

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3596365号

(P3596365)

(45) 発行日 平成16年12月2日(2004.12.2)

(24) 登録日 平成16年9月17日(2004.9.17)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

B 6 2 D 25/04

F I

B 6 2 D 25/04

B

請求項の数 5 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願平11-222829	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成11年8月5日(1999.8.5)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2001-48054(P2001-48054A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43) 公開日	平成13年2月20日(2001.2.20)	(74) 代理人	100077931
審査請求日	平成14年3月12日(2002.3.12)		弁理士 前田 弘
		(74) 代理人	100094134
			弁理士 小山 廣毅
		(72) 発明者	花川 勝則
			広島県安芸郡府中町新地3番1号
			マツダ株式会社内
		(72) 発明者	深堀 貢
			広島県安芸郡府中町新地3番1号
			マツダ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車体のフレーム構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2つのパネル材によりフレーム断面が閉断面状に構成され、該両パネル材間にレインフォースメントが設けられた車体のフレーム構造であって、  
上記両パネル材のうち衝撃荷重が入力される側のパネル材とレインフォースメントとの間のみに、充填材が充填され、

上記充填材、レインフォースメント及び充填材が充填された側のパネル材は、断面略コ字状をなし、

上記充填材が充填された側のパネル材とレインフォースメントとの間の隙間量が、2mm以上に設定され、

上記レインフォースメントの強度及び剛性の少なくとも一方が、上記充填材が充填された側のパネル材と同等以上に設定され、

上記充填材は、一辺30mmの立方体状の試験片に一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加えた際における変位量が0~8mmの範囲での平均荷重により求められる圧縮強度を平均圧縮強度として、該平均圧縮強度が4MPa以上であること、及び、幅50mm、長さ150mm、厚さ10mmの平板状の試験片を80mmの支点間距離で、該支点間の中央を10mm/minの速度で押圧する三点曲げ試験を行った際における最大の曲げ強度を最大曲げ強度として、該最大曲げ強度が10MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものであることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項2】

請求項 1 記載の車体のフレーム構造において、  
充填材は、平均圧縮強度が 5 M P a 以上であること及び最大曲げ強度が 6 0 M P a 以上であることの少なくとも一方を満たすものであることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の車体のフレーム構造において、  
充填材が充填された側のパネル材と該充填材との間の少なくとも一部に、接着剤層が設けられていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項 4】

請求項 3 記載の車体のフレーム構造において、  
接着剤層は、3 M P a 以上の引張せん断接着強さを有していることを特徴とする車体のフレーム構造。 10

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 記載の車体のフレーム構造において、  
充填材自体が、該充填材が充填された側のパネル材に対して 3 M P a 以上の引張せん断接着強さを有していることを特徴とする車体のフレーム構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動車等の車両における車体のフレーム構造に関する技術分野に属する。

【0002】

20

【従来の技術】

従来より、この種のフレーム構造としては、例えばセンターピラーのように 2 つのパネル材（センターピラーではアウトパネルとインナパネル）によりフレーム断面が閉断面状に構成されたものがよく知られており、強度や剛性が特に必要な部分では、上記両パネル材間にレインフォースメントを設けて補強するようにしている。そして、このようなフレーム構造において、強度、剛性、衝撃エネルギー吸収性等のさらなる向上化を図るには、上記パネル材やレインフォースメントの板厚を増加したり新たなレインフォースメントを追加したりするのが一般的である。

【0003】

一方、例えば実開平 1 - 1 2 5 2 7 8 号公報に示されているように、閉断面状のフロントピラー根元部における車体外側部のみに発泡ウレタン等の充填材を充填することで、車室内に伝達される振動や騒音を抑えると共に、衝撃エネルギー吸収性を向上させるようにすることが提案されている。 30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、近年では、燃費性能を向上させることが要求されており、この要求を満たすためには、車体を軽量化にする必要がある。しかし、上述の如く、パネル材やレインフォースメントの板厚を増加する等の方法では、車体を軽量化することはできず、燃費性能と衝突安全性とを共に向上させることは困難である。

【0005】

40

そこで、上記提案例（実開平 1 - 1 2 5 2 7 8 号公報）のように、軽量の発泡ウレタン等からなる充填材をフレーム断面内に設けることで、車体を軽量化しつつ、衝突安全性の向上化を図るようにすることが考えられる。

【0006】

しかしながら、上記発泡ウレタン等からなる充填材は、衝突荷重の作用に対してある程度以上の高い変形能を有するものであり、このような充填材を使用すると、衝撃荷重が荷重入力点からその周囲のパネル材に分散して伝達され難く、荷重入力点やその近傍でフレームが局部的に大きく変形するため、エネルギー吸収性を十分に向上させることはできないという問題がある。また、軽量化の観点からは、充填材をフレーム断面内全体ではなく、上記提案例のようにフレーム断面内の一部のみで設けることが好ましいが、上記のような 50

高い変形能を有する充填材をフレーム断面内の一部のみに設けるだけでは、振動や騒音の低減には有効であっても、エネルギー吸収性の向上化はより一層難しくなる。

【 0 0 0 7 】

本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、上記のように充填材を設けた車体のフレーム構造に対して、その充填材の材料特性に工夫を凝らすことによって、充填材の使用量を出来る限り少なくして車体の軽量化を図ると共に、衝突安全性を効果的に向上させようとするところにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項 1 の発明では、2つのパネル材によりフレーム断面が閉断面状に構成され、該フレーム断面内の一部のみに充填材が設けられた車体のフレーム構造を対象として、上記両パネル材のうち衝撃荷重が入力される側のパネル材とレインフォースメントとの間のみ、充填材が充填され、上記充填材、レインフォースメント及び充填材が充填された側のパネル材は、断面略コ字状をなし、上記充填材が充填された側のパネル材とレインフォースメントとの間の隙間量が、2mm以上に設定され、上記レインフォースメントの強度及び剛性の少なくとも一方が、上記充填材が充填された側のパネル材と同等以上に設定され、上記充填材は、一辺30mmの立方体状の試験片に一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加えた際における変位量が0～8mmの範囲での平均荷重により求められる圧縮強度を平均圧縮強度として、該平均圧縮強度が4MPa以上であること、及び、幅50mm、長さ150mm、厚さ10mmの平板状の試験片を80mmの支点間距離で、該支点間の中央を10mm/minの速度で押圧する三点曲げ試験を行った際における最大の曲げ強度を最大曲げ強度として、該最大曲げ強度が10MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものであるとした。

【 0 0 0 9 】

上記の構成により、衝撃荷重が入力される側のパネル材において衝撃荷重の影響により折れ曲がって断面内側に進入する部分（座屈する部分）に充填材を設けることで、その部分に局所的に加わる力を充填材を介してその周囲に分散させることができ、その部分の折れ曲がりを抑制したり、折れ曲がるようにしながら衝撃エネルギーを効果的に吸収したりすることができる。そして、上記充填材について、平均圧縮強度が4MPa以上であること及び最大曲げ強度が10MPa以上であることの少なくとも一方を満たすようにしたのは、充填材の平均圧縮強度又は最大曲げ強度が大きくなるにつれて、フレームのエネルギー吸収量も増加するが、平均圧縮強度が4MPa以上又は最大曲げ強度が10MPa以上になるとエネルギー吸収量の増加度合いが飽和するからである。つまり、平均圧縮強度が4MPa以上であれば、フレームが局部的に変形して断面の潰れが生じることを最大限に抑制することができる。最大曲げ強度が10MPa以上であれば、フレームが局部的に大きく変形した場合でも、充填材の割れを抑制してフレームが脆性的に折損することを最大限に防止することができる。この結果、この特性を満たす充填材を用いれば、最大値に近いエネルギー吸収量が得られ、充填材がフレーム断面内の一部にしかなくても、衝突安全性を向上させることができる。しかも、レインフォースメントと充填材との相乗効果によりエネルギー吸収量を格段に高めることができる。この結果、レインフォースメントを有するフレーム構造に対してパネル材やレインフォースメントの板厚を増加したり新たなレインフォースメントを追加したりしなくても、軽量の充填材（特にエポキシ樹脂からなる発泡充填材）を充填するだけで、燃費性能と衝突安全性とを共に向上させることができる。そして、レインフォースメントの強度及び剛性の少なくとも一方を、充填材が充填された側のパネル材と同等以上に設定することで、パネル材の断面内側への進入をより一層確実に抑制することができる。すなわち、充填材が充填された側のパネル材が折れ曲がって断面内側に進入しようとしても、その進入は充填材により阻止され、パネル材（延いてはフレーム）の折れ曲がりを抑制することができるが、このとき、レインフォースメントの強度（引張強さ、耐力）及び剛性の両方が上記パネル材よりも小さいと、レインフォースメントが局所的に座屈変形して該パネル材が充填材と共に断面内側に進入し易くなるが、この

10

20

30

40

50

発明では、そのようなことはない。また、充填材、レインフォースメント及び充填材が充填された側のパネル材を、断面略コ字状とすることで、フレームの強度、剛性、衝撃エネルギー吸収性等を最大限に高めることができる。そして、パネル材とレインフォースメントとの間の隙間量は、2 mmよりも小さいと、充填材を充填する効果が低くて充填材を充填しない場合と殆ど変わらないので、2 mm以上に設定している。

【0010】

請求項2の発明では、請求項1の発明において、充填材は、平均圧縮強度が5 MPa以上であること及び最大曲げ強度が60 MPa以上であることの少なくとも一方を満たすものであるとする。このことにより、最大値に近いエネルギー吸収量がより安定的に得られ、請求項1の発明と同様の作用効果をより安定して得ることができる。

10

【0011】

請求項3の発明では、請求項1又は2の発明において、充填材が充填された側のパネル材と該充填材との間の少なくとも一部に、接着剤層が設けられているものとする。

【0012】

こうすることで、パネル材に局所的に加わる力を充填材を介してその周囲に確実に分散させることができ、簡単な構成でフレームの剛性やエネルギー吸収能力を高めることができる。特に、フレームに曲げモーメントが作用する場合に、接着剤層によりフレームが負担し得る最大曲げモーメント値を高めることができる。

【0013】

請求項4の発明では、請求項3の発明において、接着剤層は、3 MPa以上の引張せん断接着強さを有しているものとする。

20

【0014】

すなわち、接着剤層の引張せん断接着強さが大きくなるにつれてフレームが負担し得る最大曲げモーメント値が増加するが、その引張せん断接着強さが3 MPa以上になると上記最大曲げモーメント値の増加度合いがそれまでに比べて緩やかになる。したがって、接着剤層の引張せん断接着強さが3 MPa以上であれば、フレームが負担し得る最大曲げモーメント値をかなり効果的に増大させることができる。

【0015】

請求項5の発明では、請求項1又は2の発明において、充填材自体が、該充填材が充填された側のパネル材に対して3 MPa以上の引張せん断接着強さを有しているものとする。

30

【0016】

この発明により、接着剤層を設けなくても充填材自体で、剛性やエネルギー吸収能力を高めることができると共に、フレームが負担し得る最大曲げモーメント値をかなり効果的に増大させることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係るフレーム構造が適用されたセンターピラー2(フレーム)を備えた自動車車体1の全体構成を示す。このセンターピラー2は、車体1の左右両側部の前後方向略中央部において略上下方向に延び、その上端部は、車室ルーフ部の左右両側部において前後方向に延びるルーフサイドレール3に接合され、下端部は、車室フロア部の左右両側部において前後方向に延びるサイドシル4に接合されている。そして、上記センターピラー2のベルトライン部ないしその近傍には、後述の如く充填材11(図2及び図3参照)が設けられており、側突時に衝撃荷重Asが入力されても、ベルトライン部が折れて車室側に進入するのを抑制するようにしている。尚、図1中、5はフロントピラーであり、6はリヤピラーである。

40

【0018】

上記センターピラー2は、図2及び図3に示すように、車体外側に位置する鋼板等からなるアウトパネル12と、車体内側に位置する鋼板等からなるインナパネル13と、該アウトパネル12とインナパネル13との間でかつセンターピラー2断面(フレーム断面)内

50

に設けられた鋼板等からなるレインフォースメント14とを備えている。このアウトパネル12、インナパネル13及びレインフォースメント14は、各々、その左右両側部（車体1前後両側部）にフランジ部12a、12a、13a、13a、14a、14aを有していて、該各フランジ部12a、13a、14a同士がスポット溶接により接合されることで互いに一体化されている。すなわち、上記アウトパネル12とインナパネル13とは、センターピラー2断面を閉断面状に構成するパネル材であって、センターピラー2断面外側縁部を構成しており、アウトパネル12とレインフォースメント14とによりセンターピラー2断面の車体外側部が閉断面状に構成され、インナパネル13とレインフォースメント14とによりセンターピラー2断面の車体内側部が閉断面状に構成されている。そして、アウトパネル12及びレインフォースメント14は共に断面略コ字状をなし、その両者間の空間も断面略コ字状をなしている。

10

**【0019】**

上記センターピラー2のベルトライン部ないしその近傍においてアウトパネル12とレインフォースメント14との間の空間には、例えばエポキシ樹脂からなる充填材11が発泡充填されている。つまり、この充填材11は、センターピラー2断面内全体ではなく、その断面において上記衝撃荷重Asが入力される側、又はその衝撃荷重Asに起因してセンターピラー2に作用する曲げモーメントにより圧縮応力が発生する側（センターピラー2の中立軸よりも車体外側）のみに充填されていて、断面略コ字状をなしている。上記充填材11の平均圧縮強度は4MPa以上（好ましくは5MPa以上）に設定されていると共に、最大曲げ強度は10MPa以上（好ましくは60MPa以上）に設定されている。これは、平均圧縮強度が4MPa以上であれば、センターピラー2に上記衝撃荷重Asが入力されてもセンターピラー2のベルトライン部が局部的に変形して断面の潰れが生じることを最大限に抑制することができ、最大曲げ強度が10MPa以上であれば、たとえセンターピラー2が局部的に大きく変形した場合でも、充填材11の割れを抑制してセンターピラー2が脆性的に折損することを最大限に防止することができるからであり、平均圧縮強度を5MPa以上としかつ最大曲げ強度を60MPa以上とすればその効果がより安定的に得られるからである。尚、上記平均圧縮強度は、充填材11を一辺30mmの立方体に加工したものに対して一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加えたときにおいて変位量（圧縮量）が0～8mmの範囲での平均強度をいう（図38参照）。また、上記最大曲げ強度は、幅50mm、長さ150mm、厚さ10mmの平板状の試験片を80mmの支点間距離で、該支点間の中央を10mm/minの速度で押圧する三点曲げ試験を行った際における最大の曲げ強度をいう。

20

30

**【0020】**

次に、上記センターピラー2を組み立てる方法を説明する。まず、図4(a)に示すように、レインフォースメント14のアウトパネル12側面の所定部分にシート状に加工した未発泡状態の充填材10を貼り付けてセットする。

**【0021】**

その後、図4(b)に示すように、上記充填材10を貼り付けたレインフォースメント14をアウトパネル12にセットし、両者のフランジ部12a、14a同士をスポット溶接により接合する。そして、図4(c)に示すように、上記レインフォースメント14に対してインナパネル13をセットして該インナパネル13のフランジ部13aをレインフォースメント14のフランジ部14aにスポット溶接により接合することで、センターピラー2の組立てが完了する。

40

**【0022】**

次いで、車体1全体の組立てを完成させた後、その車体1を電着液に浸漬させて電着塗装を行い、その後に180 雰囲気中に35分間投入してその電着塗装の乾燥を行う（センターピラー2の最低温度は150 程度になる）。そして、車体シーラを塗布し、140 雰囲気中に20分間投入してその車体シーラを乾燥させ（センターピラー2の温度は100 程度）、続いて、中塗塗装を行い、140 雰囲気中に40分間投入してその中塗塗装の乾燥を行い（センターピラー2は140 で20分間加熱されたことになる）、次

50

いで、上塗塗装を行い、140 雰囲気中に40分間投入してその上塗塗装の乾燥を行う（センターピラー2は140 で20分間加熱されたことになる）。この電着塗装等の乾燥時に、上記充填材10をその乾燥熱により加熱することで、アウトパネル12とレインフォースメント14との間に完全に発泡充填させる。このように未発泡状態の充填材10を電着塗装等の乾燥熱により発泡硬化させるので、発泡工程を別途に設ける必要がなく、生産性を高めることができる。尚、電着塗装の乾燥工程で上記充填材10の発泡が完了すると共に半分程度が硬化し、中塗塗装及び上塗塗装の乾燥工程で残りが硬化する（車体シーラの乾燥工程では、センターピラー2の温度が低過ぎて充填材10は殆ど硬化しない）。

#### 【0023】

上記車体1に対して側突がなされた場合、衝撃荷重 $A_s$ によりセンターピラー2におけるアウトパネル12のベルトライン部には、折れ曲がって（座屈して）断面内側に進入しようとする大きな力が局所的に作用することがある。しかし、この実施形態1では、そのような力がアウトパネル12に作用したとしても、その力を充填材11を介して周囲に分散させることができ、しかも、その充填材11の平均圧縮強度が4MPa以上に設定され、最大曲げ強度が10MPa以上に設定されているので、最大値に近いエネルギー吸収量が得られ、センターピラー2の折れ曲がりを最大限に抑制することができる。一方、充填材11は、センターピラー2断面内全体ではなく、アウトパネル12とレインフォースメント14との間にしか設けられていないが、座屈開始の曲げモーメントは、センターピラー2断面内全体に設ける場合と殆ど変わらないので、少ない充填量で効果的に衝撃エネルギーを吸収することができる。しかも、充填材11は発泡材であるので、車体を軽量化することができる。よって、燃費性能を向上させながら、衝突安全性を向上させることができる。

#### 【0024】

ここで、上記実施形態1においては、上記レインフォースメント14の強度（引張強さ、耐力）及び剛性の少なくとも一方は、アウトパネル12と同等以上に設定することが望ましい。つまり、レインフォースメント14の強度及び剛性の両方がアウトパネル12よりも小さいと、アウトパネル12のベルトライン部が折れ曲がって断面内側に進入しようとするときに、レインフォースメント14が局所的に座屈変形してアウトパネル12が充填材11と共に断面内側に進入してしまうが、このようにレインフォースメント14の強度及び剛性の少なくとも一方がアウトパネル12と同等以上であれば、アウトパネル12の断面内側への進入（折れ曲がり）をより一層確実に抑制することができる。

#### 【0025】

また、上記充填材11充填部分におけるアウトパネル12とレインフォースメント14との間の隙間量は2mm以上（好ましくは3mm以上）に設定することが望ましい。これは、充填材11を充填しない場合には上記隙間量は小さいほどセンターピラー2が負担し得る最大曲げモーメント値は大きくなるが、充填材11を充填する場合に上記隙間量が2mmよりも小さいと、充填材11の充填効果が低くて充填材11を充填しない場合と殆ど変わらなくなるからである。一方、上記隙間量は、20mmよりも大きいと、軽量化効果が小さくなると共に、コスト面で不利になるので、20mm以下に設定することが望ましい。

#### 【0026】

さらに、上記アウトパネル12と充填材11との間の少なくとも一部には、3MPa以上の引張せん断接着強さを有する接着剤層（車体シーラ等）を設けることが望ましい。これは、アウトパネル12に局所的に加わる力を充填材11を介してその周囲に確実に分散させることができると共に、接着剤層によりセンターピラー2が負担し得る最大曲げモーメント値を効果的に高めることができ、また、上述の如くレインフォースメント14の強度及び剛性の少なくとも一方をアウトパネル12と同等以上にした場合には、アウトパネル12が断面内側に進入することも断面外側に張り出すこともできず、アウトパネル12の折れ曲がりを有効に防止することができるからである。そして、接着剤層を設ける代わり

10

20

30

40

50

に、充填材 1 1 自体が、アウトパネル 1 2 に対して 3 MP a 以上の引張せん断接着強さを有するようにしてもよく、こうすれば、接着剤層を別途に設けなくても済み、容易に上記効果が得られる。尚、アウトパネル 1 2 と充填材 1 1 との間だけでなく、インナパネル 1 3 と充填材 1 1 との間の少なくとも一部にも接着剤層を設けるようにしてもよい。

【 0 0 2 7 】

加えて、上記充填材 1 1 は、センターピラー 2 長手方向において、センターピラー 2 の荷重支持点間（ルーフサイドレール 3 に接合された上端部とサイドシル 4 に接合された下端部との間）の長さに対して 1 5 % 以上の長さの範囲に充填されていることが望ましい。すなわち、充填材 1 1 の充填範囲が大きくなるにつれてエネルギー吸収量は増大するが、荷重支持点間の長さに対して 1 5 % で略飽和する。したがって、1 5 % 以上の長さの範囲に充填すれば、略最大値に近いエネルギー吸収量が得られる。

10

【 0 0 2 8 】

尚、上記実施形態 1 では、充填材 1 1 は、平均圧縮強度が 4 MP a 以上（好ましくは 5 MP a 以上）でかつ最大曲げ強度が 1 0 MP a 以上（好ましくは 6 0 MP a 以上）に設定されたものとしたが、平均圧縮強度が 4 MP a 以上（好ましくは 5 MP a 以上）又は最大曲げ強度が 1 0 MP a 以上（好ましくは 6 0 MP a 以上）に設定されたものとしてもよい。このようにしても衝突安全性を十分に向上させることができる。そして、アウトパネル 1 2 とレインフォースメント 1 4 との間に充填された充填材 1 1 を、アウトパネル 1 2 側（衝突荷重入力側）とレインフォースメント 1 4 側（反衝突荷重入力側）との 2 層で構成し、そのアウトパネル 1 2 側には平均圧縮強度が 4 MP a 以上（好ましくは 5 MP a 以上）のものを配置し、レインフォースメント 1 4 側には最大曲げ強度が 1 0 MP a 以上（好ましくは 6 0 MP a 以上）のものを配置するようにしてもよい。こうすれば、アウトパネル 1 2 側に直接的に作用する圧縮荷重と、レインフォースメント 1 4 側に作用する曲げ荷重とを各層の充填材 1 1 によりそれぞれ有効に負担することができ、その各充填材 1 1 に対して最も効果的な特性を付与して、効率的な補強を行うことができる。また、充填材 1 1 は、必ずしも発泡材である必要はない。

20

【 0 0 2 9 】

さらに、上記実施形態 1 では、アウトパネル 1 2 とインナパネル 1 3 との間にレインフォースメント 1 4 を設けたが、このレインフォースメント 1 4 がなくて充填材 1 1 をセンターピラー 2 断面内の一部のみには、その充填材 1 1 をアウトパネル 1 2 のセンターピラー 2 断面内側面に設けるようにすればよい。この場合、充填材 1 1 の発泡充填空間を形成するためにアウトパネル 1 2 のセンターピラー 2 断面内側面に、補強効果のない単なる仕切部材を設けてもよく、充填材 1 1 が発泡材でない場合には、接着剤層を介して貼り付ける等すればよい。また、この充填材 1 1 は断面コ字状である必要はないが、充填量を少なくしつつ補強効果を高めるには、アウトパネル 1 2 も含めて断面コ字状であることが望ましい（上記実施形態 1 も同様）。

30

【 0 0 3 0 】

さらにまた、図 5 及び図 6 に示すように、センターピラー 2 断面内において上部にアッパーレインフォースメント 1 5 を、下部にロアレインフォースメント 1 6 をそれぞれ設け、この両レインフォースメント 1 5 , 1 6 （アウトパネル 1 2 のフランジ部 1 2 a , 1 2 a やインナパネル 1 3 のフランジ部 1 3 a , 1 3 a に接合するためのフランジ部 1 5 a , 1 5 a , 1 6 a , 1 6 a を左右両側部に有している）がベルトライン部ないしその近傍で重複する（アッパーレインフォースメント 1 5 がロアレインフォースメント 1 6 よりも所定間隔をあけて車体外側に位置する）ようにした場合には、アウトパネル 1 2 とアッパーレインフォースメント 1 5 との間、及びアッパーレインフォースメント 1 5 とロアレインフォースメント 1 6 との間に充填材 1 1 をそれぞれ充填するようにしてもよい。また、この場合でも、充填材 1 1 をアウトパネル 1 2 とアッパーレインフォースメント 1 5 との間に充填するだけでもよく、要は充填材 1 1 をアウトパネル 1 2 と両レインフォースメント 1 5 , 1 6 のいずれかとの間に充填すればよい。

40

【 0 0 3 1 】

50

加えて、上記実施形態 1 では、本発明のフレーム構造をセンターピラー 2 に適用したが、センターピラー 2 以外のピラー部材（上記フロントピラー 5 やリヤピラー 6）にも適用することができる。また、その他にも、車体 1 の左右両側において前後方向に延びるフレーム部材（フロントサイドフレーム、リヤサイドフレーム、上記ルーフサイドレール 3、サイドシル 4 等）、この左右のフレーム部材を連結する連結部材（クロスメンバ等）、ドア本体部の補強部材（インパクトバー等）、バンパの補強部材（バンパレインフォースメント等）等においてフレーム断面の一部のみに上記充填材 1 1 を設けるようにすることができ、その充填材 1 1 を、これら各部材のフレーム断面を構成する 2 つのパネル材のいずれか一方若しくは両方のフレーム断面内側面に設けるか、又は、両パネル材間にレインフォースメントが設けられている場合には、両パネル材の一方とレインフォースメントとの間のみに設ければよい。例えば、図 7 に示すように、上側及び下側パネル材 2 2, 2 3 により断面が閉断面状に構成されたフロントサイドフレーム 2 1 の場合は、その屈曲部において下側パネル材 2 3 のフレーム断面内側面に充填材 1 1 を設ければよい。このようにすれば、前突時の衝撃荷重  $A_f$ （図 1 参照）によりフロントサイドフレーム 2 1 の前部が潰れて、最終的に上記屈曲部で折れ曲がることにより上記前部が上方に移動するが、この折れ曲がり時に充填材 1 1 により衝撃エネルギーを効果的に吸収することができる。つまり、この場合、充填材 1 1 は、衝撃荷重  $A_f$  に起因してフロントサイドフレームに作用する曲げモーメントにより引張応力が発生する側に設けるのがよい。一方、図 8 に示すように、上側及び下側パネル材 2 6, 2 7 により断面が閉断面状に構成されたりヤサイドフレーム 2 5 の場合は、後突時の衝撃荷重  $A_r$  によりリヤサイドフレーム 2 5 の後部が、屈曲部での折れ曲がりにより上方に移動するのを抑制する必要があるため、その屈曲部において上側パネル材 2 6 のフレーム断面内側面に設ければよい。

10

20

**【0032】**

(実施形態 2)

図 9 は本発明の実施形態 2 を示し（尚、以下の各実施形態では、図 2 及び図 3 と同じ部分については同じ符号を付してその詳細な説明は省略する）、レインフォースメント 1 4 の少なくとも充填材 1 1 充填部分にセンターピラー 2 長手方向に略沿った断面略矩形状の複数のビード 1 4 b, 1 4 b, ... を形成した点が上記実施形態 1 と異なる。

**【0033】**

すなわち、この実施形態 2 では、アウトパネル 1 2 とレインフォースメント 1 4 との間の空間（充填材 1 1 の発泡充填空間）は上記各ビード 1 4 b の分だけ大きくなり、そのビード 1 4 b 内を含む発泡充填空間に、上記充填材 1 1 が発泡充填されている。

30

**【0034】**

このセンターピラー 2 を組み立てる方法は、基本的には上記実施形態 1 と同様であるが、未発泡状態の充填材 1 0 をレインフォースメント 1 4 にセットする方法が異なる。つまり、図 10 に示すように、充填材 1 0 の各ビード 1 4 b に対応する部分を該各ビード 1 4 b 内の深さ方向中間部まで押し込むことで充填材 1 0 をセットする。このようにすれば、充填材 1 0 をレインフォースメント 1 4 に確実に保持することができ、充填材 1 0 が発泡するまでの間にずれたり脱落したりするのを防止することができる。また、上記各ビード 1 4 b の底部には隙間が形成されているため、電着塗装を行うときにこの隙間が電着液の通路となり、電着液の付き回り性や排出性を良好にして、液溜りが生じるのを防止することができる。この結果、液溜りによるむらに起因する電着層の剥離を防止することができ、耐食性の低下を抑えることができる。そして、上記充填材 1 0 を電着塗装等の乾燥熱により発泡硬化させて、上記各ビード 1 4 b 内を含めてアウトパネル 1 2 とレインフォースメント 1 4 との間に、発泡後の充填材 1 1 が完全に充填された状態にする。

40

**【0035】**

したがって、上記実施形態 2 では、レインフォースメント 1 4 にセンターピラー 2 長手方向に略沿った複数のビード 1 4 b, 1 4 b, ... が形成されているので、未発泡状態の充填材 1 0 の保持と電着塗装とを良好に行え、しかも、レインフォースメント 1 4 の剛性を向上させることができ、上記実施形態 1 で説明したように、アウトパネル 1 2 と同等以上の

50

剛性が容易に得られ、アウトパネル 1 2 のベルトライン部の断面内側への進入を有効に抑制することができる。

【 0 0 3 6 】

尚、上記実施形態 2 では、断面略矩形状の複数のビード 1 4 b , 1 4 b , ... を形成したが、例えば図 1 1 に示すように、各ビード 1 4 b を断面略三角形に形成してもよく、図 1 2 に示すように、1 つのビード 1 4 b を形成するだけでもよい。

【 0 0 3 7 】

また、上記実施形態 2 においても、上記実施形態 1 と同様に、センターピラー 2 以外のピラー部材やフレーム部材等のフレームに適用することができ、その各フレームにおいてフレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成しかつ内部に発泡充填空間を形成する複数の閉断面部材の少なくとも 1 つにビードを形成しおき、そのビードを形成した 1 つの閉断面部材に未発泡状態の充填材 1 0 をセットするようにすればよい。

10

【 0 0 3 8 】

( 実施形態 3 )

図 1 3 は本発明の実施形態 3 を示し、アウトパネル 1 2 とレインフォースメント 1 4 との間の空間を上下方向に画成する上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 を設け、この上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 間におけるアウトパネル 1 2 とレインフォースメント 1 4 と間に、充填材 1 1 の発泡充填空間を形成するようにしたものである。

【 0 0 3 9 】

すなわち、この実施形態 3 では、上記上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 は共に、レインフォースメント 1 4 にプレスによりアウトパネル 1 2 側に突出するように一体形成されていて、その各先端部には、上記発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通しかつ少なくとも一部に上記充填材 1 1 が発泡充填された開放部 3 1 a , 3 2 a を有している。また、上記下側画成部材 3 2 は、レインフォースメント 1 4 からアウトパネル 1 2 側に突出していることで、図 1 4 に示すように、充填材 1 0 をレインフォースメント 1 4 にセットしたときに充填材 1 0 を上下方向に保持し得るように構成されている。

20

【 0 0 4 0 】

したがって、上記実施形態 3 では、レインフォースメント 1 4 において一体形成した下側画成部材 3 2 の上側位置に、未発泡状態の充填材 1 0 を下側画成部材 3 2 により上下方向に保持した状態でセットしてセンターピラー 2 を組み立てれば、上記実施形態 2 と同様に、電着塗装時等において充填材 1 0 が発泡充填空間から下側に脱落するのを防止することができる。そして、充填材 1 0 は、上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 の各開放部 3 1 a , 3 2 a の抵抗が大きいため、発泡時において最初に発泡充填空間に発泡充填され、その後余った残り分が各開放部 3 1 a , 3 2 a の少なくとも一部に発泡充填される。この結果、各開放部 3 1 a , 3 2 a の上下方向長さや隙間量を調整することで、充填材 1 0 のセット量がばらついても発泡充填空間における充填材 1 1 の発泡率ばらつきを低減させることができる。しかも、充填材 1 0 の上下両端部が発泡時に各開放部 3 1 a , 3 2 a により拘束されるので、充填材 1 0 の上下両端部が上記実施形態 1 , 2 のようにフリー状態で発泡するのとは異なり、発泡後にその上下両端部に割れが生じるのを防止することができる。よって、上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 を設けるだけで、未発泡状態の充填材 1 0 の保持を行うことができると共に、均一に発泡充填させることができ、しかも、充填材 1 1 の上下両端部の割れによる衝撃エネルギー吸収性能等の低下を防止することができる。

30

40

【 0 0 4 1 】

また、上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 は共にレインフォースメント 1 4 に一体形成されているので、別途に新たな部材を設けることなく簡単な構成で上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 を設けることができる。

【 0 0 4 2 】

ここで、上記実施形態 3 においては、上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 の各開放部 3 1 a , 3 2 a における隙間量 ( アウトパネル 1 2 と上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 の各先端部との間の距離 ) を、充填材 1 1 充填部分におけるアウトパネル 1 2 とレインフォースメ

50

ント14との間の隙間量よりも小さくかつ5mm以下であることが望ましい。これは、上記各開放部31a, 32aにおける隙間量が5mmよりも大きいと、充填材11の発泡率ばらつきの低減効果とその上下両端部の割れ抑制の効果とが十分に得られなくなるからである。

#### 【0043】

尚、上記実施形態3では、上側及び下側画成部材31, 32をレインフォースメント14に一体形成したが、別部材で形成するようにしてもよい。例えば図15に示すように、鋼板等からなる上側及び下側画成部材31, 32をレインフォースメント14に溶接して接合するようにしてもよい。また、板状の樹脂からなる上側及び下側画成部材31, 32を、レインフォースメント14に接着するようにしてもよく、図16に示すように、板状の樹脂からなる上側及び下側画成部材31, 32のレインフォースメント14側面に凸部31b, 32bを形成しておき、その各凸部31b, 32bをレインフォースメント14に設けた嵌合孔14c, 14cにそれぞれ嵌め込むようにしてもよい。

10

#### 【0044】

さらに、図17及び図18に示すように、上側及び下側画成部材31, 32を共に、板厚がかなり小さい1つの鋼板等をプレス成形することにより、レインフォースメントに取付固定された固定部31c, 32cと、該固定部31c, 32cの一端部に接続されかつ該接続部からアウトパネル12側に向かって斜めに(上側画成部材31は上側に、下側画成部材32は下側に)延びる片持ちはり状の可撓部31d, 32d(先端部に開放部31a, 32aを有する)とで構成し、上記可撓部31d, 32dの弾性復元力を調整することで、充填材10が発泡するときその上下両端部の拘束を行って割れを抑制したり、発泡率ばらつきを低減したりすることができる。

20

#### 【0045】

また、図19に示すように、図17及び図18のものよりも板厚を大きくして撓み難くすると共に、可撓部31d, 32dの先端部を、上側画成部材31は上側に、下側画成部材32は下側にそれぞれ折り曲げることでアウトパネル12と略平行にしてこの略平行部分に開放部31a, 32aを形成し、上記実施形態3のようにこの各開放部31a, 32aの上下方向長さや隙間量を調整すれば、発泡率ばらつきを低減したり、割れの発生を抑制したりすることができる。

#### 【0046】

さらにまた、上側及び下側画成部材31, 32の各開放部31a, 32aは、該上側及び下側画成部材31, 32を貫通する孔状のものであってもよい。

30

#### 【0047】

また、上記実施形態3においては、ピラー部材のように略上下方向に延びるフレームに適用することができ、その各フレームにおいてフレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成しかつ内部に発泡充填空間を形成する複数の閉断面部材の少なくとも1つに上側及び下側画成部材31, 32を設けておき、その閉断面部材における下側画成部材32の上側位置に、未発泡状態の充填材10を下側画成部材32により上下方向に保持した状態でセットするようにすればよい。

#### 【0048】

(実施形態4)

図20は本発明の実施形態4を示し、上記実施形態1~3における充填材11(以下、この実施形態4では、第1の充填材11という)に加えてさらに第2の充填材36を発泡充填するようにしたものである。

40

#### 【0049】

すなわち、この実施形態4では、第1の充填材11のセンターピラー2長手方向(上下方向)両端側におけるアウトパネル12とレインフォースメント14との間に、第2の充填材36, 36が該第1の充填材11の上下両端部に当接するように充填されている。この各第2の充填材36は、上記第1の充填材11よりも高発泡率のものであって、例えば発泡ウレタン樹脂やゴム系の発泡材からなっている。

50

## 【 0 0 5 0 】

そして、上記センターピラー 2 を組み立てるには、先ず、図 2 1 に示すように、レインフォースメント 1 4 に、未発泡状態の第 1 の充填材 1 0 をセットすると共に、この第 1 の充填材 1 0 の上下方向両端側に、シート状に加工した未発泡状態の第 2 の充填材 3 5 , 3 5 をセットする。このとき、これら第 1 及び第 2 の充填材 1 0 , 3 5 は、発泡充填後において第 1 の充填材 1 1 の上下両端部が該第 1 の充填材 1 1 の充填必要範囲よりも外側に位置しかつ両充填材 1 1 , 3 6 の端部同士が当接するような位置にセットする。次いで、センターピラー 2 を組み立てて、電着塗装等の乾燥熱により上記両充填材 1 0 , 3 5 を発泡充填させれば上記構造が得られる。

## 【 0 0 5 1 】

したがって、上記実施形態 4 では、第 1 の充填材 1 1 の上下方向両端部に割れが生じても、高発泡して割れが生じ難い第 2 の充填材 3 6 によりその割れ部からのクラックの進行等を防止することができ、第 1 の充填材 1 1 の衝撃エネルギー吸収性能等の低下を防止することができる。この結果、上記実施形態 3 のように上側及び下側画成部材 3 1 , 3 2 を設けなくても済み、第 1 の充填材 1 0 の上下両端部をフリー状態で発泡させて発泡率ばらつきの低減化を図ることができると共に、充填位置の変更等にも柔軟に対応することができる。

## 【 0 0 5 2 】

尚、上記実施形態 4 では、未発泡状態の第 1 及び第 2 の充填材 1 0 , 3 5 を略同時に発泡させたが、第 1 の充填材 1 1 を発泡充填させた後に、図 2 2 に示すように、この発泡充填させた第 1 の充填材 1 1 の上下方向両端側に充填用ガン 3 7 , 3 7 を用いて第 2 の充填材 3 6 , 3 6 (例えば二液性の常温硬化タイプのもの)を発泡充填させるようにしてもよい。このようにすれば、第 1 の充填材 1 1 は、その発泡時に第 2 の充填材 3 6 の影響を受けることはないので、完全にフリー状態で発泡させることができ、発泡率ばらつきをより一層低減させることができる。

## 【 0 0 5 3 】

また、図 2 3 に示すように、レインフォースメント 1 4 の第 1 の充填材 1 1 充填部分に開口部 1 4 d (例えば、未発泡状態の第 1 の充填材 1 1 をセットしたか否かを確認するためのものやセット時の位置合わせ用に設けたもの等(後述の実施形態 5 参照))が形成されている場合にはその開口部 1 4 d から第 1 の充填材 1 1 が漏れ出すが、この漏れ出した部分にも割れが生じるため、インナパネル 1 3 とレインフォースメント 1 4 との間における上記開口部 1 4 d に対応する部分にも第 2 の充填材 3 6 を発泡充填させるようにすることが望ましい。この場合、図 2 4 に示すように、未発泡状態の第 2 の充填材 3 5 はインナパネル 1 3 の上記開口部 1 4 d に対向する部分にセットすればよい。

## 【 0 0 5 4 】

さらに、上記実施形態 4 においても、上記実施形態 1 と同様に、センターピラー 2 以外のピラー部材やフレーム部材等のフレームに適用することができ、その各フレームにおいてフレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する複数の閉断面部材の 1 つに、未発泡状態の第 1 及び第 2 の充填材 1 0 , 3 5 をセットする(上述の如く第 1 の充填材 1 1 の発泡充填後に第 2 の充填材 3 6 を発泡充填する場合には、第 1 の充填材 1 0 のみをセットする)ようにすればよい。

## 【 0 0 5 5 】

(実施形態 5)

図 2 5 ~ 図 2 8 は本発明の実施形態 5 を示し、センターピラー 2 長手方向において充填材 1 1 (図 2 5 及び図 2 6 では未発泡状態の充填材 1 0 を示す)が設けられていない部分におけるセンターピラー 2 断面内に、共に鋼板等からなる断面略コ字状の上側部分補強材 4 1 と下側部分補強材 4 2 とを設けるようにしたものである。

## 【 0 0 5 6 】

すなわち、この実施形態 5 では、上記上側部分補強材 4 1 は、センターピラー 2 長手方向略全体に亘って設けられたレインフォースメント 1 4 のインナパネル 1 3 側面における充

10

20

30

40

50

充填材 1 1 よりも上側の部分に、溶接等により接合されて設けられ（フランジ部は有していない）、上記下側部分補強材 4 2 は、上記レインフォースメント 1 4 のインナパネル 1 3 側面における充填材 1 1 よりも下側の部分に、溶接等により接合されて設けられている（フランジ部は有していない）。尚、上記レインフォースメント 1 4 は、この実施形態 5 では、上側レインフォースメント 4 5 と下側レインフォースメント 4 6（図 2 6 に二点鎖線で示す）とが一体的に結合されてなり、上記下側部分補強材 4 2 は上記上側レインフォースメント 4 5 の下部に設けられている（図 2 5 では下側レインフォースメント 4 6 とアウトパネル 1 2 とを省略している）。

【 0 0 5 7 】

上記上側部分補強材 4 1 の下端部には、充填材 1 1 の上端部にラップするように延出する延出部 4 1 a が形成され、下側部分補強材 4 2 の上端部には、充填材 1 1 の下端部にラップするように延出する延出部 4 2 a が形成されている。この上側及び下側部分補強材 4 1、4 2 の各延出部 4 1 a、4 2 a の一部は、未発泡状態の充填材 1 0 ともラップしており（図 2 6 参照）、発泡後の充填材 1 1 に対してはそのラップ範囲が未発泡状態の充填材 1 0 よりも上下に大きくなる。

10

【 0 0 5 8 】

上記上側部分補強材 4 1 の上端部（延出部 4 1 a が形成されていない端部）は、アウトパネル 1 2、インナパネル 1 3 及び上側レインフォースメント 4 5 と共に強度メンバであるルーフサイドレール 3 に接合されている。

【 0 0 5 9 】

上記未発泡状態の充填材 1 0 の上下両端部には、略三角形の切欠き部 1 0 a、1 0 a がそれぞれ形成されている。この各切欠き部 1 0 a は、上記上側レインフォースメント 4 5 において該各切欠き部 1 0 a に対応するように設けた位置合わせ用孔 1 4 e、1 4 e と共に、未発泡状態の充填材 1 0 を上側レインフォースメント 4 5 に貼り付ける際の位置合わせ用に設けたものである。

20

【 0 0 6 0 】

尚、上記未発泡状態の充填材 1 0 は、予めレインフォースメント 1 4 に沿った形状に加工しておいて 1 0 以下で保管したものを使用するようになれば、粘土状である充填材 1 0 の硬さが気温によって変化しても、レインフォースメント 1 4 の形状に沿ってならしたり位置合わせしたりする作業が容易になる。

30

【 0 0 6 1 】

したがって、上記実施形態 5 では、延出部 4 1 a、4 2 a を有する上側及び下側部分補強材 4 1、4 2 によりセンターピラー 2 の充填材 1 1 が設けられていない部分の強度をも向上して、充填材 1 1 が設けられた部分と設けられていない部分との境界部における強度変化を小さくすることができる。よって、その境界部に応力が集中するのを抑制して該境界部での変形を防止することができる。

【 0 0 6 2 】

尚、上記実施形態 5 では、充填材 1 1 が設けられた部分と設けられていない部分との境界部における強度変化を小さくするために上側及び下側部分補強材 4 1、4 2 を設けたが、上記実施形態 1 で説明したようにアウトパネル 1 2 と充填材 1 1 との間に接着剤層を設けたり充填材 1 1 自体が接着力を有するようしたりして、充填材 1 1 の上下両端部のアウトパネル 1 2 に対する引張せん断接着強さを、該充填材 1 1 の上下方向中間部よりも低く設定するようにしてもよい。この場合、充填材 1 1 の上下両端部の引張せん断接着強さは 7 M P a よりも小さく設定し（場合によっては、0 であってもよい）、上下方向中間部は 7 M P a 以上に設定するのが望ましい。そして、上記充填材 1 1 の上下両端部の引張せん断接着強さを低くするには、上下方向中間部よりも引張せん断接着強さが低い接着剤を使用したり、上下方向中間部と同じ接着剤を部分的にマスキングして使用したりすればよく、また、充填材 1 1 自体が接着力を有するようにした場合には、引張せん断接着強さが互いに異なる 2 種類の充填材を用いればよい（上記実施形態 4 において第 2 の充填材 3 6 の引張せん断接着強さを第 1 の充填材 1 1 よりも低くしてもよい）。

40

50

## 【0063】

さらに、上記境界部の強度変化を小さくするために、充填材11の上下両端部の強度を、該充填材11の上下方向中間部よりも低く設定するようにしてもよい。例えば、図29に示すように、未発泡状態の充填材10における上記位置合わせ用の各切欠き部10aをかなり大きくすることにより、上下両端部の発泡充填密度を低下させることで該上下両端部の発泡後の強度を上下方向中間部よりも低くすることができる。また、図30に示すように、未発泡状態の充填材10の上下両端部における左右両側を切り欠いて上下両端部の発泡後の強度を低くするようにしてもよい。

## 【0064】

また、未発泡状態の充填材10の上側レインフォースメント45に対する位置合わせを行うために、上記切欠き部10a, 10aを設ける代わりに、図31及び図32に示すような突起部10b, 10bを形成してもよく、図33に示すような貫通孔10c, 10cを形成してもよい。そして、充填材10に上記のような各突起部10bを形成する場合に(切欠き部10aを形成する場合でもよい)、その各突起部10b等で位置合わせ用孔14eの少なくとも一部を覆うようにすれば、アウトパネル12とレインフォースメント14とを結合した後に充填材10が正しい位置に貼り付けられているか否かを検査することができる。そして、この位置合わせ用孔14eから充填材11が発泡時に漏れ出すのを出来る限り抑制するには、その径を3mm以下とすればよい。また、位置合わせ用孔14eは円形である必要はなく、例えば図34～図36に示すような形状にしてもよく、この場合に、充填材10の各位置合わせ用孔14eからの漏れを抑制するには、各図に示す箇所を3mm以下に設定すればよい。さらに、充填材10に上記のような各貫通孔10cを形成する場合に、図37に示すように、クリップ49を上記上側の貫通孔10cと上側レインフォースメント45の位置合わせ用孔14eとに貫通させて係止させれば、充填材10の保持を行うことができると共に、クリップ49が位置合わせ用孔14eから突出しているか否かにより、充填材10が正しい位置に貼り付けられているか否かの検査を行うこともできる。

## 【0065】

また、位置合わせ用孔14eの代わりに、上記のような検査はできないが、上側レインフォースメント45に、充填材10との位置合わせ用として凸部や凹部を形成してもよく、マーキングを施してもよい。

## 【0066】

さらに、上記実施形態5では、充填材11はセンターピラー2長手方向において1箇所しか設けていないが、2箇所以上に分離して設けられている場合には、その2つの充填材間にも部分補強材を設ければよく、この部分補強材のフレーム長手方向両端部に延出部を設ければよい。

## 【0067】

加えて、上記実施形態5においても、上記実施形態1と同様に、センターピラー2以外のピラー部材やフレーム部材等のフレームに適用することができる。また、充填材11は発泡材でなくてもよく、上側及び下側部分補強材41, 42は、板材でなくてもよい。

## 【0068】

## 【実施例】

次に、具体的に実施した実施例について説明する。

## 【0069】

先ず、充填材そのものについて(つまりフレーム断面内に充填された状態ではなく、充填材自体について)、その基礎的な物理的および機械的特性を調べた。すなわち、表1に示す6種類の材料について、各々その密度を調べると共に、平均圧縮強度及び最大曲げ強度を試験によって求めた。尚、上記密度は、いずれの材料についても、室温(約20 )における値を調べた。

## 【0070】

表1の各材料中、発泡ウレタン樹脂は硬度が8kg/cm<sup>2</sup>のものを、A1発泡体はアル

10

20

30

40

50

ミニウム発泡材を、木材は松を、A1塊は棒状のアルミニウム材を、レインフォースメントは、一般的にフレーム断面内に設けられる厚さ1mmの鋼板（SPCC；以下、この実施例では、鋼板は全てSPCC）製の補強材をそれぞれ使用した。

【0071】

尚、上記レインフォースメントの密度は、後述する図39に示すようなフレーム断面内に配設されたレインフォースメント重量と、該レインフォースメント配設部分に対応するフレームの容積から、フレーム内換算密度として算出したものである。また、発泡ウレタンの平均圧縮強度、並びにレインフォースメントの平均圧縮強度及び最大曲げ強度については、いずれも値が低すぎて計測することができなかった。

【0072】

【表1】

材 質	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	平均圧縮強度 (MPa)	最大曲げ強度 (MPa)
発泡ウレタン	0.09	0.6	-
A1発泡体	0.29	1.9	2.4
木材	0.41	2.5	59.2
エポキシ樹脂A	0.50	3.0	3.7
エポキシ樹脂B	0.50	9.0	11.0
A1塊	2.67	234	586
レインフォースメント	0.61	-	-

【0073】

各充填材の平均圧縮強度を調べるための単体圧縮試験は、以下のようにして行った。すなわち、各材料の供試材を一辺30mmの立方体に加工してそれぞれ試験片を作製し、これに対して一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加え、図38において模式的に示すように、変位置（圧縮量）が0～8mmの範囲での平均荷重を求めてこれを充填材の平均圧縮強度とした。

【0074】

また、各充填材の最大曲げ強度を調べるための単体曲げ試験は、以下のようにして行った。すなわち、各材料の供試材を、幅50mm×長さ150mm×厚さ10mmの平板状に加工してそれぞれ試験片を作製し、各充填材の試験片について、支点間距離を80mmとし、その中央をR8の圧子で10mm/minの速度で押圧することにより、所謂オートグラフにて三点曲げ試験を行った。そして、その荷重-変位線図から各充填材の最大曲げ強度を算出した。

【0075】

上記表1の各充填材の密度のデータ及びコスト、軽量化効果等から、車体フレームのフレーム断面内に充填する充填材の密度としては、1.0g/cm<sup>3</sup>以下が適当であり、好ましくは、0.6g/cm<sup>3</sup>以下であれば、さらに軽量化効果が期待できる。

【0076】

次に、上記各充填材をフレームの所定部分の内部空間に充填して、フレームの主としてエネルギー吸収特性を評価する試験を行った。

【0077】

先ず、フレームを構成するパネル材としては、板厚1mmの鋼板を用いた。この鋼板の引張強さは292N/mm<sup>2</sup>であり、降伏点は147N/mm<sup>2</sup>であり、伸びは50.4%で

10

20

30

40

50

あった。

【0078】

上記鋼板を用いて、図39に示すように、片側が開口した断面コ字状のパネル材P<sub>o</sub>と平板状のパネル材P<sub>i</sub>とを片ハット状に組み合わせ、その重合部分L<sub>f</sub>(フランジ部)について60mmピッチでスポット溶接を行って最終的に組み立てた。

【0079】

尚、図39において仮想線で示すように、フレーム断面内にレインフォースメントR<sub>f</sub>を配設したものの場合、このレインフォースメントR<sub>f</sub>の材料はフレームF<sub>R</sub>のパネル材P<sub>i</sub>、P<sub>o</sub>の材料と同じものを用いた。この場合、レインフォースメントR<sub>f</sub>の両フランジ部(不図示)は、両パネル材P<sub>i</sub>、P<sub>o</sub>のフランジ部(重合部分L<sub>f</sub>)に挟み込んだ上で、三枚重ねにしてスポット溶接で組み立てた。

10

【0080】

上記のフレームF<sub>R</sub>の所定部分の内部空間に表1の各充填材をそれぞれ充填して各種の機械的試験を行い、平均圧縮強度又は最大曲げ強度とエネルギー吸収性との関係を調べた。

【0081】

先ず、フレームの静的三点曲げ試験を実施した。図40は、フレームR<sub>f</sub>の静的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。また、図41は、この静的三点曲げ試験装置の要部を拡大して示す説明図である。

【0082】

図39において実線で示す断面形状を備えた所定長さのフレームF<sub>R</sub>の断面内に充填材SをE<sub>f</sub>=50~300mmの長さにならって充填し、万能試験機により、圧子M<sub>a</sub>を介してフレームF<sub>R</sub>の中央に静的荷重W<sub>s</sub>を加え、図42に示すように、変位量0~45mmの範囲での荷重-変位を測定し、静的エネルギー吸収量を求めた。

20

【0083】

上記試験結果を図43~図46のグラフに示す。先ず、図43は、充填材質量とエネルギー吸収量との関係を表したものである。この図43において、黒丸印(●)は木材を、黒四角印(■)はエポキシ樹脂Aを、それぞれ充填した場合を示し、また、白三角印(▲)は鋼板レインフォースメント(板厚1.0mm)をフレーム断面内に設けた場合を示している。尚、白丸印(○)は、板厚1.6mmの鋼板の場合を参考までに示したものである。

30

【0084】

このグラフ(図43)から良く判るように、木材及びエポキシ樹脂Aのいずれにおいても、充填材Sの充填質量が増えるに連れて吸収エネルギーが高くなり、試験装置の両支点M<sub>s</sub>で支持されたフレーム部分が潰れた状態で最大値を示した。また、木材やエポキシ樹脂等の充填材Sを用いた場合、レインフォースメントを設けただけの場合に比べて、同等のエネルギー吸収量を得るのに、はるかに少ない充填質量で済む。

【0085】

このように、フレーム断面内に充填材Sを充填することにより、レインフォースメントR<sub>f</sub>を設けただけの場合に比べて、フレームF<sub>R</sub>のエネルギー吸収性が大幅に向上することが確認できた。

40

【0086】

また、図44は充填材Sの平均圧縮強度とエネルギー吸収量との関係を示したもので、グラフの横軸は対数目盛である。この測定においては、各充填材Sの充填長さE<sub>f</sub>を50mmとした。充填長さがこの程度以下の場合には、充填材Sは殆ど曲げ作用を受けることはなく、そのエネルギー吸収性は圧縮強度との相関性が非常に強くなる。尚、図44において、a1点、a2点、a3点、a4点及びa5点は、それぞれウレタン樹脂、A1発泡体、木材、エポキシ樹脂A及びA1塊についてのデータであることを示している。

【0087】

この図44のグラフから良く判るように、充填材Sの平均圧縮強度が大きくなるにつれてエネルギー吸収量も増加するが、平均圧縮強度が4MPa以上になるとフレームF<sub>R</sub>のエ

50

エネルギー吸収量の増加度合いは飽和する。換言すれば、平均圧縮強度が4 MPa以上であれば、ほぼ最大値に近いエネルギー吸収量を得ることができる。

【0088】

特に、平均圧縮強度が5 MPa以上になれば、フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いはより安定して飽和し、最大値に近いエネルギー吸収量をより安定して得ることができる。

【0089】

さらに、図45は充填材Sの最大曲げ強度とエネルギー吸収量との関係を示したもので、また、図46は、図45のグラフにおける最大曲げ強度80 MPa以下の部分を拡大して示すものである。この測定においては、各充填材Sの充填長さE<sub>f</sub>を100 mmとした。充填長さが100 mm程度にまで増加すると、充填材の曲げ強度もフレームFRのエネルギー吸収性の向上に大きく寄与するようになる。尚、図45及び図46において、b1点、b2点、b3点及びb4点は、それぞれA1発泡体、エポキシ樹脂A、木材及びA1塊のデータであることを示している。

【0090】

これらのグラフから良く判るように、充填材Sの最大曲げ強度が大きくなるにつれてエネルギー吸収量も増加するが、最大曲げ強度が10 MPa以上になると（特に図46参照）フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いは飽和する。換言すれば、最大曲げ強度が10 MPa以上であれば、ほぼ最大値に近いエネルギー吸収量を得ることができる。

【0091】

特に、最大曲げ強度が60 MPa以上になれば、フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いはより安定して飽和し、最大値に近いエネルギー吸収量をより安定して得ることができる。

【0092】

以上の静的エネルギー吸収性の試験において、フレーム断面内に充填材が充填されていない場合には、図47に示すように、フレームFRは荷重W<sub>s</sub>の入力点で局部的に大きく変形する。これに対して、フレーム断面内に充填材が充填されている場合には、図48に示すように、入力荷重W<sub>s</sub>は、入力点だけでなく、長さE<sub>f</sub>の範囲で充填された充填材Sを介してフレームFRの充填部分周辺に分散されることになる。すなわち、充填材Sを内部に充填することにより、フレームは、局部的に大きな変形が生じることなく、広範囲にわたって変形することになる。これにより、吸収エネルギーも飛躍的に増加するものと考えられる。

【0093】

尚、このときの充填材Sの単体のエネルギー吸収量を計算によって求めると、全吸収エネルギーの7%以下であった。このことから、充填材SをフレームFR内に充填することによるエネルギー吸収性の向上は、充填材S自体のエネルギー吸収性よりも、充填材Sによる荷重分散効果が非常に大きく寄与していることが理解できる。

【0094】

また、図43のグラフにおいて、特に、エネルギー吸収量の上限を示す木材を充填したフレームについて、試験後のフレームの状態を目視観察すると、試験装置の両支点M<sub>s</sub>で支持されたフレーム部分がほぼ完全に潰れた状態となっていた。つまり、本フレームFRでの最大のエネルギー吸収がこの支点M<sub>s</sub>による支持部分の潰れによるものであると考えられる。したがって、この場合、充填材Sの役割は入力荷重W<sub>s</sub>を支点部分に分散させることにあると言える。

【0095】

さらに、充填長さE<sub>f</sub> = 50 mmで各充填材をそれぞれ充填した各フレームについて、試験後のフレーム断面の潰れ状態を目視観察すると、エネルギー吸収性が比較的低いもの（レインフォースメントR<sub>f</sub>のみ、ウレタン樹脂及びA1発泡体）ではフレーム断面が荷重入力点でほぼ完全に潰れており、一方、エネルギー吸収性が比較的高いもの（エポキシ樹脂、木材及びA1塊）ではフレーム断面は荷重入力点で余り潰れていなかった。

10

20

30

40

50

## 【0096】

この荷重入力点でのフレーム断面の潰れは、充填材Sの圧縮強度が大きく寄与しており、上述のように、充填材Sの平均圧縮強度が増すにつれてエネルギー吸収量が増加し、約4MPaで飽和し、約5MPaでより安定して飽和している(図44参照)。

## 【0097】

このことから、断面の潰れはフレームのエネルギー吸収性能に大きく影響しており、断面が潰れると応力集中が生じて局部的な変形を加速し、フレームFRの折れを招来して、十分なエネルギー吸収量を確保することができなくなるものと考えられる。

## 【0098】

フレームFR内に充填された充填材Sへの圧縮荷重は、特に荷重入力側に直接的に作用するので、充填材Sの平均圧縮強度は、特に荷重入力側において上記断面の潰れを防ぐに足る値(4MPa以上)に維持されることが好ましい。

10

## 【0099】

また、上述のように、充填材Sの充填長さEfが一定以上長くなると、充填材Sの平均圧縮強度がほぼ同等であってもエネルギー吸収性に差が生じる。充填材Sの充填長さEfを100mmとした場合においてエネルギー吸収量が比較的低かったエポキシ樹脂Aを充填したフレームの断面を目視観察すると、充填材(エポキシ樹脂)に割れが生じていた。この割れに対しては最大曲げ強度が大きく影響しており、この最大曲げ強度が高くなるにつれてエネルギー吸収量が増加し、約10MPaで飽和し、約60MPaでより安定して飽和していた(図45及び図46参照)。

20

## 【0100】

フレームFR内に充填された充填材Sへの曲げ荷重は、特に反荷重入力側に直接的に作用するので、上記充填材Sの最大曲げ強度は、特に反荷重入力側において上記充填材の割れを防ぐに足る値(10MPa以上)に維持されることが好ましい。

## 【0101】

尚、以上のことから、フレームFR内に充填材Sを充填する場合、充填材Sを異なる充填材で成る多層構造とし、荷重入力側には平均圧縮強度が所定値(少なくとも4MPa)以上の充填材層を設け、反荷重入力側には最大曲げ強度が所定値(少なくとも10MPa)以上の充填材層を設けるようにすれば、非常に効率良くフレームFRのエネルギー吸収性を高めることができる。

30

## 【0102】

上述の静的三点曲げ試験に続いて、フレームの動的三点曲げ試験を実施した。図49は、フレームFRの動的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。上記静的三点曲げ試験の場合と同様に、図39において実線で示す断面形状を備えた所定長さのフレームFRの断面内に充填材SをEf=50~300mmの長さにならって充填し、落錘Mbによりフレーム中央部分に衝撃荷重Wdを与えた場合のフレームFRの変形量を測定すると共に、衝撃荷重をロードセルMcで測定し、図50に示すように、変位量0~45mmの範囲でのエネルギー吸収量を求めた。

## 【0103】

図51は、上記動的三点曲げ試験における充填材長さエネルギー吸収量との関係を示したものである。この図51において、黒丸印( )は木材を、黒四角印( )はエポキシ樹脂Aをそれぞれ充填した場合を示している。

40

## 【0104】

このグラフ(図51)から良く判るように、静的三点曲げ試験の場合と同様に、木材及びエポキシ樹脂Aのいずれにおいても、充填材Sの充填量が増えるにつれて吸収エネルギーが高くなり、また、エネルギー吸収量の上限が認められ、その値は約0.85kJであった。

## 【0105】

このように、動的荷重Wdについても、フレーム断面内に充填材Sを充填することにより、フレームFRのエネルギー吸収性が向上することが確認できた。

50

## 【0106】

また、静的荷重 $W_s$ の場合と動的荷重 $W_d$ の場合とを比較すると、動的荷重 $W_d$ に対する方がエネルギー吸収量は大きく、静的荷重 $W_s$ に対する場合の約1.7倍であった。

## 【0107】

さらに、以上で得られた静的荷重 $W_s$ 及び動的荷重 $W_d$ それぞれにおけるエネルギー吸収性のデータから、静的荷重 $W_s$ の場合と動的荷重 $W_d$ の場合との比（静動比）を算出すると、非常に高い相関性が認められた。したがって、静的荷重 $W_s$ におけるエネルギー吸収性について行った考察（充填材 $S$ による荷重分散効果等）は、基本的には、動的荷重 $W_d$ におけるエネルギー吸収性を取り扱う場合にも、適用することができるものと考えられる。

10

## 【0108】

図52は、上記動的三点曲げ試験において、フレーム断面内にレインフォースメント $R_f$ のみが設けられた場合に対するエネルギー吸収性の向上率と、充填材 $S$ の充填長さ範囲（荷重支点間距離に対する充填長さ割合）との関係を示すグラフである。この図52において、白丸印（○）は木材を、白三角印（△）はエポキシ樹脂 $A$ をそれぞれ充填した場合を示している。

## 【0109】

このグラフ（図52）から良く判るように、木材及びエポキシ樹脂のいずれにおいても、充填材 $S$ の充填長さ範囲が大きくなるにつれて吸収エネルギーが高くなるが、約15%でほぼ飽和する。換言すれば、充填材 $S$ の充填長さ範囲が荷重支点間距離に対して15%以上あれば、ほぼ最大のエネルギー吸収量を得ることができる。したがって、充填材 $S$ の充填範囲としては、荷重支点間距離に対して15%以上であることが好ましい。

20

## 【0110】

図53は、フレームの静的片持ち曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。図54に示す断面形状を備えた所定長さのフレーム $FR$ の断面内に充填材 $S$ を充填した上で、このフレーム $FR$ の一端を支持板 $Me$ に固定し、この支持板 $Me$ を装置基板 $Mf$ に固定する。そして、万能試験機により、フレーム $FR$ のパネル材 $Pi$ の他端近傍に圧子 $Md$ を介して静的荷重 $Wm$ をパネル材 $Po$ 方向に加え、曲げ角度（荷重作用点の変位とこの荷重作用点の基端からの距離とで算出）と荷重との関係を測定し、最大曲げモーメント及び静的エネルギー吸収量を求めた。

30

## 【0111】

図55は、種々の充填材を充填したフレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。このグラフにおいて、曲線 $a$ は充填材なし（鋼板フレームのみ）のフレームの特性を、曲線 $b$ はエポキシ樹脂 $A$ を充填したフレームの特性を、曲線 $c$ はエポキシ樹脂 $B$ を充填したフレームの特性を、曲線 $d$ は、エポキシ樹脂 $B$ を充填しかつフレーム $FR$ のパネル材 $Po$ と $Pi$ との間に接着剤（剪断強度 $7.3\text{MPa}$ の車体シーラ）を適用したフレームの特性を、曲線 $e$ は木材（松）を充填したフレームの特性をそれぞれ示している。

## 【0112】

この図55のグラフから判るように、いずれの曲線についても、曲げ角度がある程度に達するまでは、曲げモーメント値は曲げ角度の増加に伴って立ち上がるように大きく上昇する。そして、曲線 $a \sim c$ 及び曲線 $e$ については、それぞれある曲げ角度でピーク（極大点）を迎え、その後は曲げ角度が増すにつれて曲げモーメントは低下する。曲線 $a$ （充填材なしで鋼板フレームのみ）の場合、この低下度合いが特に大きい。

40

## 【0113】

これに対して、曲線 $d$ （エポキシ樹脂 $B$  + 接着剤）の場合には、曲げモーメントが大きく上昇した後でも、曲げ角度の増加に対して曲げモーメントの落ち込みは見られず、高い曲げモーメント値を維持している。また、最大曲げモーメント値も5つの曲線のうちで最も大きい。同じ充填材（エポキシ樹脂 $B$ ）を用いた曲線 $c$ と比較して、曲げ角度の増加に対する傾向及び最大曲げモーメントの大きさの両方について、明確な差がある。

50

## 【0114】

すなわち、同じ充填材を用いても、この充填材をフレームのパネル材に対して接着剤で固定することにより、フレームの曲げモーメント特性が大きく向上することが判る。

## 【0115】

また、図56は、図55と同様の種々の充填材を充填したフレームの最大曲げモーメント [Nm] 及びエネルギー吸収量 [J] を示す棒グラフである。このグラフにおいて、A～Eの各欄は、図55の曲線a～eとそれぞれ同じフレームを示している。また、各欄において、左側の数値（白抜きの棒グラフ）がフレームの最大曲げモーメント [Nm] を示し、右側の数値（斜線ハッチングの棒グラフ）はフレームのエネルギー吸収量 [J] を示している。

10

## 【0116】

この図56のグラフから良く判るように、フレームのエネルギー吸収量は、エポキシ樹脂B+接着剤（D欄）を適用したものが最も大きく、同じ充填材（エポキシ樹脂B）を用いたC欄のエネルギー吸収量と比べて明確な差がある。

## 【0117】

すなわち、同じ充填材を用いても、この充填材をフレームのパネル材に対して接着剤で固定することにより、フレームのエネルギー吸収特性が大きく向上することが判る。

## 【0118】

図57は、接着剤層の引張せん断接着強さ（同図ではせん断接着強さという）と最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。この図57のグラフから良く判るように、接着剤層の引張せん断接着強さが大きくなるにつれて最大曲げモーメントも増加するが、引張せん断接着強さが3MPa以上になると、最大曲げモーメントの増加度合い（グラフにおける曲線の勾配）は、それまでに比べて緩やかになる。つまり、接着剤層の引張せん断接着強さが3MPa以上であれば、フレームが負担できる最大曲げモーメントを非常に効果的に増加させ、十分な曲げモーメント値を達成して高いエネルギー吸収能力を得ることが可能である。したがって、接着剤層の引張せん断接着強さとしては、3MPa以上であればよい。また、引張せん断接着強さがさらに大きくなり、7MPa以上になると最大曲げモーメントの増加度合いは飽和する。換言すれば、引張せん断接着強さが7MPa以上であれば、ほぼ最大値に近い曲げモーメント値を得ることができる。よって、接着剤層の引張せん断接着強さが7MPa以上であることがさらに好ましい。

20

30

## 【0119】

尚、上記引張せん断接着強さの測定は、JIS K 6850の「接着剤の引張せん断接着強さ試験方法」に基づいて行ったものであり、図58に示すように、被着材51, 51として幅25mm、厚さ1.6mmの鋼板を用い、接着部分（長さ12.5mm）に未発泡状態の充填材52を挟み込んで0.5mm厚さに固定し、クランプした状態で電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱（150×30分 140×20分 140×20分）を行い、その後、発泡してはみ出した部分を取り除いた状態で試験を行うことで引張せん断接着強さを測定した（接着剤層が有る場合も無い場合も同じ）。

## 【0120】

次に、図59に示す断面形状を備えた長さ240mmのフレーム60の断面内の一部に充填材を充填した場合と、全体に充填した場合とで、フレーム60の曲げ角度と曲げモーメントとの関係がどのようになるかを図53と同様の静的片持ち曲げ試験により調べた。尚、静的荷重は、アウトパネル62側からインナパネル63方向に加えた。

40

## 【0121】

具体的には、（イ）アウトパネル62とレインフォースメント64との間のみ充填材を充填したものと、（ロ）インナパネル63とレインフォースメント64との間のみ充填材を充填したものと、（ハ）アウトパネル62とレインフォースメント64との間、及びインナパネル63とレインフォースメント64との間の両方に充填材を充填したものと、（ニ）充填材を全く充填していないものを作製してそれらに対して試験を行った。このとき、アウトパネル62は厚さ0.7mmの鋼板を、インナパネル63は厚さ1.4mm

50

の鋼板を、レインフォースメント64は厚さ1.2mmの鋼板をそれぞれ使用した。また、充填材は、平均圧縮強度が9MPaで最大曲げ強度が10MPaのエポキシ樹脂（フィラー、ゴム、硬化剤、発泡剤等を含む）を使用し、充填材自体が10MPaの引張せん断接着強さを有するようにした。そして、シート状の未発泡状態の充填材を170で30分保持することでアウトパネル62とレインフォースメント64との間、及び/又はインナパネル63とレインフォースメント64との間に完全に充填させた。尚、充填材の充填量は、アウトパネル62とレインフォースメント64との間が117gであり、インナパネル63とレインフォースメント64との間が423gであった。

#### 【0122】

上記曲げ試験の結果を図60～図62に示す。このことより、最大曲げモーメントは、充填材をフレーム断面内全体に充填したものが最もよいが、座屈開始の曲げモーメントと比較すると、充填材をアウトパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填したものは、フレーム60断面内全体に充填したものと殆ど変わらない。したがって、充填材をアウトパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填することは、特にセンターピラーのように折れ曲がり抑制する必要があるフレームに特に有効であって、充填材の重量当たりの曲げモーメントが非常に高くなり、充填量の観点から最も効率が良いことが判る。

10

#### 【0123】

続いて、上記フレーム60のアウトパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填材を充填する場合に、レインフォースメント64の曲げ高さを変えることによりアウトパネル62とレインフォースメント64との間の隙間量（ここでは図59で7mmの部分のみ）を変えて、上記と同様の曲げ試験を行うことで、その隙間量により最大曲げモーメントがどのように変化するかを調べた。そして、比較のために、充填材を全く充填しない場合についても調べた。尚、アウトパネル62とレインフォースメント64の間における左右両側部の隙間量（図59で5mmの部分）は5mmのままとした。

20

#### 【0124】

上記試験の結果を図63に示す。このことより、充填材を充填しない場合には隙間量が小さいほど最大曲げモーメントは高くなるが、充填材を充填する場合には、隙間量が2mmよりも小さくなると、充填材を充填しない場合と殆ど変わらず、2mm以上とすれば充填効果が十分に得られることが判る。

30

#### 【0125】

次いで、図64(a)に示すように、アウトパネル72とレインフォースメント74との間のみに充填材71を充填したセンターピラーを作製した（実施例1）。このとき、アウトパネル72は厚さ0.7mmの鋼板を、インナパネル73は厚さ1.4mmの鋼板を、レインフォースメント74は厚さ1.2mmの鋼板（材料がアウトパネル72と同じであるので、強度はアウトパネル72と同じであり、板厚がアウトパネル72よりも大きいので、剛性がアウトパネル72よりも大きい）をそれぞれ使用した。また、充填材71は、平均圧縮強度が13.0MPaで最大曲げ強度が13.5MPaのエポキシ樹脂（フィラー、ゴム、硬化剤、発泡剤等を含む）を使用し、充填材71自体が10.5MPaの引張せん断接着強さを有するようにした。そして、センターピラーを組み立てた後、電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱（150×30分 140×20分 140×20分）を行って未発泡状態の充填材を発泡硬化させた。尚、充填材71の充填量は150gであった。

40

#### 【0126】

一方、比較のために、図64(b)に示すように、上記充填材71を全く充填しない点以外は上記実施例1と同じもの（比較例1）を作製すると共に、この比較例1に対して充填材71を充填しないで補強すべく、図64(c)に示すように、レインフォースメント74の厚みを1.8mmにしかつ該レインフォースメント74に厚さ1.2mmの鋼板からなる補強材75を接合したもの（比較例2）を作製した。

#### 【0127】

50

そして、上記実施例 1 及び比較例 1, 2 の各センターピラーに対して上記と同様の静的片持ち曲げ試験を行って、センターピラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を調べた。尚、静的荷重は、アウトパネル 7 2 側からインナパネル 7 3 方向に加えた。

【0128】

上記センターピラー曲げ試験の結果を図 6 5 に示す。このことより、実施例 1 のセンターピラーは比較例 1, 2 よりもかなり高い曲げモーメントが得られ、しかも、比較例 2 の補強方法よりも格段に軽量化できることが判る。

【0129】

次に、図 6 6 ( a ) に示すように、センターピラー上部にアッパーレインフォースメント 7 8 を、下部にロアレインフォースメント 7 9 をそれぞれ設け、この両レインフォースメント 7 8, 7 9 がベルトライン部ないしその近傍で重複するようにした場合に、アウトパネル 7 2 とアッパーレインフォースメント 7 8 との間、及びアッパーレインフォースメント 7 8 とロアレインフォースメント 7 9 との間に、それぞれ 1 8 0 g の充填材 7 1, 7 1 を充填したもの（実施例 2）を作製した。このとき、アウトパネル 7 2 は厚さ 0.7 mm の鋼板を、インナパネル 7 3 は厚さ 1.2 mm の鋼板を、アッパーレインフォースメント 7 8 は厚さ 1.2 mm の鋼板を、ロアレインフォースメント 7 9 は厚さ 1.0 mm の鋼板をそれぞれ使用した。また、充填材 7 1 は、上記センターピラー曲げ試験と同じものを使用し、未発泡状態の充填材をアッパーレインフォースメント 7 8 及びロアレインフォースメント 7 9 にそれぞれ貼り付けておいて電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱により発泡硬化させた。一方、比較のために、図 6 6 ( b ) に示すように、充填材 7 1 を全く充填しない点以外は上記実施例 2 と同じもの（比較例 3）を作製した。

【0130】

そして、上記実施例 2 及び比較例 3 の各センターピラーに対して上記センターピラー曲げ試験と同様にして、センターピラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を調べた。

【0131】

上記センターピラー曲げ試験の結果を図 6 7 に示す。このことより、実施例 2 のセンターピラーは比較例 3 に比べて格段に高い曲げモーメントが得られることが判る。

【0132】

次いで、上記センターピラー曲げ試験に用いたエポキシ樹脂（平均圧縮強度 13.0 MPa、最大曲げ強度 13.5 MPa、引張せん断接着強さ 10.5 MPa）からなる第 1 の充填材と、ゴム系の発泡材（発泡後破断強度 0.014 MPa、破断伸び 200%、密度 0.06 g/cm<sup>2</sup>）からなり、上記第 1 の充填材よりも発泡率が高い第 2 の充填材とを、上記実施形態のように発泡させた。つまり、レインフォースメントに、未発泡状態の第 1 及び第 2 の充填材を貼り付け（第 2 の充填材は接着シートを有する二層構造のものを使用してその接着シートを介して貼り付け）、センターピラーを組み立てた後、電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱を行って発泡硬化させた。これにより、第 1 の充填材の端部割れを第 2 の充填材で完全に覆うことができ、センターピラーを振動させても第 1 の充填材の端部割れにより小片が欠け落ちることはなかった。

【0133】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の車体のフレーム構造によると、フレーム断面内において衝撃荷重が入力される側のパネル材とレインフォースメントとの間みに充填材を設け、この充填材が、平均圧縮強度が 4 MPa 以上（5 MPa 以上）であること及び最大曲げ強度が 10 MPa 以上（60 MPa 以上）であることの少なくとも一方を満たすようにしたことにより、車体を軽量化して燃費性能を向上させつつ、最大値に近いエネルギー吸収量が得られて衝突安全性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態 1 に係るフレーム構造が適用されたセンターピラーを備えた自動車車体の全体構成を示す斜視図である。

【図 2】センターピラーのベルトライン部の縦断面図である。

10

20

30

40

50

- 【図3】センターピラーのベルトライン部の横断面図である。
- 【図4】センターピラーの組立手順を示す説明図である。
- 【図5】センターピラー断面内にアッパーレインフォースメントとロアレインフォースメントとを設けた場合の構造を示す図2相当図である。
- 【図6】センターピラー断面内にアッパーレインフォースメントとロアレインフォースメントとを設けた場合の構造を示す図3相当図である。
- 【図7】フロントサイドフレームに充填材を設ける場合の一例を示す縦断面図である。
- 【図8】リヤサイドフレームに充填材を設ける場合の一例を示す縦断面図である。
- 【図9】実施形態2を示す図3相当図である。
- 【図10】充填材が発泡する前の状態を示す図9相当図である。 10
- 【図11】ビードの他の形態を示す図9相当図である。
- 【図12】ビードのさらに他の形態を示す図9相当図である。
- 【図13】実施形態3を示す図2相当図である。
- 【図14】充填材が発泡する前の状態を示す図13相当図である。
- 【図15】上側及び下側画成部材の他の形態を示す図13相当図である。
- 【図16】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図13相当図である。
- 【図17】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図13相当図である。
- 【図18】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図13相当図である。
- 【図19】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図13相当図である。
- 【図20】実施形態4を示す図2相当図である。 20
- 【図21】第1及び第2の充填材が発泡する前の状態を示す図20相当図である。
- 【図22】第1充填材が発泡した後に第2の充填材を充填用ガンにより充填している状態を示す図20相当図である。
- 【図23】レインフォースメントの第1の充填材充填部分に開口部が形成されている場合に、その開口部より漏れ出した部分の割れを防止するために第2の充填材を設けた例を示す図20相当図である。
- 【図24】第1及び第2の充填材が発泡する前の状態を示す図23相当図である。
- 【図25】実施形態5を示すセンターピラーの分解斜視図である。
- 【図26】未発泡状態の充填材と上側及び下側部分補強材との上下方向における位置関係を示すレインフォースメントの正面図である。 30
- 【図27】図26のXXVII - XXVII線拡大断面図である。
- 【図28】図26のXXVIII - XXVIII線拡大断面図である。
- 【図29】発泡後において充填材の上下両端部の強度を低くするための未発泡状態時における形状例を示す正面図である。
- 【図30】発泡後において充填材の上下両端部の強度を低くするための未発泡状態時におけるさらに別の形状例を示す正面図である。
- 【図31】未発泡状態の充填材に位置合わせ用として突起部を形成した例を示す正面図である。
- 【図32】未発泡状態の充填材に位置合わせ用として突起部を形成したさらに別の例を示す正面図である。 40
- 【図33】未発泡状態の充填材に位置合わせ用として貫通孔を形成した例を示す正面図である。
- 【図34】位置合わせ用孔の他の形態を示す説明図である。
- 【図35】位置合わせ用孔のさらに他の形態を示す説明図である。
- 【図36】位置合わせ用孔のさらに他の形態を示す説明図である。
- 【図37】充填材の貫通孔とレインフォースメントの位置合わせ用孔とにクリップを貫通させた場合を示す充填材発泡前のセンターピラーベルトライン部の縦断面図である。
- 【図38】充填材の平均圧縮強度を説明するためにフレームの静的圧縮荷重 - 変位曲線を模式的に示すグラフである。
- 【図39】三点曲げ試験に用いたフレームの構造を示す断面図である。 50

【図40】フレームの静的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図41】図40の静的三点曲げ試験装置の要部を拡大して示す説明図である。

【図42】静的エネルギー吸収量を説明するためにフレームの静的曲げ荷重 - 変位曲線を模式的に示すグラフである。

【図43】充填材質量とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図44】充填材の平均圧縮強度とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図45】充填材の最大曲げ強度とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図46】図45の要部を拡大して示すグラフである。

10

【図47】充填材が充填されていない場合のフレームの変形モードの一例を模式的に示す説明図である。

【図48】充填材が充填されている場合のフレームの変形モードの一例を模式的に示す説明図である。

【図49】フレームの動的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図50】動的エネルギー吸収量を説明するためにフレームの動的曲げ荷重 - 変位曲線を模式的に示すグラフである。

【図51】充填材の充填長さとはフレームの動的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図52】動的三点曲げ試験における充填長さ範囲とエネルギー吸収性の向上率との関係を示すグラフである。

20

【図53】フレームの静的片持ち曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図54】静的片持ち曲げ試験に用いたフレームの構造を示す断面図である。

【図55】各種充填材が充填されたフレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図56】各種充填材が充填されたフレームについての最大曲げモーメント及びエネルギー吸収量を示すグラフである。

【図57】接着剤層の引張せん断接着強さと最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図58】引張せん断接着強さの測定方法を概略的に示す説明図である。

30

【図59】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合との比較を行うために静的片持ち曲げ試験に用いたフレームを示す断面図である。

【図60】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合と全く充填しない場合とにおいて、フレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図61】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合と全く充填しない場合とについて、座屈開始の曲げモーメントを比較して示すグラフである。

【図62】断面内の一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合とについて、充填材の重量当たりの曲げモーメントを比較して示すグラフである。

【図63】アウトパネルとレインフォースメントとの間みに充填材を充填する場合に、その隙間量と最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

40

【図64】静的片持ち曲げ試験に用いたセンターピラーの構造を示す断面図である。

【図65】図64の各センターピラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図66】アッパーレインフォースメントとロアレインフォースメントとを有する場合の図64相当図である。

【図67】図66の各センターピラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【符号の説明】

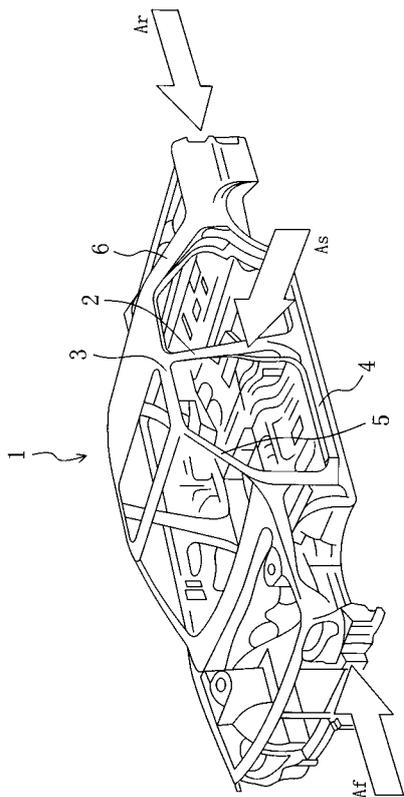
1 車体

2 センターピラー（フレーム）

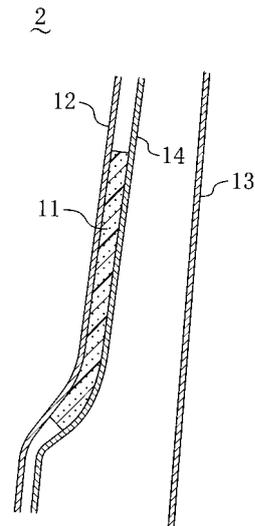
50

- 3 ルーフサイドレール(フレーム)
- 4 サイドシル(フレーム)
- 5 フロントピラー(フレーム)
- 6 リヤピラー(フレーム)
- 1 1 充填材
- 1 2 アウタパネル(パネル材)
- 1 3 インナパネル(パネル材)
- 1 4 レインフォースメント

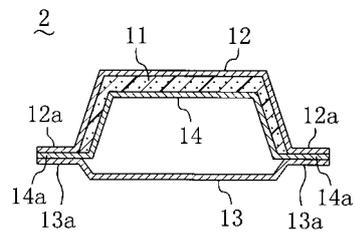
【図1】



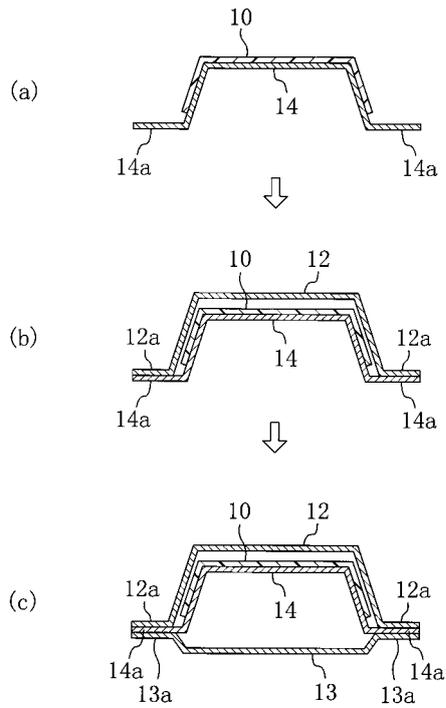
【図2】



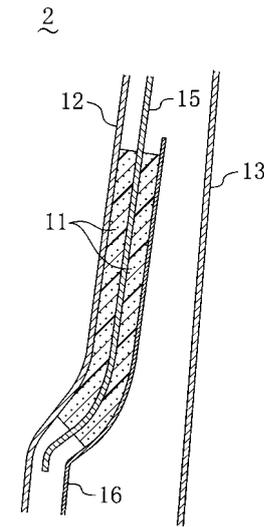
【図3】



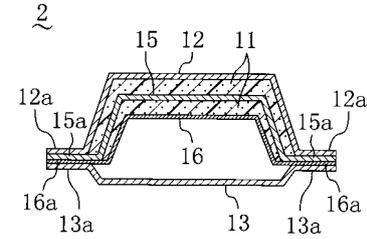
【 図 4 】



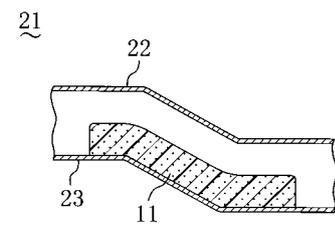
【 図 5 】



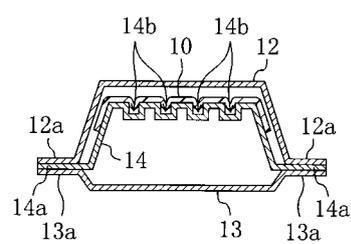
【 図 6 】



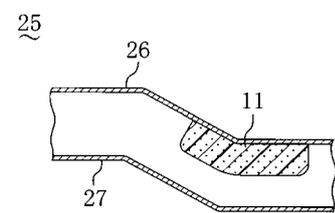
【 図 7 】



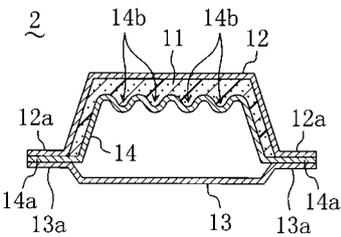
【 図 10 】



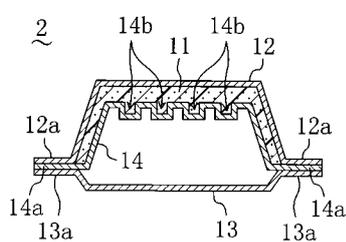
【 図 8 】



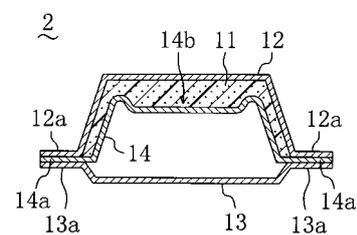
【 図 11 】



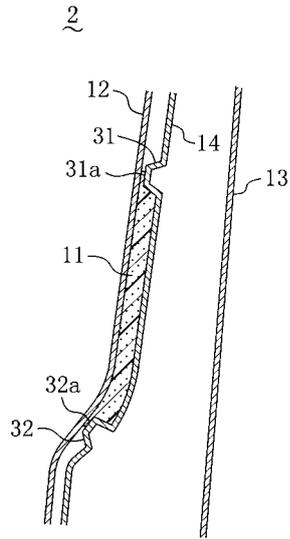
【 図 9 】



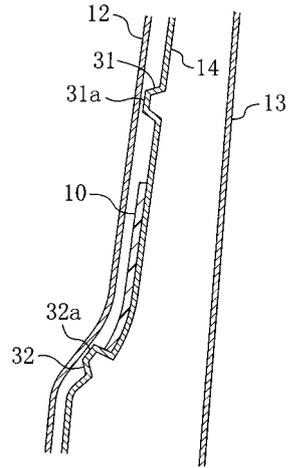
【 図 12 】



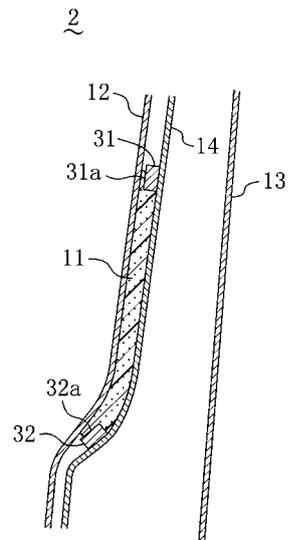
【 図 1 3 】



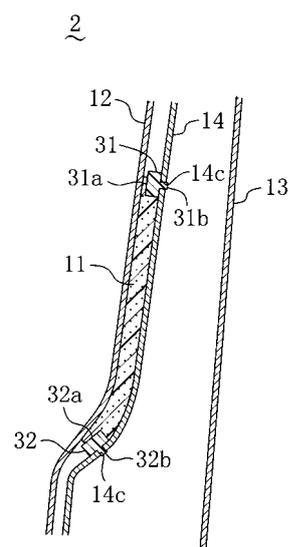
【 図 1 4 】



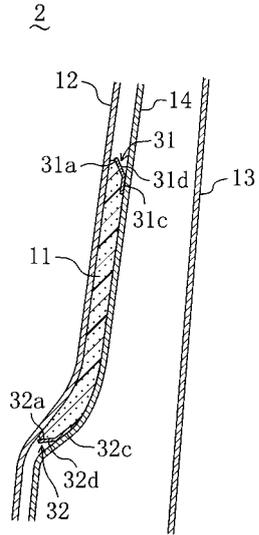
【 図 1 5 】



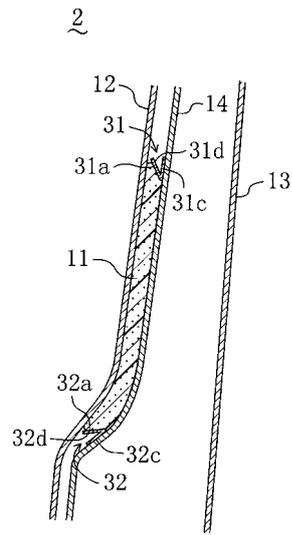
【 図 1 6 】



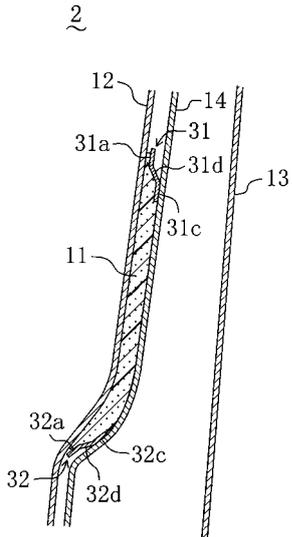
【 図 1 7 】



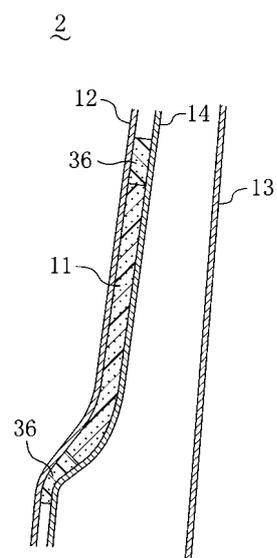
【 図 1 8 】



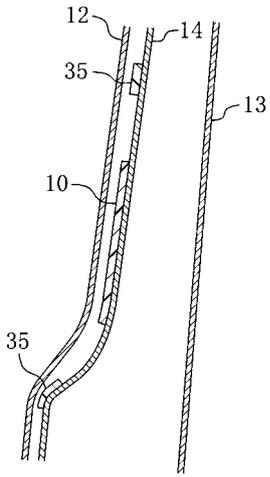
【 図 1 9 】



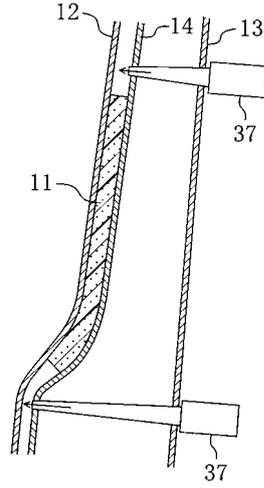
【 図 2 0 】



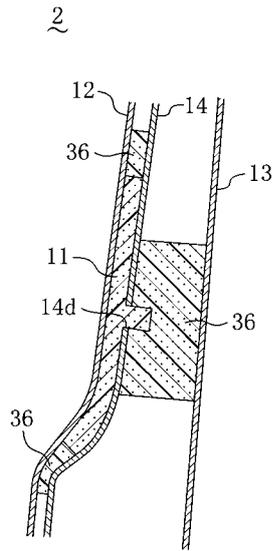
【図 2 1】



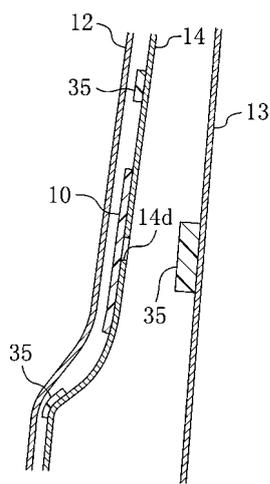
【図 2 2】



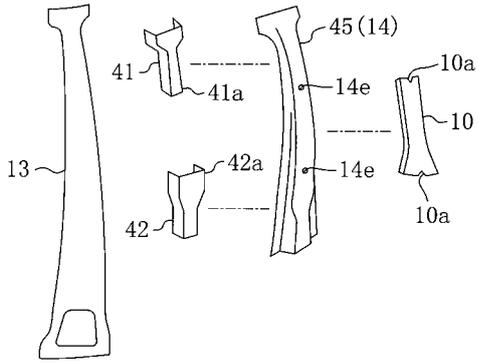
【図 2 3】



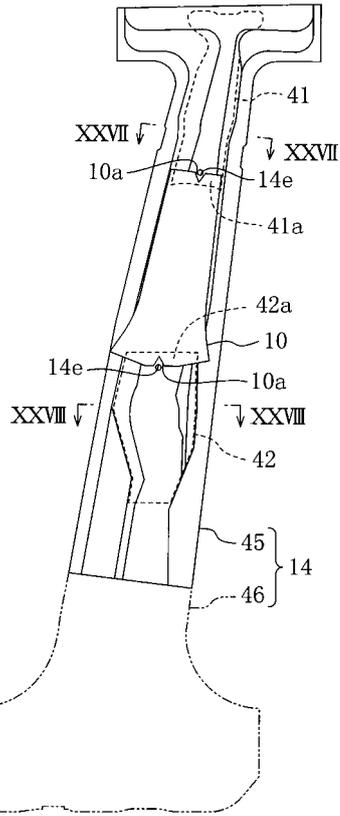
【図 2 4】



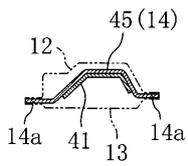
【 図 2 5 】



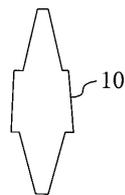
【 図 2 6 】



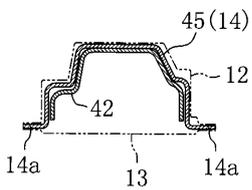
【 図 2 7 】



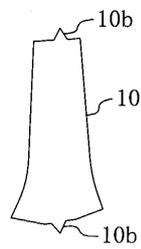
【 図 3 0 】



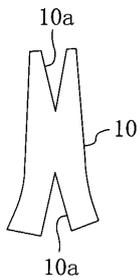
【 図 2 8 】



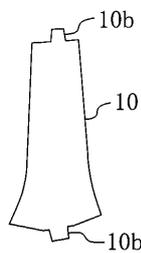
【 図 3 1 】



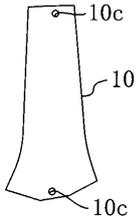
【 図 2 9 】



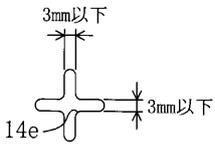
【 図 3 2 】



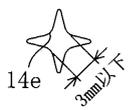
【 図 3 3 】



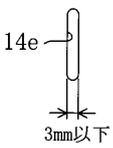
【 図 3 4 】



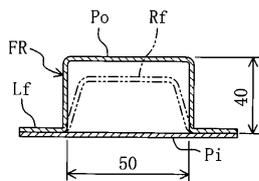
【 図 3 5 】



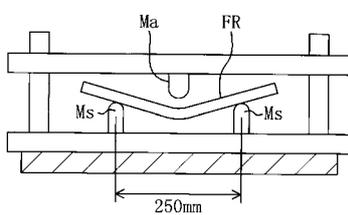
【 図 3 6 】



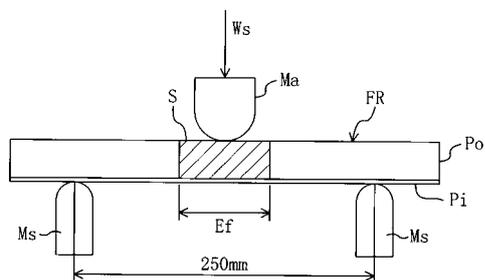
【 図 3 9 】



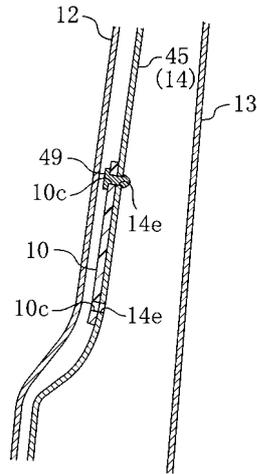
【 図 4 0 】



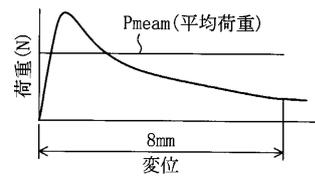
【 図 4 1 】



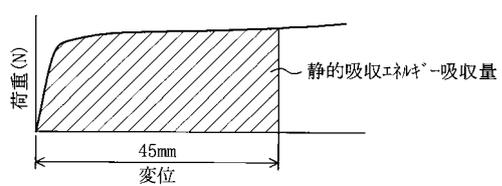
【 図 3 7 】



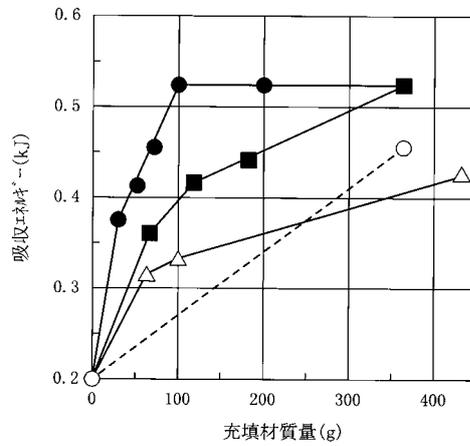
【 図 3 8 】



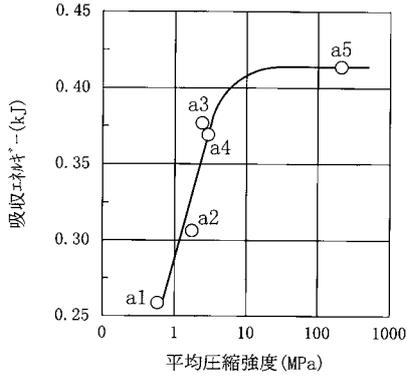
【 図 4 2 】



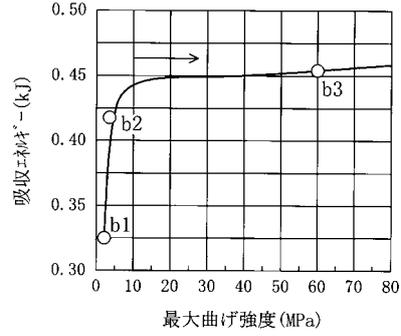
【 図 4 3 】



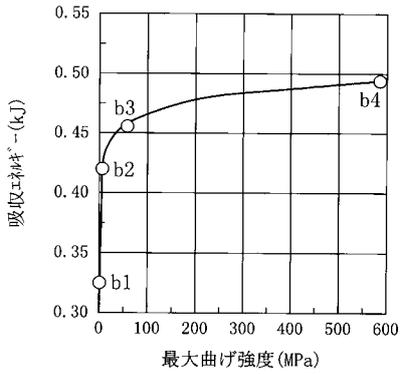
【 図 4 4 】



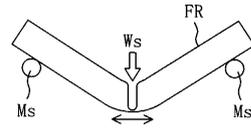
【 図 4 6 】



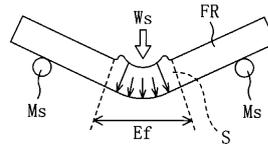
【 図 4 5 】



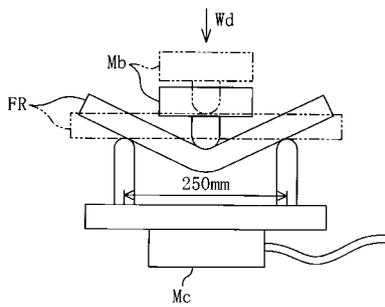
【 図 4 7 】



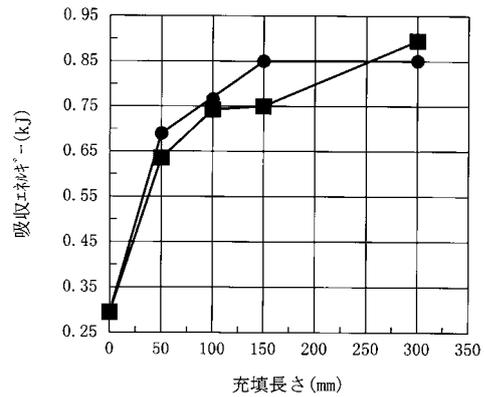
【 図 4 8 】



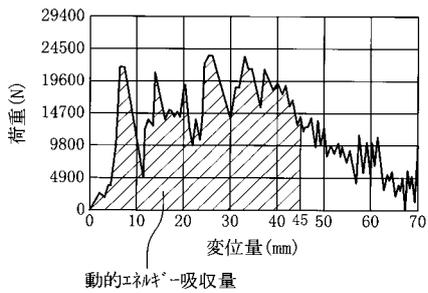
【 図 4 9 】



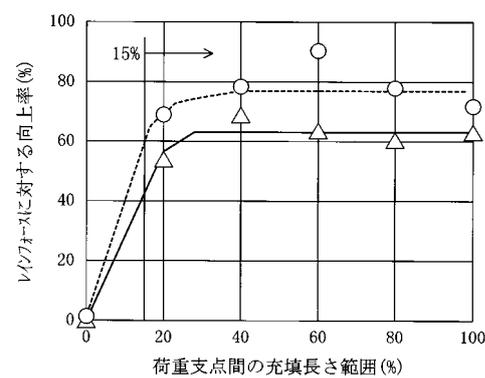
【 図 5 1 】



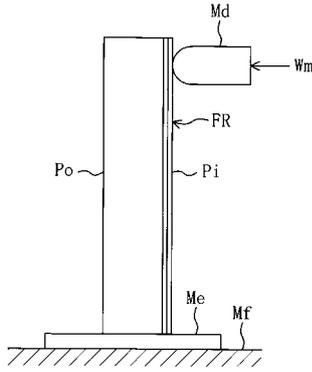
【 図 5 0 】



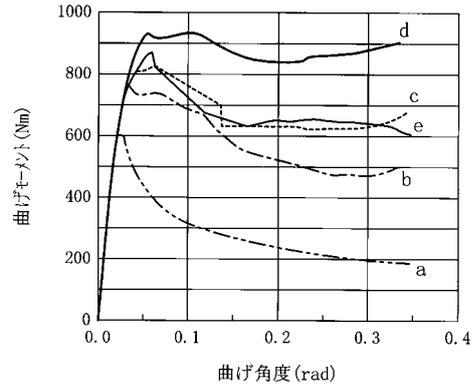
【 図 5 2 】



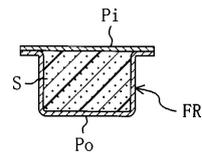
【図53】



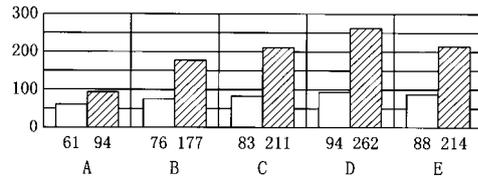
【図55】



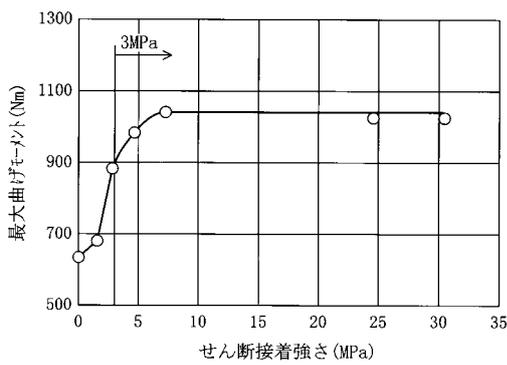
【図54】



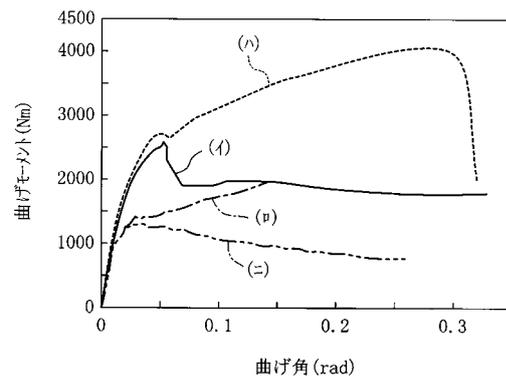
【図56】



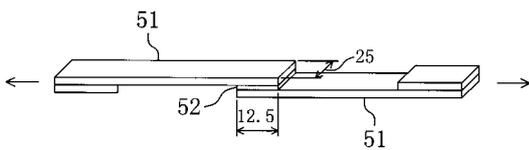
【図57】



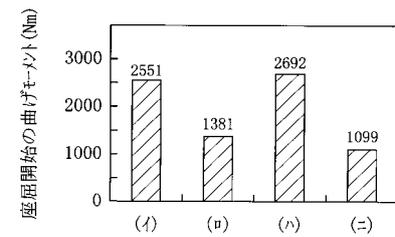
【図60】



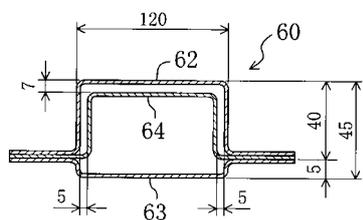
【図58】



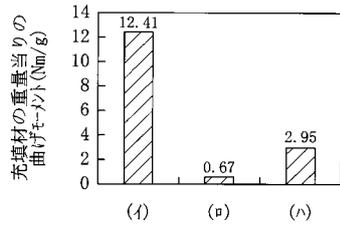
【図61】



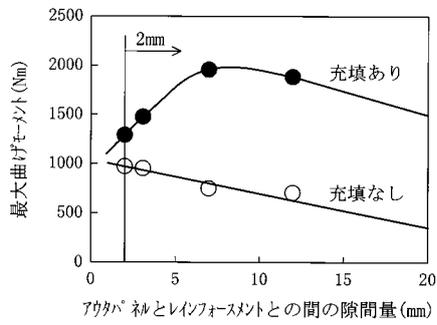
【図59】



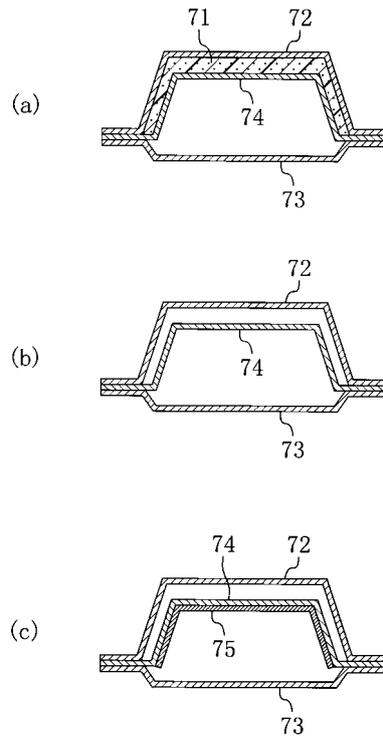
【 図 6 2 】



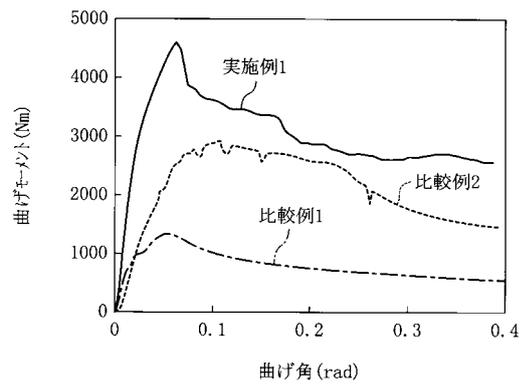
【 図 6 3 】



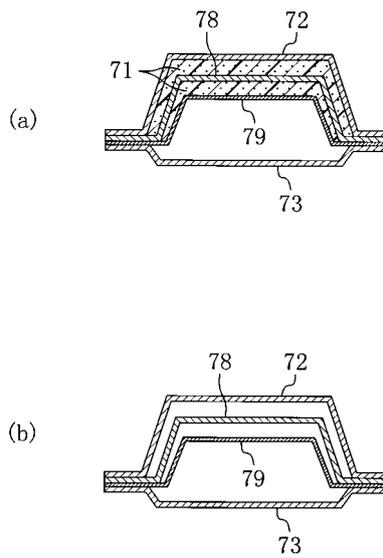
【 図 6 4 】



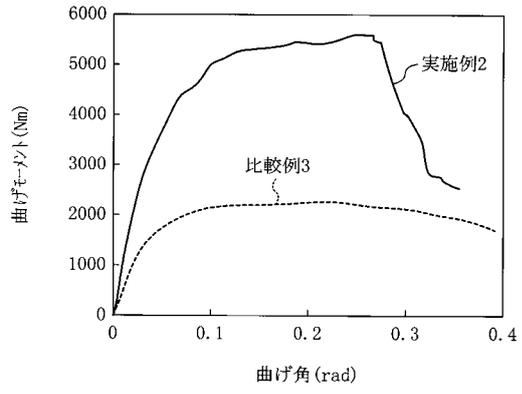
【 図 6 5 】



【 図 6 6 】



【 図 6 7 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 石田 恭聡  
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 山本 幸男  
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 麻川 元康  
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 山内 康明

- (56)参考文献 特開平08-198995(JP,A)  
実開平01-125278(JP,U)  
特開平11-090989(JP,A)  
特開昭49-015877(JP,A)  
特開平11-106544(JP,A)  
特開平10-181634(JP,A)  
特開平11-092747(JP,A)  
特開平11-216791(JP,A)  
特開平11-099960(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
B62D 25/00 - 25/20