さ：10mm

[0354] また、各実施例および比較例の第 1 試験片および第 2 試験片の両端側には、引張試験時にこれらを引張方向に引っ張るための治具を固定するための固定穴（直径20mm）が設けられている。

[0355] 十字引張試験では、各実施例および比較例に係るサンプルを1mm/minの速度で引っ張り、最大荷重（N）を計測した。なお、各実施例および比較例に係るサンプル数はそれぞれ2とした。

[0356] 図103は、十字引張試験により計測された各サンプルの最大荷重を示すグラフである。なお、実施例1-1および実施例1-2のグラフは実施例1に係るサンプルの試験結果の各々を示す。また、実施例2-1および2-2のグラフは実施例2に係るサンプルの試験結果の各々を示す。また、比較例1および比較例2のグラフは比較例に係るサンプルの試験結果の各々を示す。

[0357] 図103に示すように、実施例1および実施例2に係るサンプルの最大荷重は、比較例に係るサンプルの最大荷重よりも顕著に大きいことが示された

。この結果から、充填部材を中空部材に相当する試験片に単に接着させるよりも、充填部材を当該試験片の両面に密着させて当該試験片に係止させることで、試験片に高負荷が与えられても、充填部材が試験片に密着した状態を維持することができることが示された。

[0358] また、実施例 1 と実施例 2 とを比較すると、実施例 2 に係るサンプルの最大荷重が実施例 1 に係るサンプルの最大荷重よりも大きいことが示された。この結果から、バーリング加工された壁穴の穴縁端に充填部材が食い込まれるように設けられることで、試験片と充填部材との継手強度をより高くすることができることが示された。

[0359] 以上、上記実施例に示したように、充填部材を中空部材に相当する試験片に設けられた穴に貫通させて当該試験片の両面に密着させることで、試験片に高負荷が与えられても、充填部材は試験片から容易に脱落しにくくなる。このことから、壁穴を介して充填部材を中空部材に係止する構成とすることにより、充填部材を中空部材に密着した状態を維持させることが可能となる。すなわち、衝突荷重により中空部材に面外変形を生じさせ得る負荷が与えられても、充填部材が車両用構造部材の衝突安全性能に安定して貢献することが可能である。

[0360] < 9. 2. 充填部材の配置範囲に関する実施例 >

本発明の効果を確認するために、以下で説明する実施例では、充填部材 5 によるフレームの衝突安全性能の向上効果について検証した。なお、以下の実施例は本発明の効果を検証するために行ったものに過ぎず、本発明が以下の実施例に限定されるものではない。また、各実施例に係る充填部材については、特に区別しない限り、「充填部材 5」と称して説明する。

[0361] 本発明者らは充填部材によるフレームの衝突安全性能の向上効果について検証するために、シミュレーションを用いて、同一のストローク S_t (mm) に対する各種フレームのエネルギー吸収量 (Energy Absorption; E. A. (kJ)) を算出した。ストローク S_t とは、図 104 に示す、フレーム 1 の衝突側の端面を起点とする、衝突体の移動量を示す。つまり、同一のスト

ローク S_t に対する $E \cdot A$ が高いほど、衝突安全性能が高いと言える。

[0362] 図 104 は、一実施形態に係る実施例のシミュレーション設定を説明するための図である。図 104 に示すように、本実施例に係るフレーム 1 は、ハット型の断面形状の第 1 の構造部材 2 と板状の第 2 の構造部材 3 とから成り、閉断面形状を有する。更に、フレーム 1 は、内部にレインフォースメント 4 を有する。また、底壁部 2 a の一領域 6 9 に曲げ誘起部が設けられている。各々の実施例では、充填部材 5 (5 A、5 B) は、底壁部 2 a の内面に密着し、長手方向 (Y 軸方向) に曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 と隣接して又は離隔して配置される。図 104 に示すように、充填部材 5 A および 5 B は、曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 の長手方向の両端部から長手方向の両側に間隔 L_p を空けて配置される。また、充填部材 5 A および 5 B は、曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 の長手方向の両側に、曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 の両端部からの長手方向の距離が間隔 L_p (下限距離) から上限距離 L_o までである領域を覆うように配置される。間隔 L_p は、充填部材 5 の長手方向に曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 に近い方の端部と、曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 の長手方向に充填部材 5 に近い方の端部との間の、長手方向の距離である。上限距離 L_o は、充填部材 5 の長手方向に曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 から遠い方の端部と、曲げ誘起部が設けられた領域 6 9 の長手方向に充填部材 5 に近い方の端部との間の、長手方向の距離である。本シミュレーションでは、長手方向前後の各々の間隔 L_p は同値であるものとし、長手方向前後の各々の上限距離 L_o は同値であるものとした。曲げ誘起部が凹部の場合、間隔 L_p を 0 未満にしてしまうと、充填部材の形状が異なってしまう。充填部材の形状もシミュレーション結果に影響を及ぼすため、間隔 L_p が 0 未満の条件ではシミュレーションは行わなかった。

[0363] 第 1 の構造部材 2、第 2 の構造部材 3 およびレインフォースメント 4 は、いずれも鋼板により形成されている。第 1 の構造部材 2 の板厚は 1.4 mm であり、第 1 の構造部材 2 の強度は 1180 MPa である。第 2 の構造部材 3 の板厚は 1.4 mm であり、第 2 の構造部材 3 の強度は 1180 MPa である。

ある。レインフォースメント4の板厚は0.5 mmであり、レインフォースメント4の強度は270 MPaである。充填部材5のヤング率は100 MPaであり、降伏応力は2.1 MPaである。また、中空部材10の断面高さHは、72 mmである。なお、各実施例における充填部材5の長手方向の長さ（すなわち、 $L_Q - L_P$ ）は同一であり、配置される充填部材5の重量は同一であるものとする。

[0364] なお、各実施例および各参考例において用いられた曲げ誘起部の種類、および間隔 L_P は、以下の通りである（寸法の単位はmm）。

実施例1：凹部、 $L_P = 0$

実施例2：凹部、 $L_P = 21$

実施例3：凹部、 $L_P = 42$

実施例4：凹部、 $L_P = 63$

実施例5：板厚変化部、 $L_P = 2$

実施例6：板厚変化部、 $L_P = 21$

実施例7：板厚変化部、 $L_P = 42$

実施例8：板厚変化部、 $L_P = 63$

参考例1：凹部、充填部材なし

参考例2：板厚変化部、充填部材なし

[0365] ここで、実施例1では、 $L_P = 0$ であるから、充填部材5は、長手方向に曲げ誘起部（すなわち、曲げ誘起部が設けられた領域69）と隣接して配置されている。実施例5も充填部材5は、長手方向に曲げ誘起部（すなわち、曲げ誘起部が設けられた領域69）とほぼ隣接して配置されているが、曲げ誘起部の直上には充填部材5が配置されていない領域がある。実施例2～4および6～8では、 $L_P > 0$ であるから、充填部材5は、長手方向に曲げ誘起部（すなわち、曲げ誘起部が設けられた領域69）と離隔して配置されている。

[0366] 本発明者らは、各実施例および各参考例に係るフレームの長手方向における両端部を固定して、500 mm/sの等速で40 mmストロークの圧縮曲

げを付与した。そして、各実施例および各参考例における、ストロークに対するE、Aについて算出した。また、シミュレーションによる変形前後の各実施例および各参考例に係るフレーム1の図104に示したXV-XV切断線における断面形状について比較を行った。

[0367] 図105は、実施例1～実施例4および参考例1の変形前後の断面図の一覧表を示す図である。図105では、上段左から右にかけて順に、参考例1、実施例1および実施例2の変形前後の断面図が示されており、下段左から右にかけて順に、実施例3および実施例4の変形前後の断面図が示されている。代表として、実施例2の変形前のフレーム1の断面図にのみ符号が付されている。

[0368] 図105を参照すると、実施例1～実施例4では、フレーム1が、曲げ誘起部（すなわち、凹部が設けられた領域69）において屈曲している。このように、充填部材5が、長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して配置されることで、曲げ誘起部において曲げ変形を生じさせることができる。

[0369] 図106は、実施例1～実施例4および参考例1の、参考例1のエネルギー吸収量を1とした場合のエネルギー吸収量の比率である吸収エネルギー比を示すグラフである。本グラフの横軸は間隔 L_p であり、縦軸は吸収エネルギー比である。グラフにおける各プロットは、左から順に実施例1、実施例2、実施例3、および実施例4に相当する。

[0370] 図106を参照すると、実施例1～実施例3の吸収エネルギー比は1を超えている。したがって、充填部材5を長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して配置することにより、エネルギー吸収量が向上し得、衝突安全性能は向上し得る。

[0371] さらに図106を参照すると、間隔 L_p が中空部材10の断面高さHの2分の1以下である実施例1および実施例2の吸収エネルギー比は、間隔 L_p が中空部材10の断面高さHの2分の1を超える実施例3の吸収エネルギー比よりも高い。このことから、間隔 L_p が中空部材10の断面高さHの2分の1（すなわち、36 [mm]）以下の場合、間隔 L_p が中空部材10の断面高さHの2

分の1を超える場合よりも、吸収エネルギー比は高いと言える。つまり、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1以下である場合、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1を超える場合と比較して、吸収エネルギーを向上させ、衝突安全性能を向上させることができる。また、各実施例における、充填部材5を配置することに起因して増加する重量は同一であるから、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1以下である場合には、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることができる。このように、長手方向の曲げ誘起部と充填部材5との間の間隔を、中空部材10の断面高さ H の2分の1以下にすることで、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることができる。

[0372] さらに図106を参照すると、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5（すなわち、60 [mm]）を超えると、吸収エネルギー比が1未満になる。つまり、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5を超えると、吸収エネルギーは向上せず、衝突安全性能は向上しない。例えば、実施例4では、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5を超えており、吸収エネルギー比が1未満であるので、衝突安全性能は向上しない。一方で、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5未満であれば、吸収エネルギー比は1以上である。つまり、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5未満であれば、吸収エネルギーは向上し、衝突安全性能は向上する。このように、長手方向の曲げ誘起部と充填部材5との間の間隔を、中空部材10の断面高さ H の6分の5未満にすることで、少なくとも衝突安全性能を向上させることができる。

[0373] ここで、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5を超えると、吸収エネルギー比が1未満になるということは、次のことを示唆する。曲げ誘起部の端部からの長手方向の距離が、中空部材10の断面高さ H の6分の5を超える部分に配置された充填部材5は、衝突安全性能の向上に寄与しない。つまり、曲げ誘起部から長手方向に遠い方の充填部材5の端部から曲げ誘起部の端部までの長手方向の距離（つまり、上限距離 L_q ）が、中空部材10の断

面高さ H の $\frac{6}{5}$ である範囲を超えて充填部材5が配置されても、衝突安全性能の向上に寄与しないことが示唆される。よって、上限距離 L_Q が、中空部材10の断面高さ H の $\frac{6}{5}$ 以下となる範囲内で、充填部材5が配置されることが好ましい。これにより、充填部材5を無駄に配置しなくてすむので、充填部材5の配置に伴うフレーム1の不必要な重量増加を抑制できる。このように、上限距離 L_Q が中空部材10の断面高さ H の $\frac{6}{5}$ 以下となる範囲内に充填部材5を配置することにより、さらに高い質量効率を実現することができる。

[0374] 図107は、実施例5～実施例8および参考例2の変形前後の断面図の一覧表を示す図である。図107では、上段左から右にかけて順に、参考例2、実施例5および実施例6の変形前後の断面図が示されており、下段左から右にかけて順に、実施例7および実施例8の変形前後の断面図が示されている。代表として、実施例6の変形前のフレーム1の断面図にのみ符号が付されている。

[0375] 図107を参照すると、実施例5～実施例8では、フレーム1が、曲げ誘起部（すなわち、板厚変化部が設けられた領域69）において屈曲している。このように、充填部材5が、長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して配置されることで、曲げ誘起部において曲げ変形を生じさせることができる。

[0376] 図108は、実施例5～実施例8および参考例2の、参考例2のエネルギー吸収量を1とした場合のエネルギー吸収量の比率である吸収エネルギー比を示すグラフである。本グラフの横軸は間隔 L_P であり、縦軸は吸収エネルギー比である。グラフにおける各プロットは、左から順に実施例5、実施例6、実施例7、および実施例8に相当する。

[0377] 図108を参照すると、実施例5～実施例7の吸収エネルギー比は1を超えている。したがって、充填部材5を長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して配置することにより、エネルギー吸収量が向上し得、衝突安全性能は向上し得る。

[0378] さらに図108を参照すると、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1以下である実施例5および実際例6の吸収エネルギー比は、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1を超える実施例7の吸収エネルギー比よりも高い。このことから、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1（すなわち、36 [mm]）以下の場合、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1を超える場合よりも、吸収エネルギー比は高いと言える。つまり、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1以下である場合、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1を超える場合と比較して、吸収エネルギーを向上させ、衝突安全性能を向上させることができる。また、各実施例における、充填部材5を配置することに起因して増加する重量は同一であるから、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の2分の1以下である場合には、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることができる。このように、長手方向の曲げ誘起部と充填部材5との間の間隔を、中空部材10の断面高さ H の2分の1以下にすることで、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることができる。

[0379] さらに図108を参照すると、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5（すなわち、60 [mm]）を超えると、吸収エネルギー比が1未満になる。つまり、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5を超えると、吸収エネルギーは向上せず、衝突安全性能は向上しない。例えば、実施例8では、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5を超えており、吸収エネルギー比が1未満であるので、衝突安全性能は向上しない。一方で、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5未満であれば、吸収エネルギー比は1以上である。つまり、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5未満であれば、吸収エネルギーは向上し、衝突安全性能は向上する。このように、長手方向の曲げ誘起部と充填部材5との間の間隔 L_p を、中空部材10の断面高さ H の6分の5未満にすることで、少なくとも衝突安全性能を向上させることができる。

[0380] ここで、間隔 L_p が中空部材10の断面高さ H の6分の5を超えると、吸収

エネルギー比が1未満になるということは、次のことを示唆する。曲げ誘起部の端部からの長手方向の距離が、中空部材10の断面高さHの6分の5を超える部分に配置された充填部材5は、衝突安全性能の向上に寄与しない。つまり、曲げ誘起部から長手方向に遠い方の充填部材5の端部から曲げ誘起部までの長手方向の距離（つまり、上限距離 L_Q ）が、中空部材10の断面高さHの6分の5である範囲を超えて充填部材5が配置されても、衝突安全性能の向上に寄与しないことが示唆される。よって、上限距離 L_Q が、中空部材10の断面高さHの6分の5以下であることが好ましい。これにより、充填部材5を無駄に配置しなくてすむので、充填部材5の配置に伴うフレーム1の不必要な重量増加を抑制できる。このように、上限距離 L_Q が中空部材10の断面高さHの6分の5以下となる範囲内に充填部材5を配置することにより、さらに高い質量効率を実現することができる。

[0381] 以上、上記実施例に示したように、充填部材5を曲げ誘起部の長手方向両側に、長手方向に曲げ誘起部と隣接して又は離隔して配置することにより、少なくとも曲げ誘起部において曲げ変形を誘起することができる。また、かかる配置により、衝突安全性能の向上を図ることができる。さらに、間隔 L_P を、中空部材10の断面高さHの6分の5未満、さらには2分の1以下にすることで、高い質量効率で衝突安全性能を向上させることができる。また、上限距離 L_Q が中空部材10の断面高さHの6分の5以下となる範囲内に充填部材5を配置することにより、さらに高い質量効率を実現することができる。

[0382] <9. 3. 全塑性モーメント変化部に関する実施例>

以下の実施例では、曲げ誘起部として機能する全塑性モーメント変化部について検証した。全塑性モーメント変化部が曲げ誘起部として機能するとは、全塑性モーメント変化部において曲げ変形が誘起されることを指す。なお、以下の実施例は、曲げ誘起部として機能する全塑性モーメント変化部を検証するために行ったものに過ぎず、本発明が以下の実施例に限定されるものではない。

[0383] 本発明者らは、曲げ誘起部として機能する全塑性モーメント変化部について検証するために、シミュレーションを用いて、強度変化部における全塑性モーメントの変化度合いが異なる複数の中空部材に曲げ変形を生じさせた。そして、本発明者らは、強度変化部の位置と曲げ変形が生じた位置との関係が、強度変化部における全塑性モーメントの変化度合いに応じてどのように変わるかを検証した。

[0384] 以下、図１０９及び図１１０を参照しながら、本実施例のシミュレーション設定を説明する。

[0385] 図１０９は、一実施形態に係る実施例の中空部材の平面図である。本実施例に係る中空部材８１０は、ハット型の断面形状の第１の構造部材８１２と板状の第２の構造部材８１３とから成り、閉断面形状を有する。図１０９では、第１の構造部材８１２は、第２の構造部材８１３のＸ軸方向奥側に、すなわち第２の構造部材８１３の裏側に隠れて位置し、ハット型の断面形状の開口部分はＸ軸方向手前側を向いている。第２の構造部材８１３は、Ｘ軸方向手前側に位置し、Ｚ軸方向を短手方向とし、Ｙ軸方向を長手方向としている。第１の構造部材８１２のＺ軸方向の両端部は、第２の構造部材８１３のＺ軸方向の両端部と当接しており、当該当接部分において第１の構造部材８１２と第２の構造部材８１３とが接合されている。図１０９に示すように、中空部材１０は、第１強度部８１４および第２強度部８１５を備える。第１強度部８１４は、中空部材１０の長手方向の左端８１０ａ側に設けられる。第２強度部８１５は、中空部材１０の長手方向の右端８１０ｂ側に、第１強度部８１４と連続して設けられる。第１強度部８１４と第２強度部８１５との間で鋼板の降伏強度が異なる場合、第１強度部８１４と第２強度部８１５との境目の部分が強度変化部８１６となる。この強度変化部８１６において中空部材１０の長手方向での降伏強度が変化する。

[0386] 図１１０は、各実施例及び参考例に係る中空部材８１０の全塑性モーメント比率の長手方向の変化を示すグラフである。図１１０では、中空部材８１０の左端８１０ａを基準（すなわち、１．０）として、左端８１０ａから右

端 8 1 0 b にかけての全塑性モーメント比率の変化が示されている。全塑性モーメント比率は、対象箇所の全塑性モーメントの値を、全塑性モーメントの基準値で除算することにより、算出される。図 1 1 0 では、中空部材 8 1 0 の左端 8 1 0 a の全塑性モーメントの値を基準値として、全塑性モーメント比率が算出される。全塑性モーメント比率が 1. 0 から変化する位置が、強度変化部 8 1 6 の位置である。図 1 1 0 に示すように、参考例では、中空部材 8 1 0 の長手方向の位置に関わらず、全塑性モーメント比率が変化しない。すなわち、参考例では、第 1 強度部 8 1 4 と第 2 強度部 8 1 5 とで全塑性モーメントが同一である。これに対し、実施例 1 では、中空部材 8 1 0 の左端 8 1 0 a 側と右端 8 1 0 b 側の間で全塑性モーメント比率が段階的に変化しており、右端 8 1 0 b 側の全塑性モーメント比率は 0. 9 である。実施例 2 では、中空部材 8 1 0 の左端 8 1 0 a 側と右端 8 1 0 b 側の間で全塑性モーメント比率が段階的に変化しており、右端 8 1 0 b 側の全塑性モーメント比率は 0. 9 5 である。実施例 3 では、中空部材 8 1 0 の左端 8 1 0 a 側と右端 8 1 0 b 側の間で全塑性モーメント比率が段階的に変化しており、右端 8 1 0 b 側の全塑性モーメント比率は約 1. 1 1 である。

[0387] ここで、強度変化部 8 1 6 の全塑性モーメント比率を定義する。強度変化部 8 1 6 の全塑性モーメント比率は、強度変化部 8 1 6 における変化前後の全塑性モーメントの値のうち、小さい方の値を、大きい方の値で除算することにより、算出される。かかる定義によれば、各実施例および参考例の、強度変化部 8 1 6 の全塑性モーメント比率は、以下の通りである。

参考例 : 1. 0

実施例 1 : 0. 9 0

実施例 2 : 0. 9 5

実施例 3 : 0. 9 0

[0388] 本発明者らは、各実施例および参考例に係る中空部材 8 1 0 の長手方向における両端部 8 1 0 a および 8 1 0 b に、互いに対向する方向に衝突荷重 F を入力することで、中空部材 8 1 0 を長手方向に圧縮し、曲げ変形を生じさ

せた。以下、図 1 1 1 ～図 1 1 5 を参照しながら、シミュレーション結果を説明する。

[0389] 図 1 1 1 は、参考例に係る中空部材 8 1 0 A の曲げ変形が生じた領域を示す図である。図 1 1 1 に示すように、曲げ変形は、中空部材 8 1 0 A の右端 8 1 0 b に近い位置にある領域 8 1 7 A において生じている。図 1 1 2 は、実施例 1 に係る中空部材 8 1 0 B の曲げ変形が生じた領域を示す図である。図 1 1 2 に示すように、曲げ変形は、中空部材 8 1 0 B の強度変化部 8 1 6 に近い位置にある領域 8 1 7 B において生じている。図 1 1 3 は、実施例 2 に係る中空部材 8 1 0 C の曲げ変形が生じた領域を示す図である。図 1 1 3 に示すように、曲げ変形は、中空部材 8 1 0 C の右端 8 1 0 b に近い位置にある領域 8 1 7 C において生じている。図 1 1 4 は、実施例 3 に係る中空部材 8 1 0 D の曲げ変形が生じた領域を示す図である。図 1 1 4 に示すように、曲げ変形は、中空部材 8 1 0 D の強度変化部 8 1 6 に近い位置にある領域 8 1 7 D において生じている。

[0390] 図 1 1 5 は、各実施例及び参考例に係る中空部材 8 1 0 の全塑性モーメント比率の長手方向の変化および曲げ変形が生じた位置を示すグラフである。図 1 1 5 に示すように、実施例 1 および実施例 3 では、全塑性モーメント比率が 1.0 から変化する位置（すなわち、強度変化部 8 1 6 の位置）付近の位置にある領域 8 1 7 B および 8 1 7 D において曲げ変形が生じている。このことから、実施例 1 および実施例 3 では、強度変化部 8 1 6 が曲げ誘起部として機能していることが分かる。一方で、実施例 2 では、全塑性モーメント比率が 1.0 から変化する位置から離れた位置にある領域 8 1 7 C において曲げ変形が生じている。このことから、実施例 2 では、強度変化部 8 1 6 が曲げ誘起部として機能していないことが分かる。また、参考例では、全塑性モーメント比率は 1.0 のまま変化せず、実施例 2 と同様の位置にある領域 8 1 7 A において曲げ変形が生じている。つまり、強度変化部 8 1 6 の全塑性モーメント比率が 0.95 以上の場合、強度変化部 8 1 6 が曲げ誘起部として機能しない。一方で、強度変化部 8 1 6 の全塑性モーメント比率が 0

． 9 の場合、強度変化部 8 1 6 が曲げ誘起部として機能する。このことから、強度変化部 8 1 6 の全塑性モーメント比率が 0. 9 以下である場合に、強度変化部 8 1 6 を曲げ誘起部として機能させることができる、と言える。

[0391] 以上、上記実施例に示したように、強度変化部 8 1 6 の全塑性モーメント比率が 0. 9 以下である場合に、全塑性モーメント変化部を曲げ誘起部として機能させることができる。換言すると、変化前後で全塑性モーメントの値が 1 0 % 以上減少する全塑性モーメント変化部は、曲げ誘起部として機能することができる。

[0392] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、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得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

符号の説明

[0393]	1、1 0 0	フレーム
	2	第 1 の構造部材
	2 a	底壁部
	2 b	側壁部
	2 c	フランジ部
	2 d、2 e	稜線部
	3、3 0	第 2 の構造部材
	3 a	天壁部
	3 0 a	底壁部
	3 0 b	側壁部
	3 c、3 0 c	接合部
	4	レインフォースメント
	4 a	主面部

4 b	接合部
5	充填部材
6	屈曲部（曲げ誘起部）
9	第3の構造部材
10、110	中空部材
20	壁部
21	壁穴
22	穴縁端
51	第1充填部分
52	第2充填部分
53	第3充填部分
60、64	穴部
61	凹部
62	凸部
63	異強度部

請求の範囲

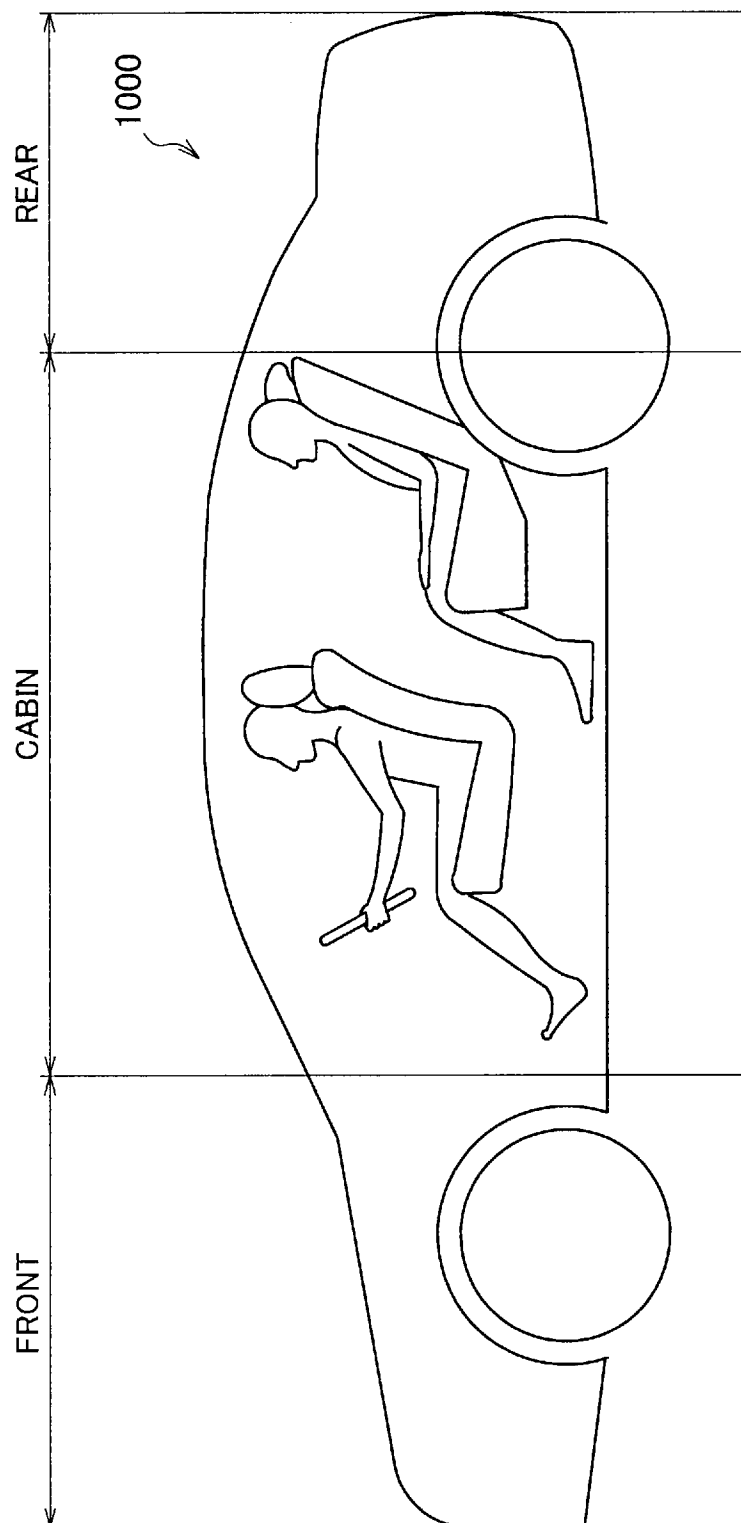
- [請求項1] 長手方向の一部に曲げ誘起部を有する、中空の金属部材と、
前記金属部材に密着し、前記曲げ誘起部の前記長手方向の両側に配置され、前記長手方向において前記曲げ誘起部の端部から外側に向かって前記金属部材の断面高さの6分の5未満の範囲の少なくとも一部に配置される樹脂材と、
を備え、
前記長手方向の長さ当たりの前記樹脂材の量は、前記曲げ誘起部の外側の方が前記曲げ誘起部の内側より大である、中空の部材。
- [請求項2] 前記長手方向において、前記曲げ誘起部に近い方の前記樹脂材の端部は、前記曲げ誘起部と重複する、あるいは前記曲げ誘起部の外側に前記曲げ誘起部の端部から前記金属部材の断面高さの2の1以下の範囲に配置される、請求項1に記載の中空の部材。
- [請求項3] 前記曲げ誘起部から前記長手方向に遠い方の前記樹脂材の端部から前記曲げ誘起部の端部までの前記長手方向の距離は、前記金属部材の断面高さの6分の5以下である、請求項1又は2に記載の中空の部材。
- [請求項4] 前記金属部材は、底壁部と、前記底壁部の両端から起立した一对の側壁部と、前記底壁部に対向する天壁部とを有し、前記底壁部、前記一对の側壁部および前記天壁部により閉断面を形成する、請求項1～3のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項5] 前記樹脂材は、前記底壁部又は前記天壁部の少なくともいずれかの内面に密着して配置される、請求項4に記載の中空の部材。
- [請求項6] 前記樹脂材は、前記一对の側壁部の少なくともいずれかの内面に密着して配置される、請求項4又は5に記載の中空の部材。
- [請求項7] 前記金属部材の内側において前記金属部材を形成する第1の金属板と接合して第2の金属板が配置される、請求項1～6のいずれか一項に記載の中空の部材。

- [請求項8] 前記樹脂材は、前記第2の金属板に密着して配置される、請求項7に記載の中空の部材。
- [請求項9] 前記金属部材を形成する第1の金属板は穴部を有し、前記樹脂材は発泡樹脂からなり、前記樹脂材は前記穴部を貫通して前記第1の金属板の外面と内面の両面に密着して配置される、請求項1～8のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項10] 前記穴部の穴縁端は、前記金属部材を形成する第1の金属板よりも前記金属部材の内方に位置する、請求項9に記載の中空の部材。
- [請求項11] 前記穴部は、前記金属部材を形成する第1の金属板の外側から内側に向かって前記穴部の穴縁端が突出するバーリング穴である、請求項10に記載の中空の部材。
- [請求項12] 前記穴部には、前記金属部材を形成する第1の金属板よりも前記金属部材の内方に窪んだ窪み部が設けられ、
前記穴部は、前記窪み部の内部に設けられる、請求項9～11のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項13] 前記曲げ誘起部は、前記金属部材の全塑性モーメントが前記長手方向で変化する部分である、請求項1～12のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項14] 前記曲げ誘起部は、前記金属部材の断面の重心により形成される前記長手方向に沿った前記重心の軌跡の曲率半径が260mm以下である部分である、請求項1～13のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項15] 前記曲げ誘起部は、板厚変化部である、請求項1～13のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項16] 前記曲げ誘起部は、凹部が設けられた部分である、請求項1～13のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項17] 前記曲げ誘起部は、凸部が設けられた部分である、請求項1～13のいずれか一項に記載の中空の部材。
- [請求項18] 前記曲げ誘起部は、穴部が設けられた部分である、請求項1～13

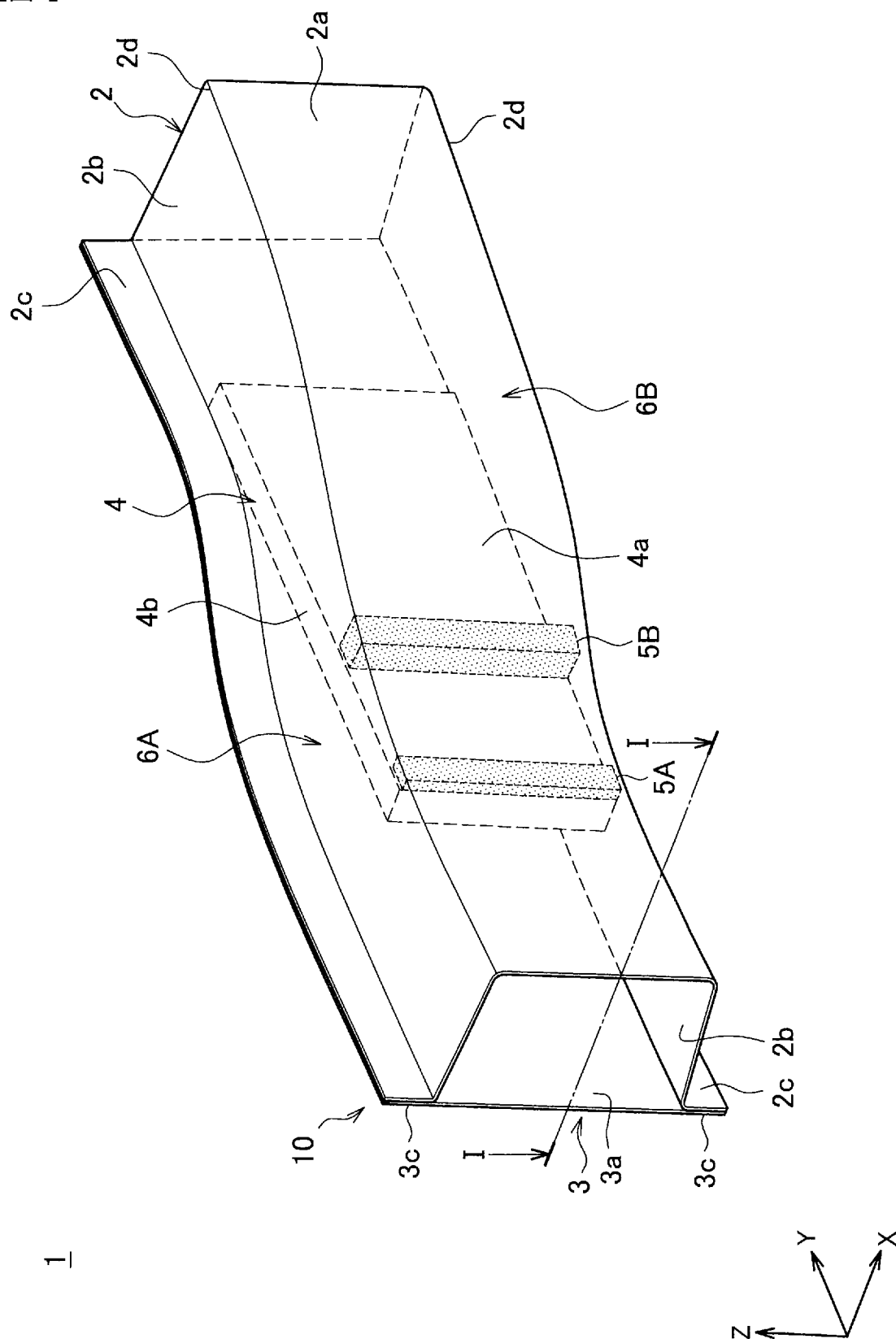
のいずれか一項に記載の中空の部材。

[請求項19] 前記樹脂材は、前記金属部材の断面において、前記断面の重心から前記曲げ誘起部に向かう方向で定義される前記断面の高さ方向で前記断面を2等分する境界より前記曲げ誘起部のある側に配置される、請求項1～18のいずれか一項に記載の中空の部材。

[図1]

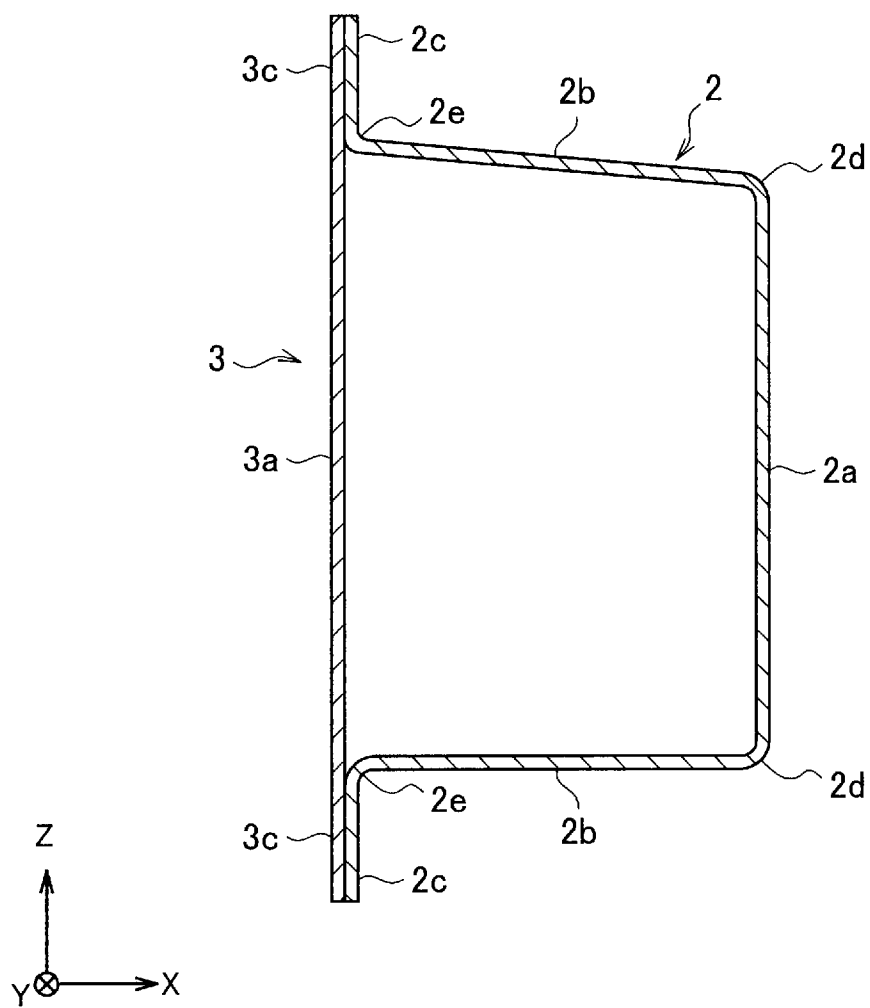


[図2]

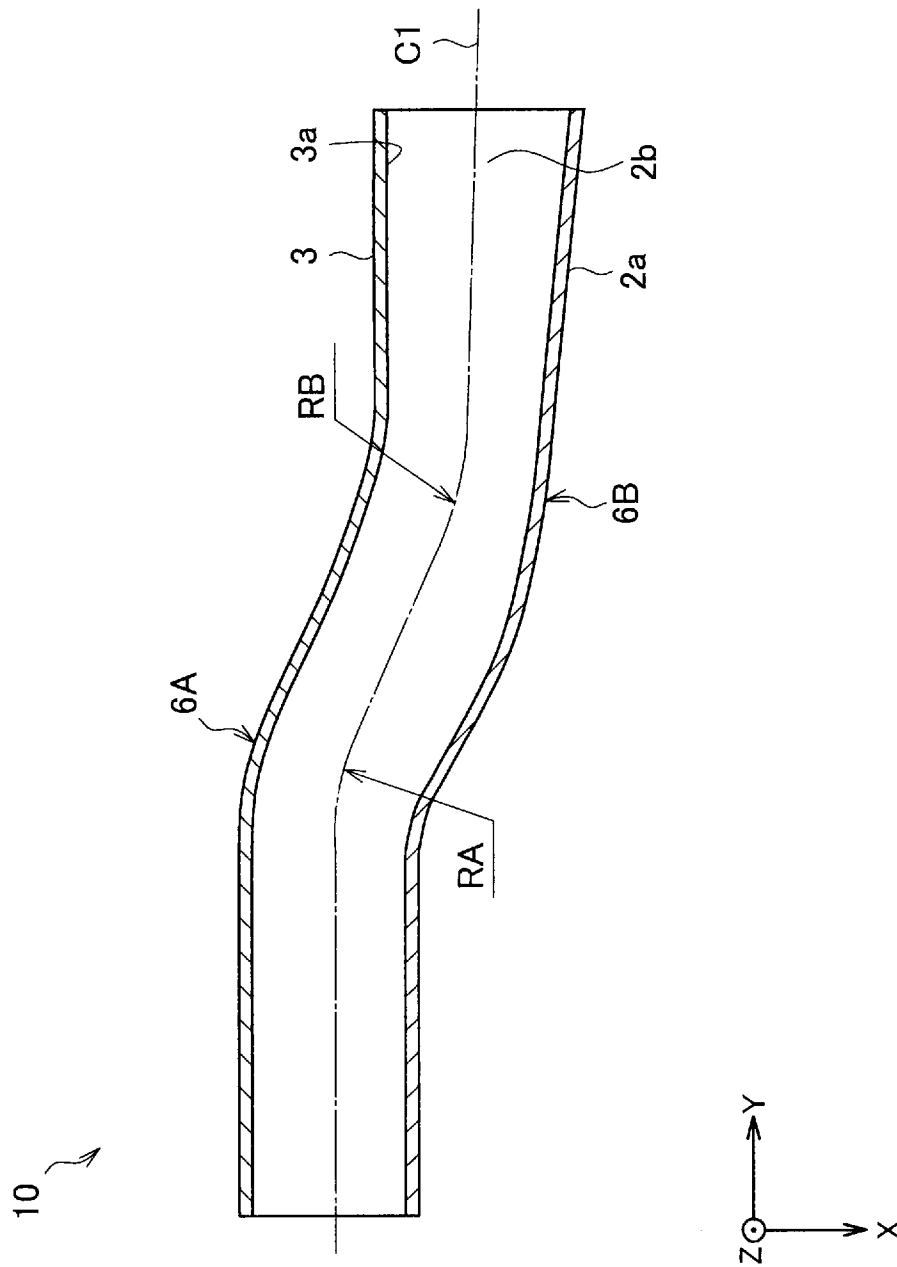


[図3]

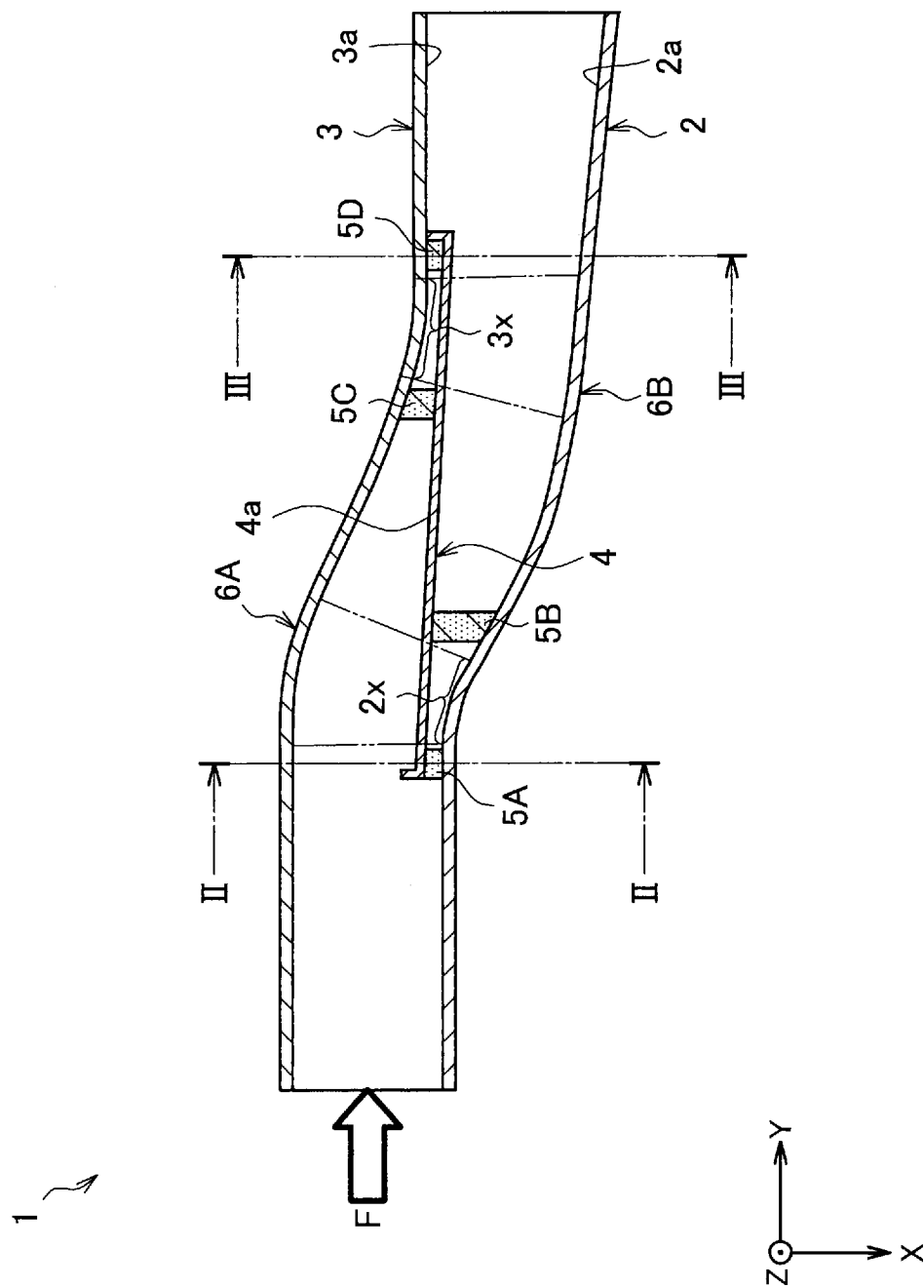
10



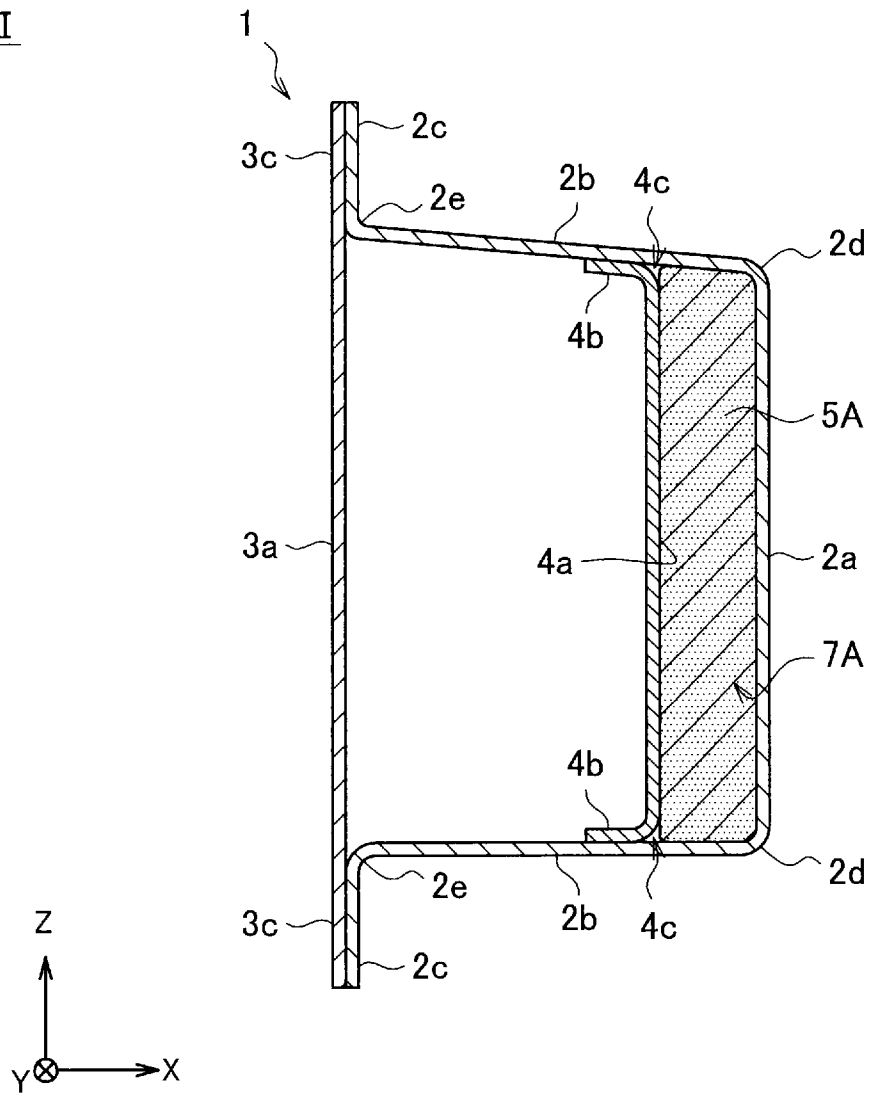
[図4]



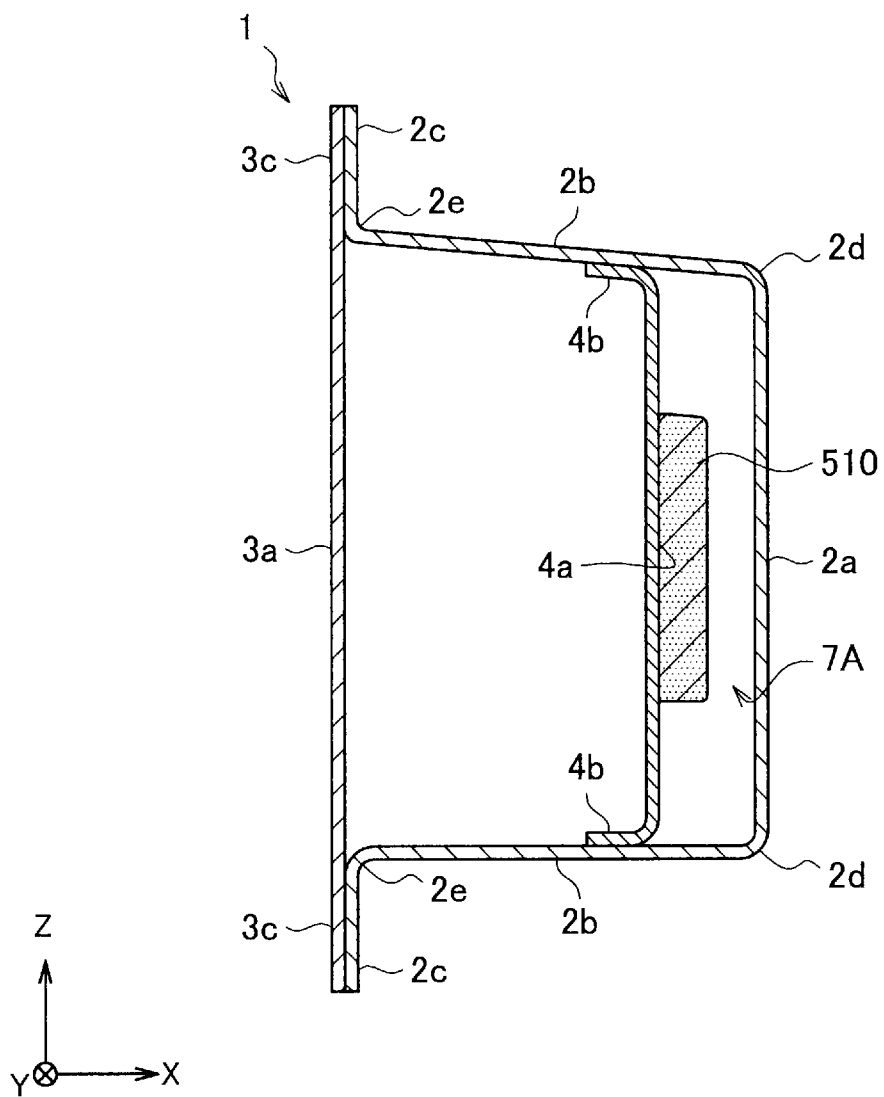
[図5]



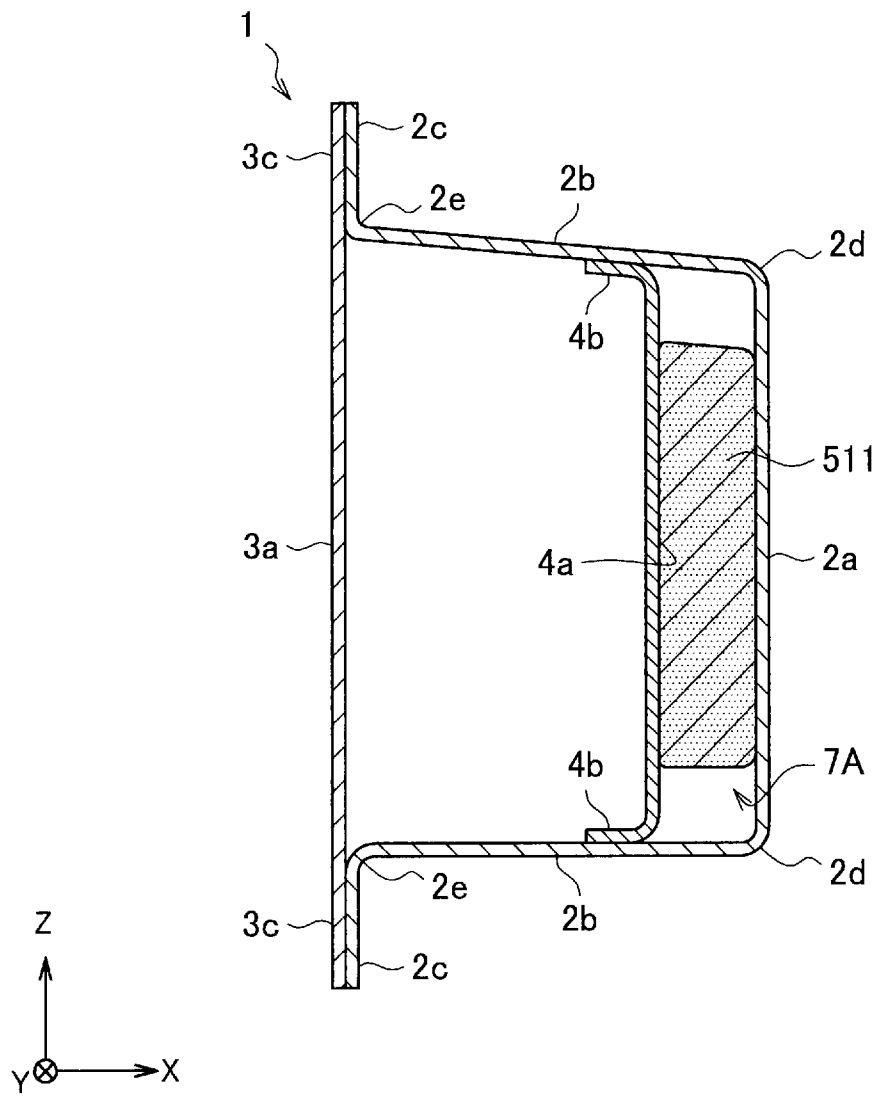
[図6]

II - II

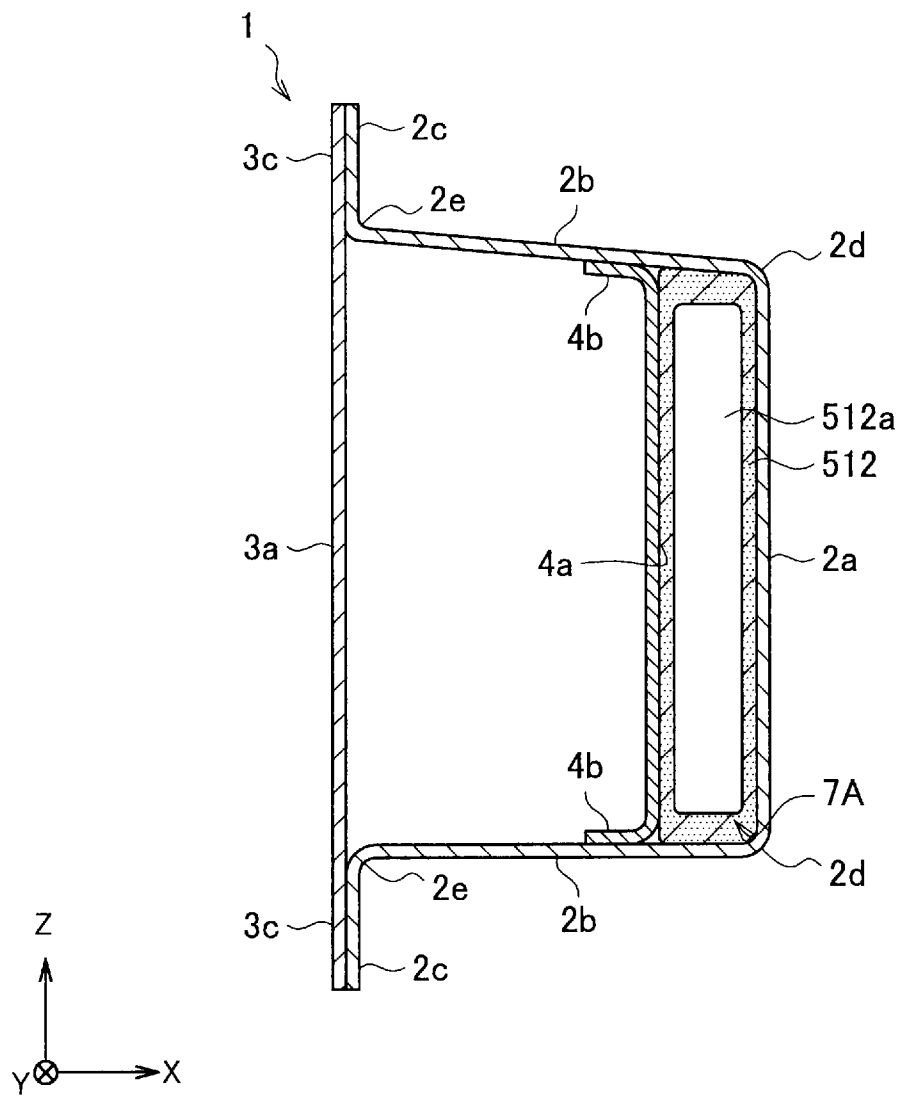
[図8]



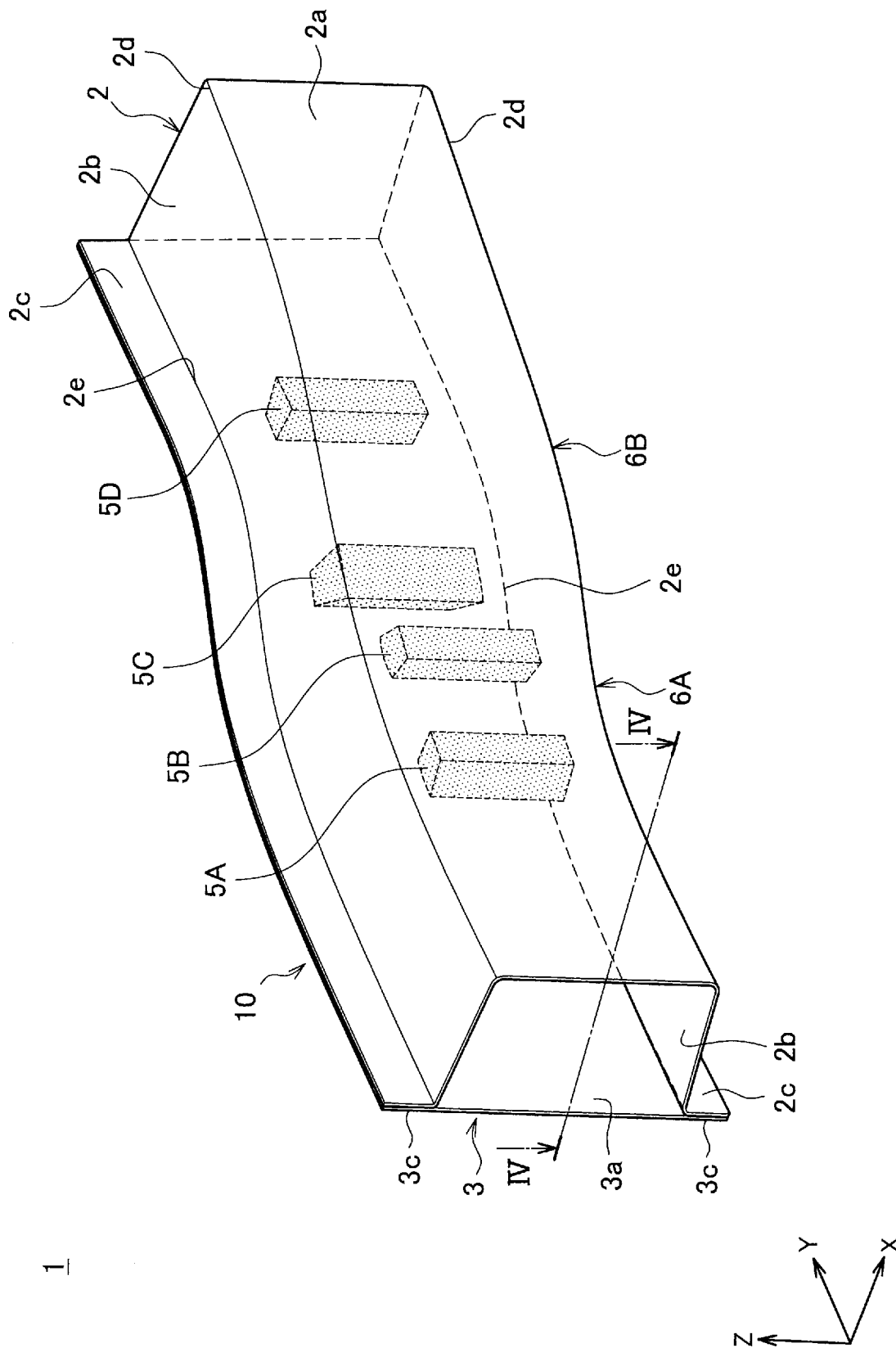
[図9]



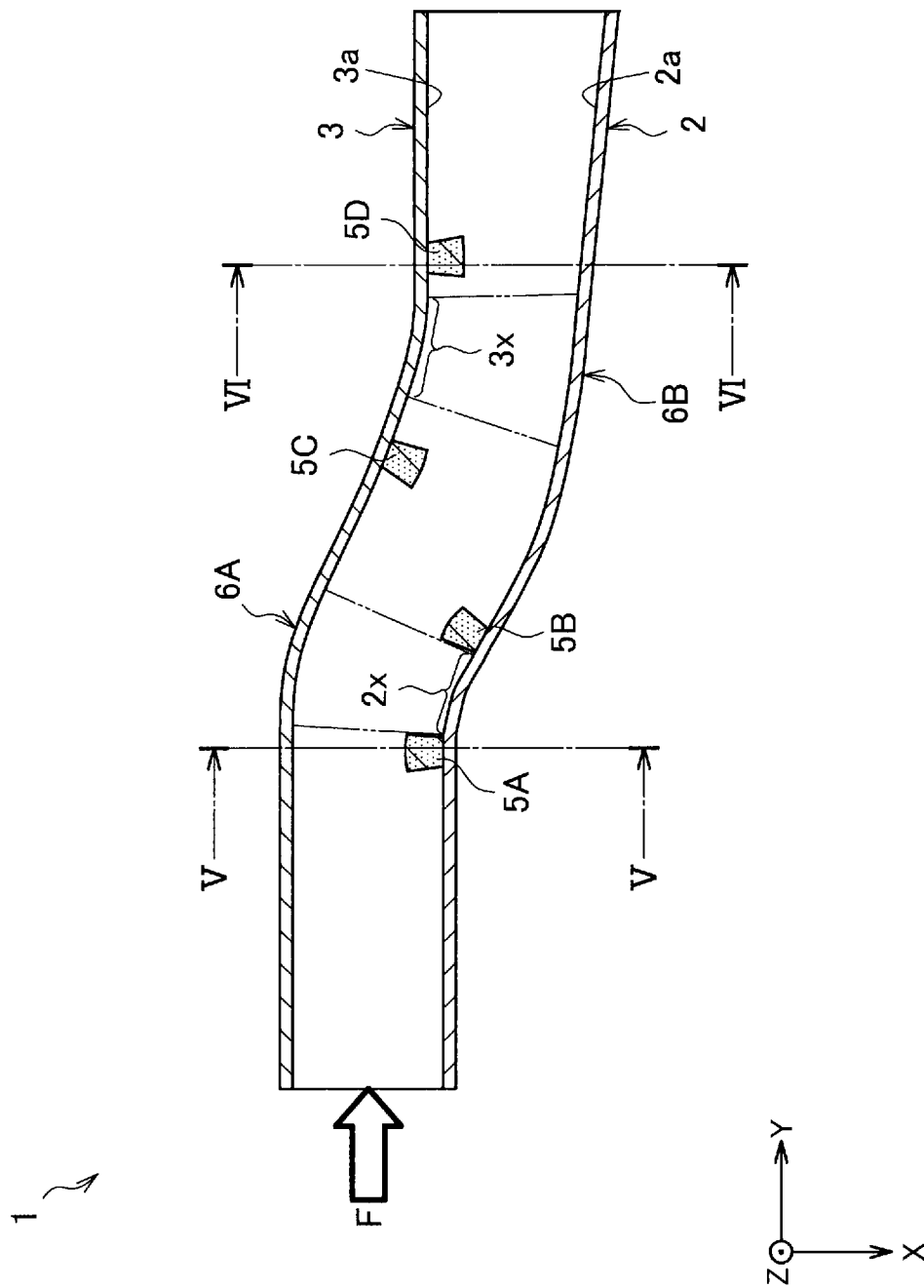
[図10]



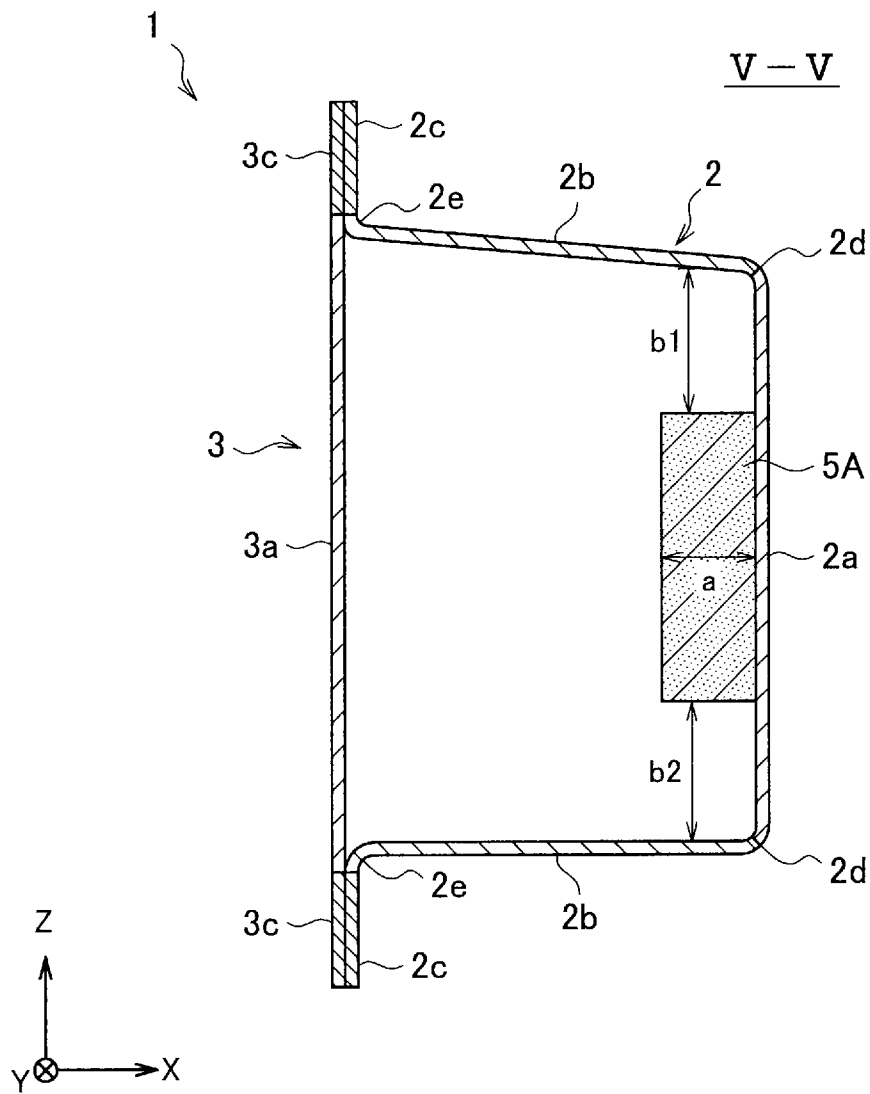
[図11]



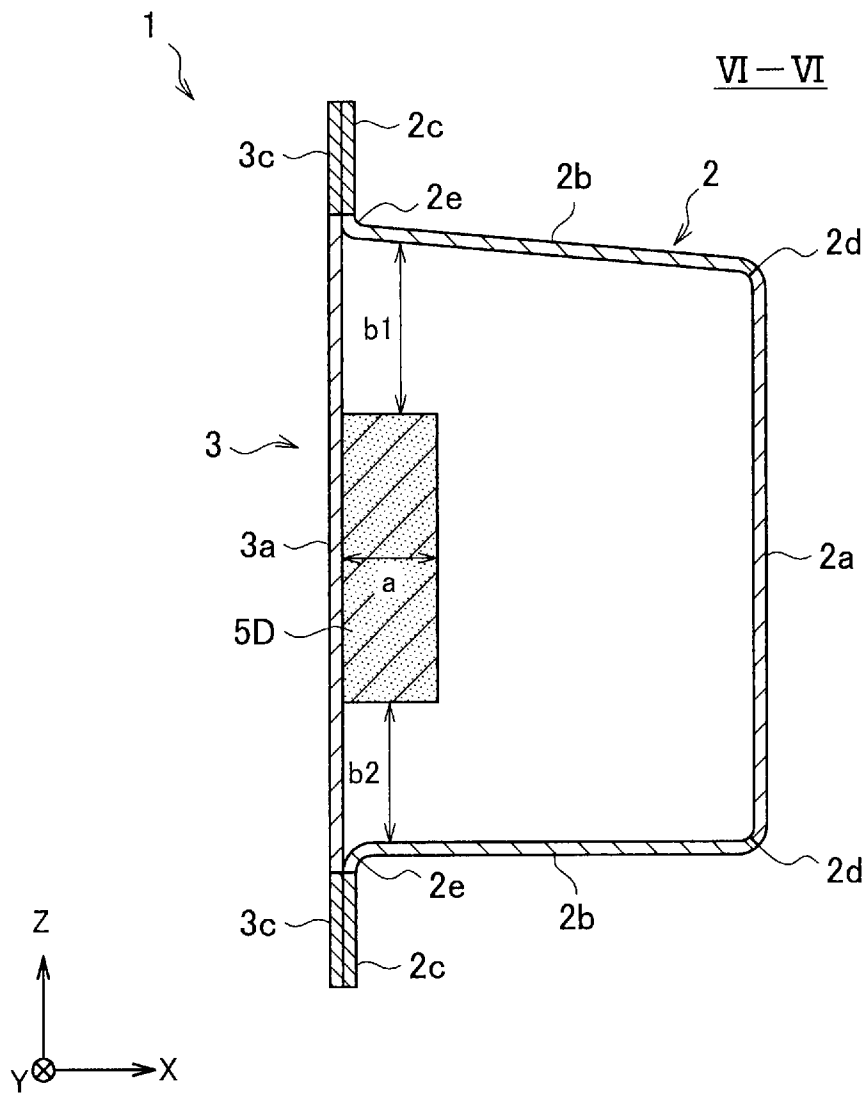
[図12]



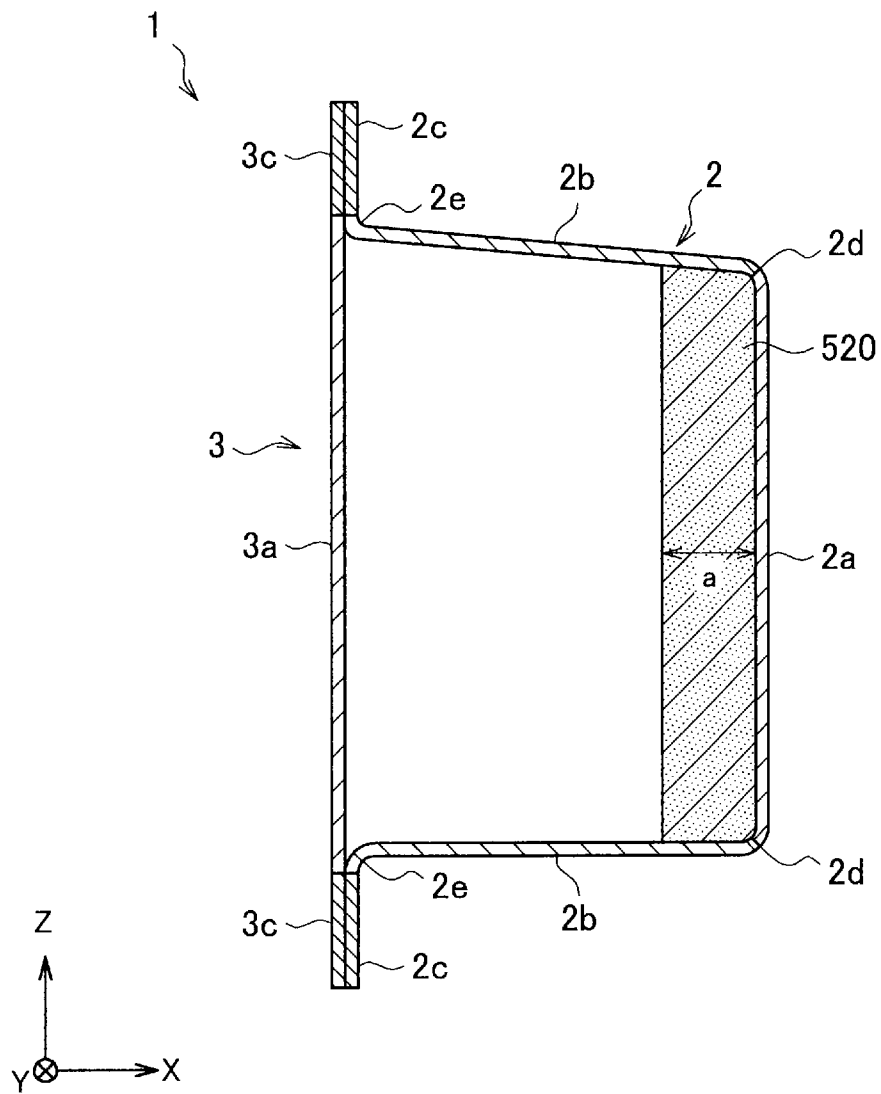
[図13]



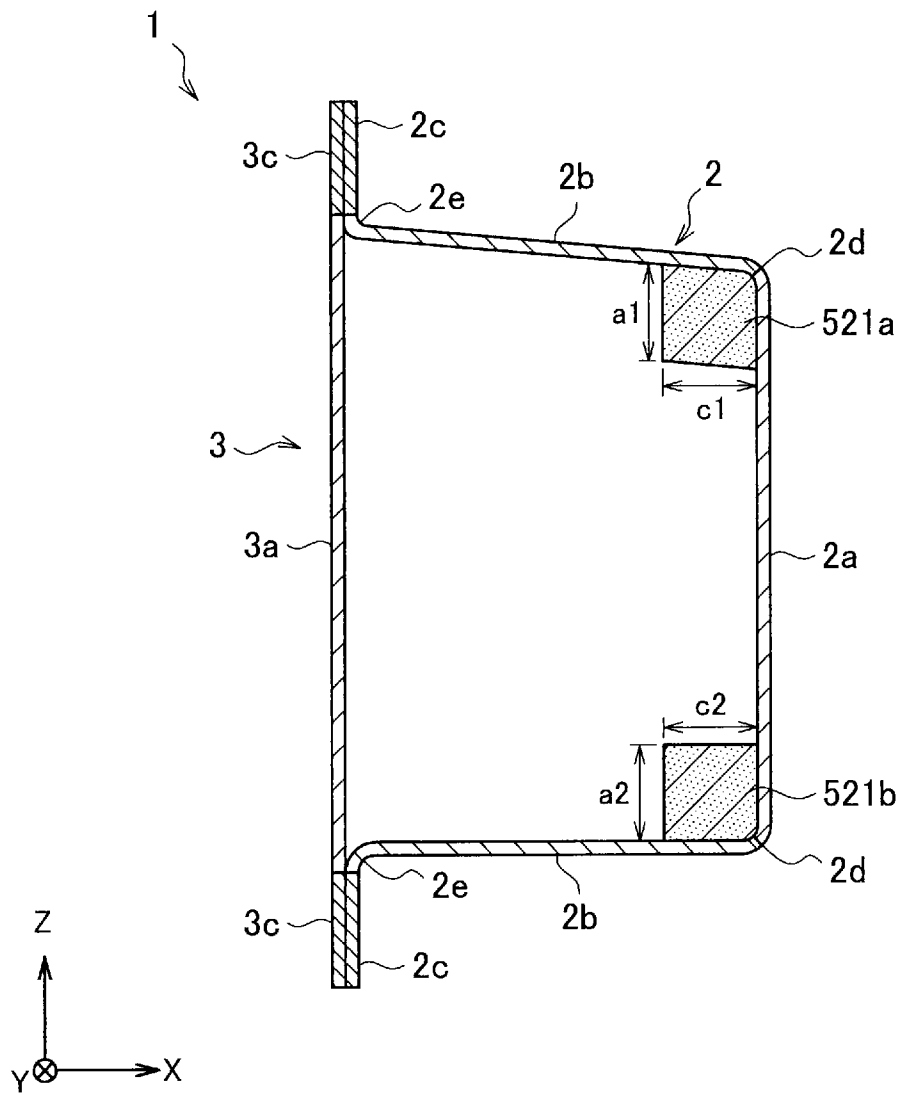
[図14]



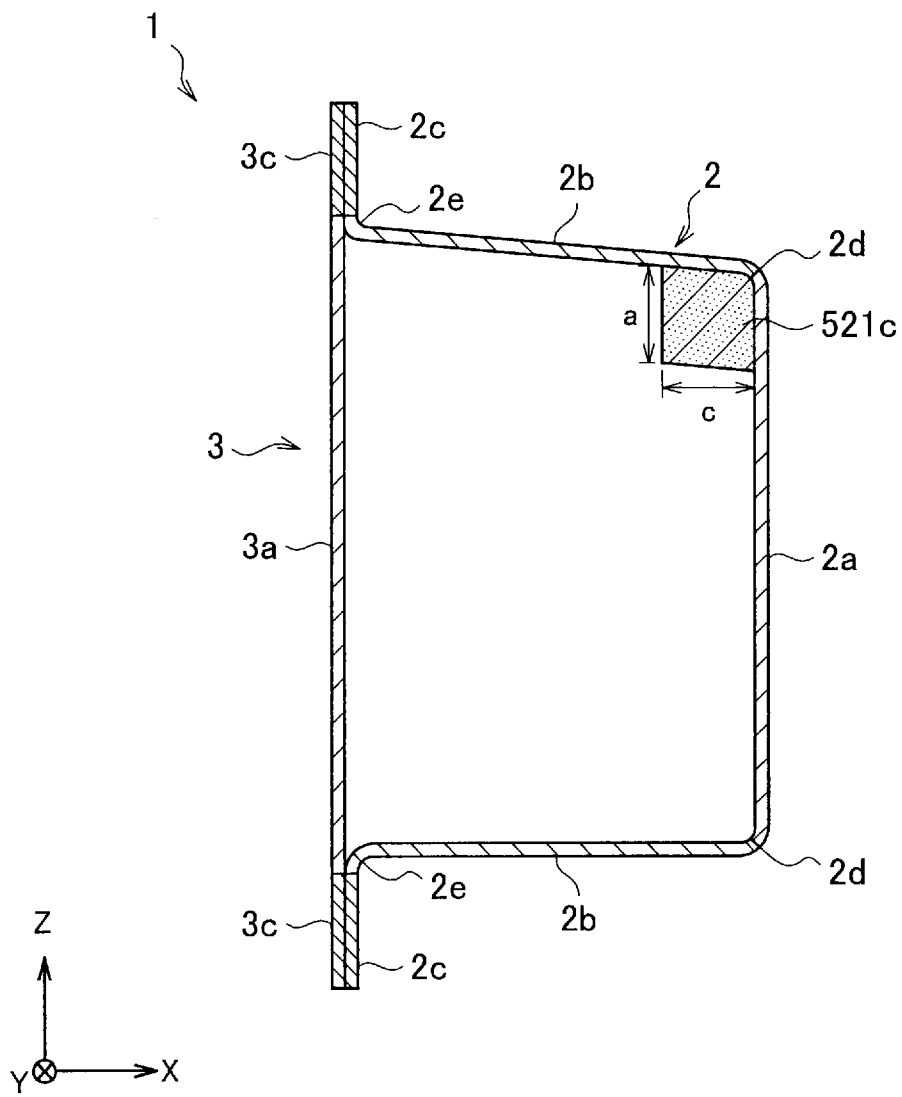
[図15]



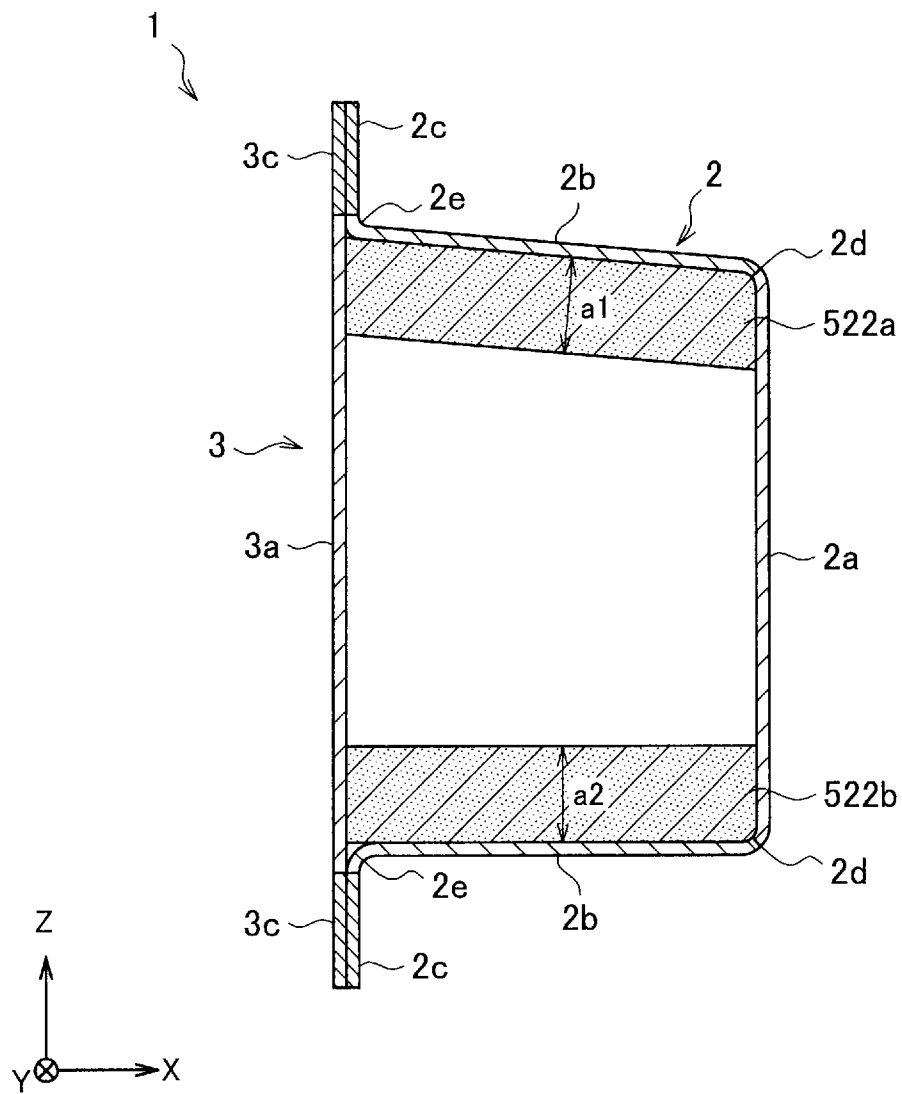
[図16]



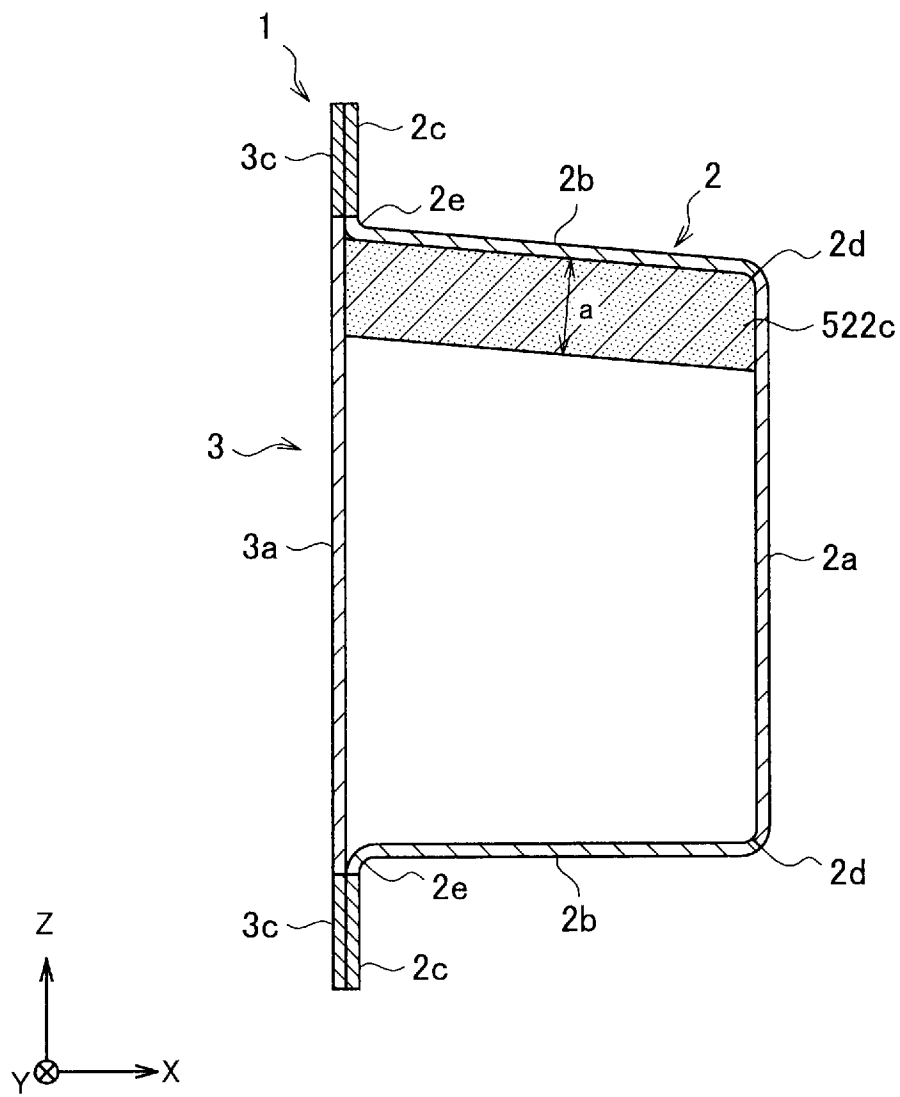
[図17]



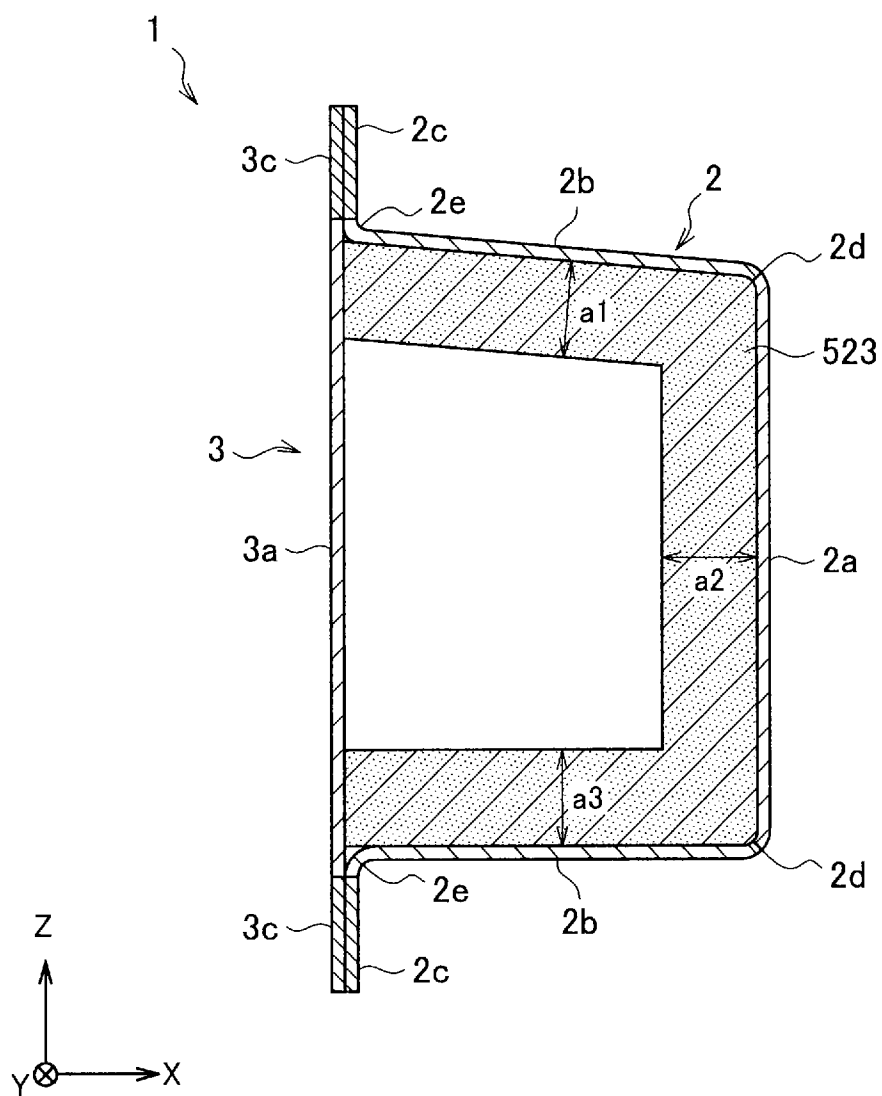
[図18]



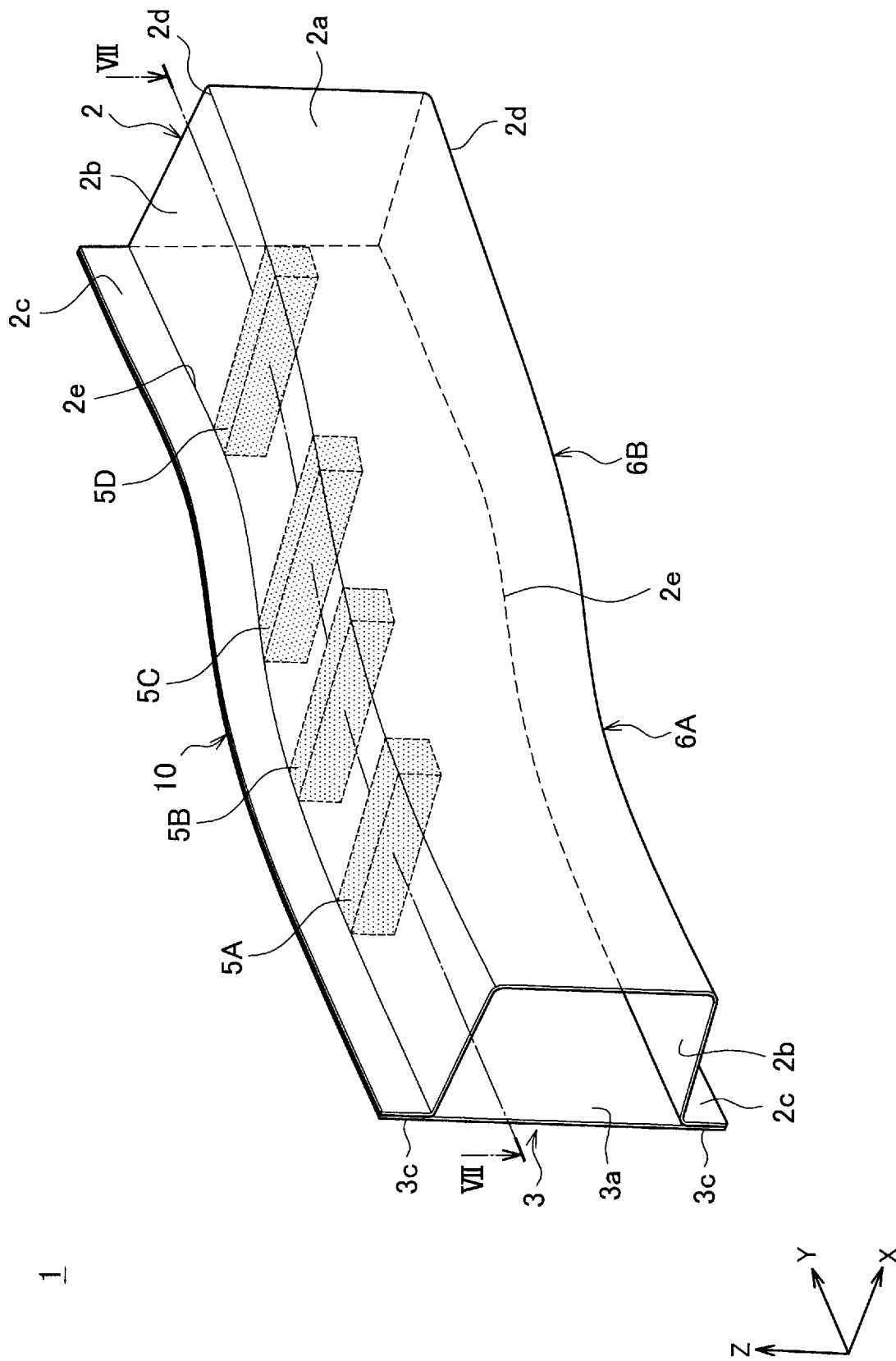
[図19]



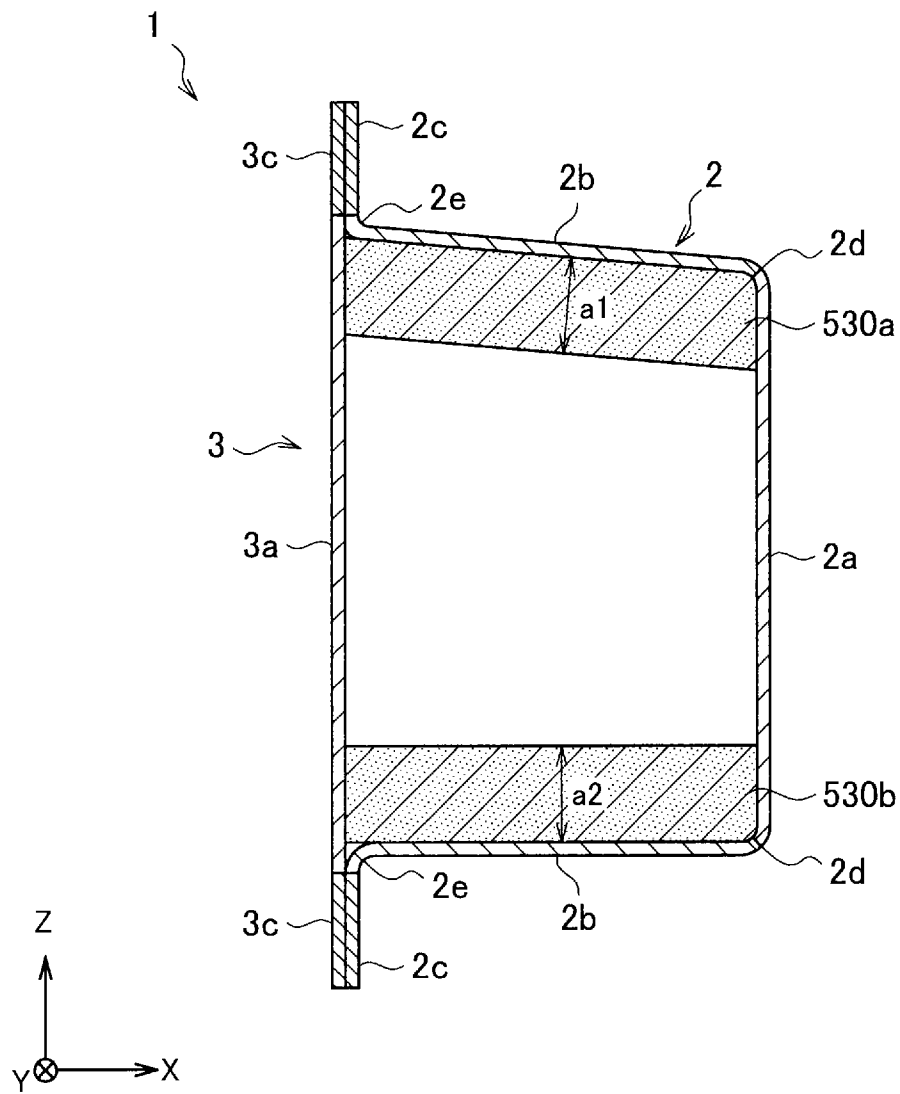
[図20]



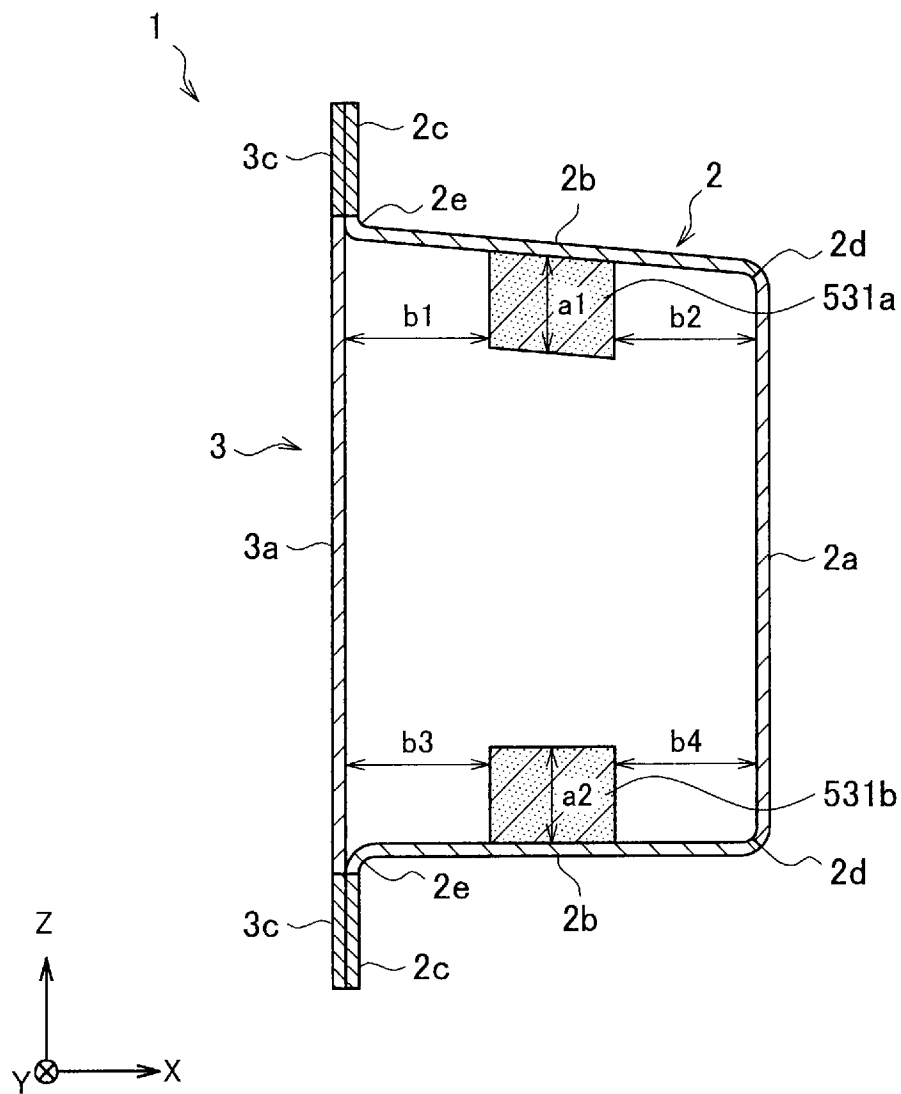
[図21]



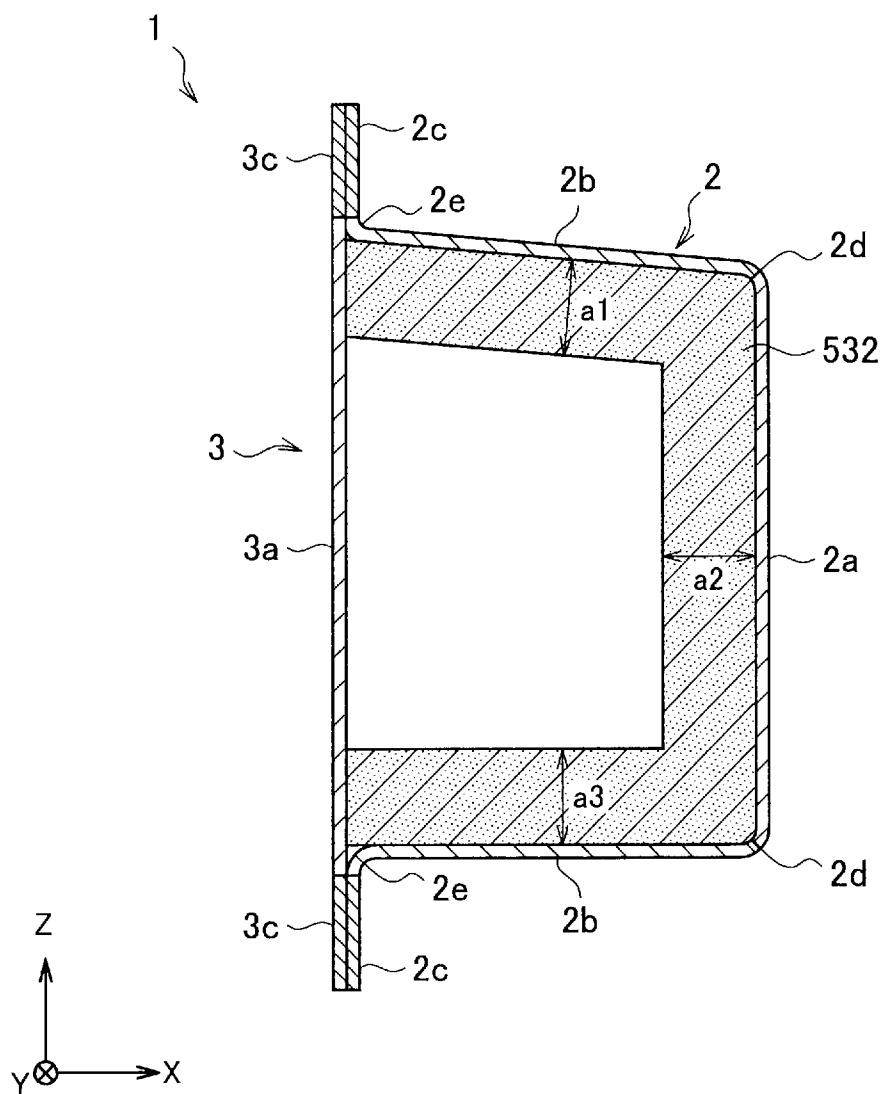
[図24]



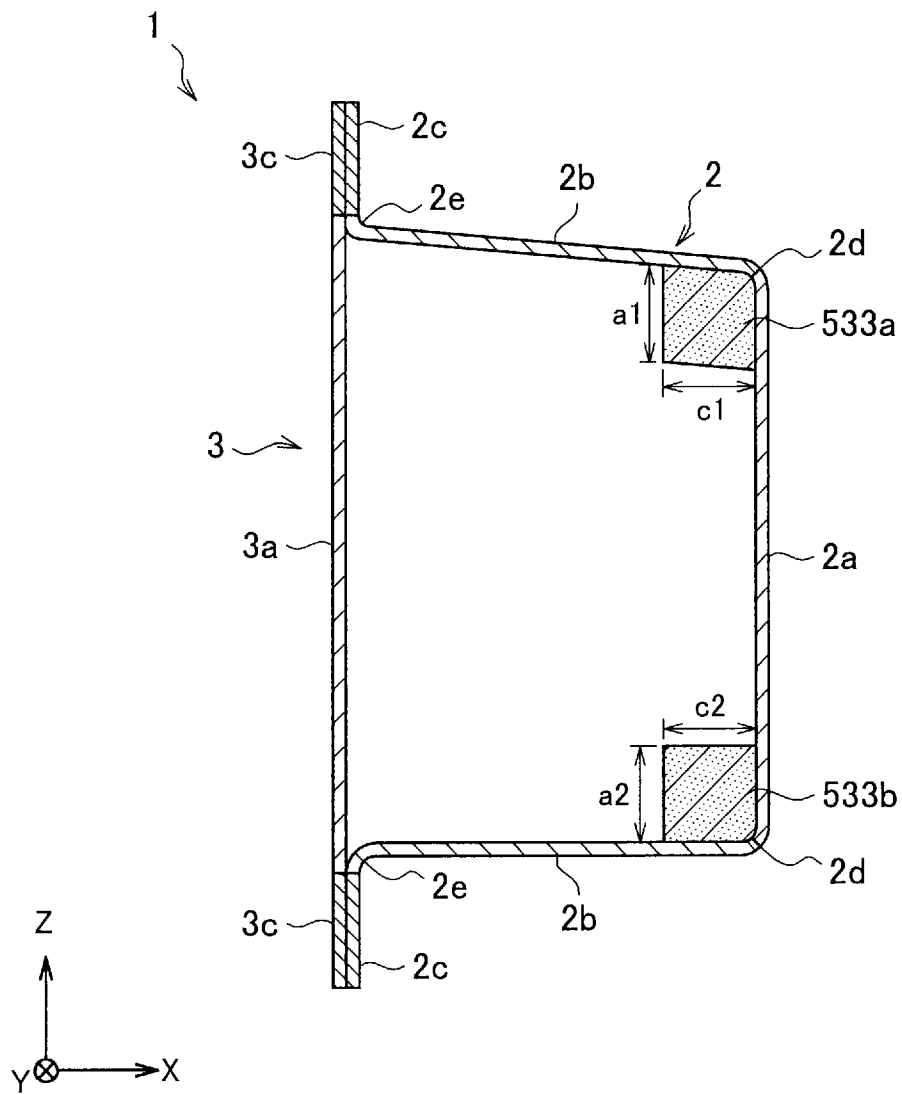
[図25]



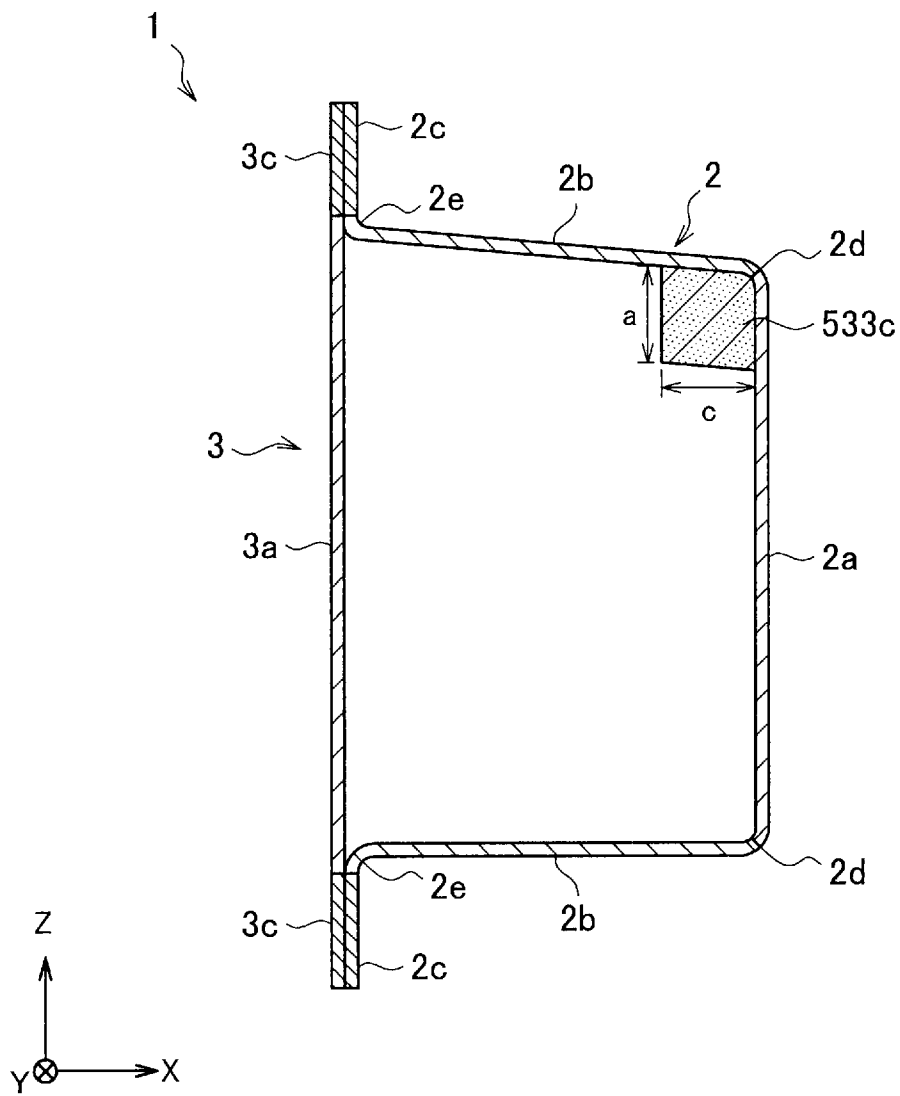
[図26]



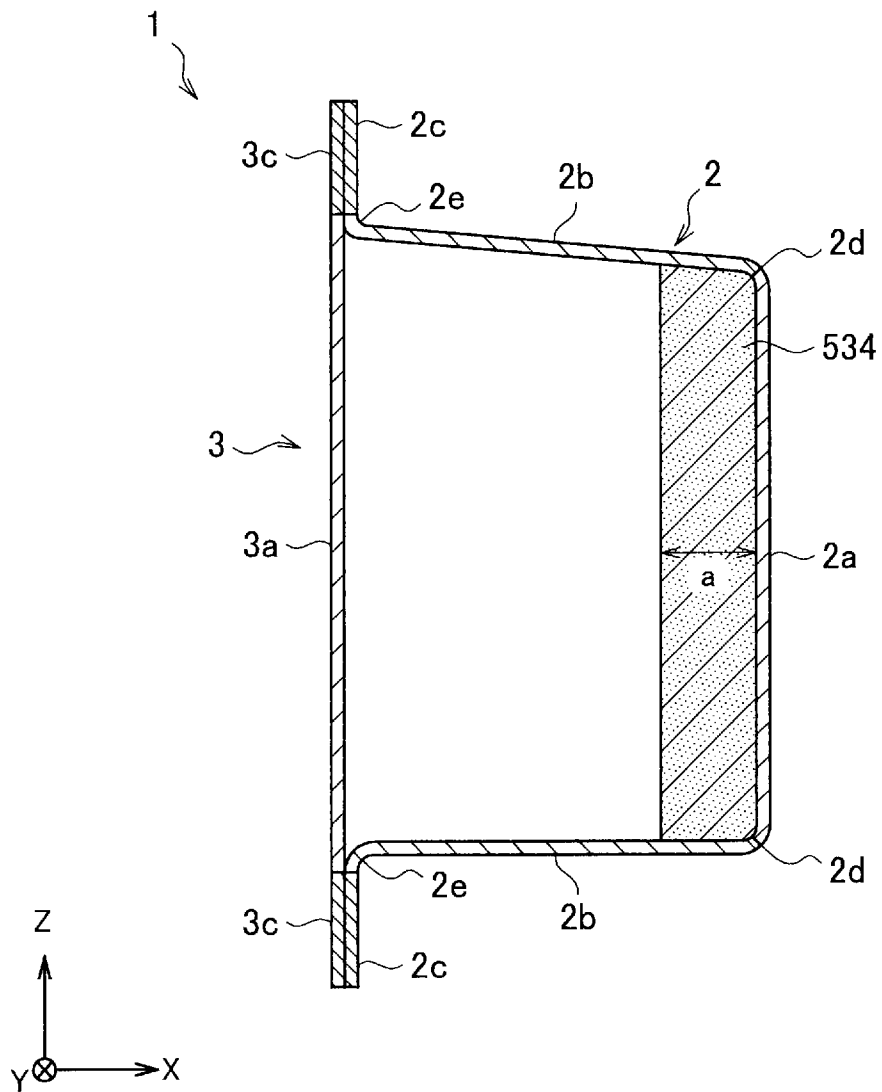
[図27]



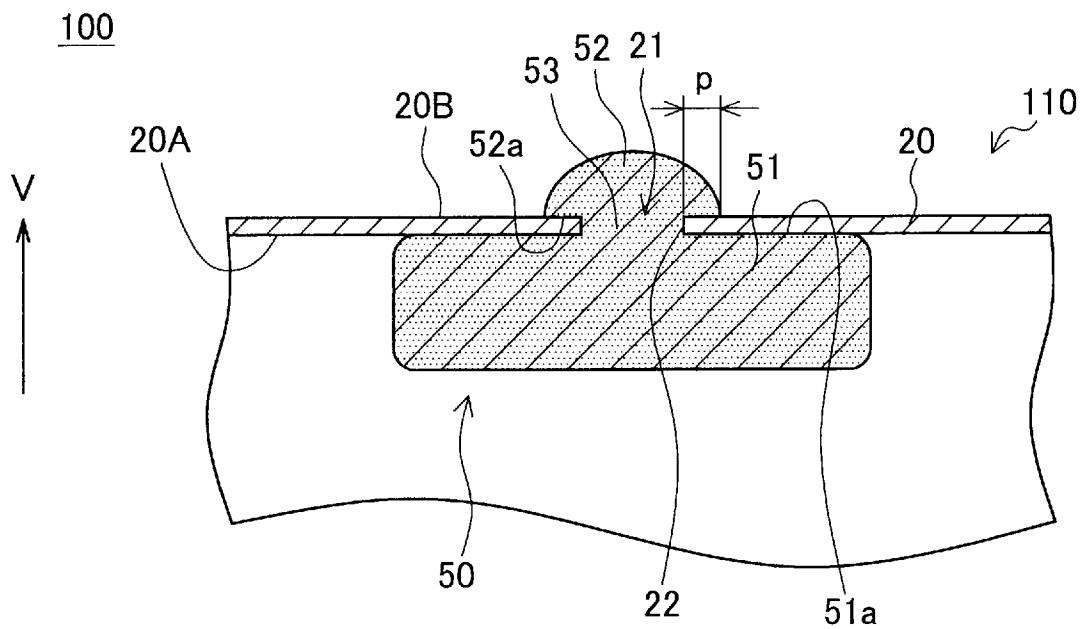
[図28]



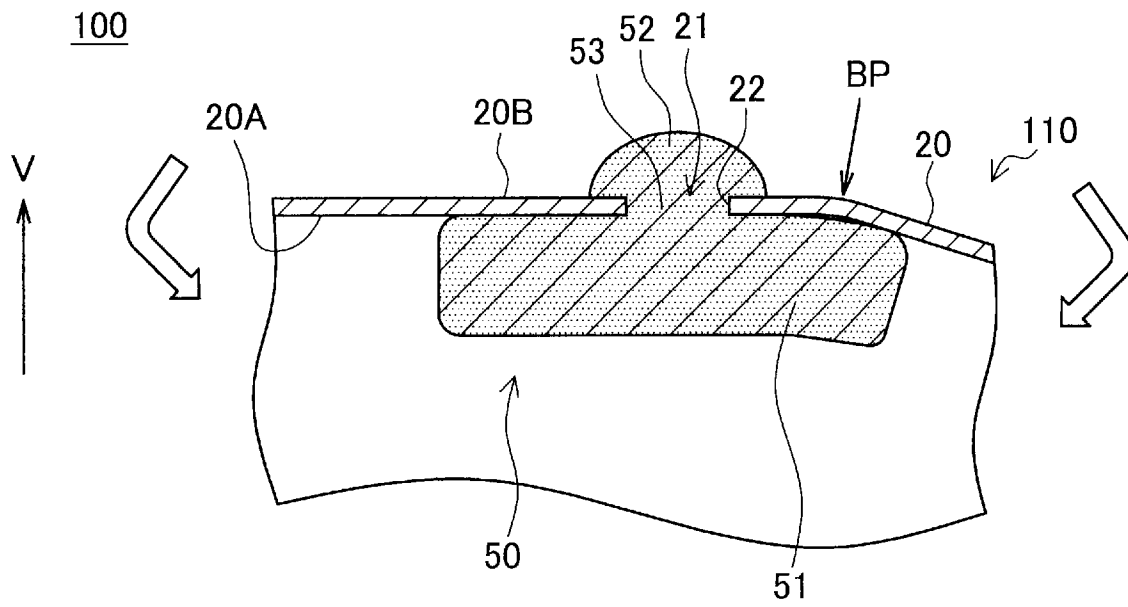
[図29]



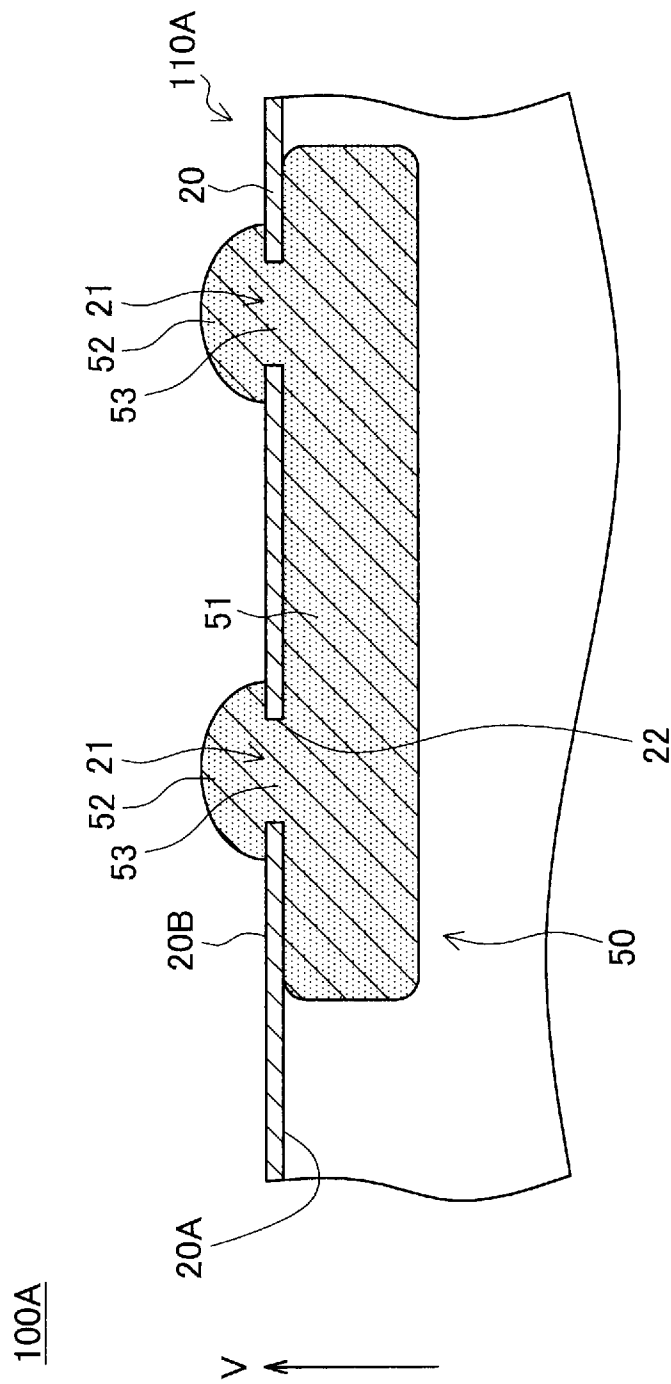
[図30]



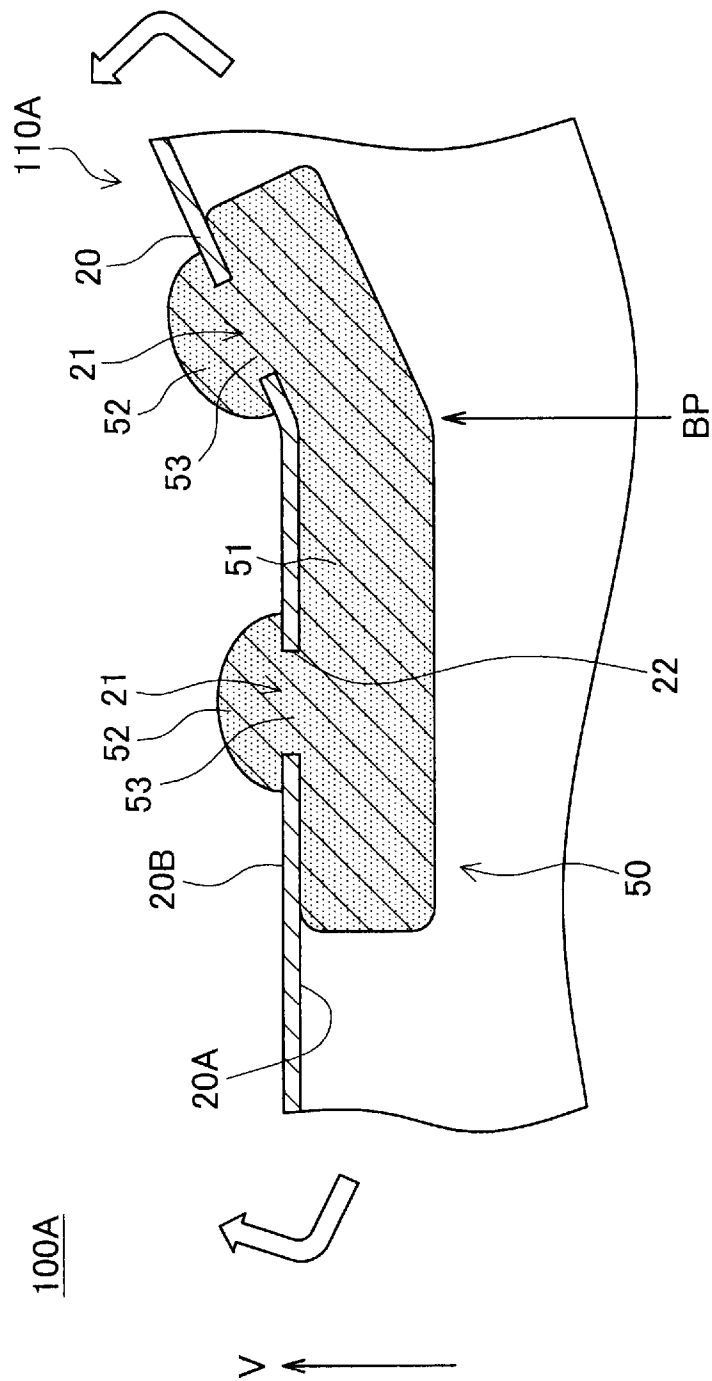
[図31]



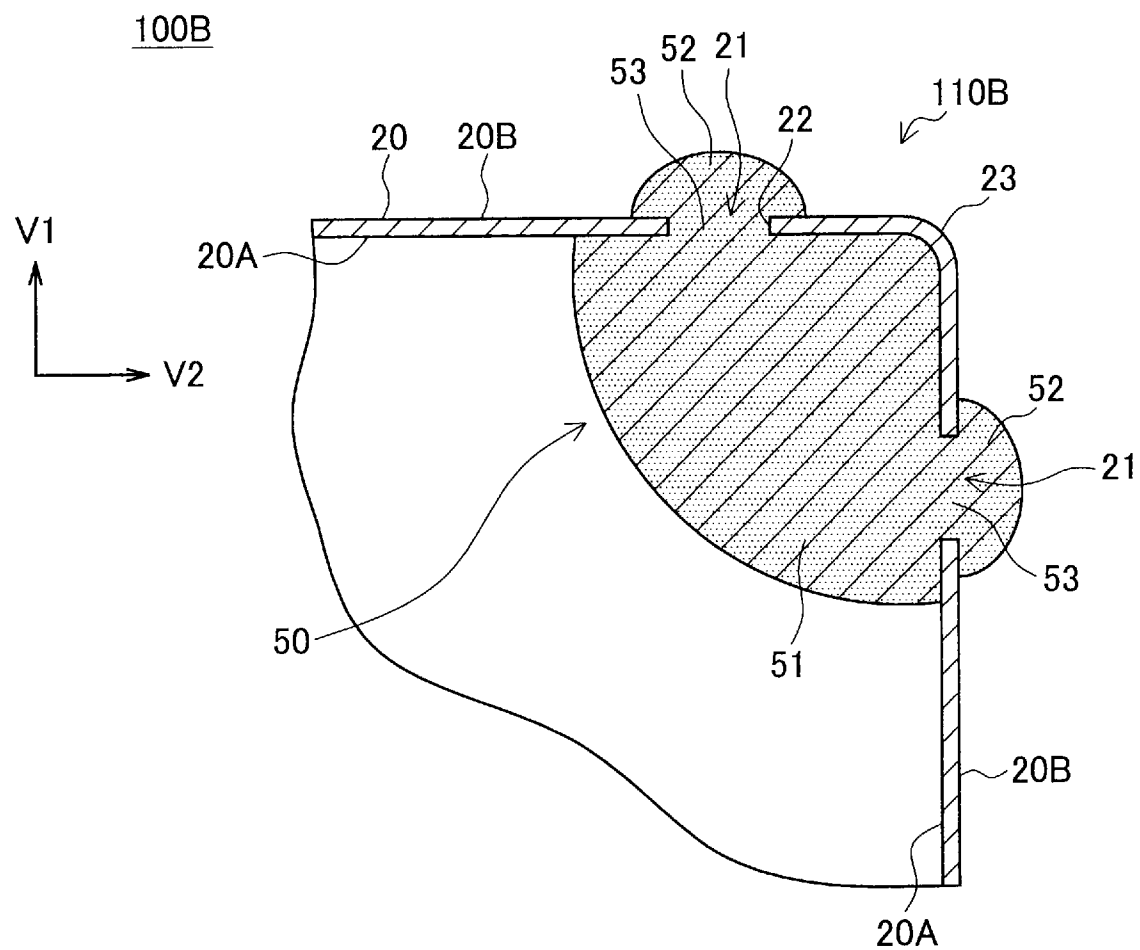
[図32]



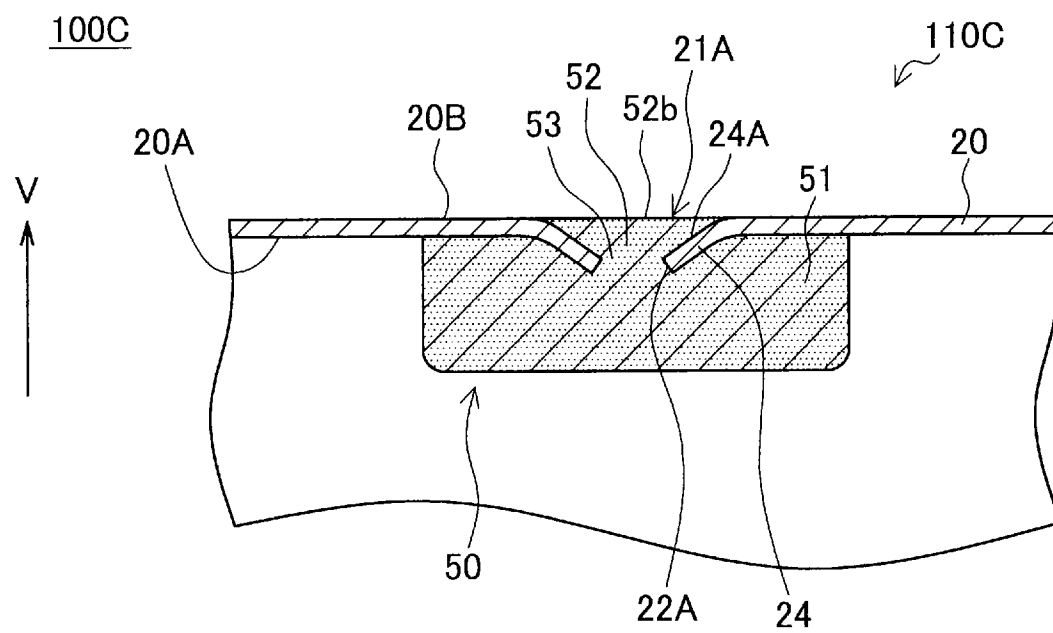
[図33]



[図34]



[図35]



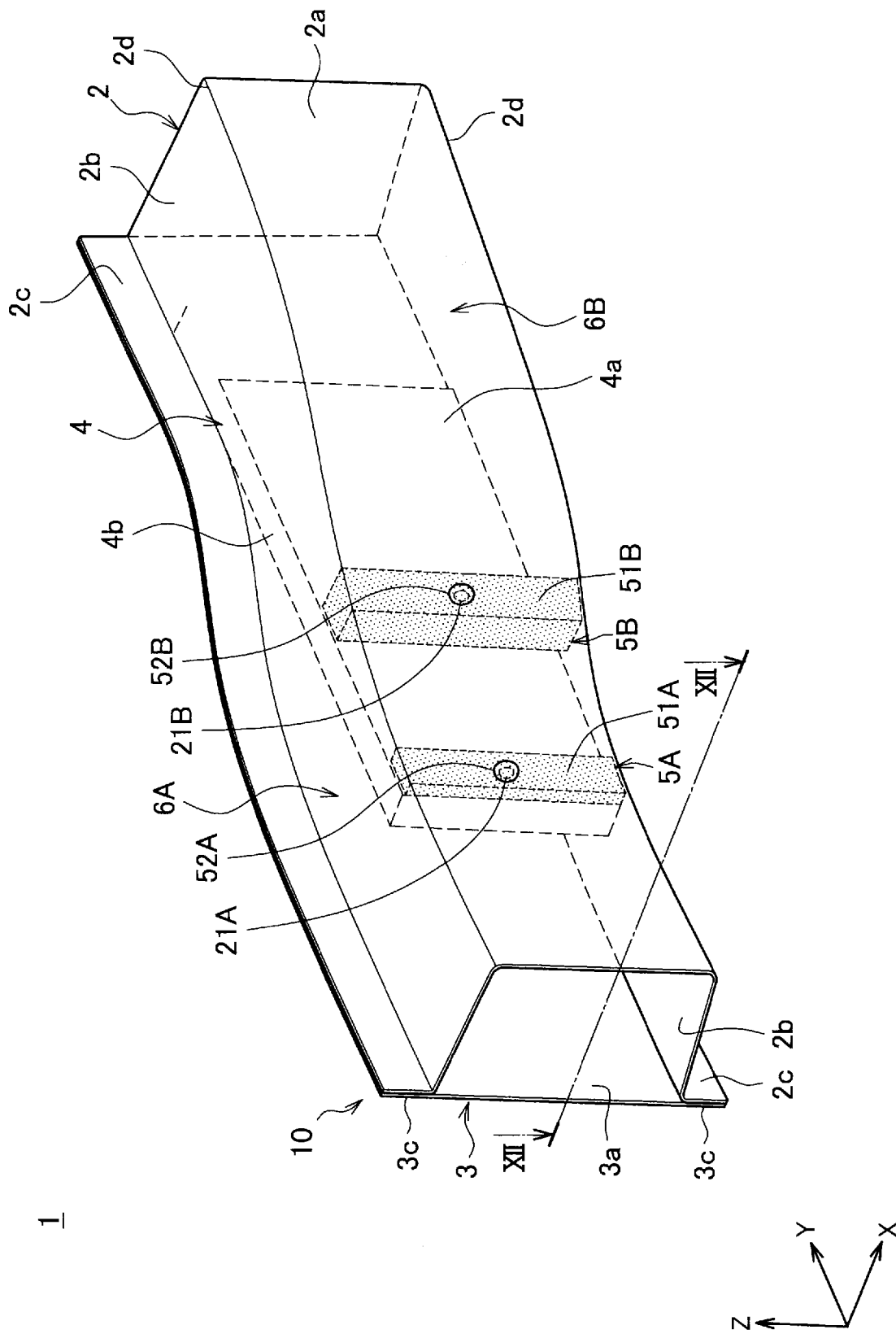
100D



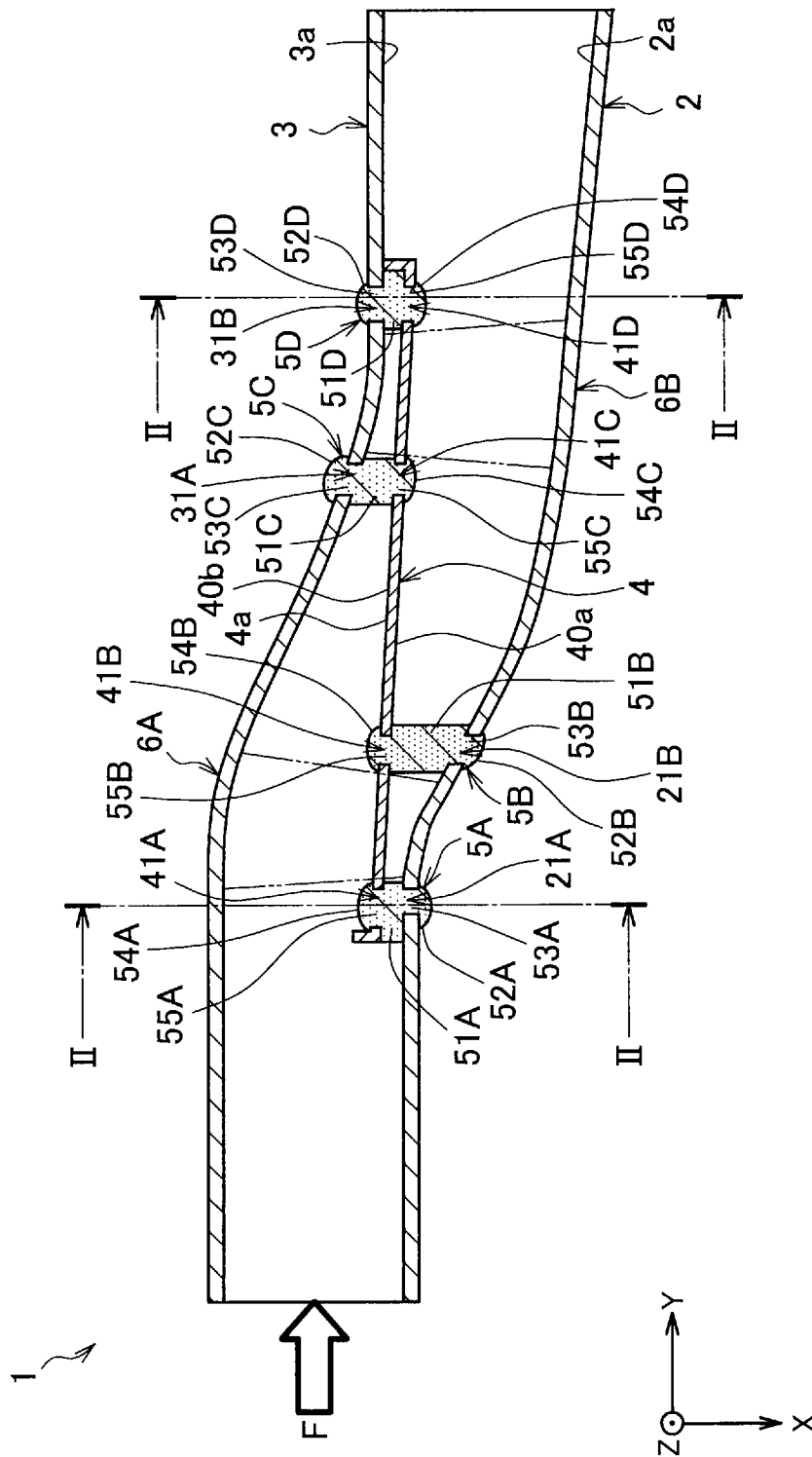
100E



[図38]

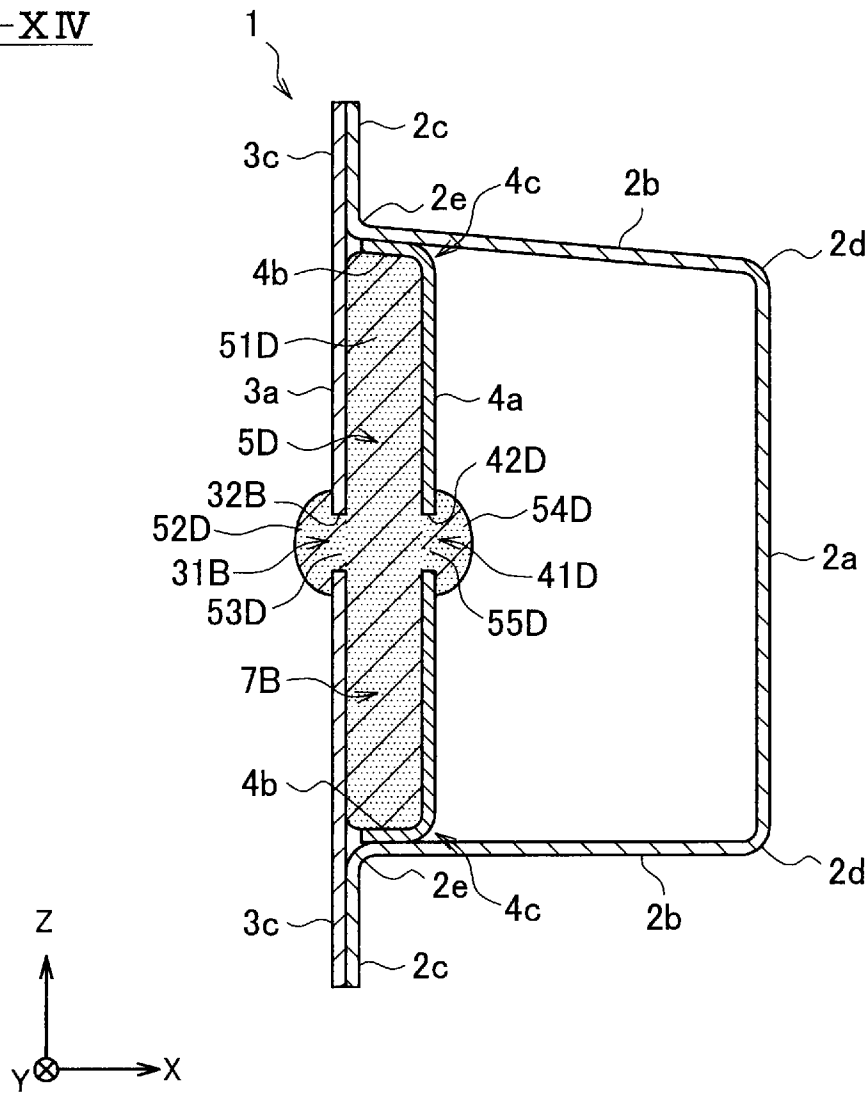


[図39]

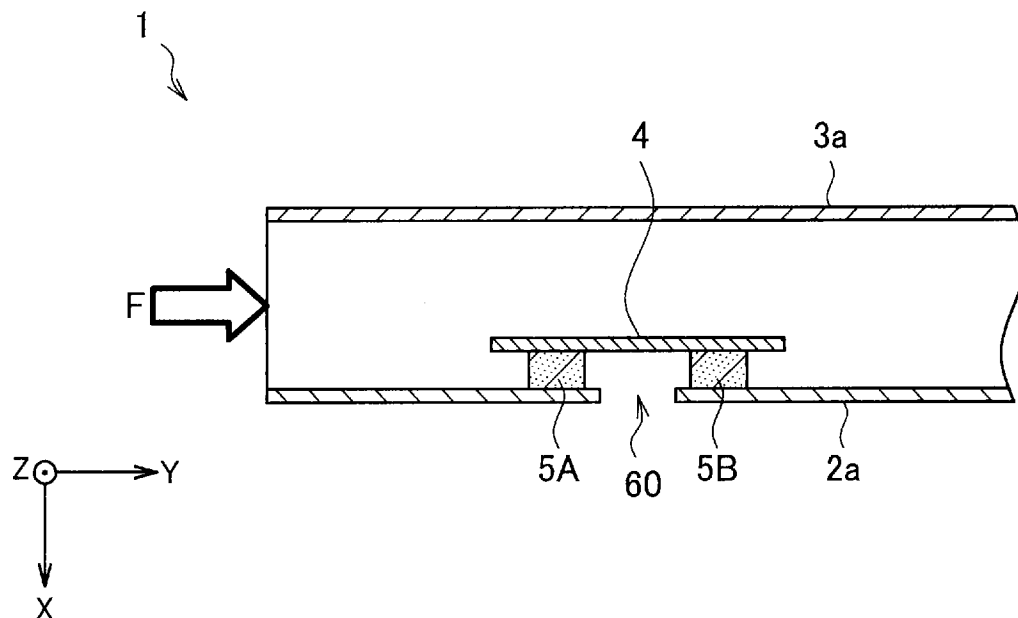


[図41]

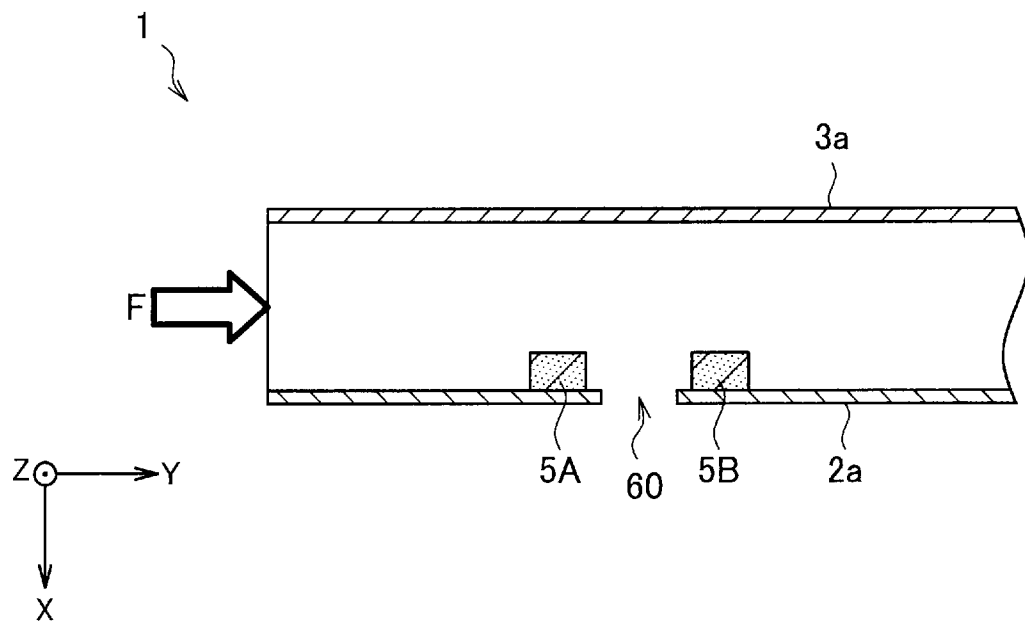
XIV-XIV



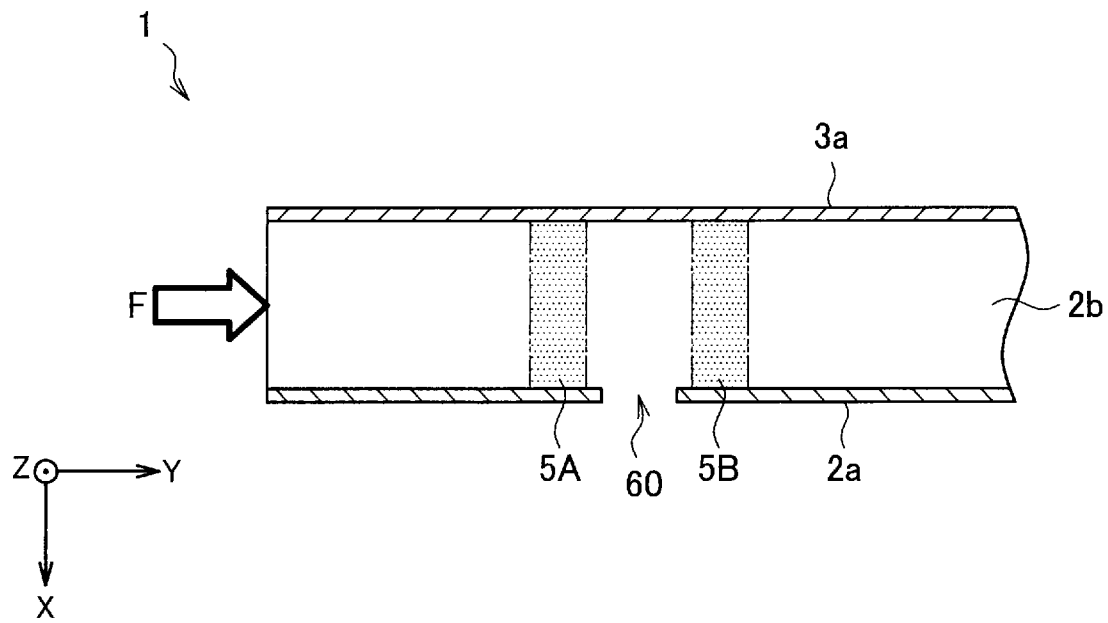
[図42]



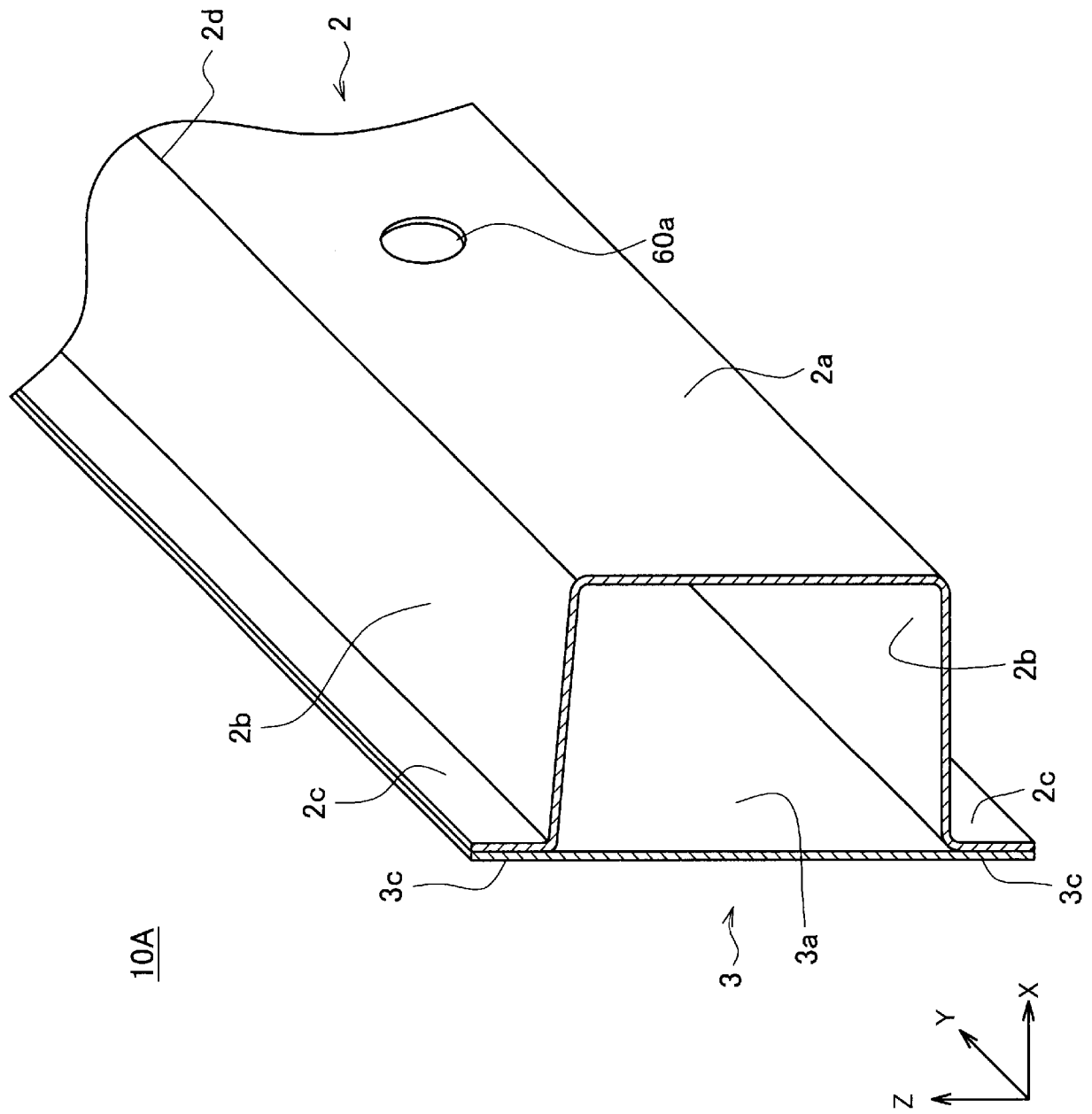
[図43]



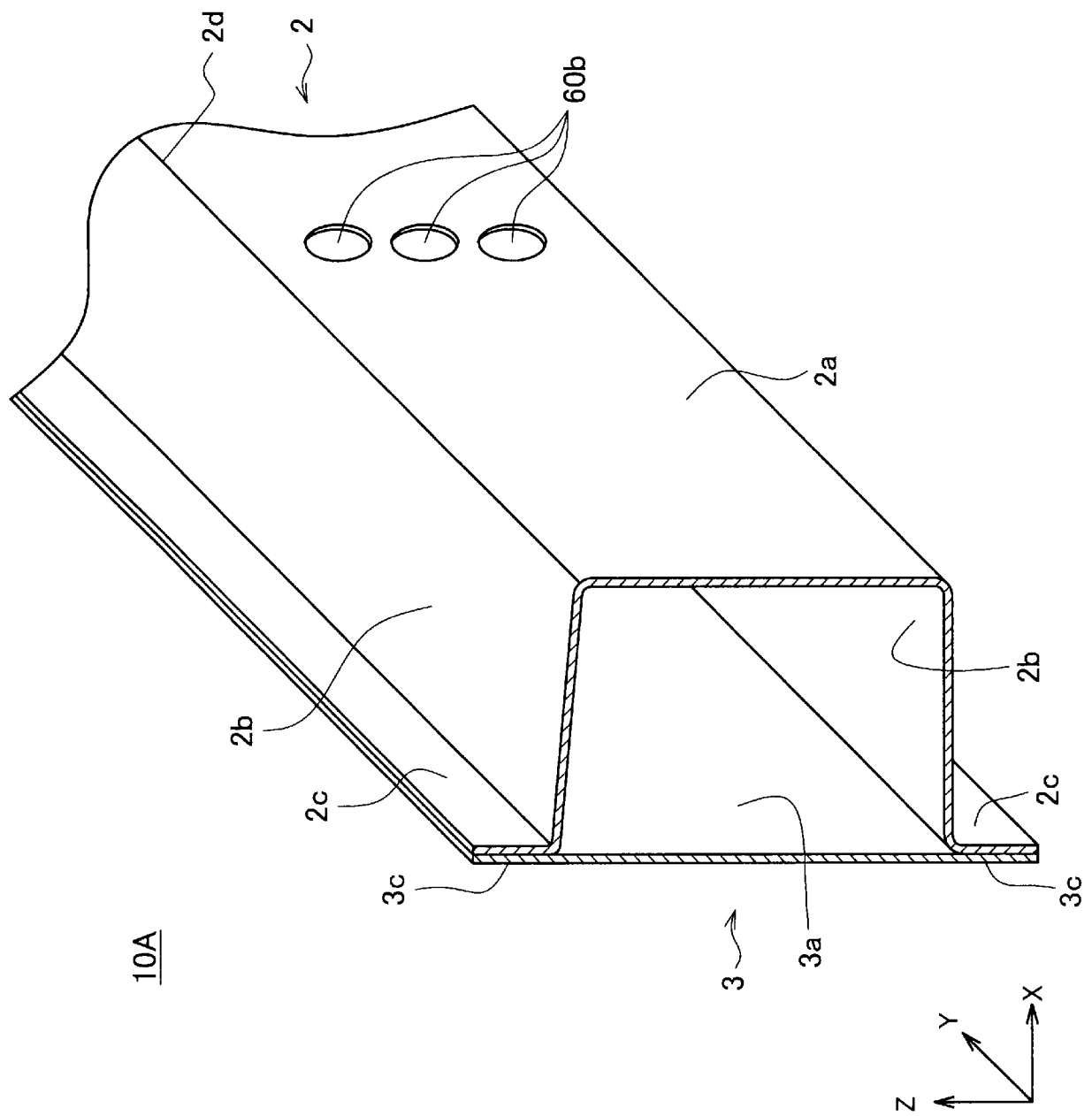
[図44]



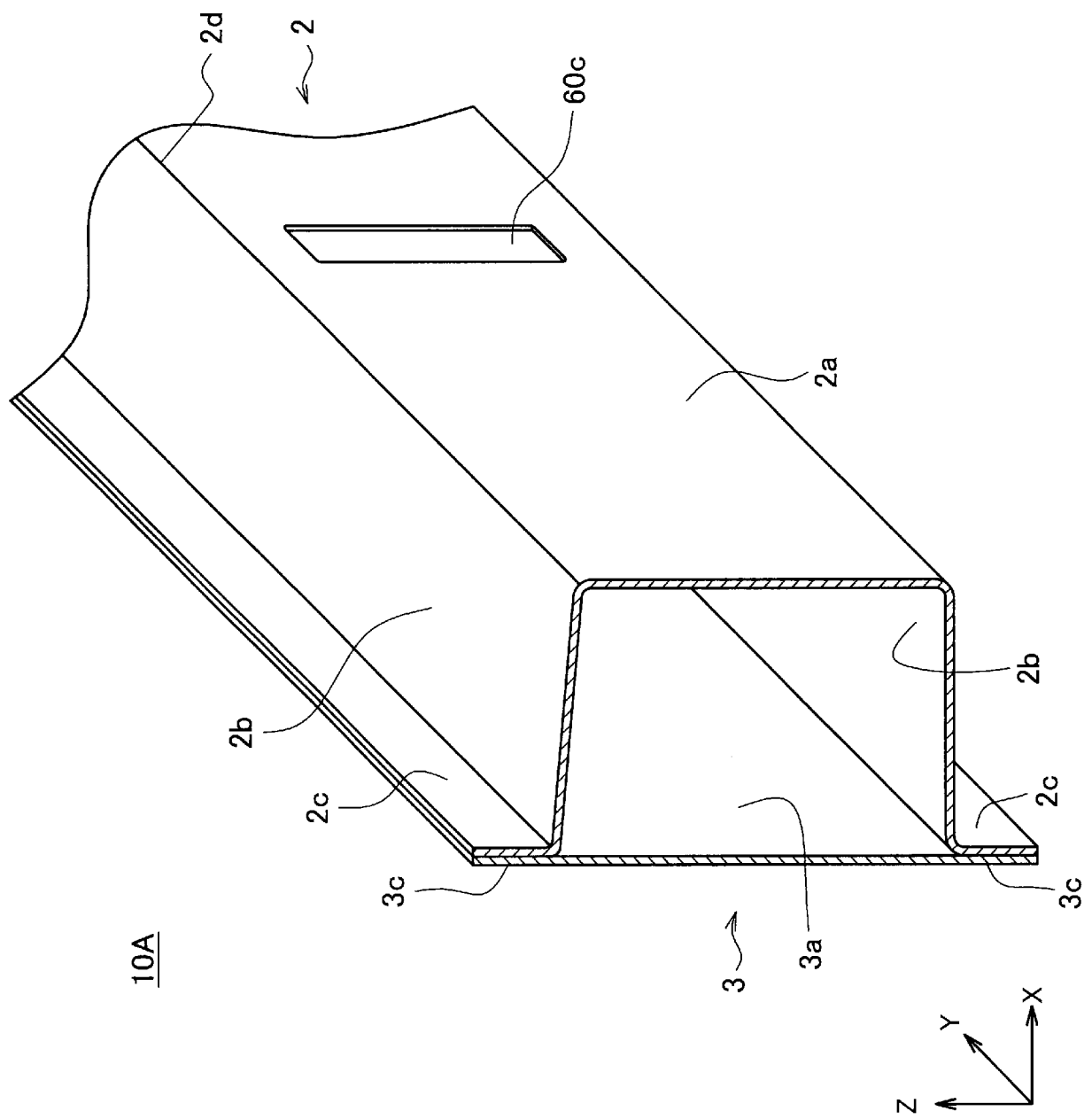
[図45]



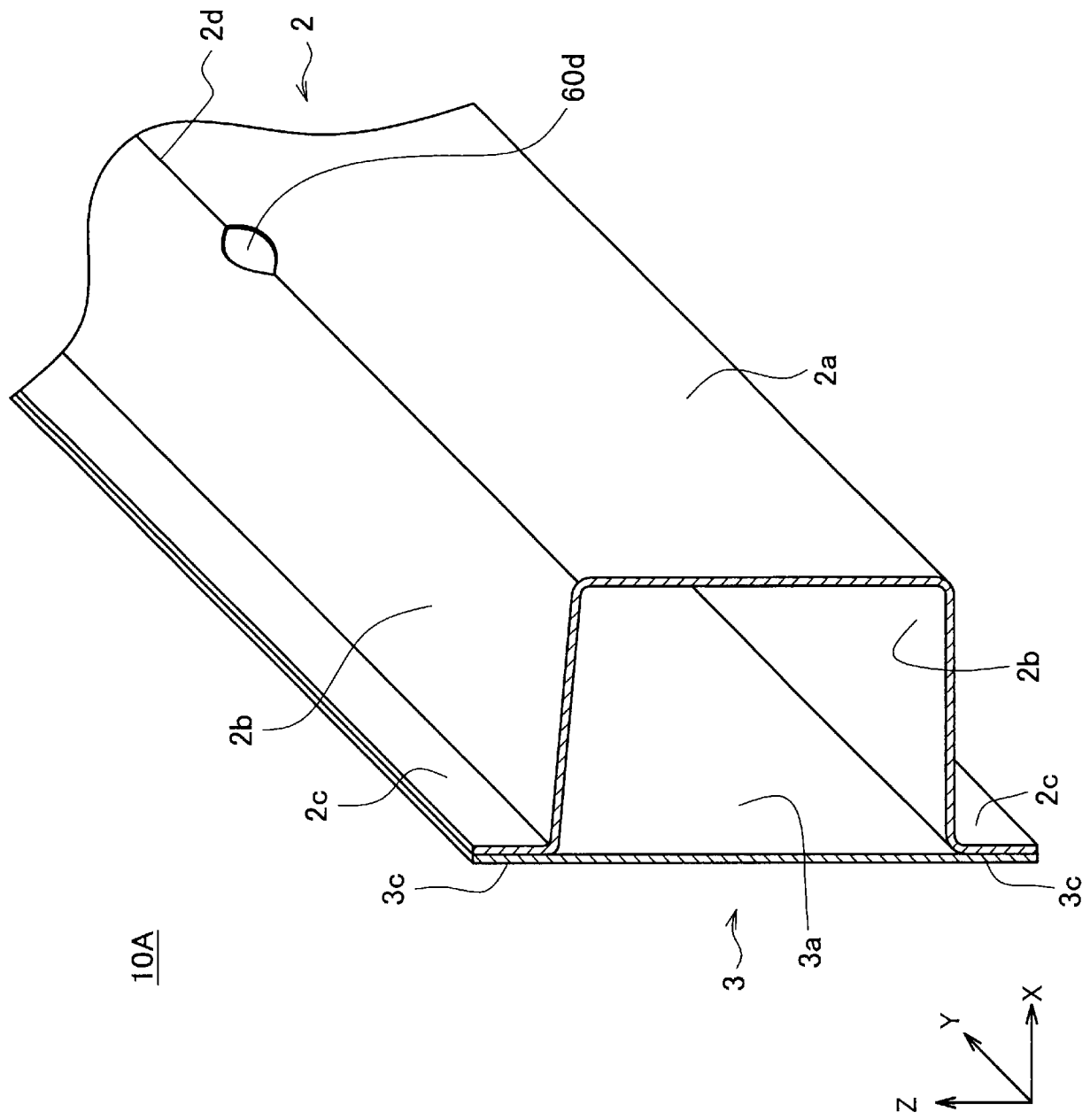
[図46]



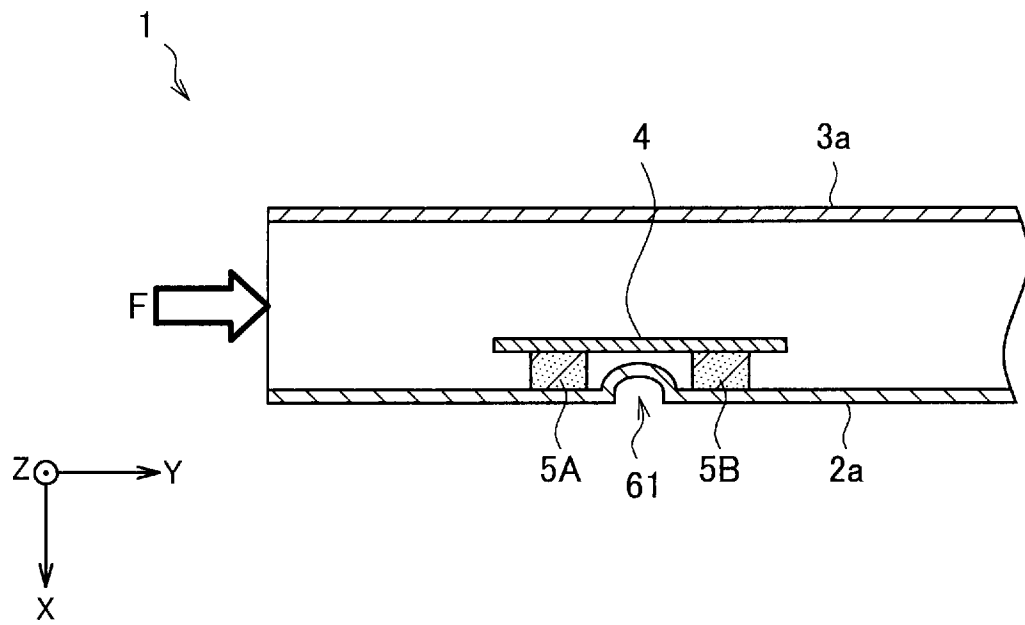
[図47]



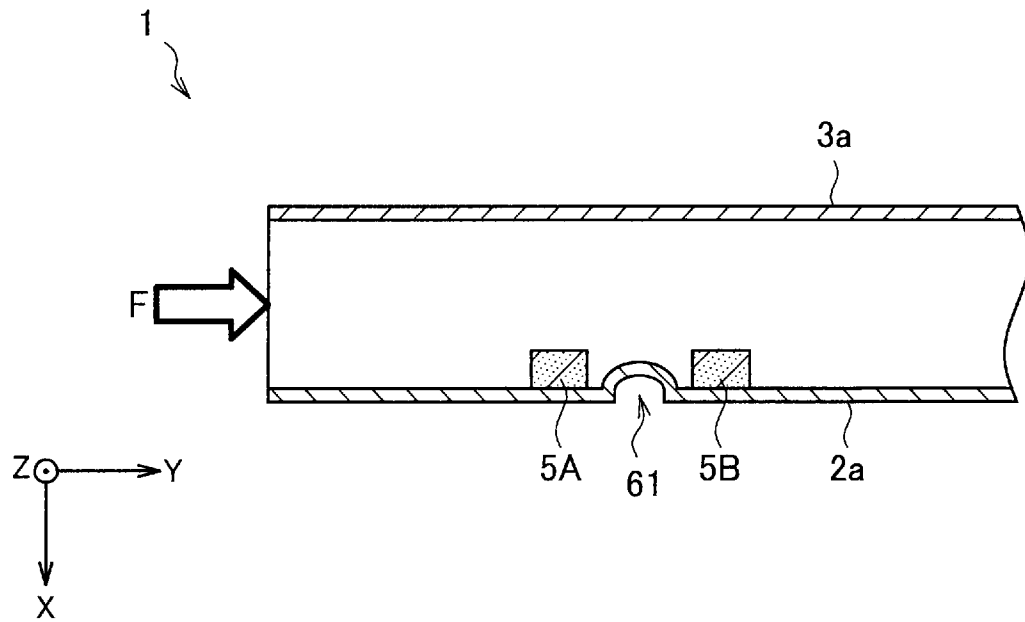
[図48]



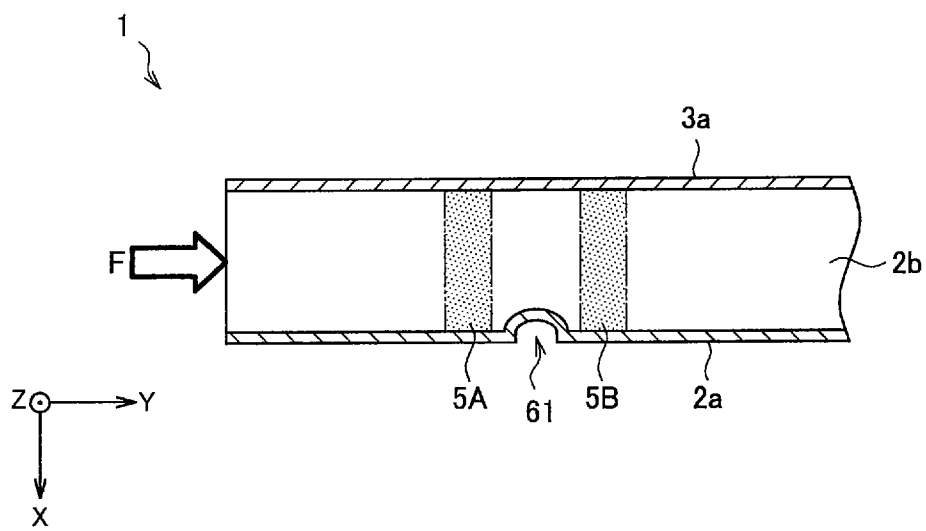
[図49]



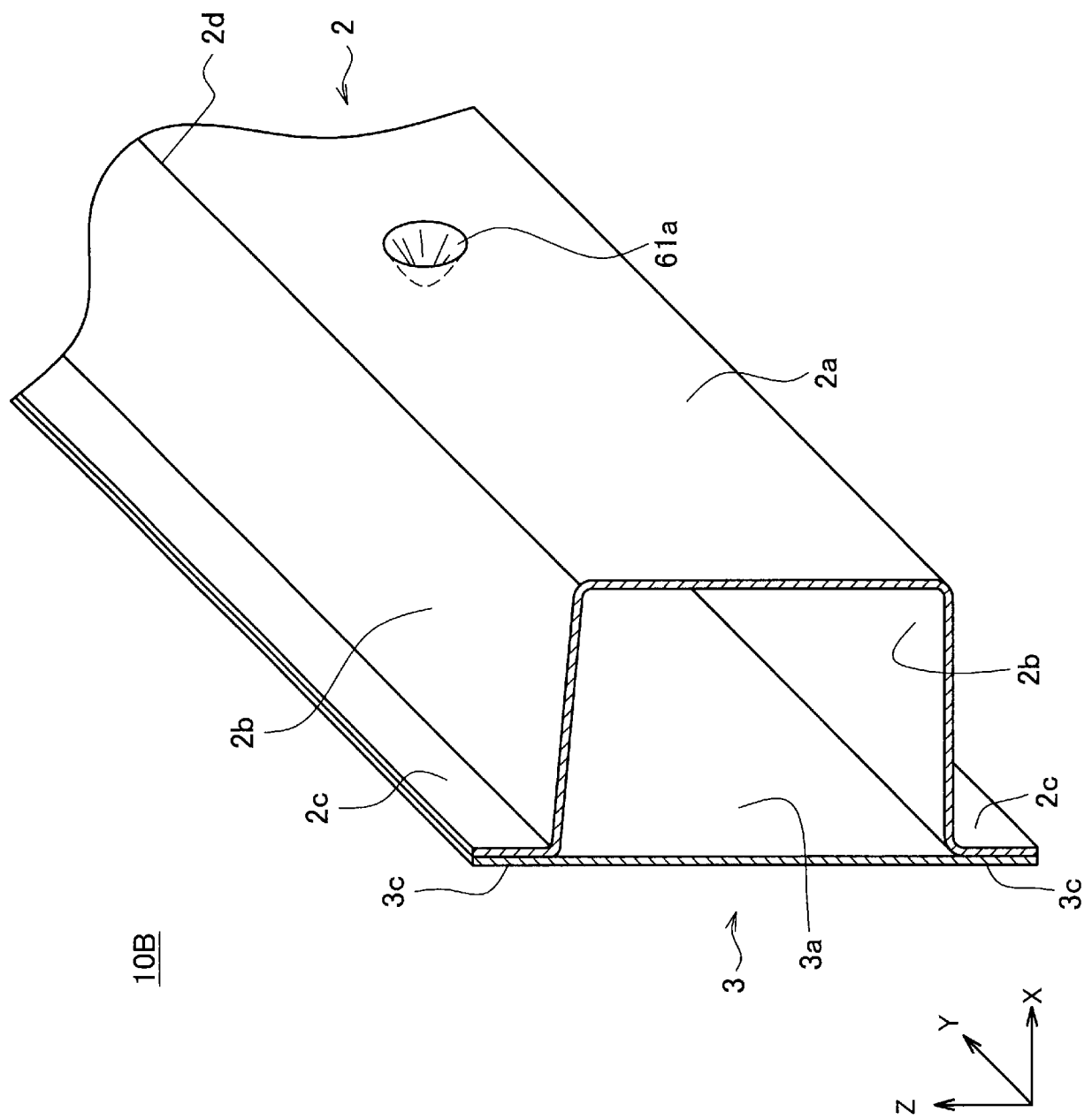
[図50]



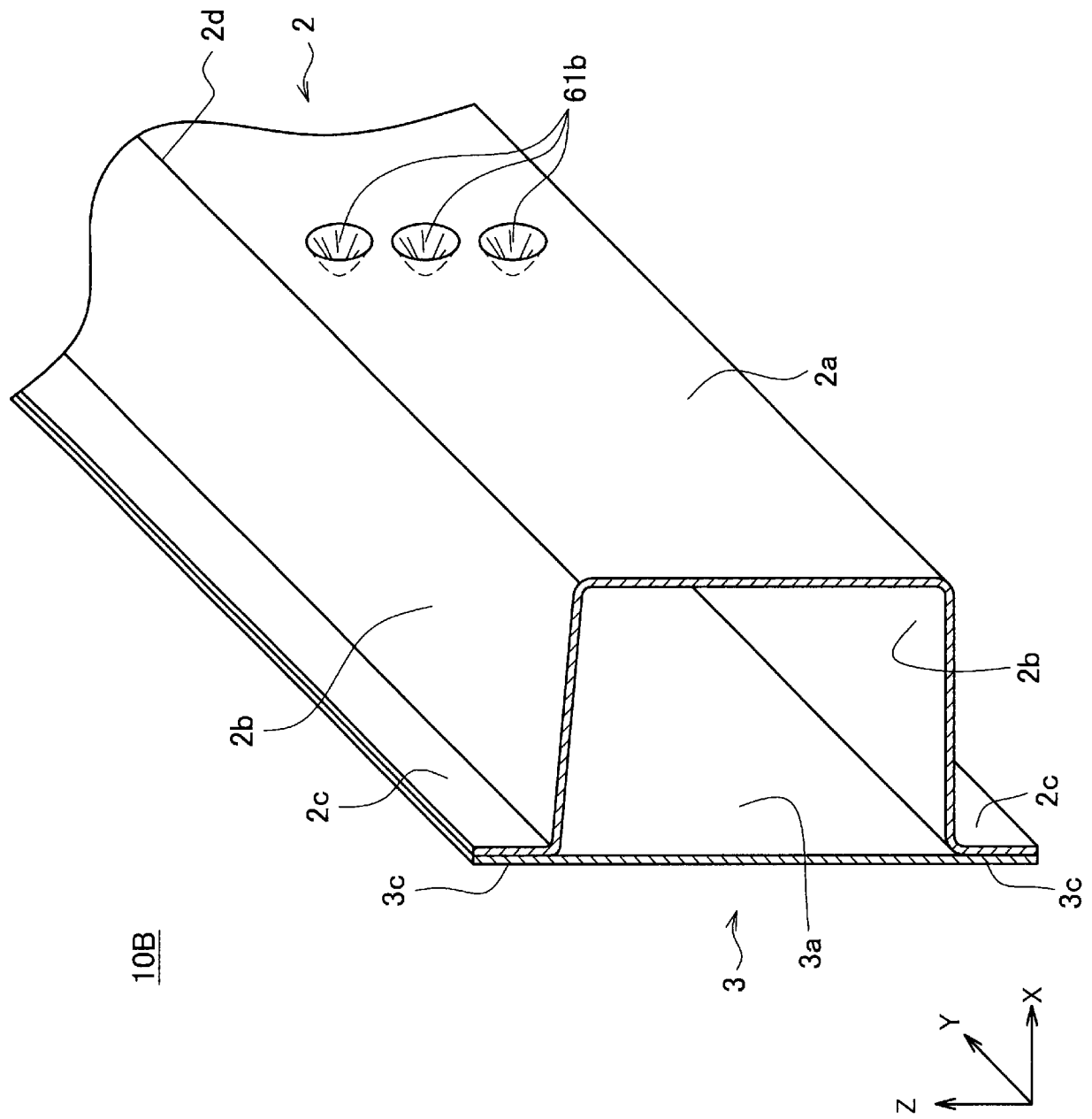
[図51]



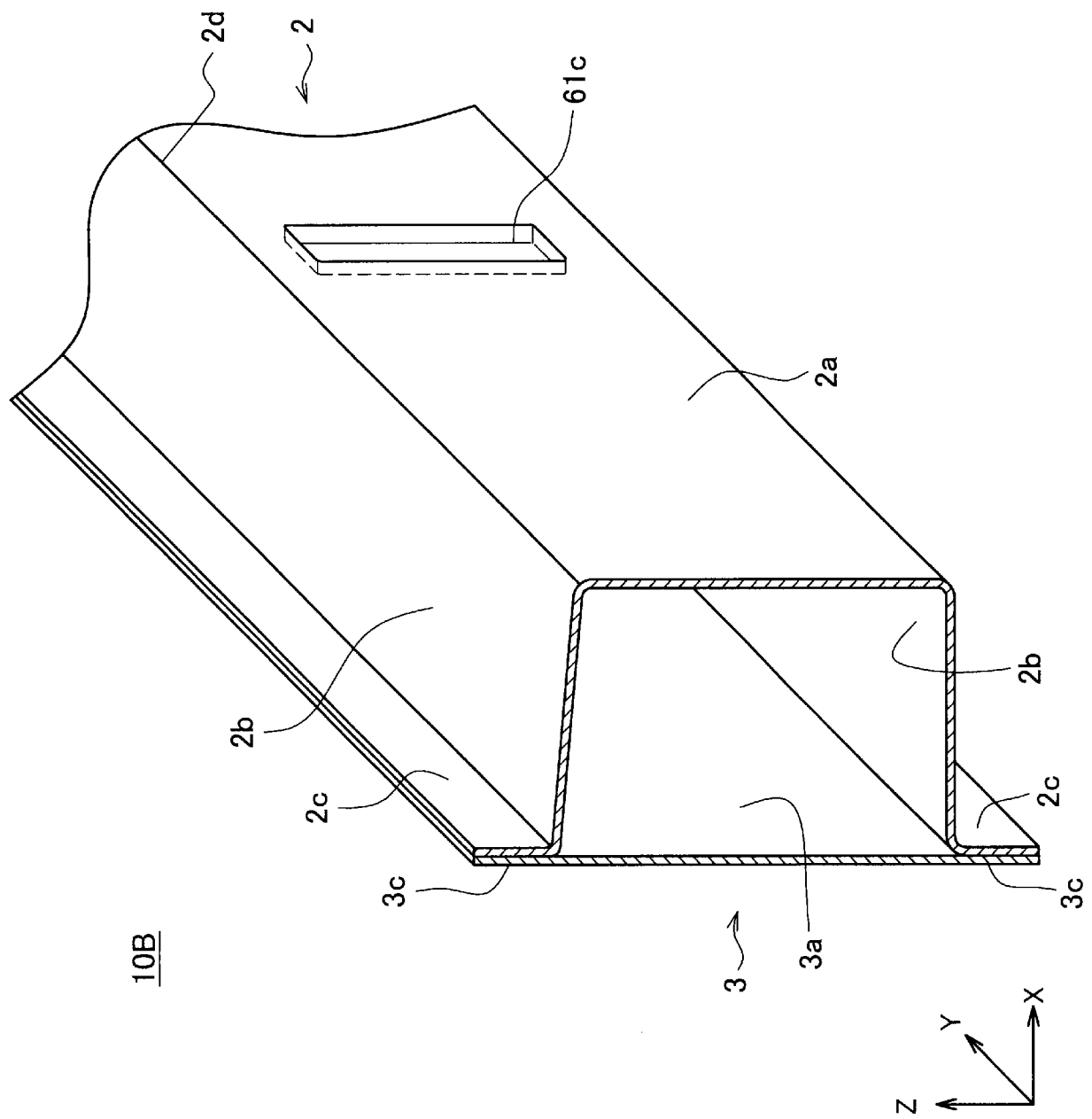
[図52]



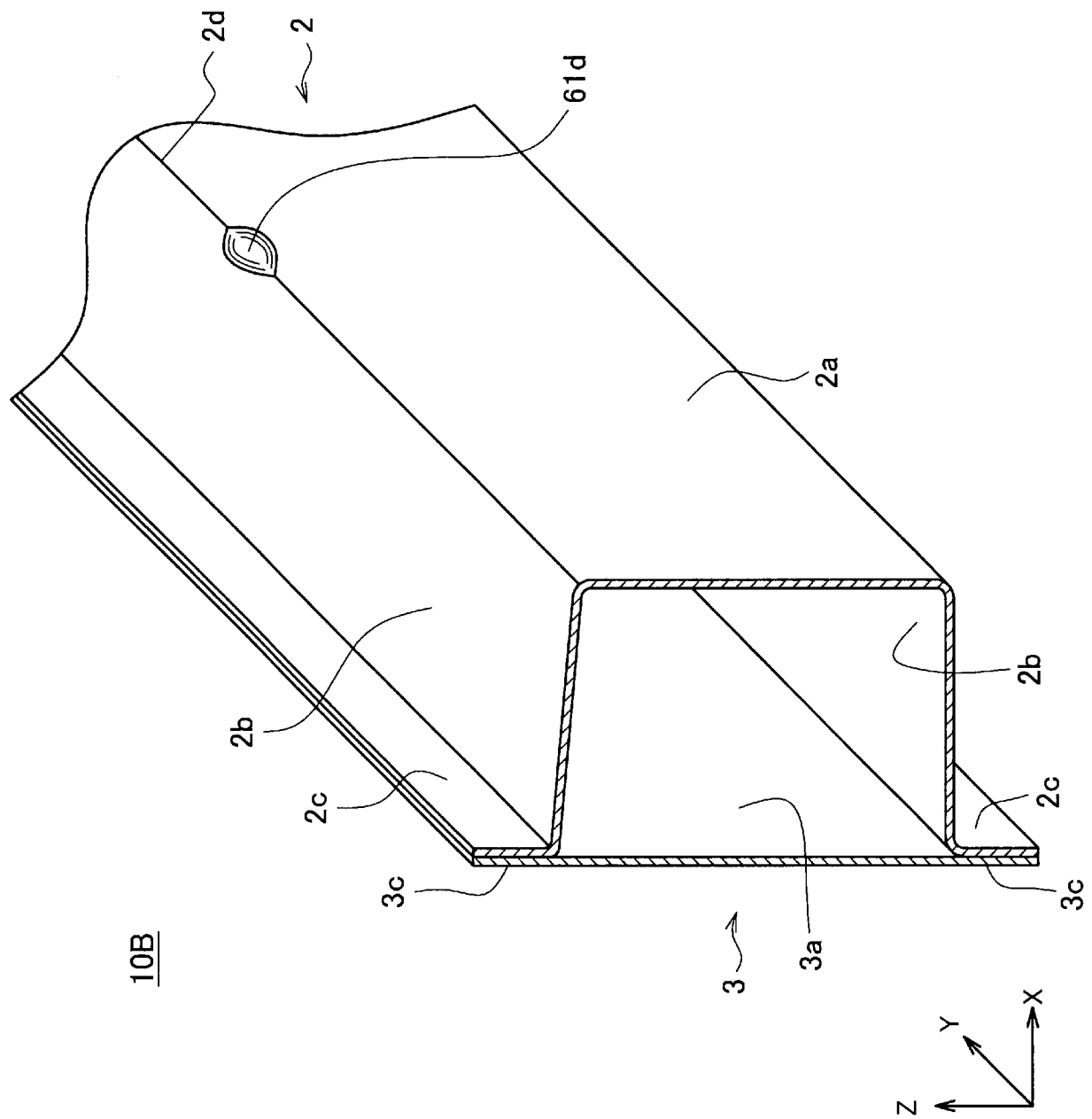
[図53]



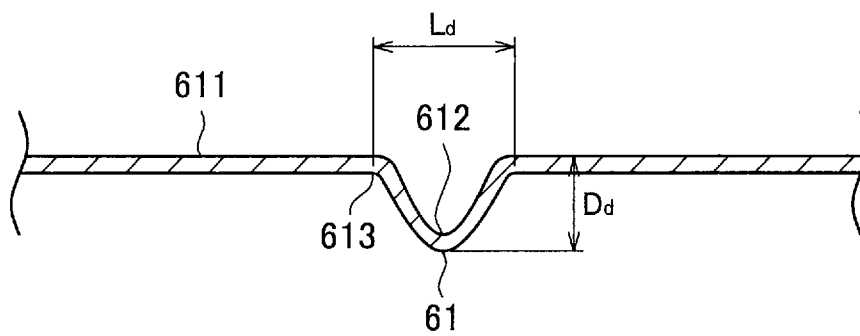
[図54]



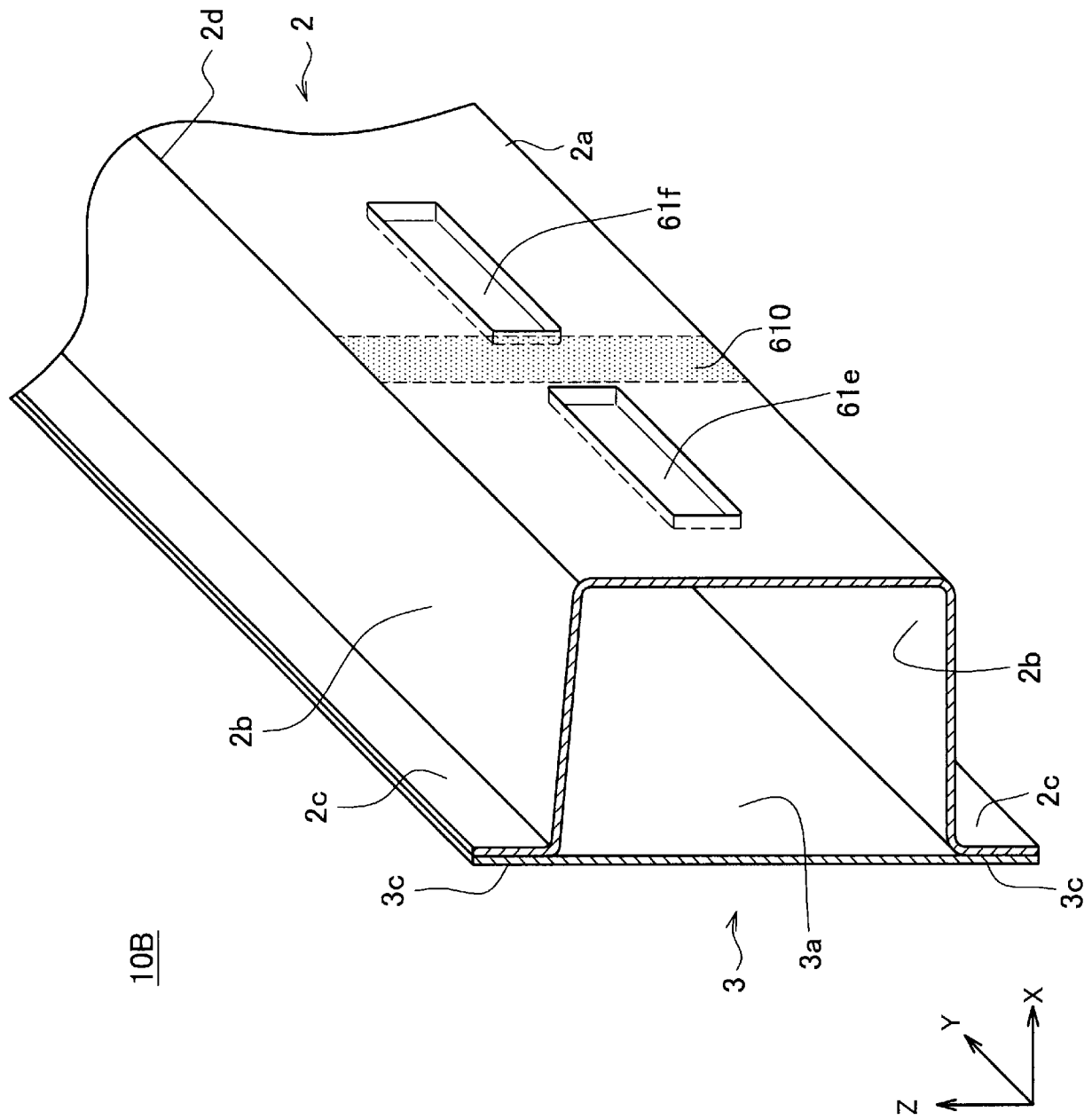
[図55]



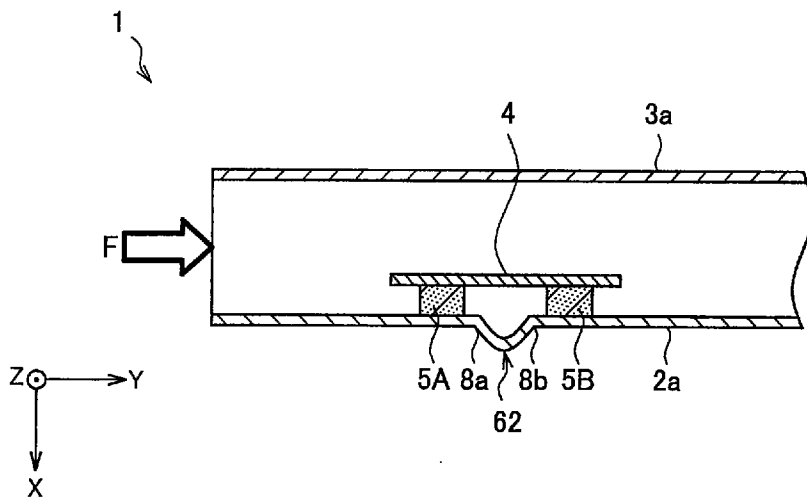
[図56]



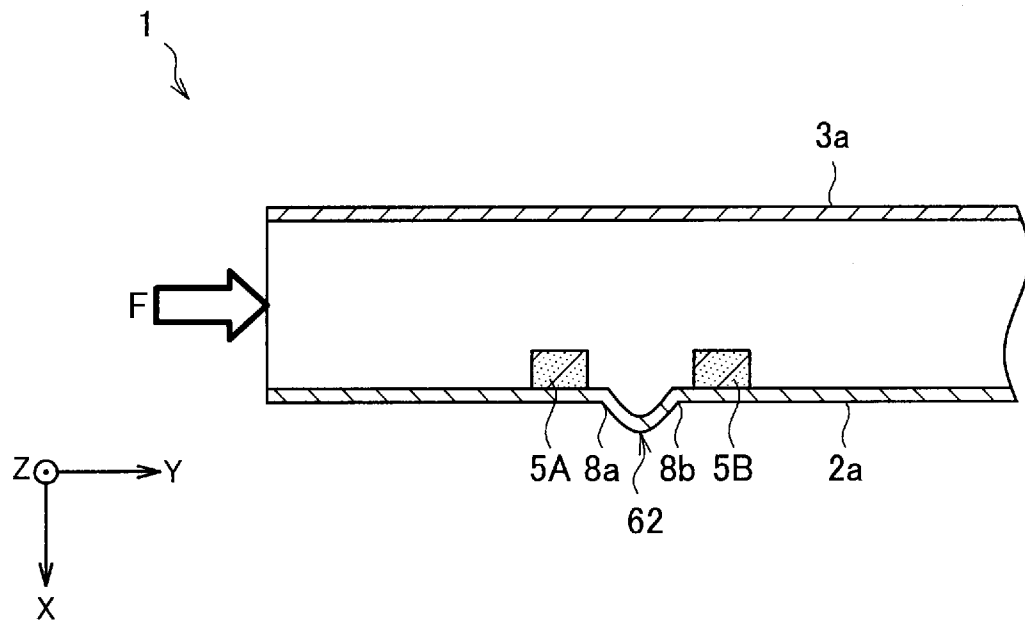
[図57]



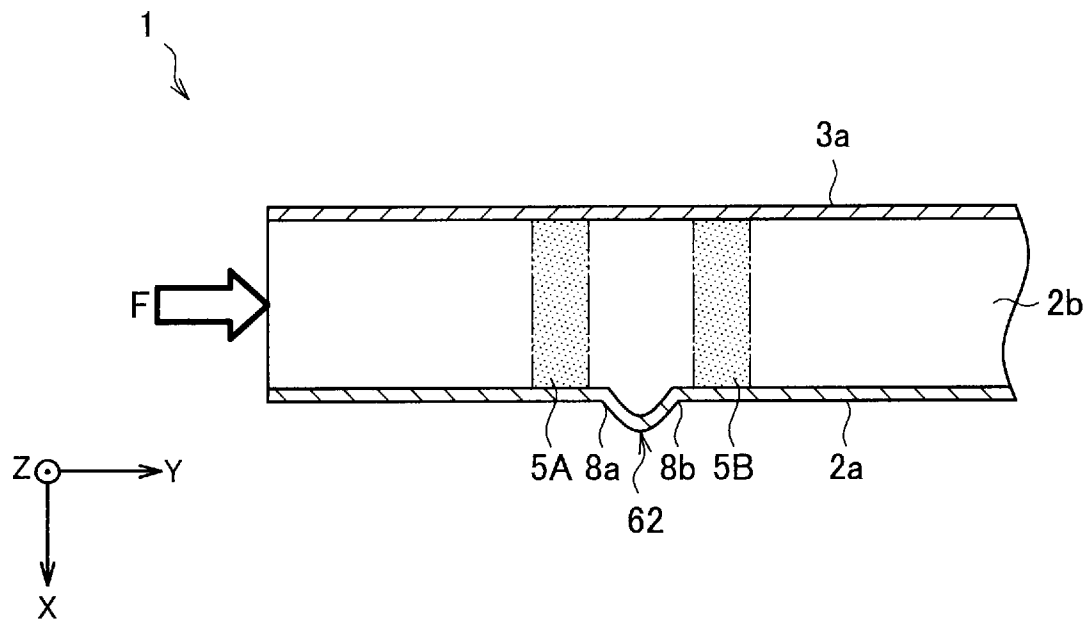
[図58]



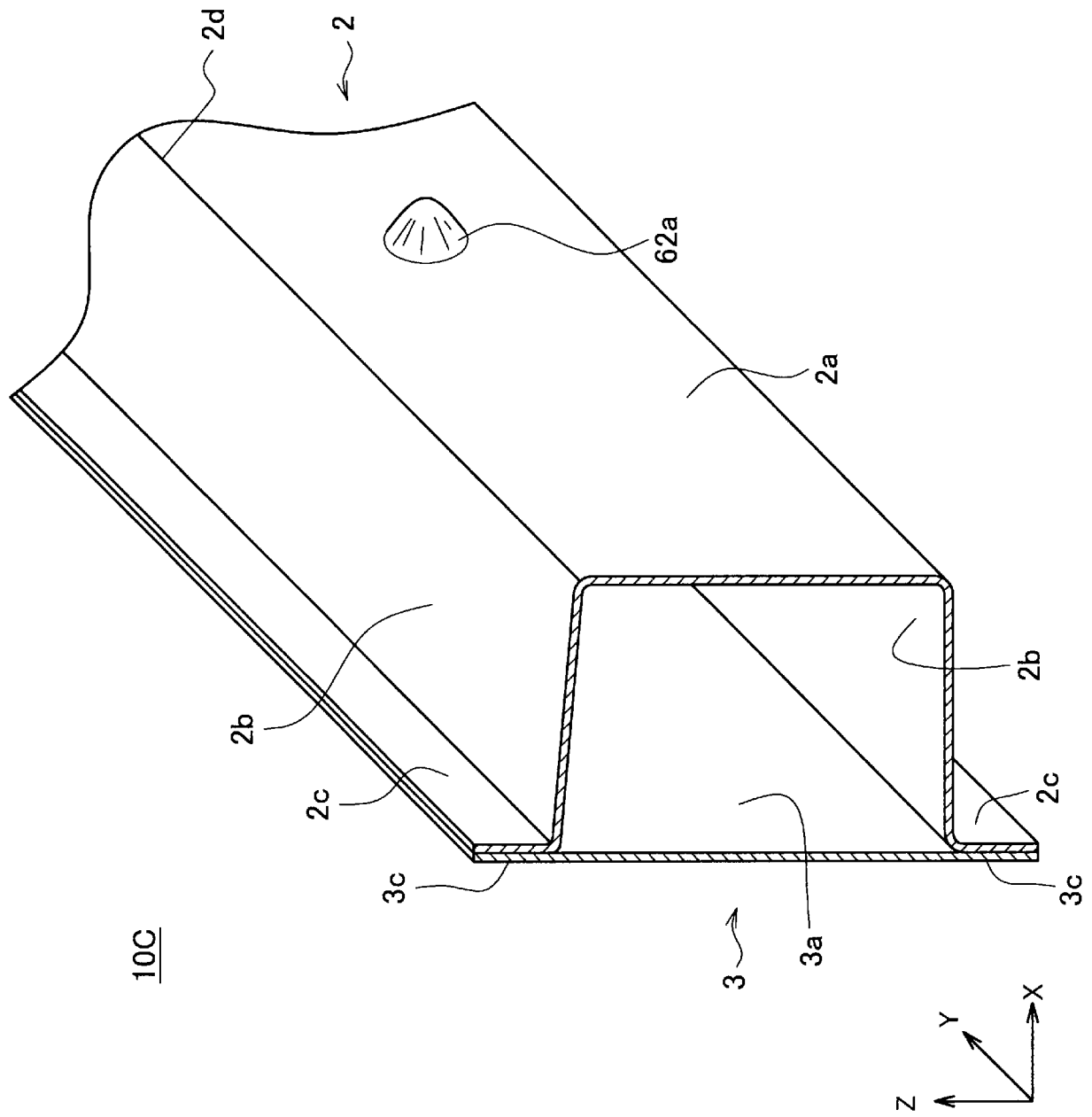
[図59]



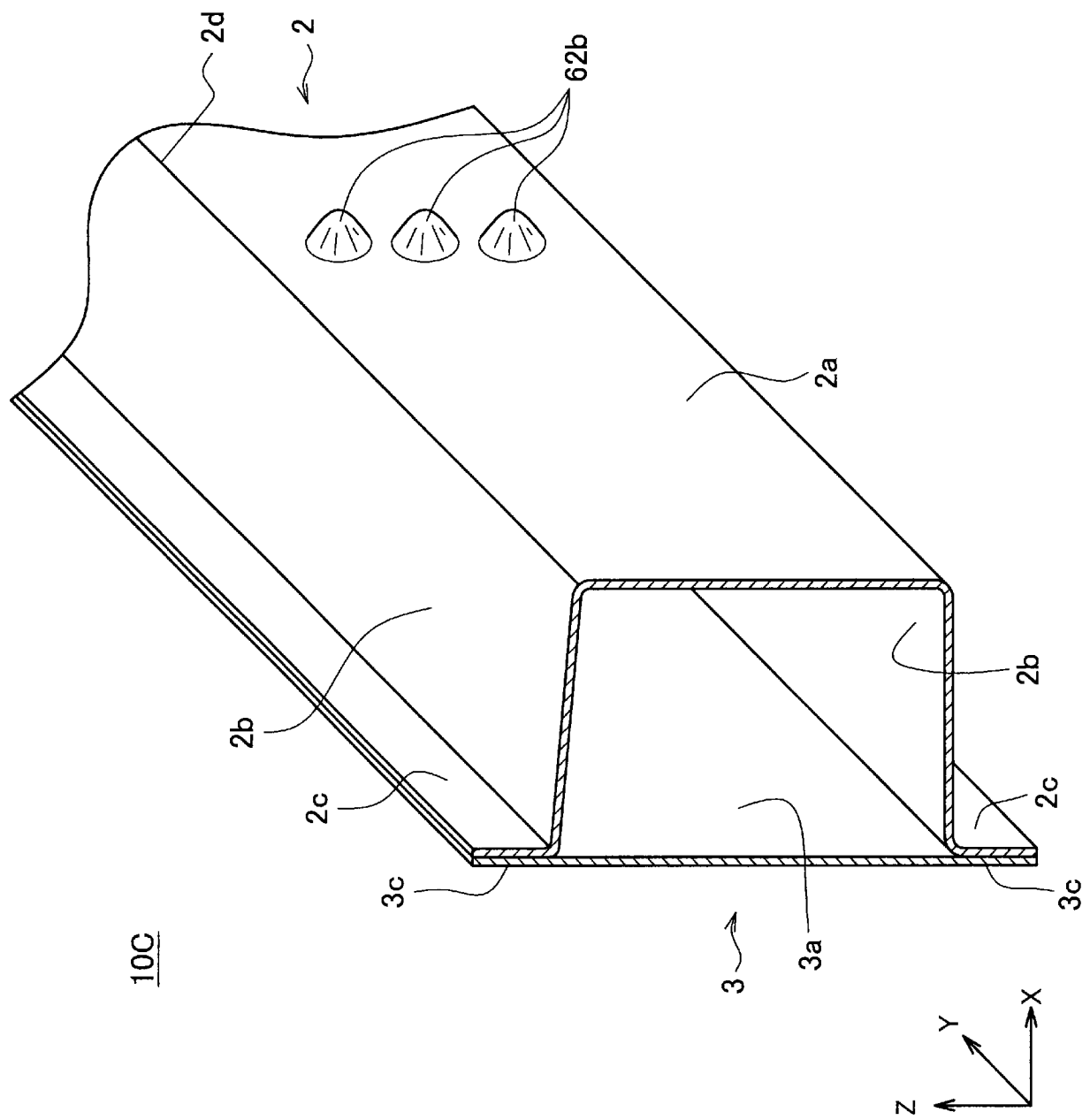
[図60]



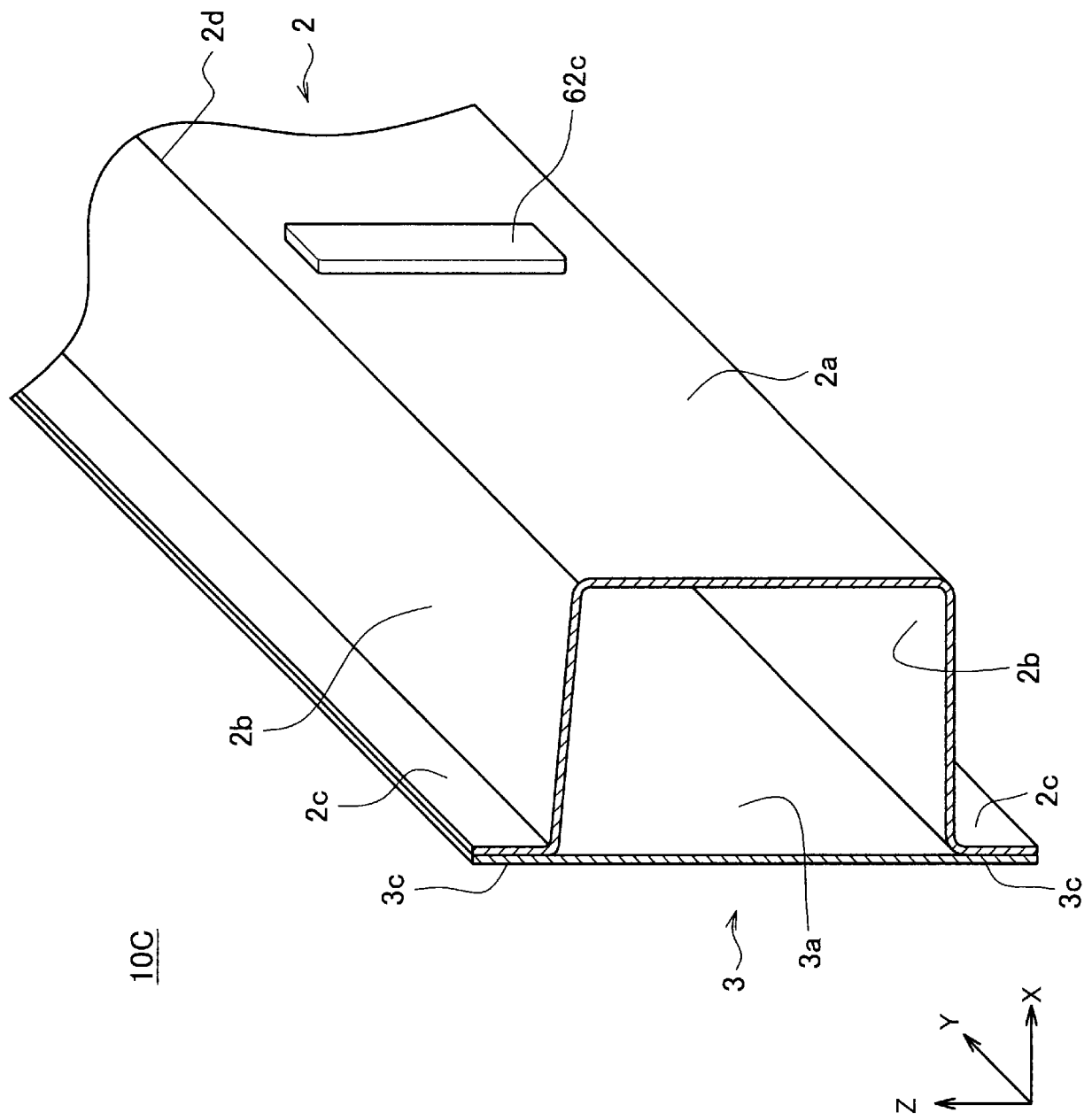
[図61]



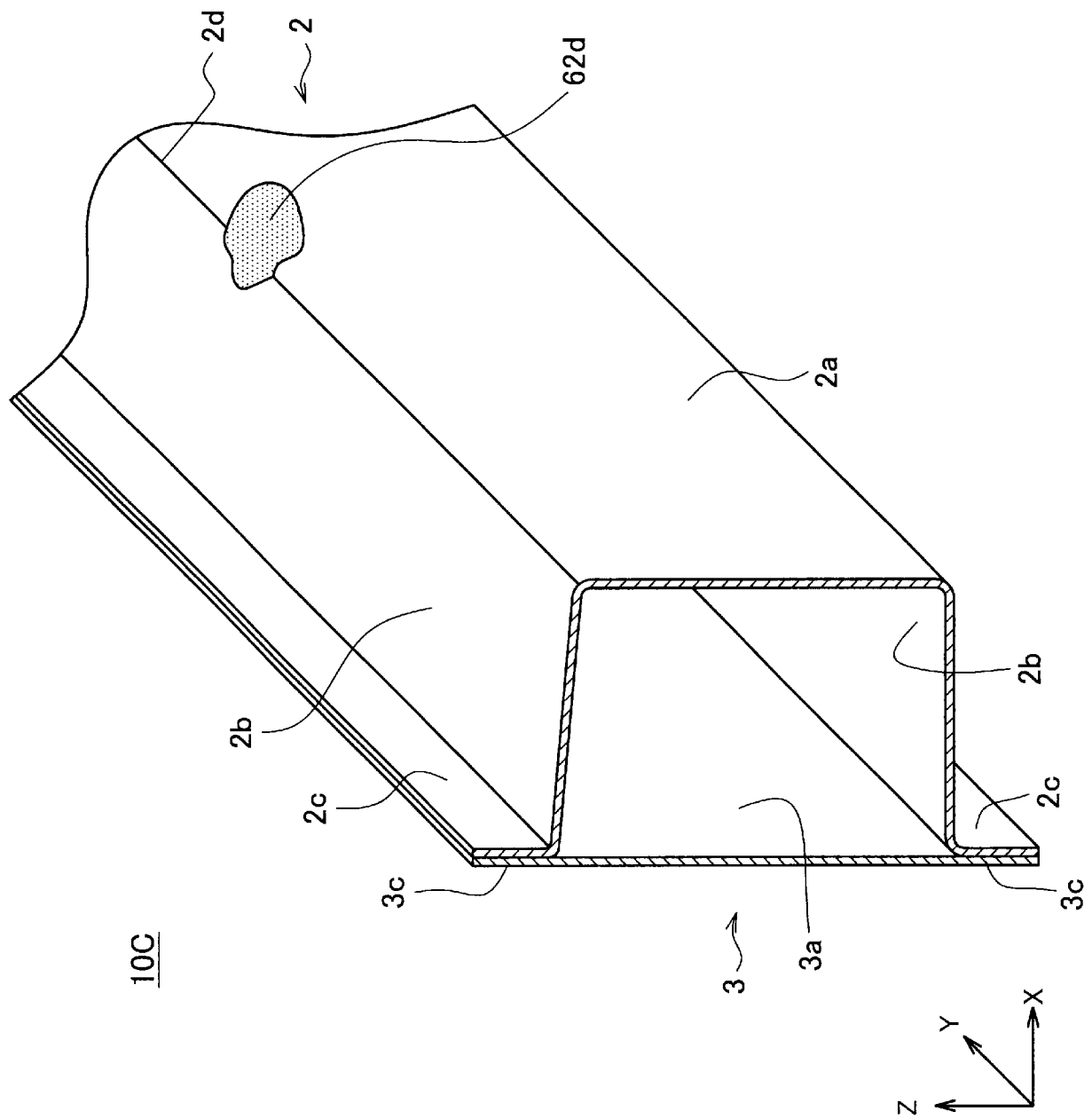
[図62]



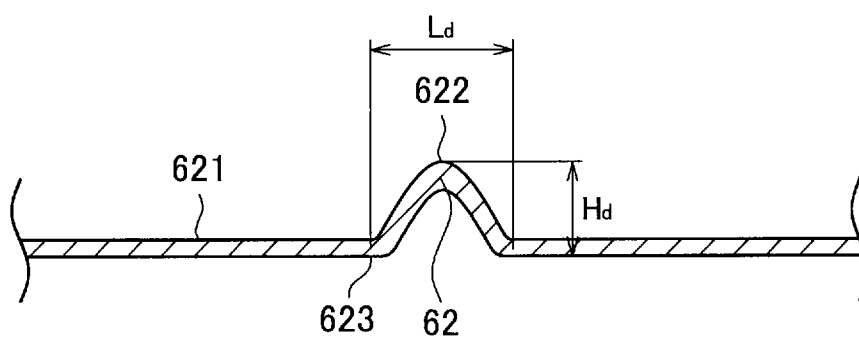
[図63]



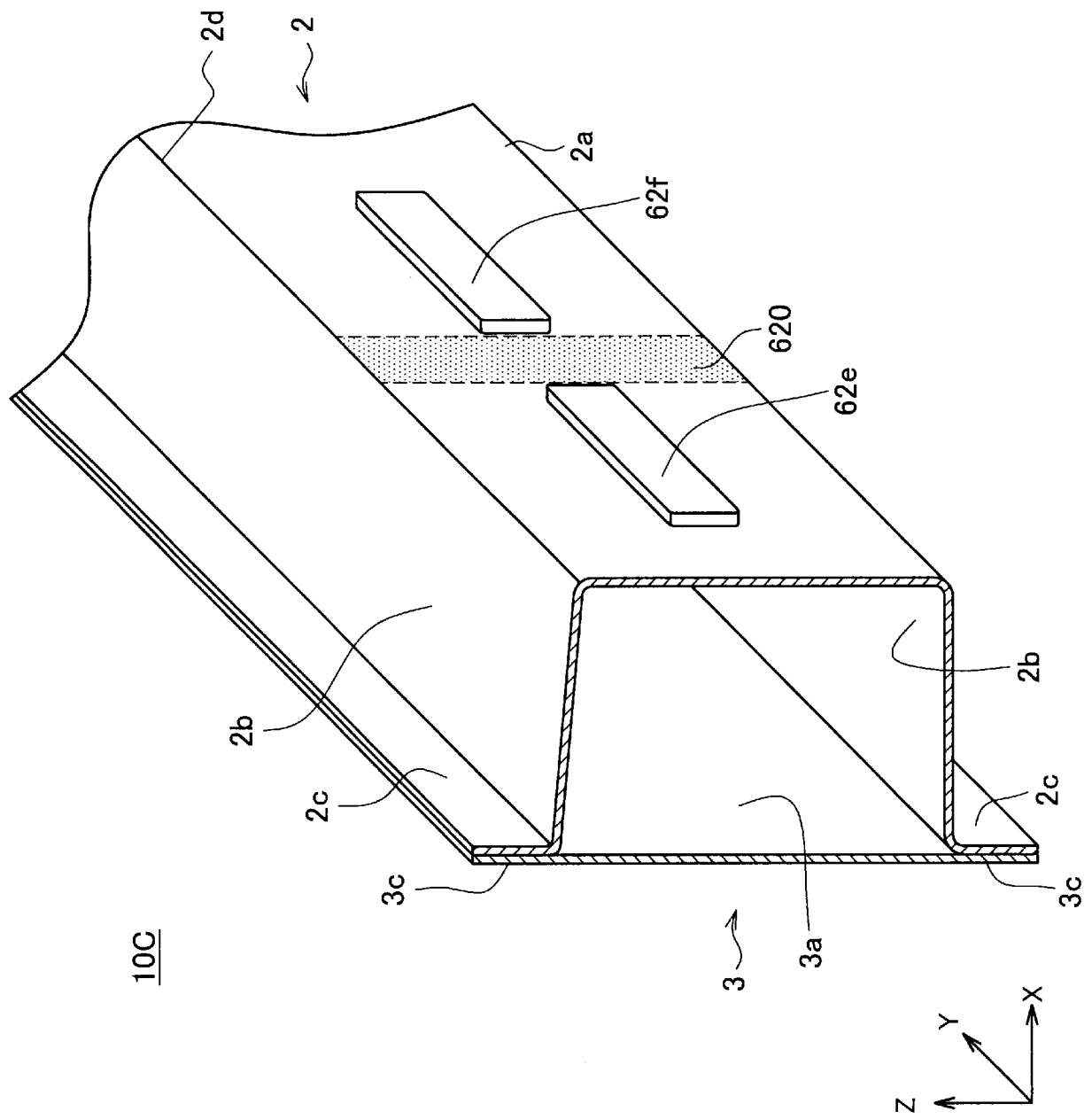
[図64]



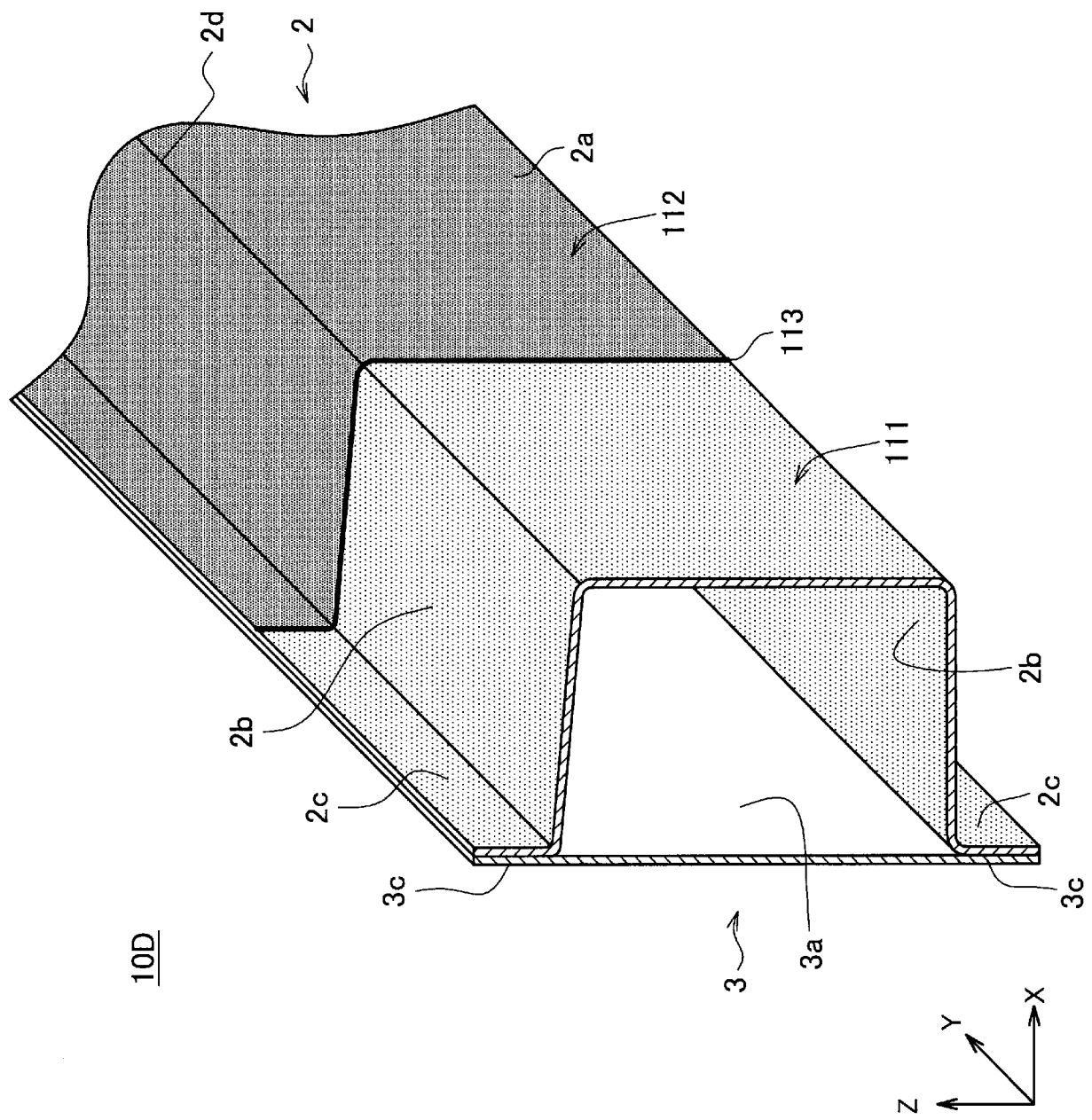
[図65]



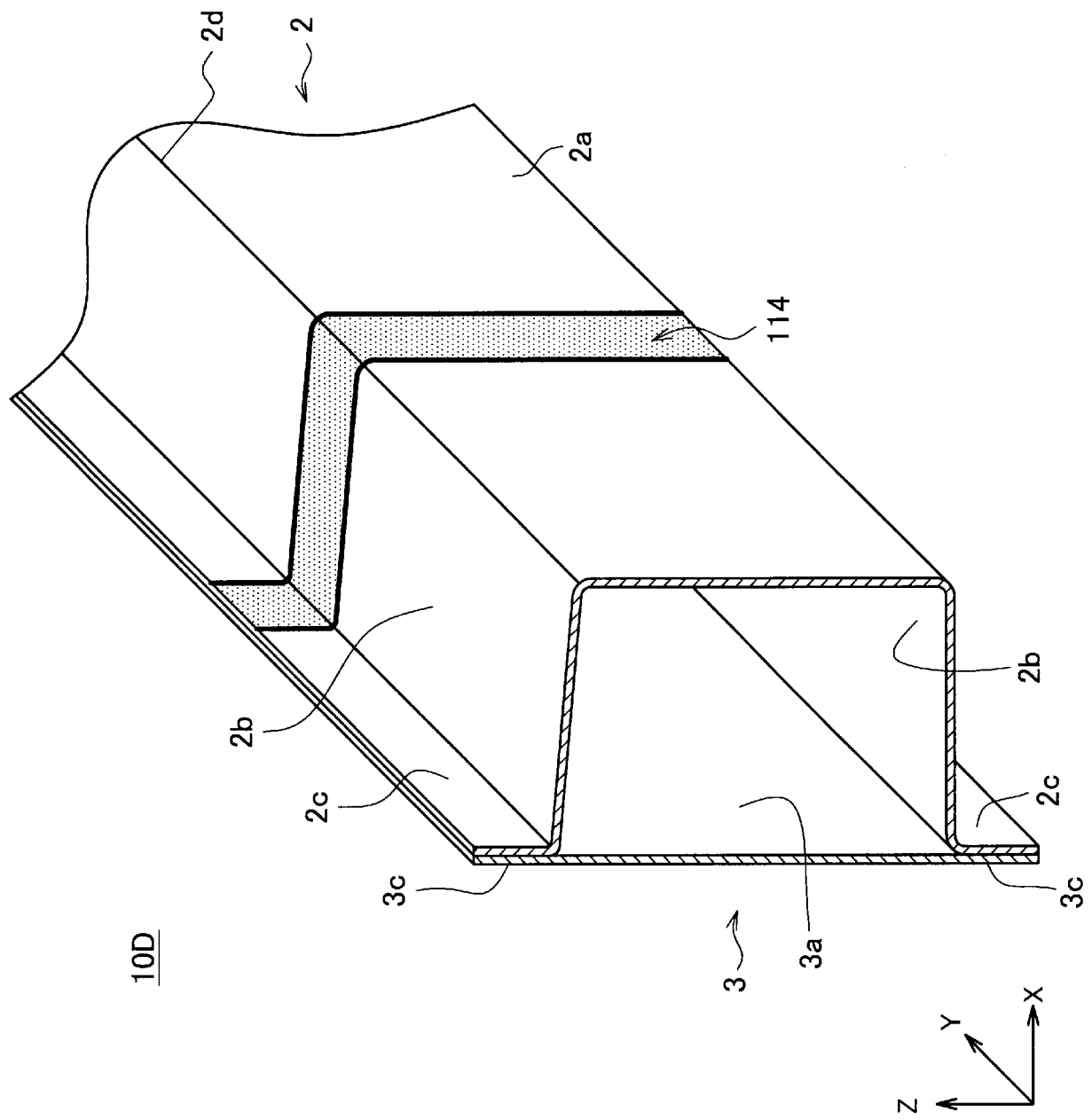
[図66]



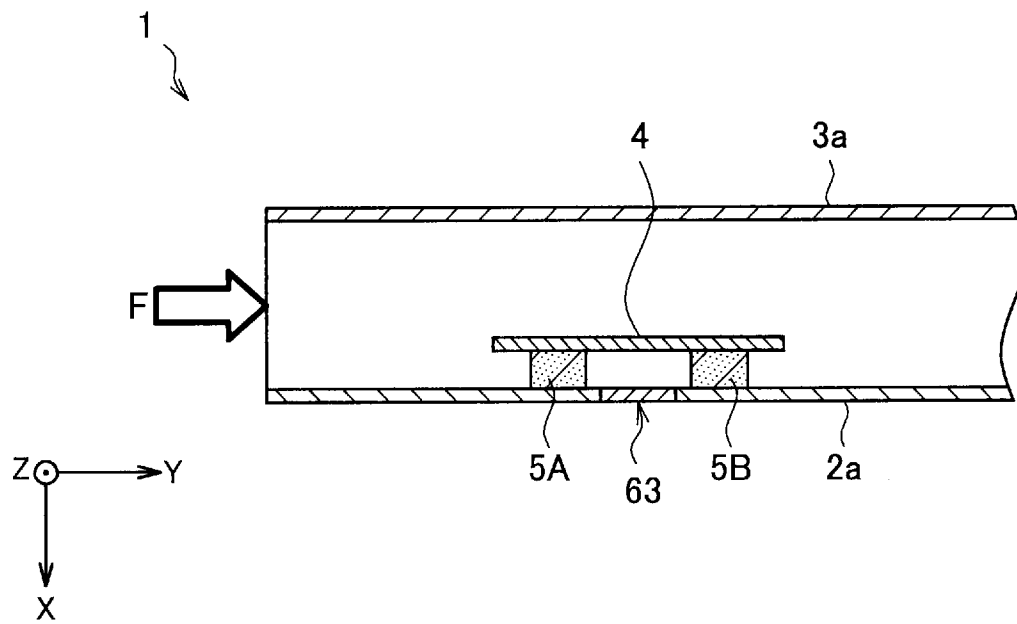
[図67]



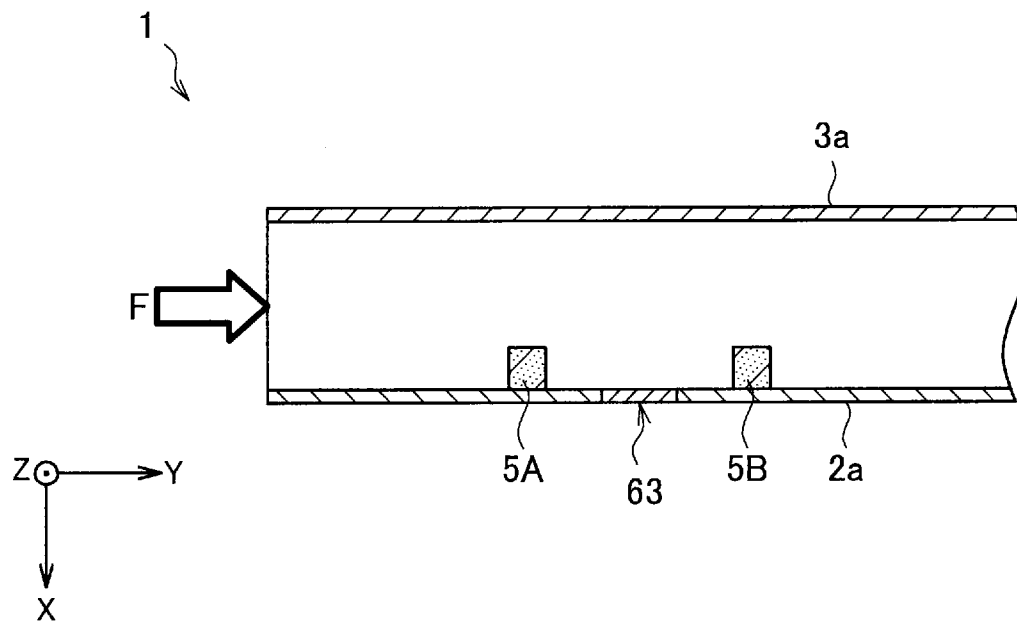
[図68]



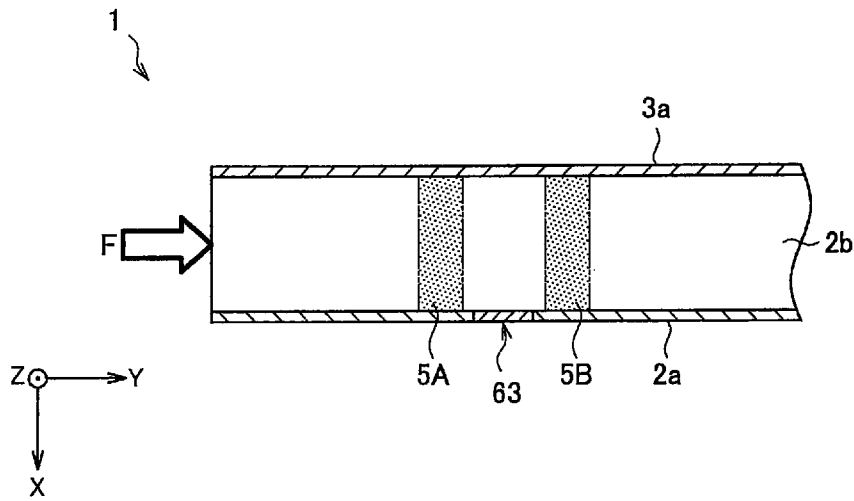
[図69]



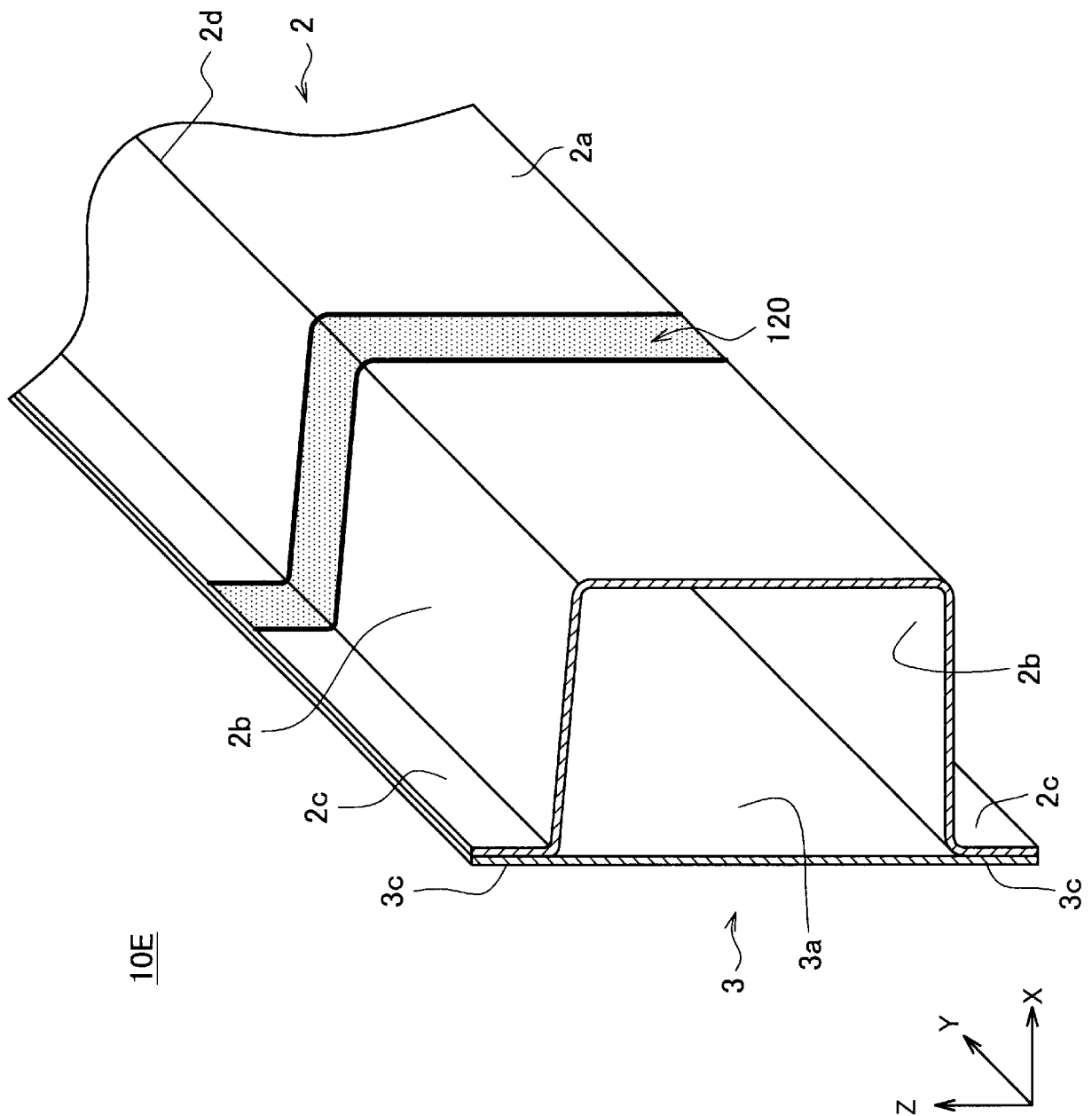
[図70]



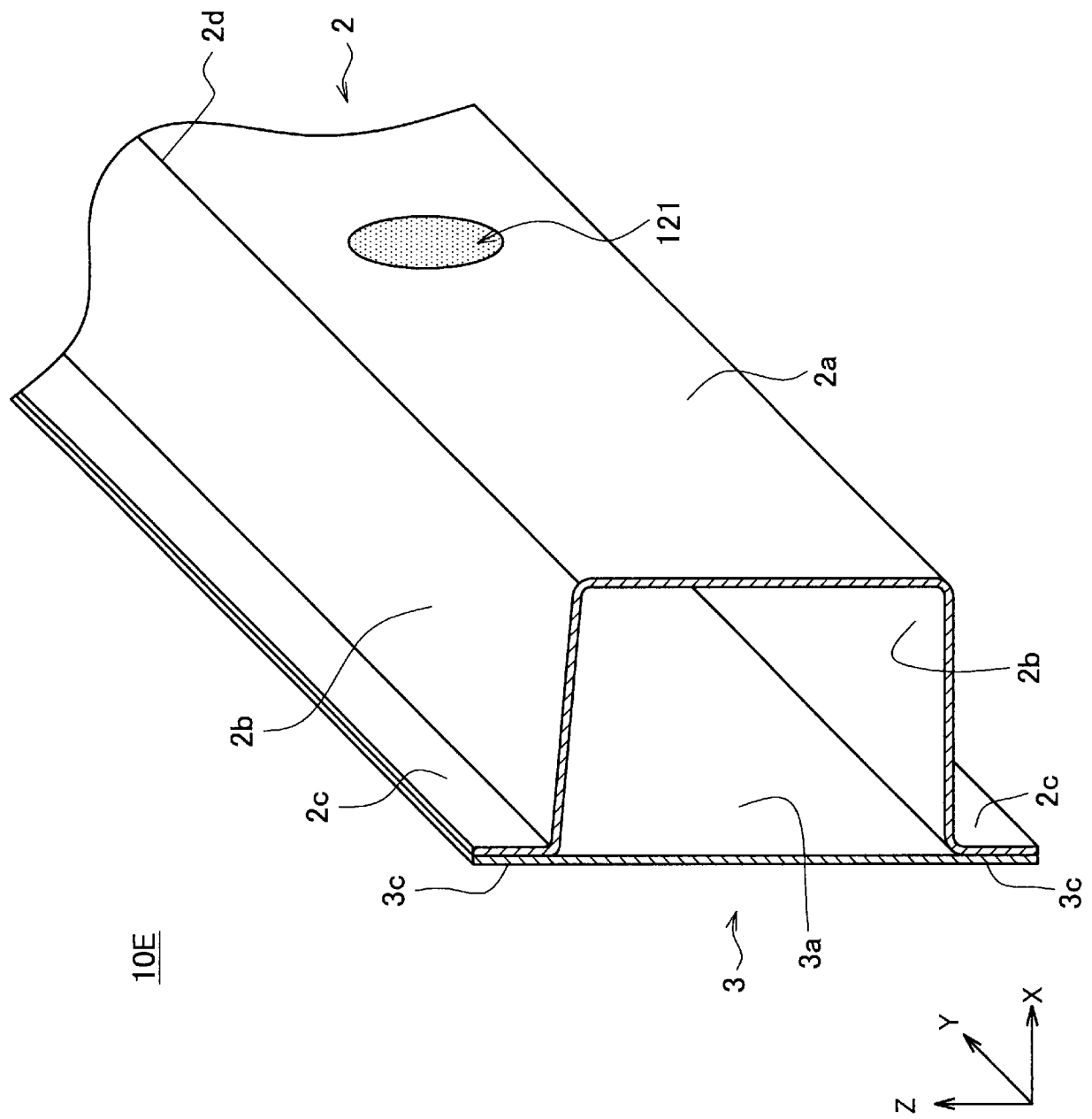
[図71]



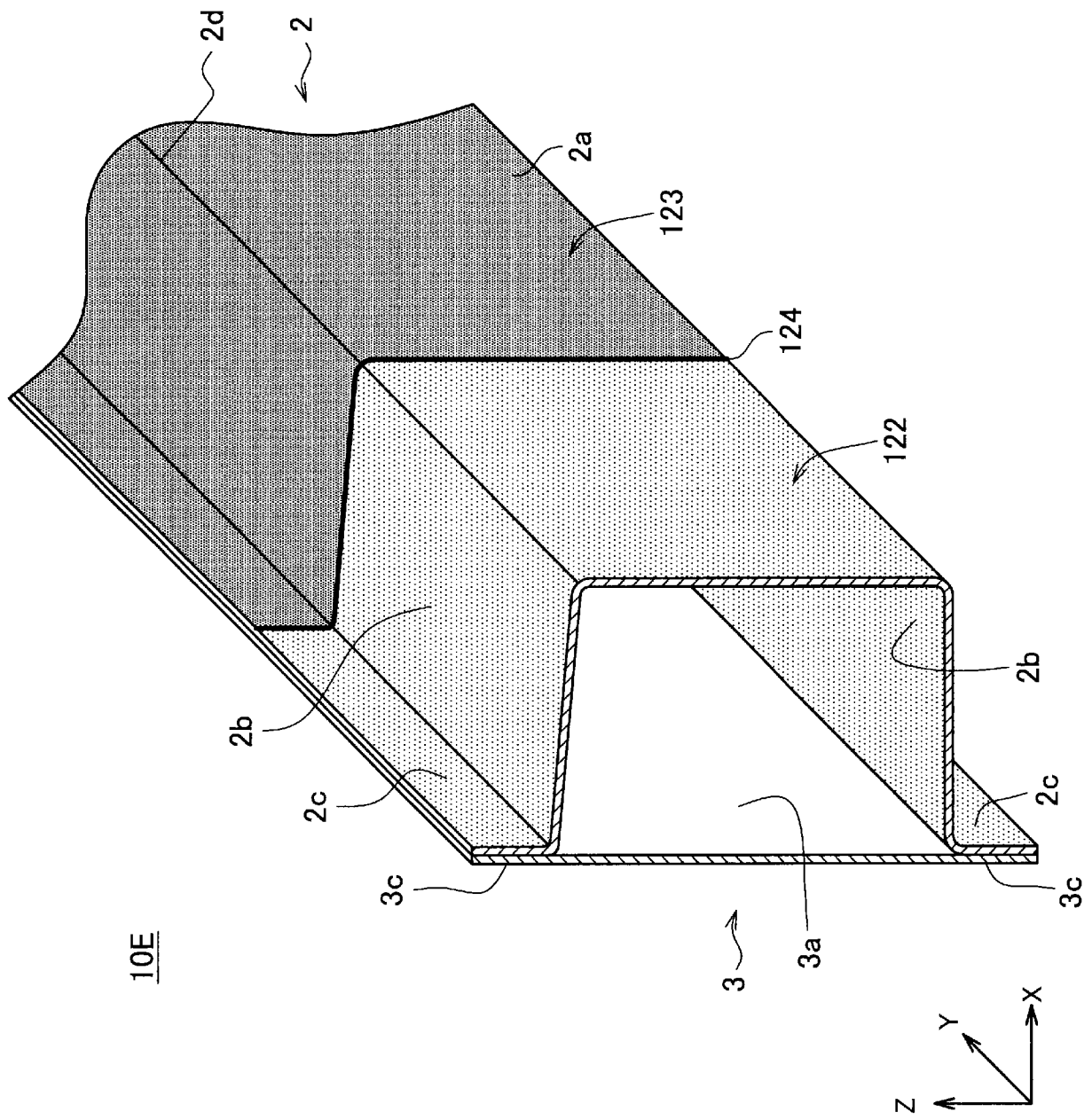
[図72]



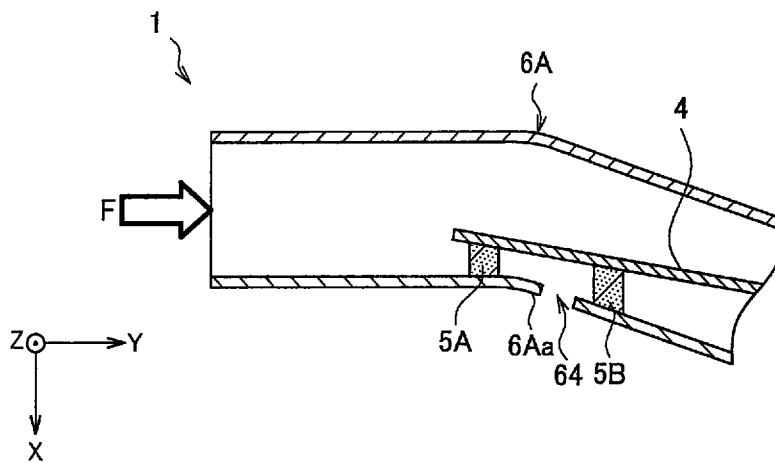
[図73]



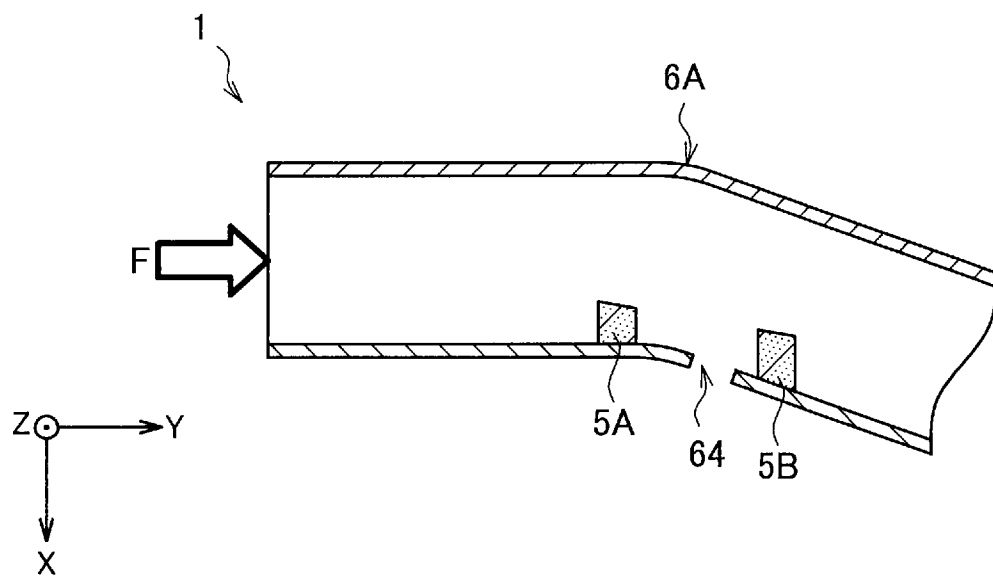
[図74]



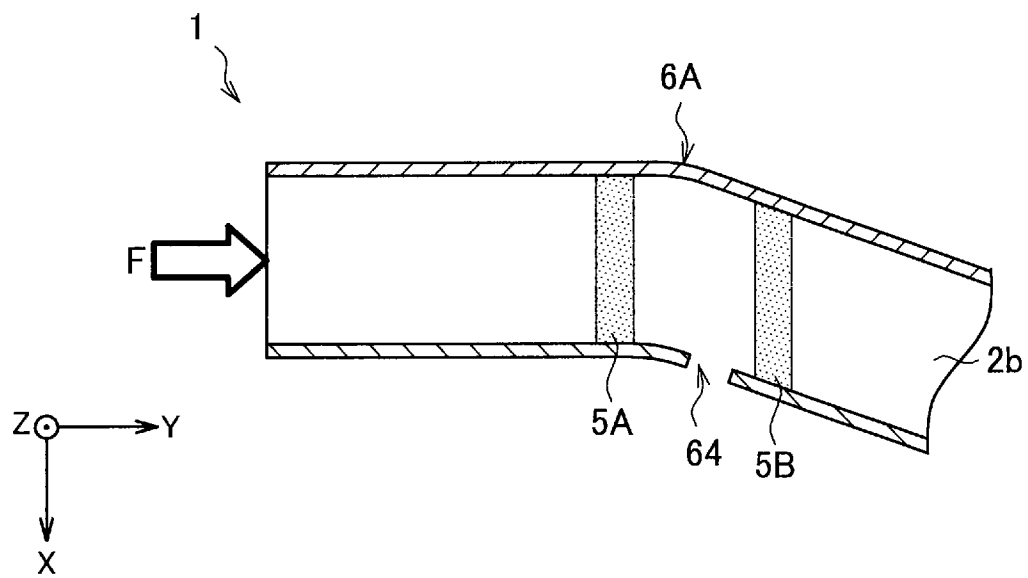
[図75]



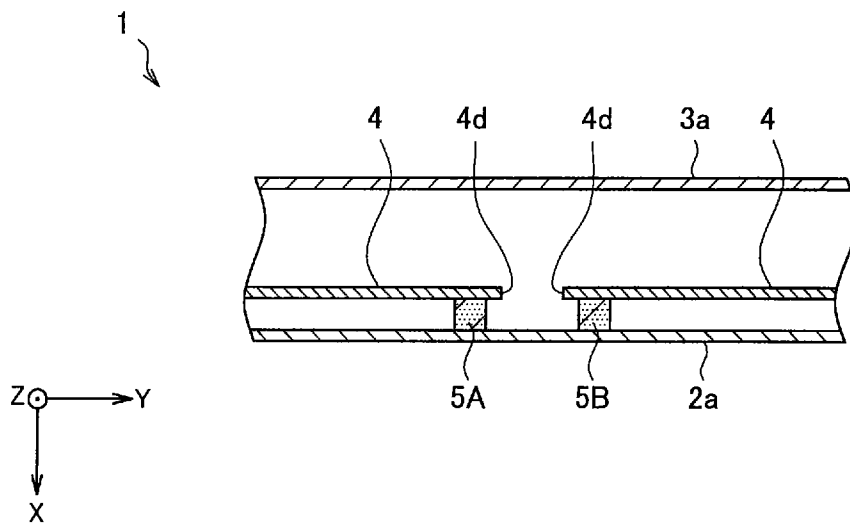
[図76]



[図77]

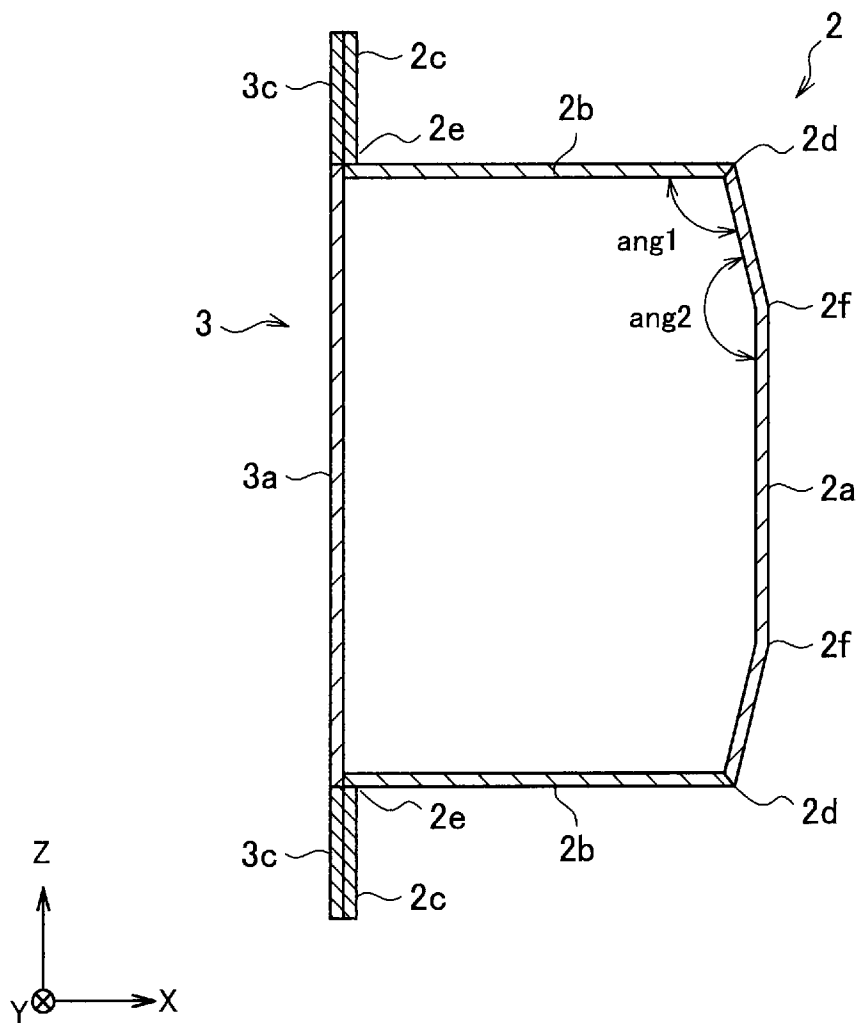


[図78]

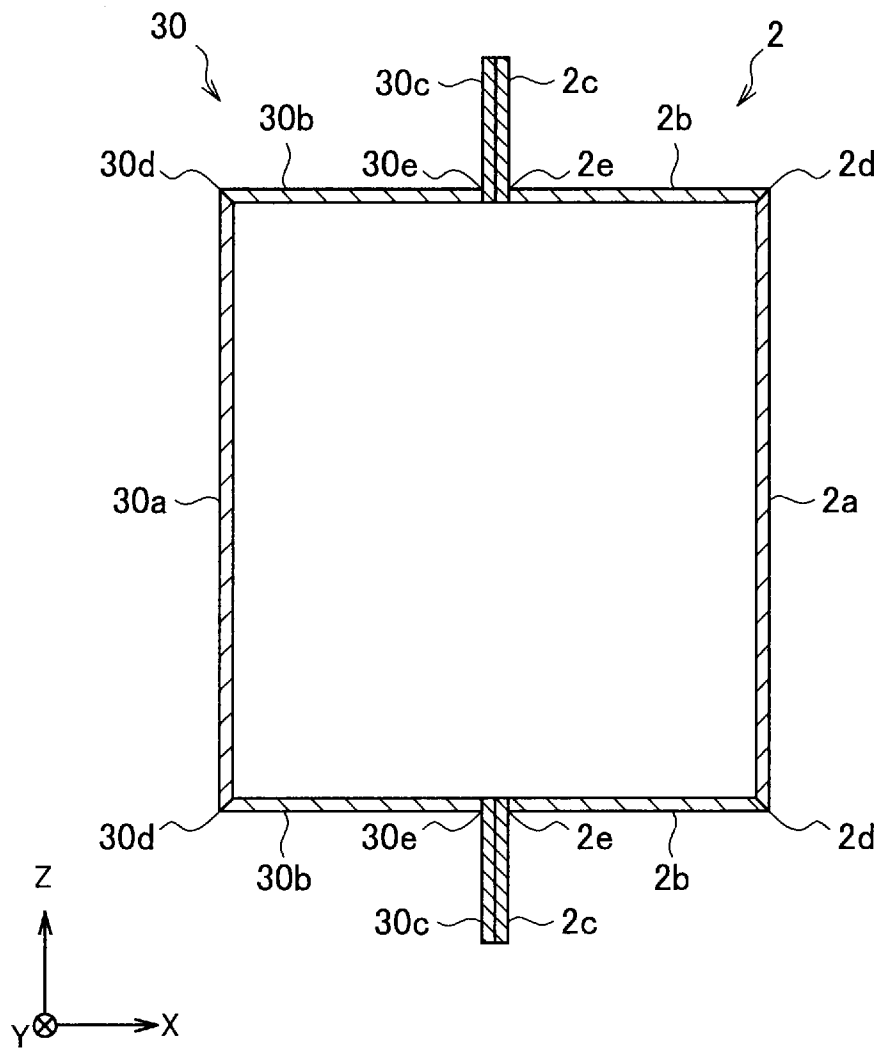


[図79]

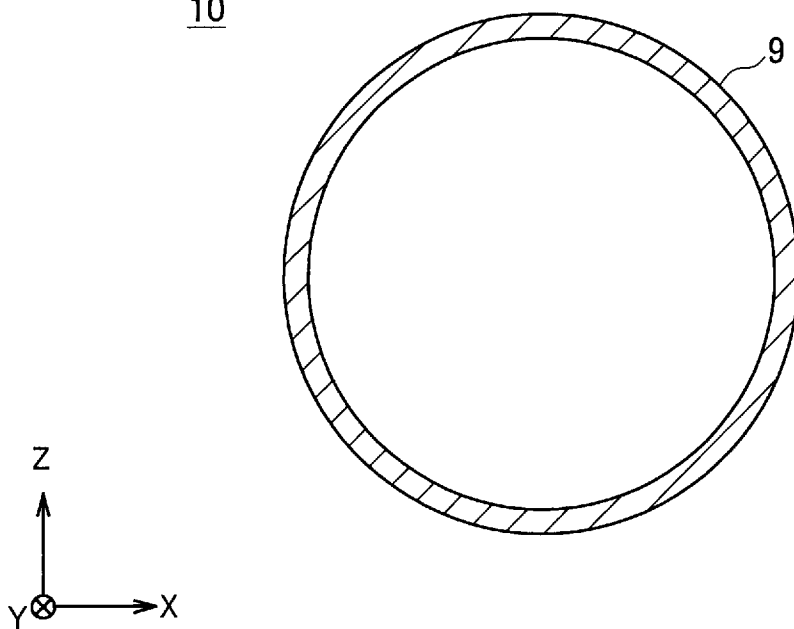
10



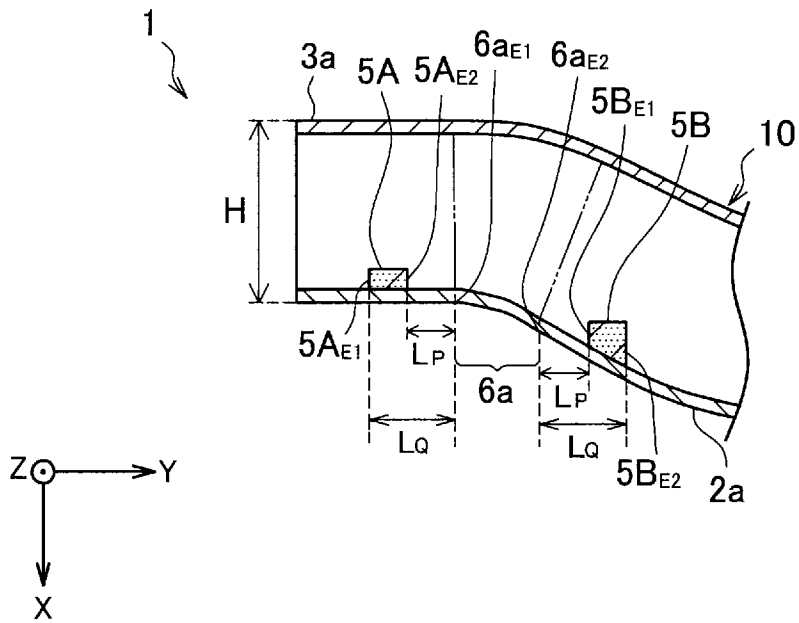
[図80]

10

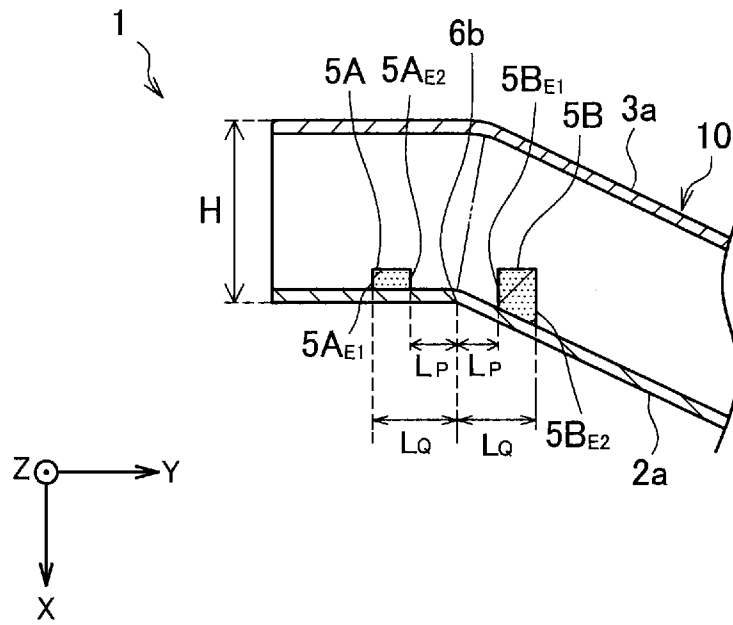
[図81]

10

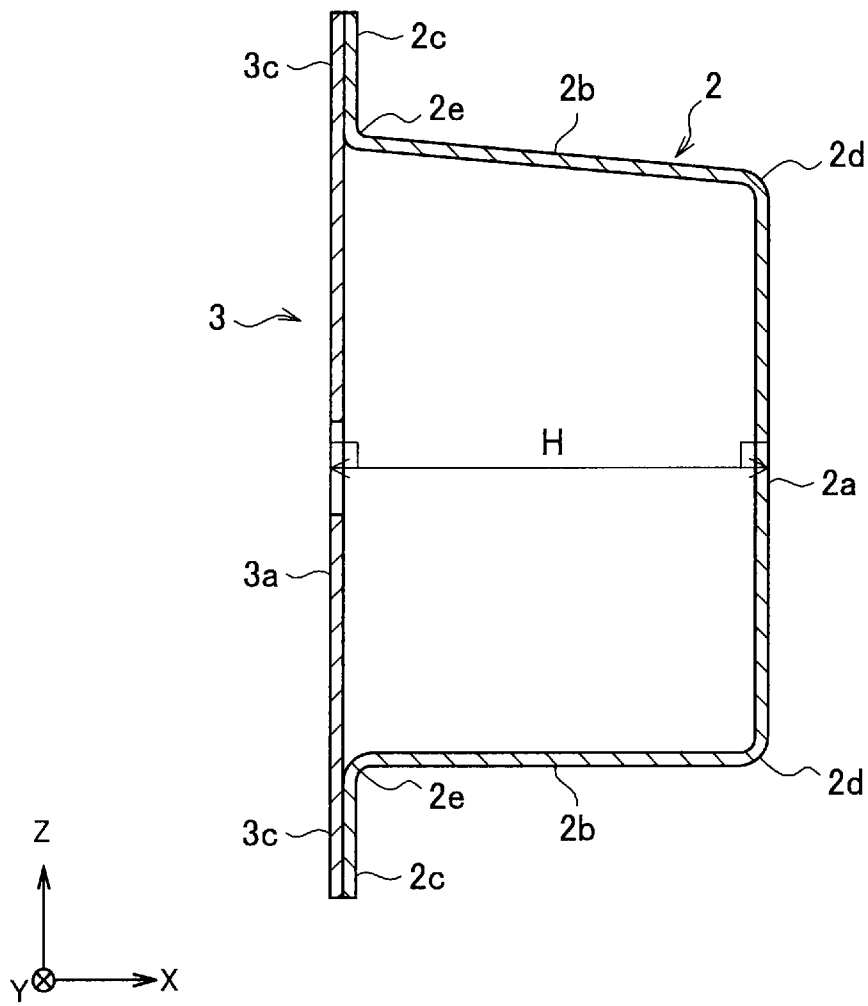
[図82]



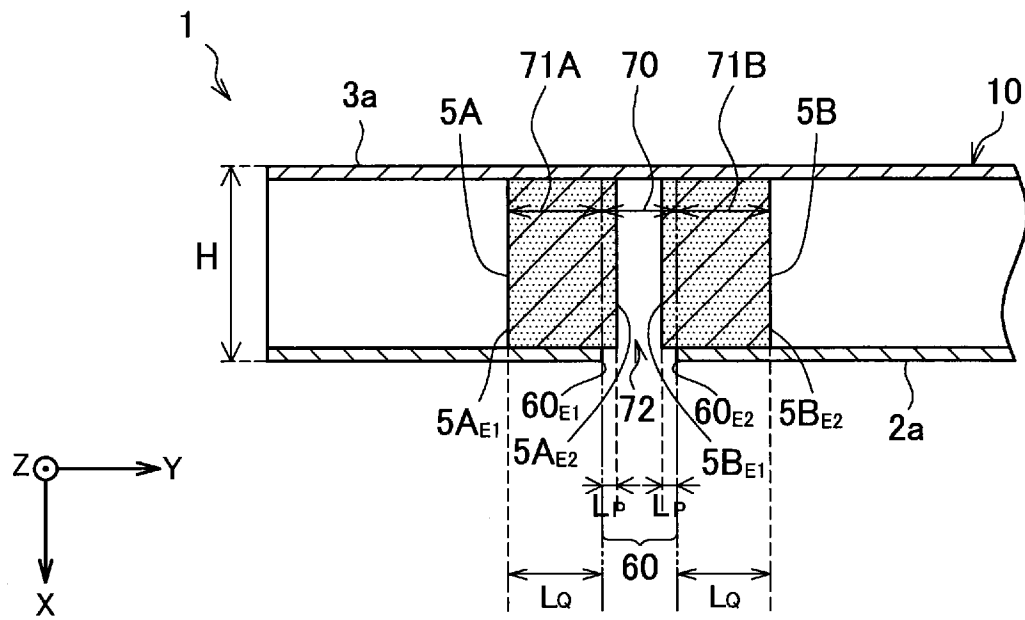
[図83]



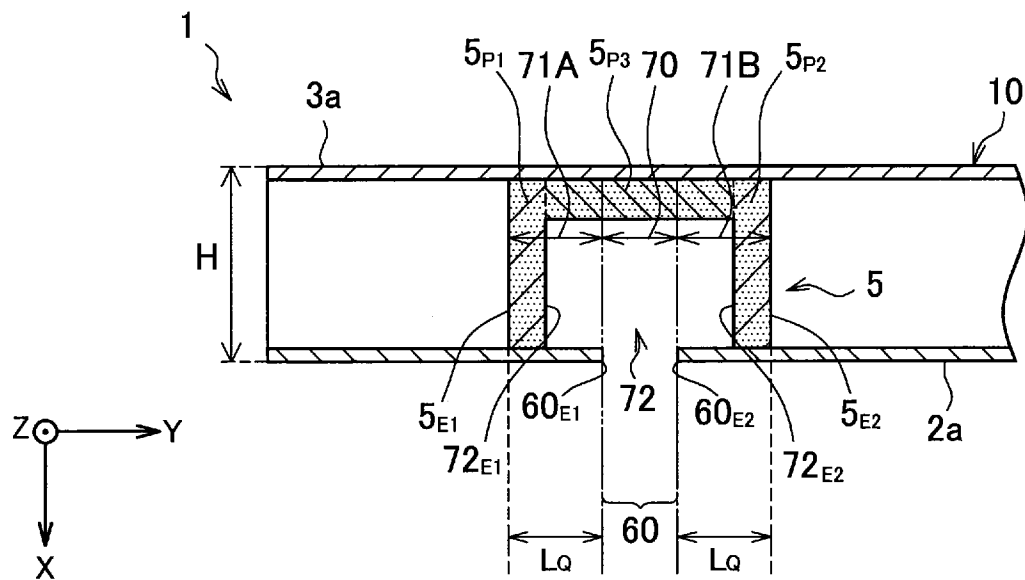
[図84]

10

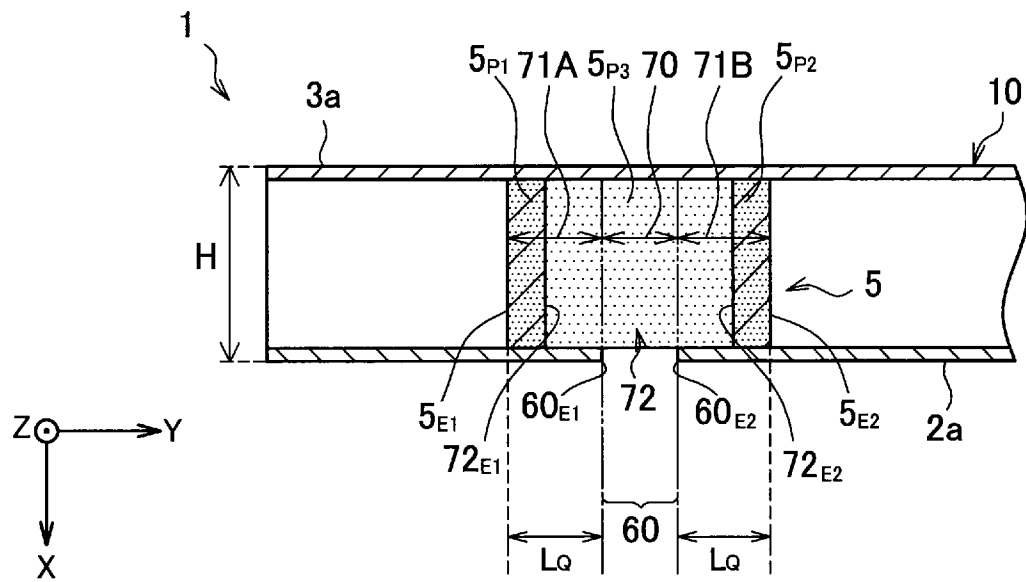
[図87]



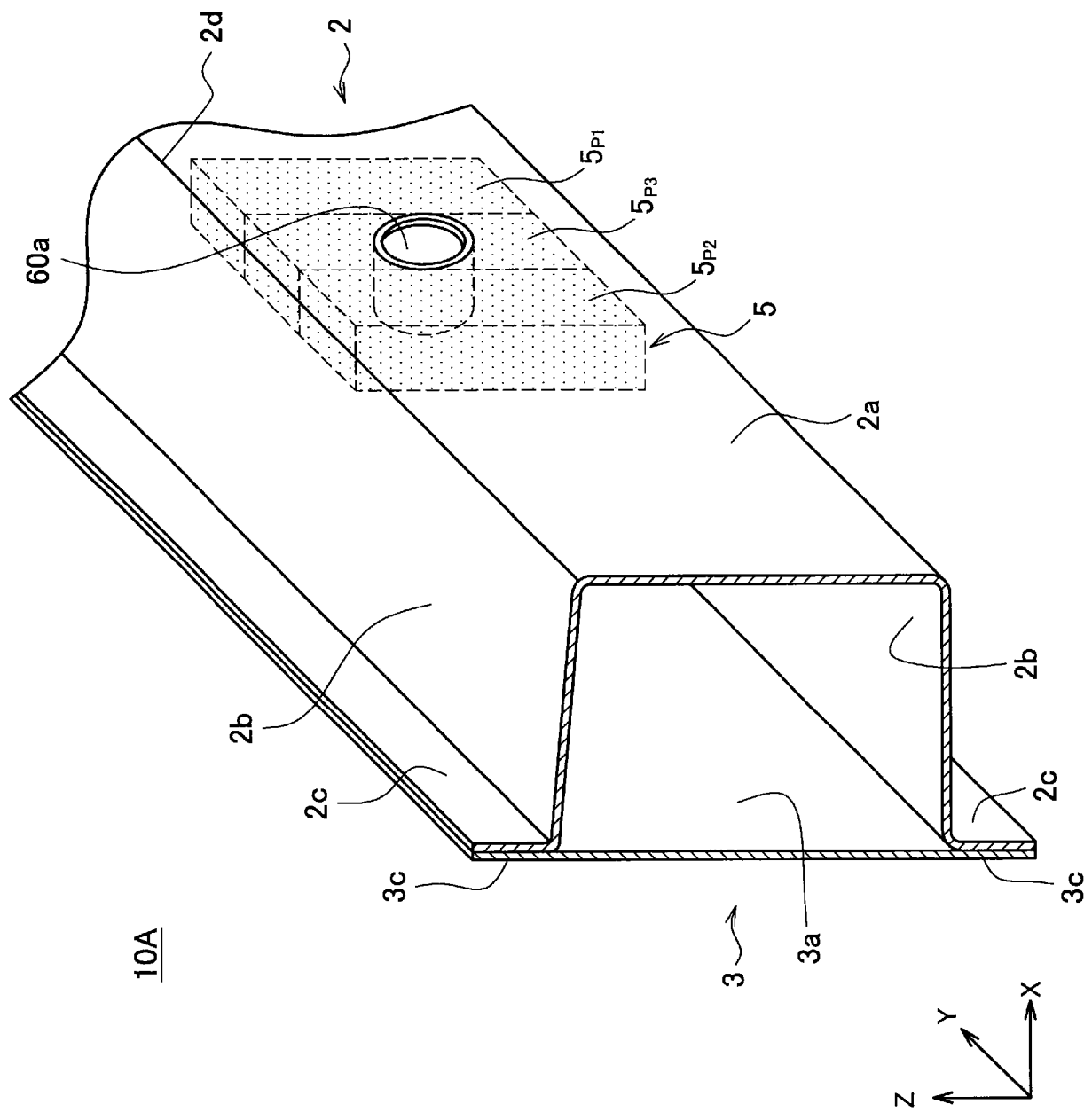
[図88]



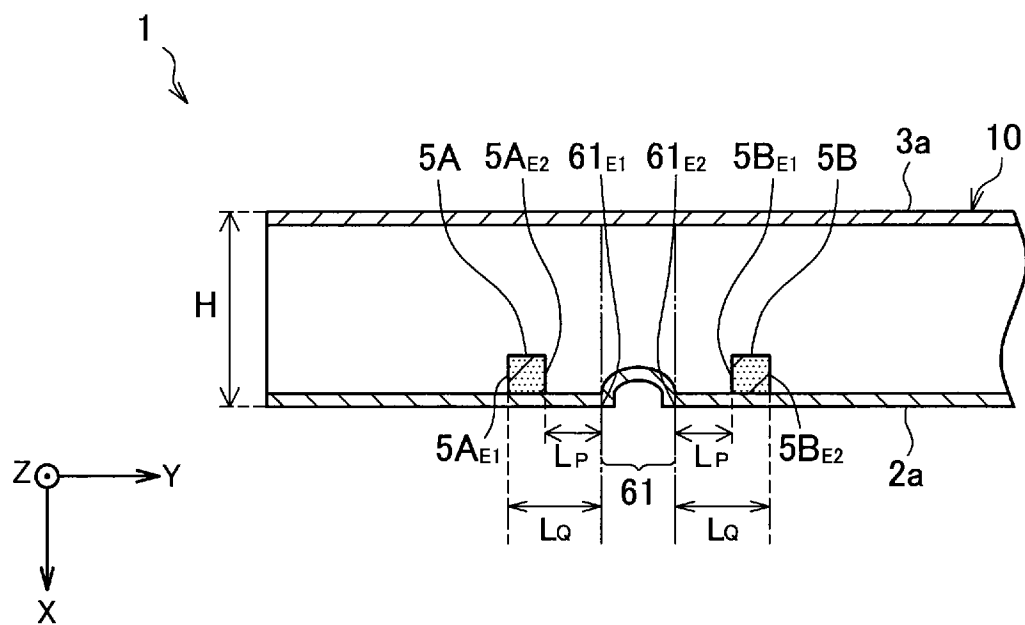
[図89]



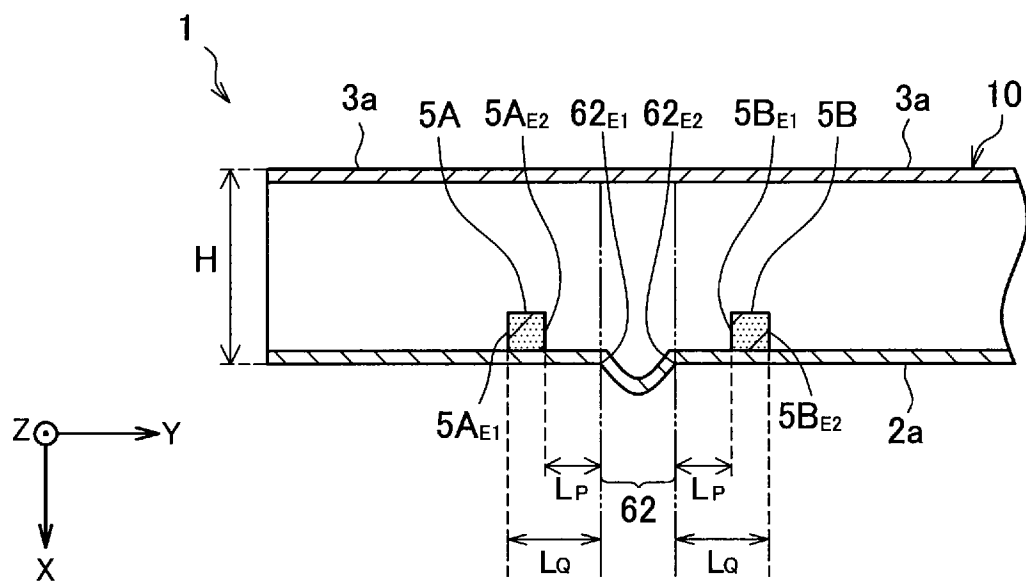
[図90]



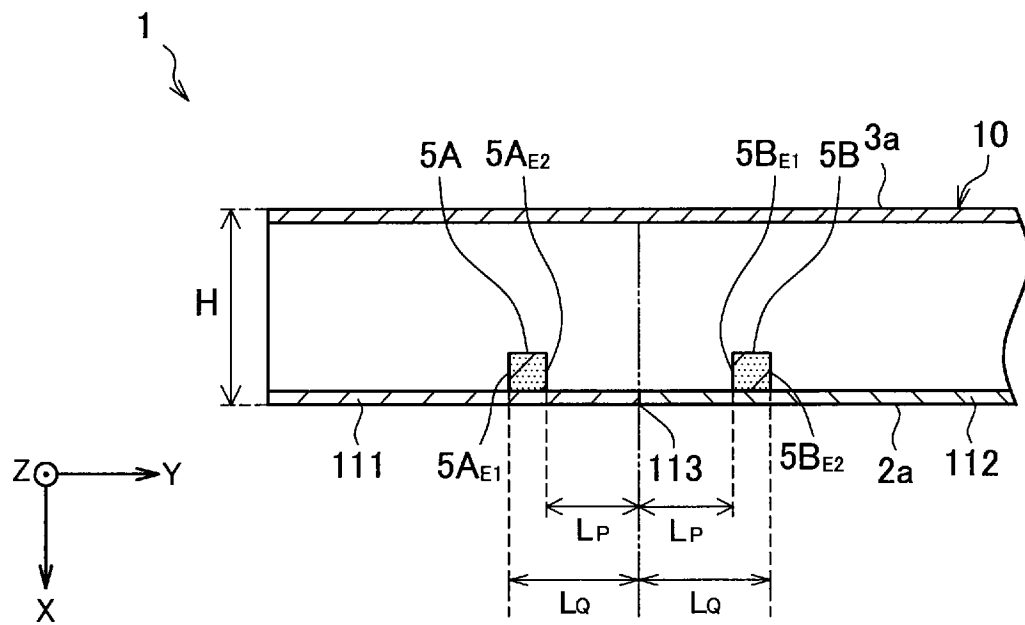
[図91]



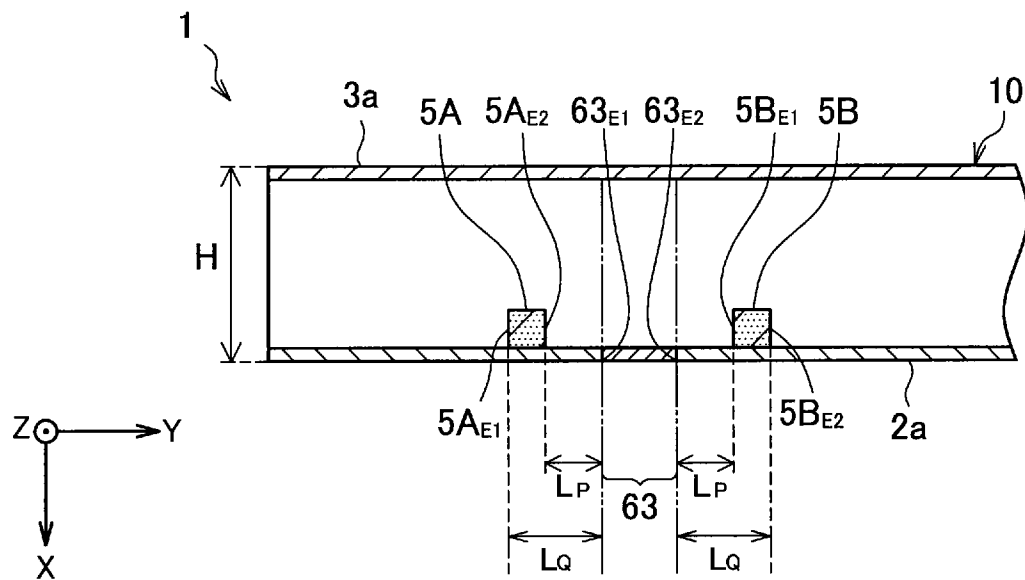
[図92]



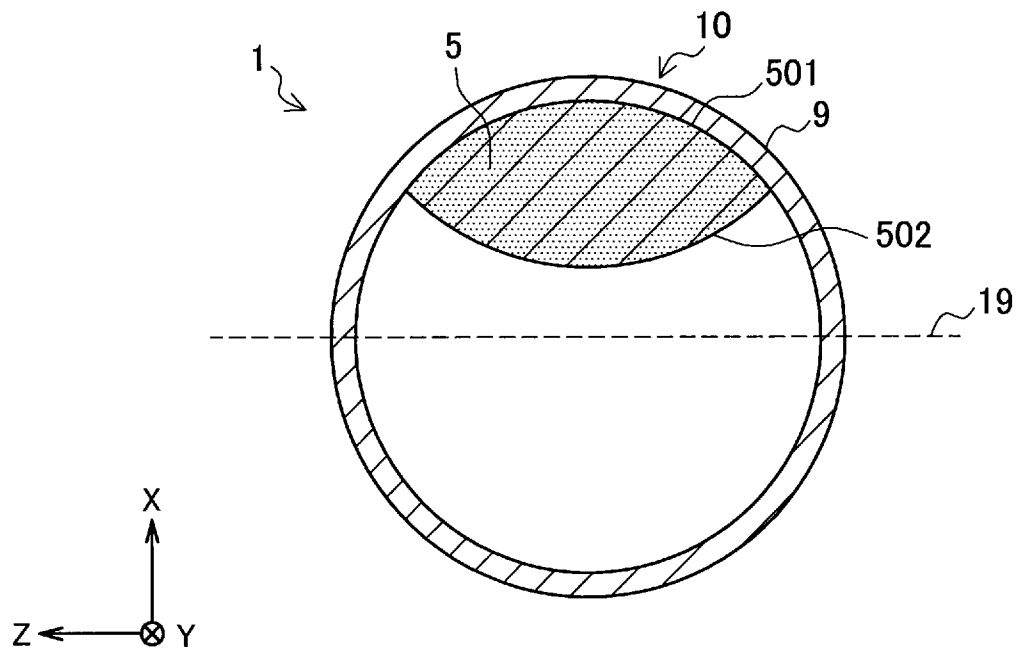
[図93]



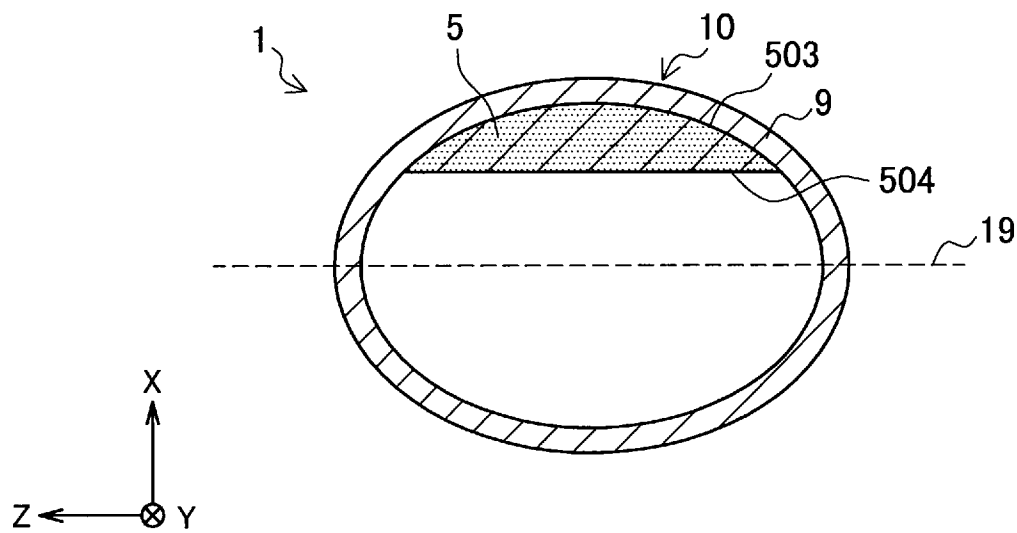
[図94]



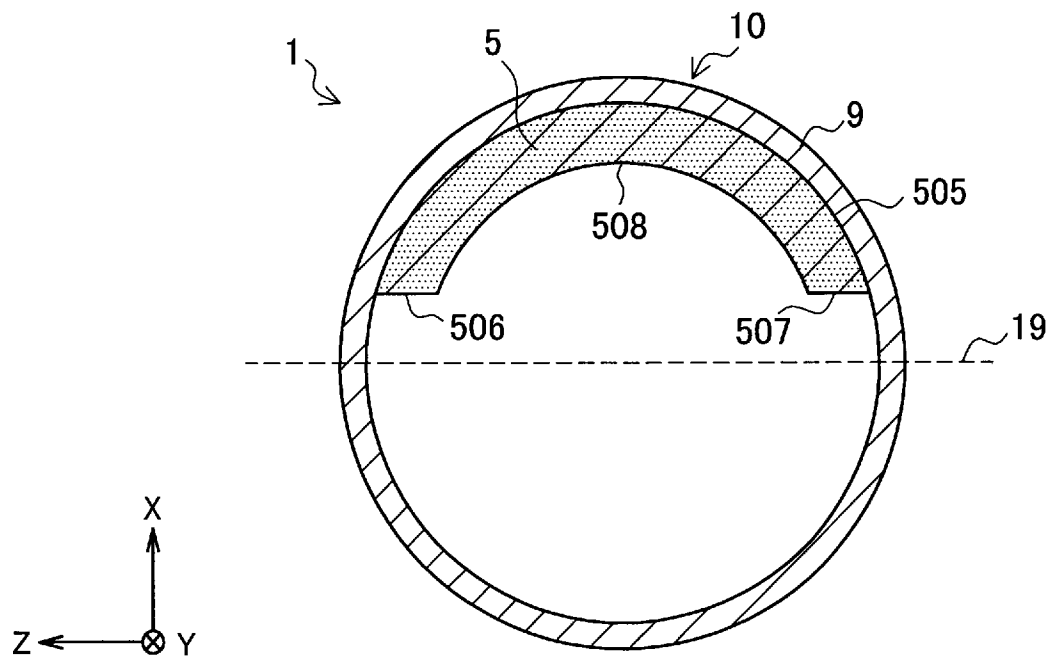
[図95]



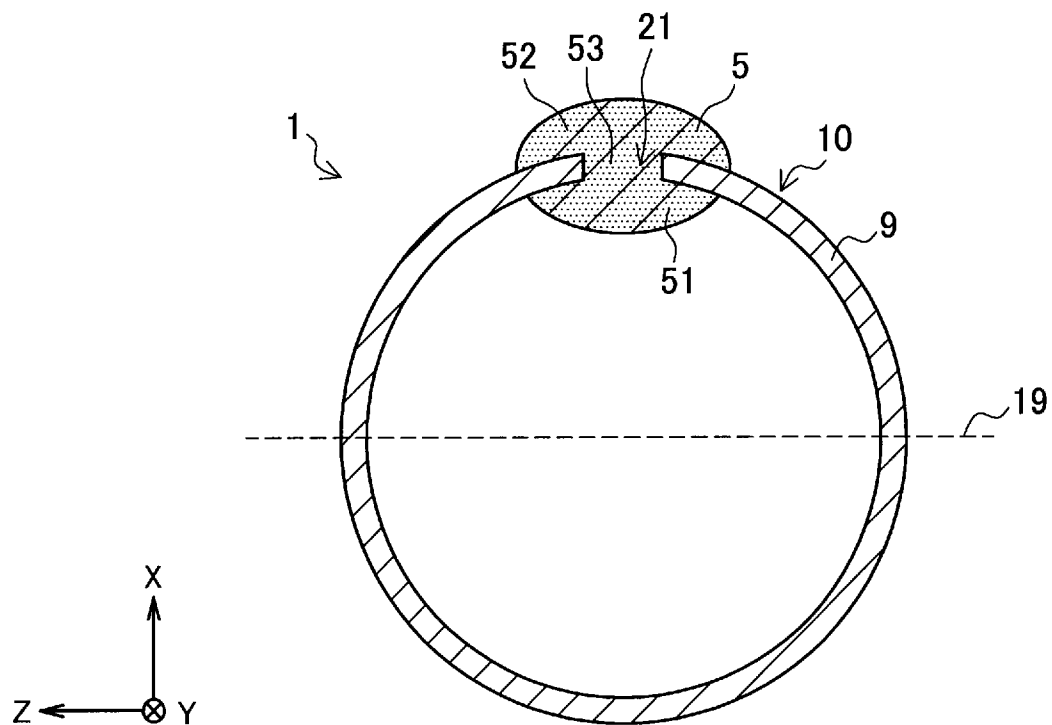
[図96]



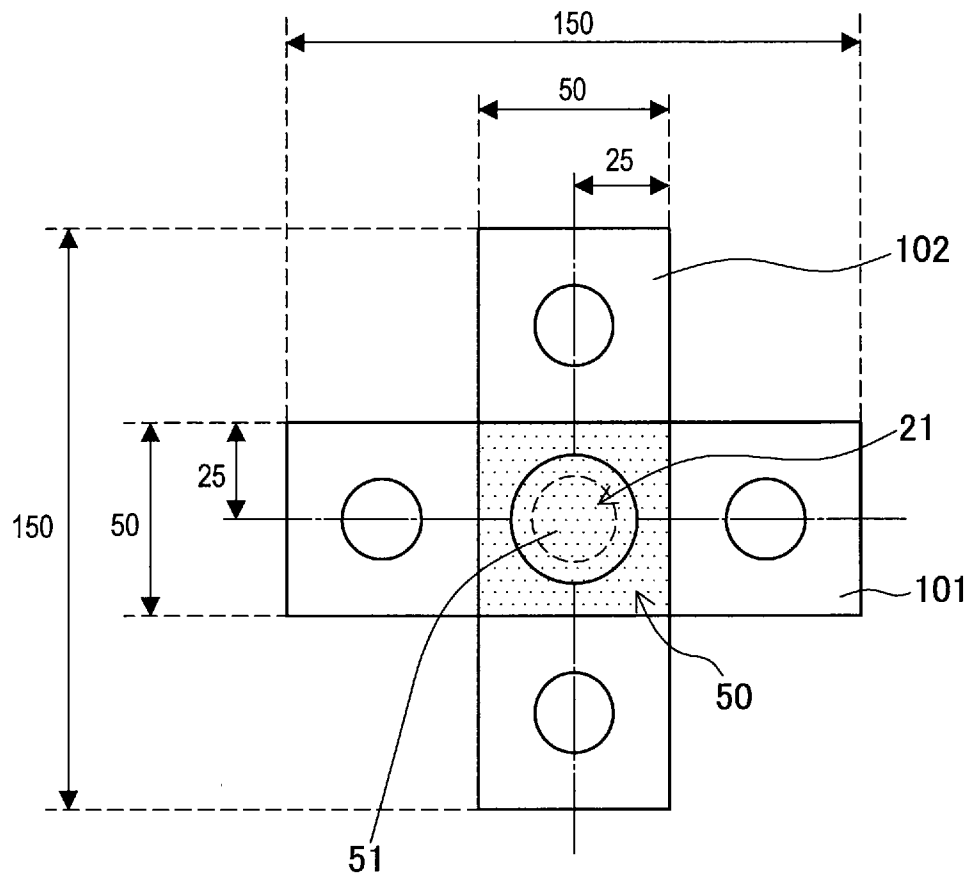
[図97]



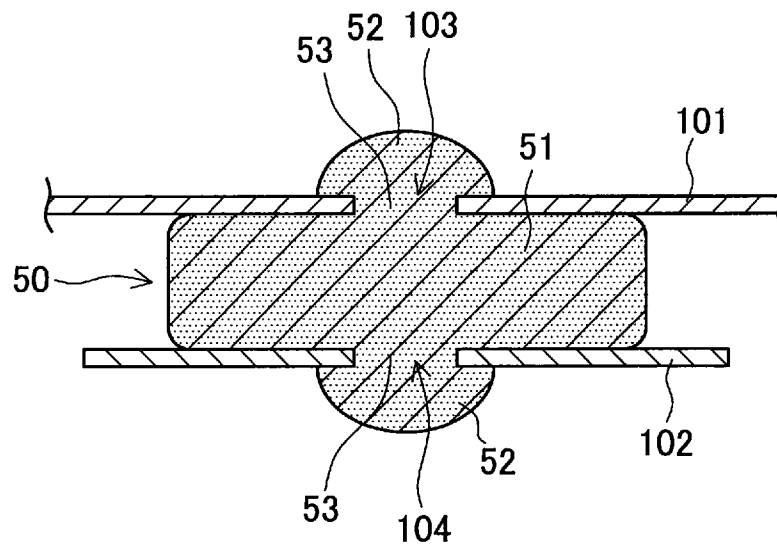
[図98]



[図99]



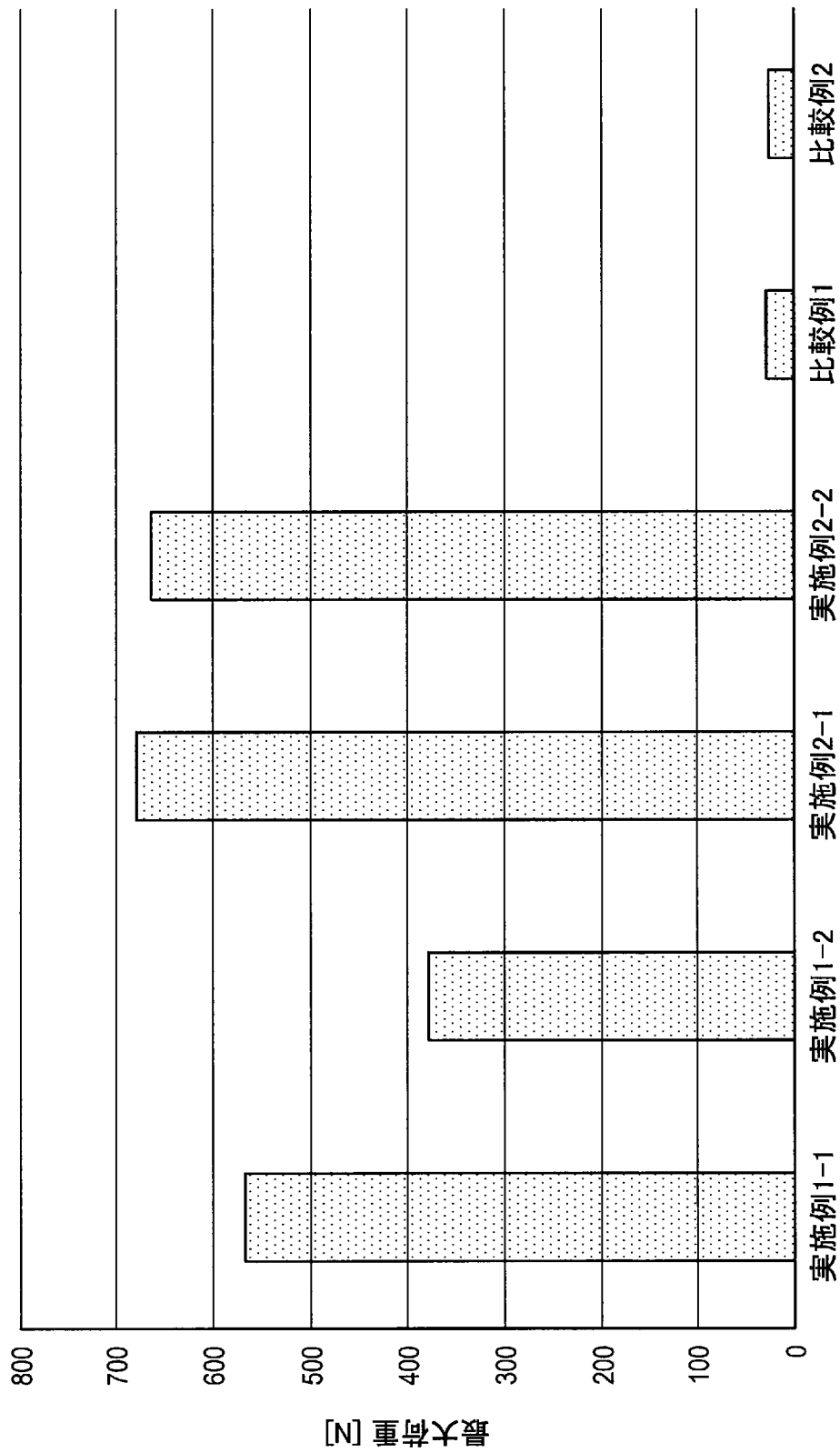
[図100]



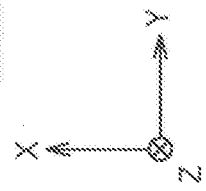
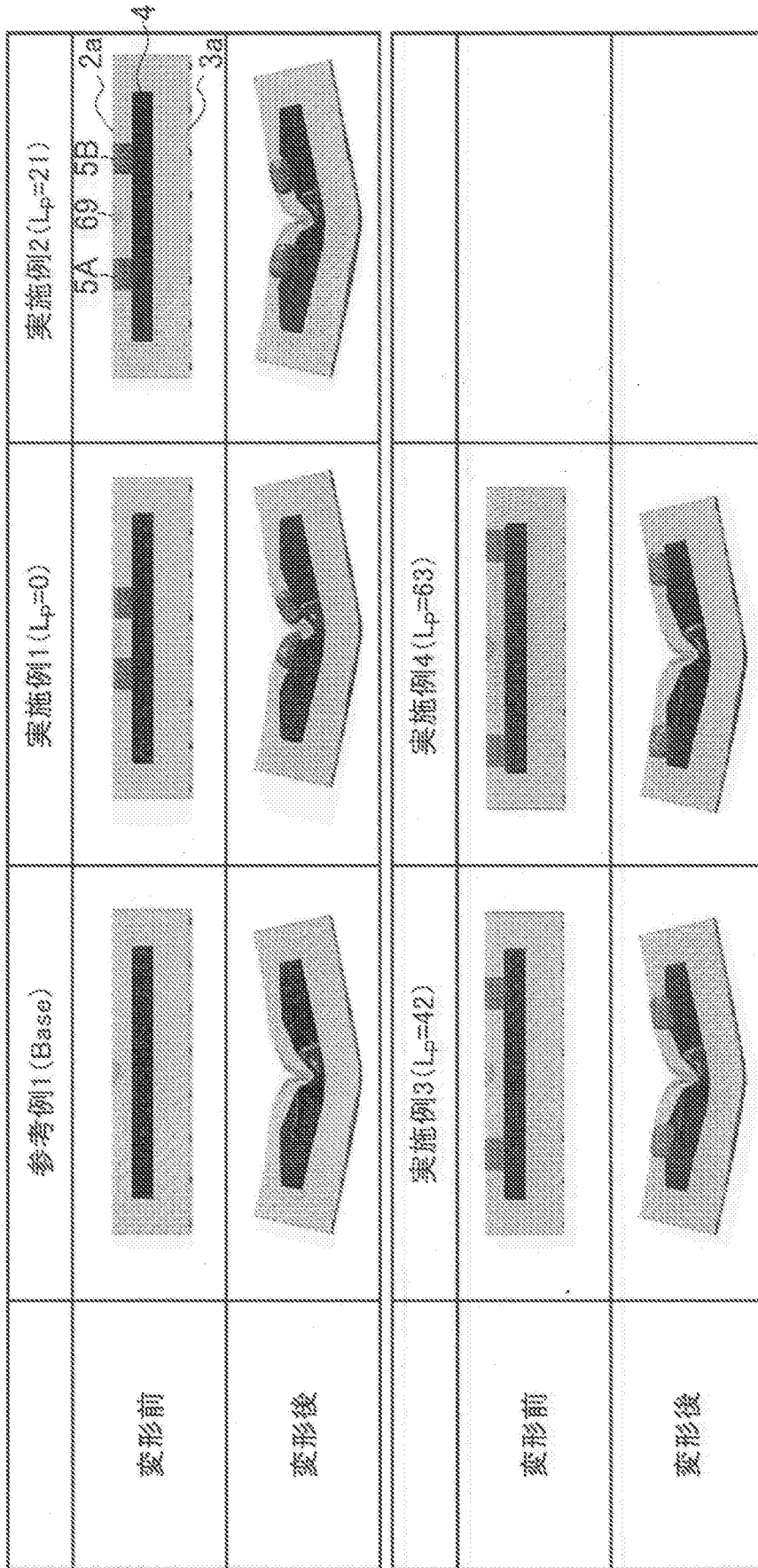
This diagram shows a cross-sectional view of a cable joint assembly. A central cable core, labeled 203, is surrounded by a braided shield, labeled 204. The shield is composed of multiple layers, with the outermost layer labeled 52 and the innermost layer labeled 53. The shield is terminated at both ends by a braided shield sleeve, labeled 201. The sleeve is secured by a braided shield sleeve cap, labeled 202, which is positioned at the center of the sleeve. The sleeve cap is secured by a braided shield sleeve cap cap, labeled 204, which is positioned at the center of the sleeve cap. The sleeve cap is secured by a braided shield sleeve cap cap, labeled 204, which is positioned at the center of the sleeve cap.

A cross-sectional view of a device. A central block, labeled 50, is positioned between two horizontal layers. The top layer is labeled 931 and the bottom layer is labeled 932. Both layers are represented by parallel diagonal hatching. The central block 50 is filled with a stippled pattern and has rounded ends on its top and bottom surfaces.

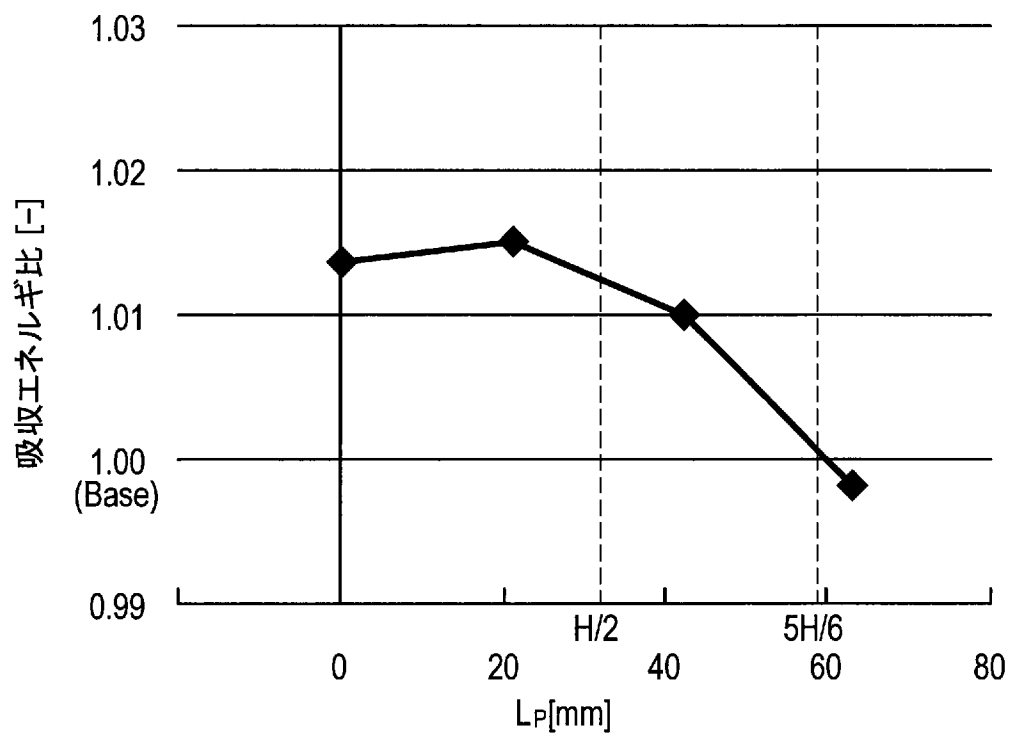
[図103]



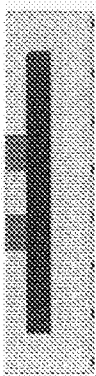
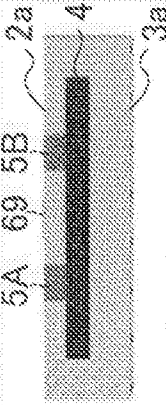
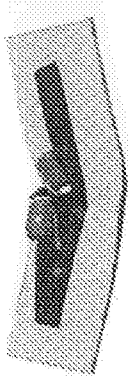
[図105]

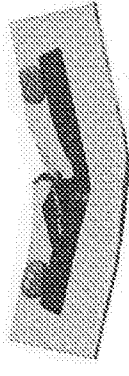


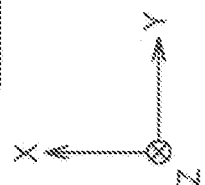
[図106]



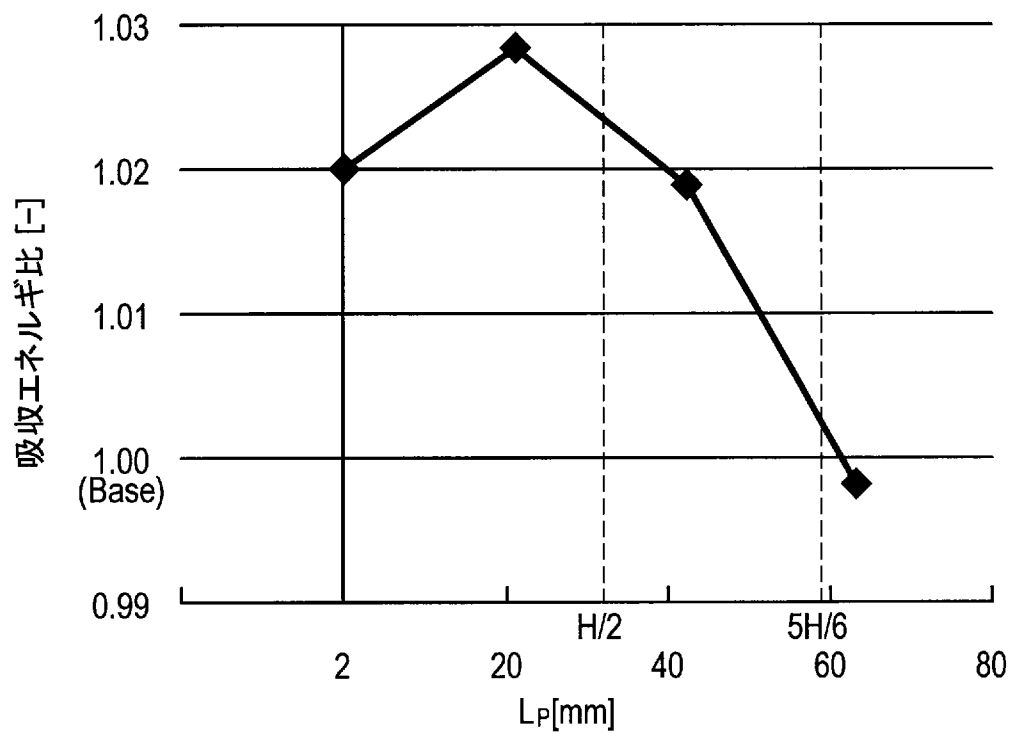
[図107]

	参考例2 (Base)	実施例5 ($L_p=0$)	実施例6 ($L_p=21$)
変形前			
変形後			

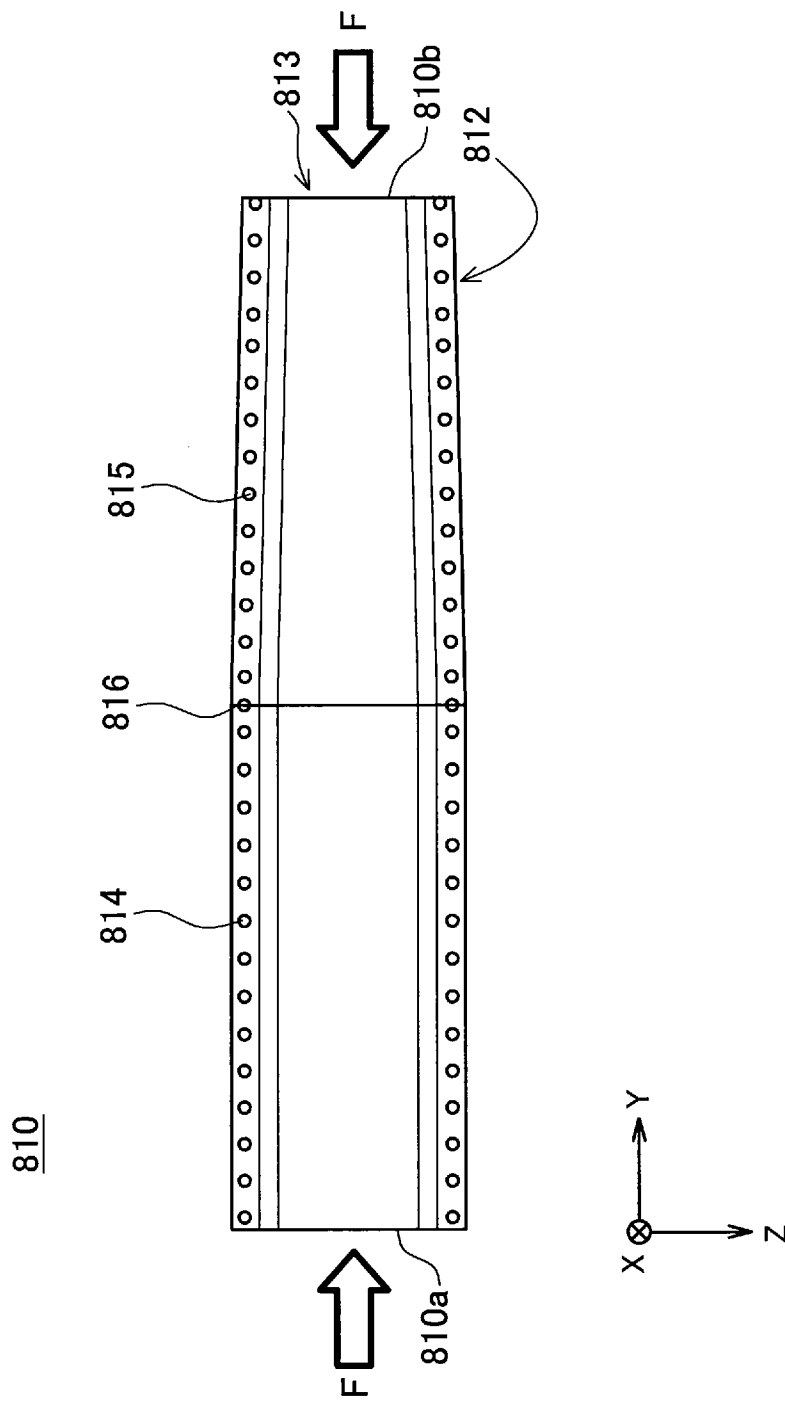
	実施例7 ($L_p=42$)	実施例8 ($L_p=63$)
変形前		
変形後		



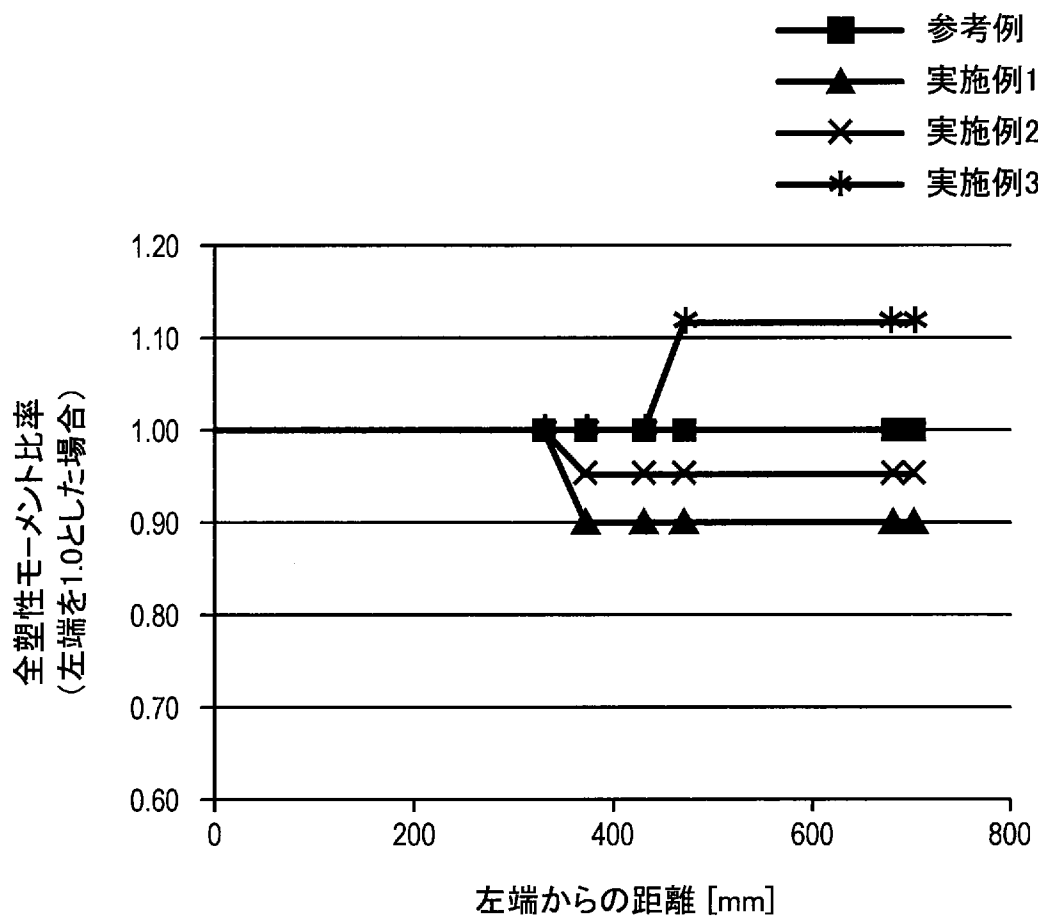
[図108]



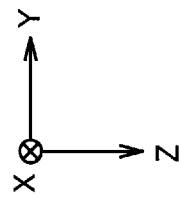
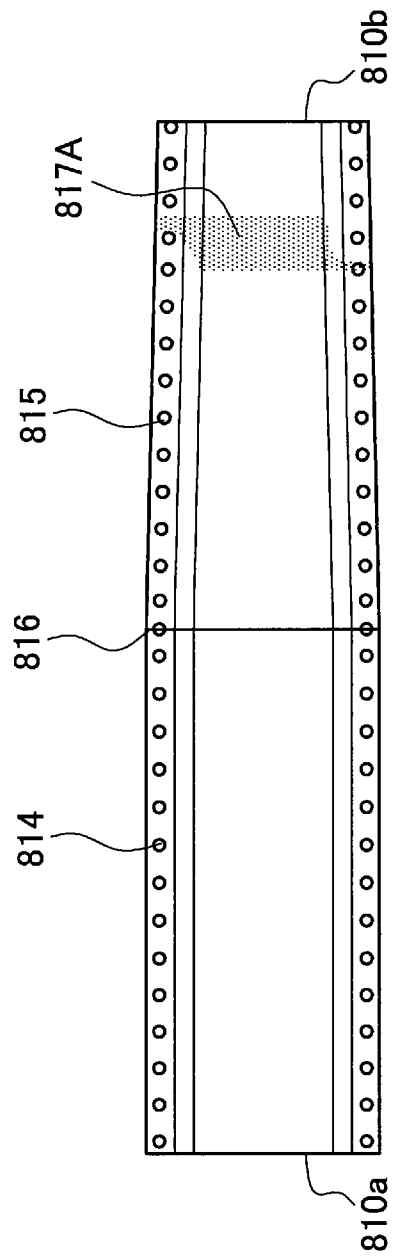
[図109]



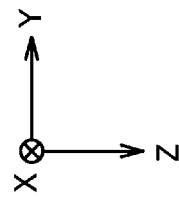
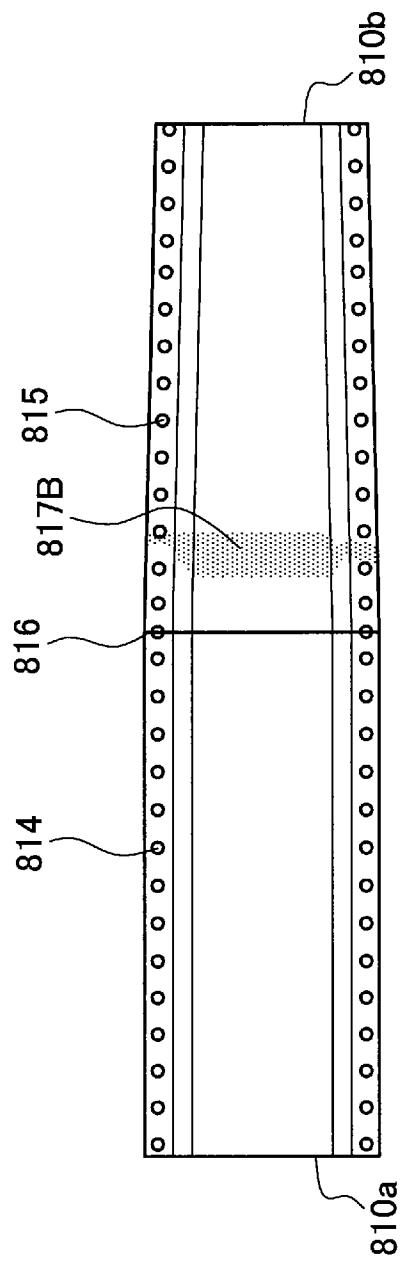
[図110]



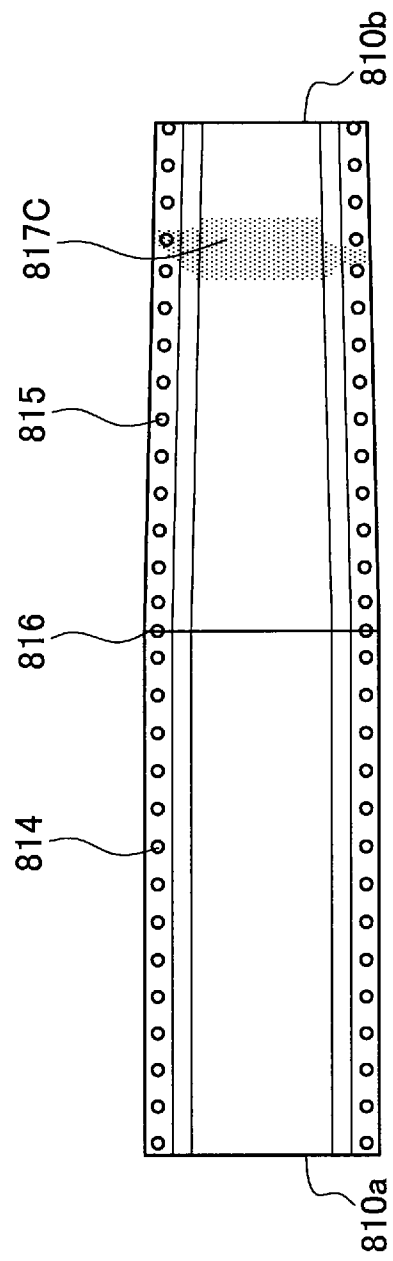
[図111]

810A

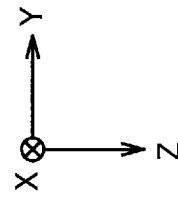
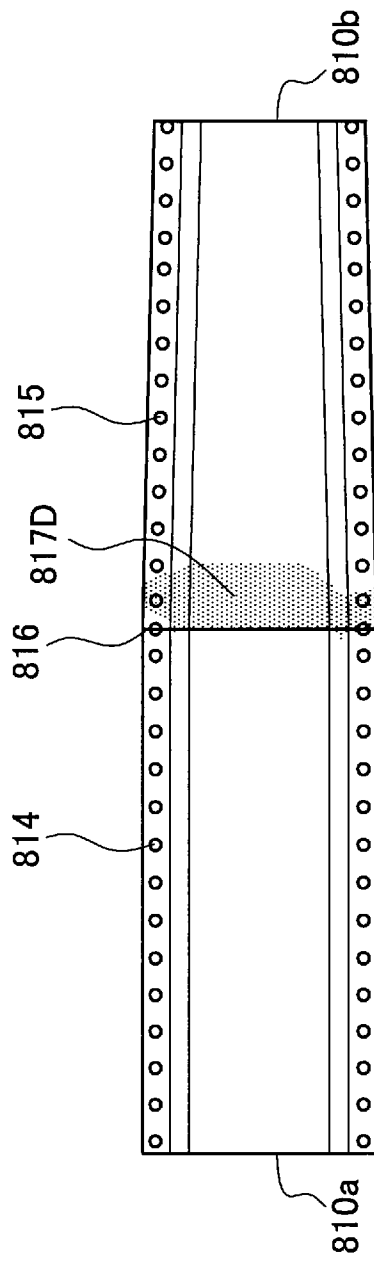
[図112]

810B

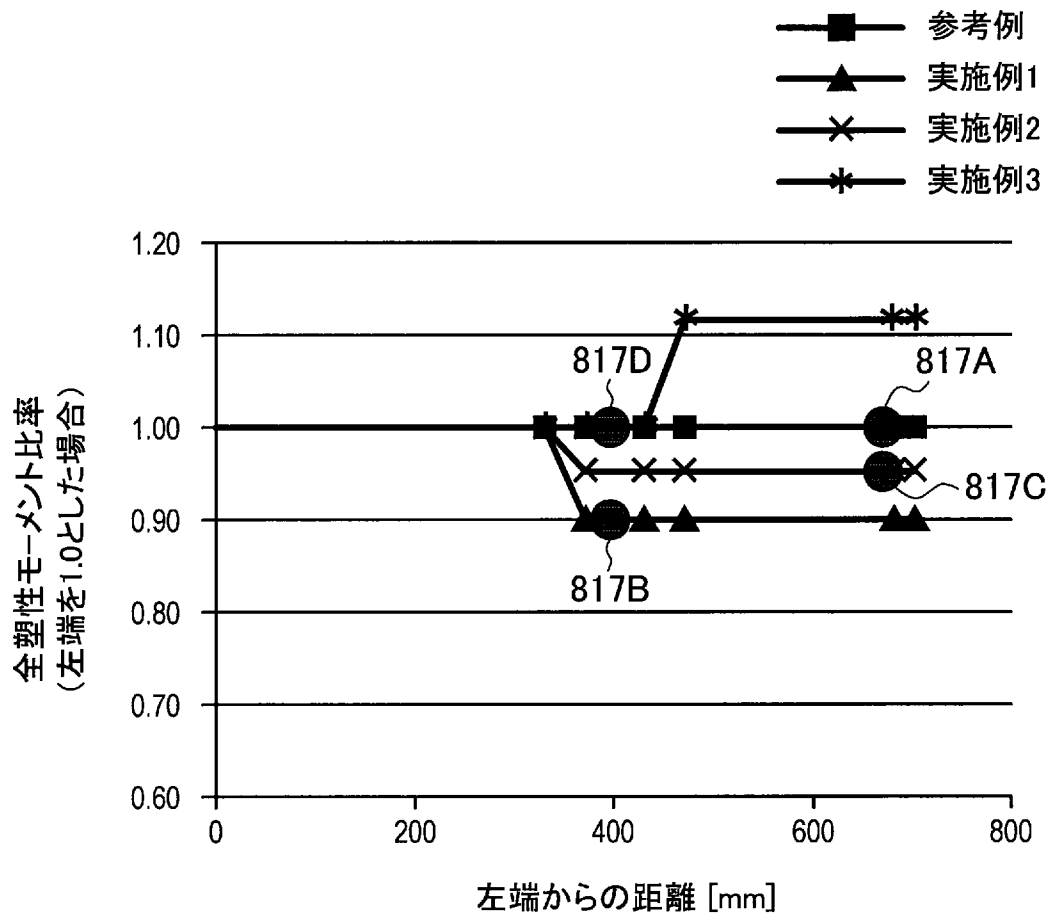
[図113]

810C

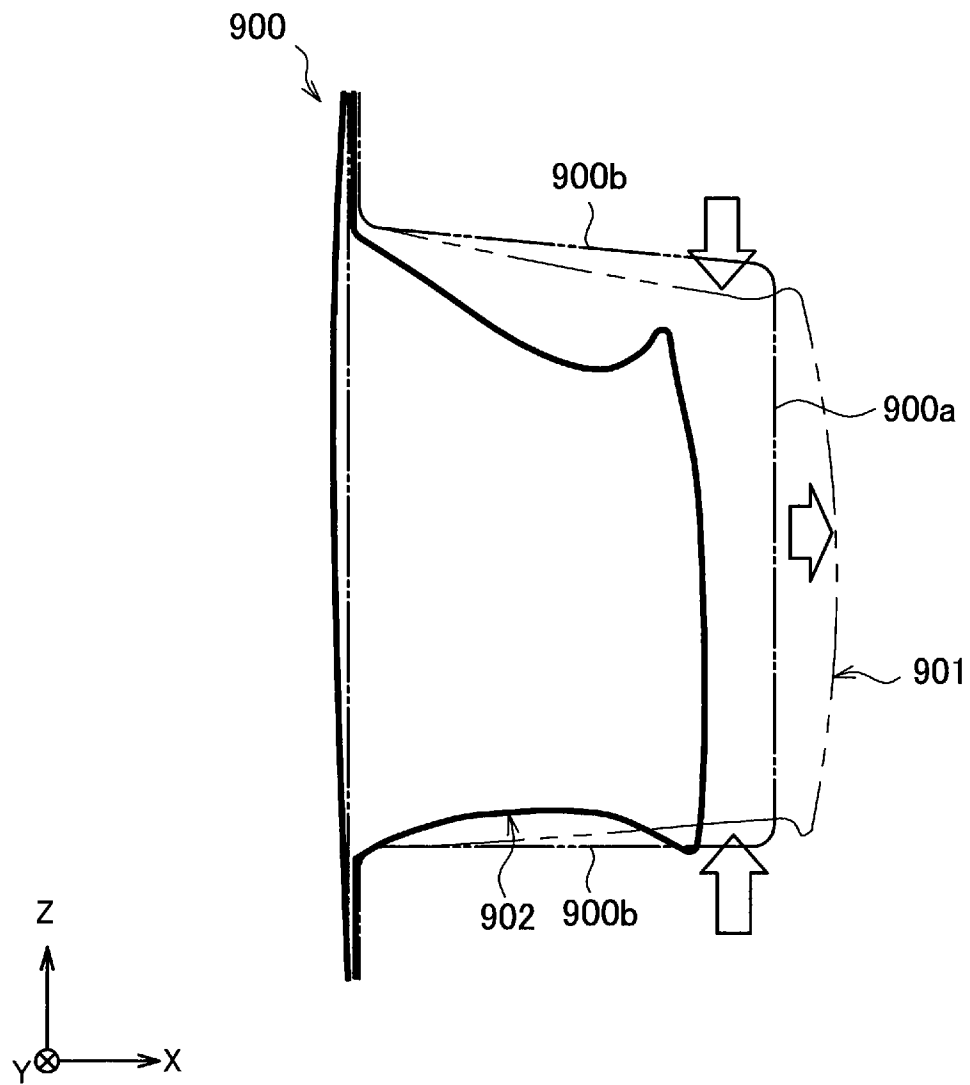
[図114]

810D

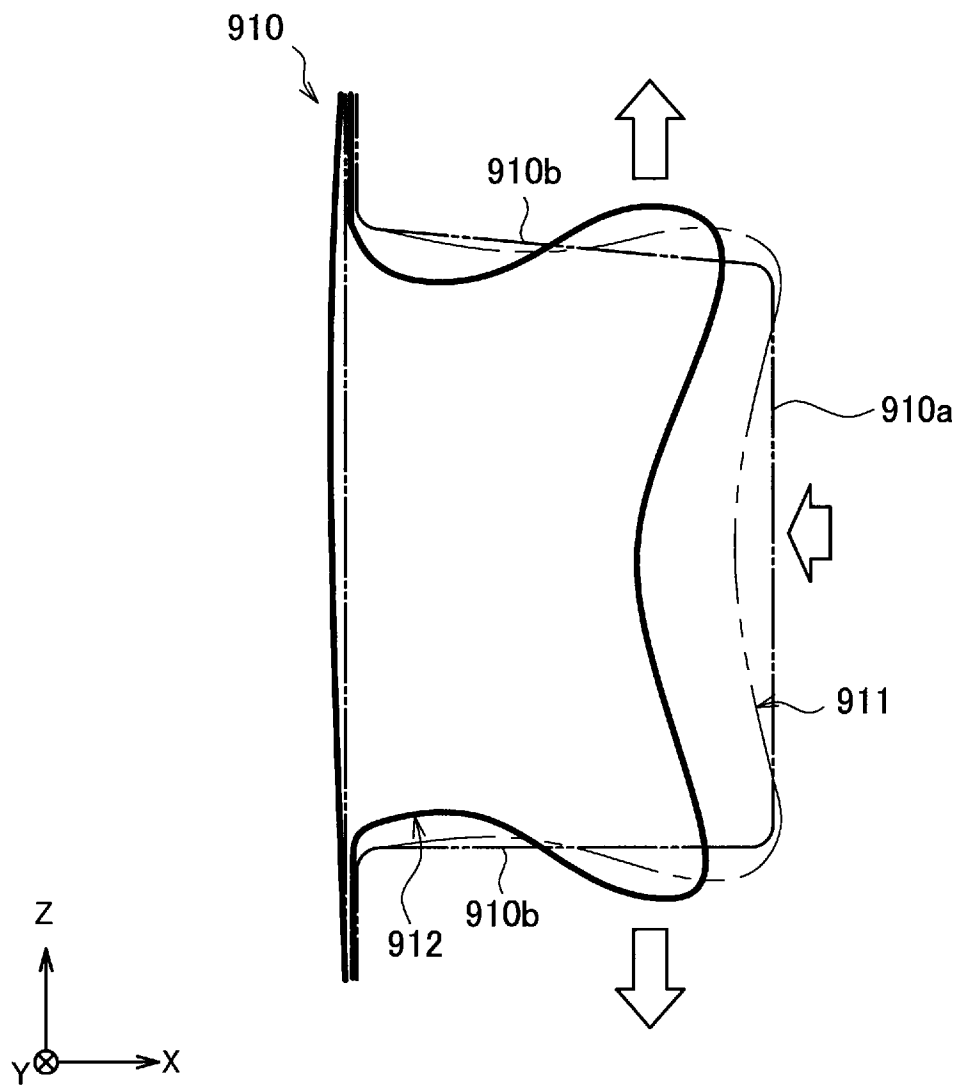
[図115]



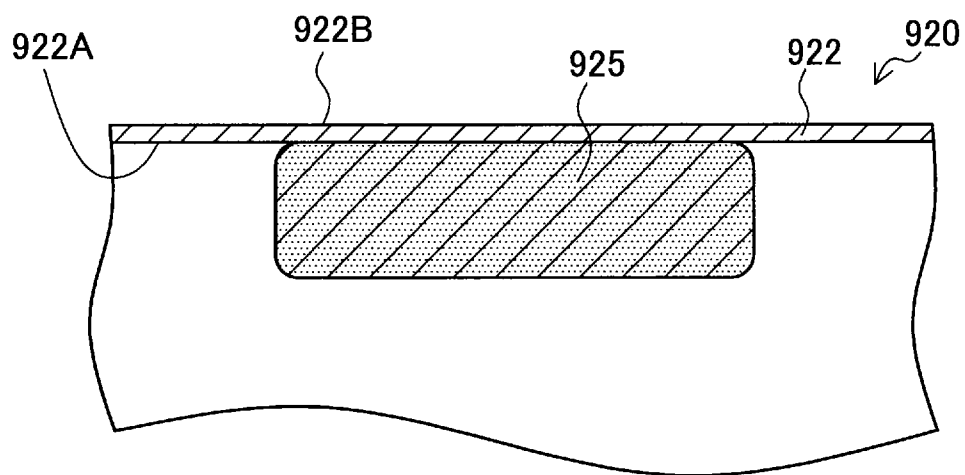
[図116]



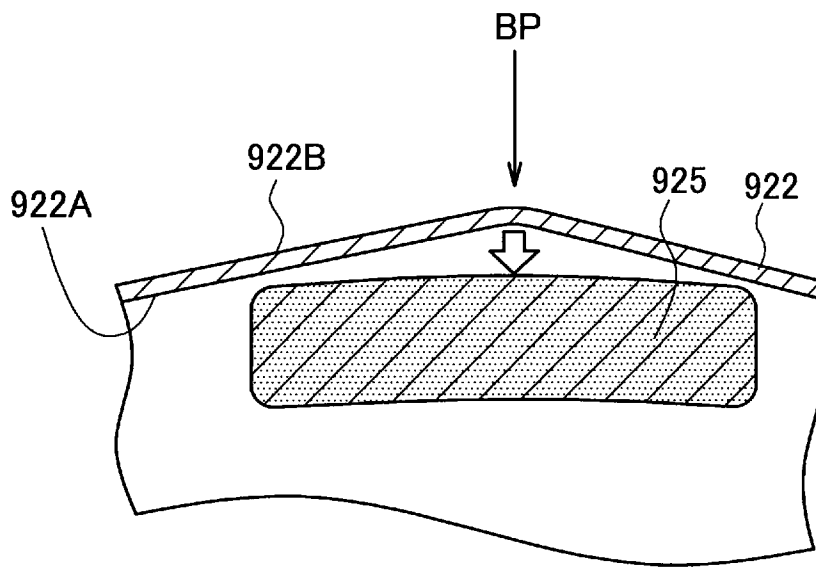
[図117]



[図118]



[図119]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031524

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D21/15(2006.01)i, B62D25/00(2006.01)i, F16S3/00(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)

B62D21/15, B62D25/00, F16S3/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 A	JP 2010-64698 A (Toyota Motor Corp.), 25 March 2010 (25.03.2010), claims; paragraphs [0028] to [0050]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-8, 13-14 9-12, 15-19
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 38791/1988 (Laid-open No. 141182/1989) (Nissan Motor Co., Ltd.), 27 September 1989 (27.09.1989), (Family: none)	1-19

☐ 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
26 September 2017 (26.09.17)

Date of mailing of the international search report
10 October 2017 (10.10.17)

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. B62D21/15(2006.01)i, B62D25/00(2006.01)i, F16S3/00(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. B62D21/15, B62D25/00, F16S3/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 A	JP 2010-64698 A（トヨタ自動車株式会社）2010.03.25, 特許請求の範囲, [0028]-[0050], 図 1-9（ファミリーなし）	1-8, 13-14 9-12, 15-19
A	日本国実用新案登録出願 63-38791 号（日本国実用新案登録出願公開 1-141182 号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（日産自動車株式会社）1989.09.27（ファミリーなし）	1-19

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

26.09.2017

国際調査報告の発送日

10.10.2017

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）

川村 健一

3 D

9 6 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3341