

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-116494

(P2017-116494A)

(43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

(51) Int.Cl.		F 1			テーマコード (参考)
GO 1 N	3/30	(2006.01)	GO 1 N	3/30	Z
GO 1 N	3/04	(2006.01)	GO 1 N	3/04	P
					2 GO 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2015-254848 (P2015-254848)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成27年12月25日 (2015.12.25)		新日鐵住金株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(74) 代理人	100104444
			弁理士 上羽 秀敏
		(74) 代理人	100112715
			弁理士 松山 隆夫
		(74) 代理人	100125704
			弁理士 坂根 剛
		(74) 代理人	100120662
			弁理士 川上 桂子
		(74) 代理人	100132506
			弁理士 山内 哲文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 4点曲げ衝撃試験装置及びその方法

(57) 【要約】

【課題】 4点曲げ衝撃試験を可能にする試験機及びその方法を提供する。

【解決手段】 4点曲げ衝撃試験機は、互いに離間して配置され、試験片の下面を支持する2つの支持部材(4)と、2つの支持部材(4)の間において、試験片(3)の上面を覆う剛体(2)と、剛体(2)の上面に衝突するインパクタ(5)とを備える。剛体(2)は、2つの支持部材(4)を結ぶ方向に延びて形成される。

【選択図】 図1A

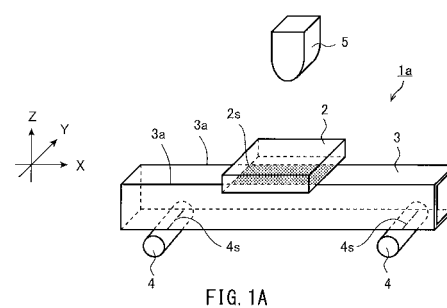


FIG. 1A

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに離間して配置され、試験片の下面を支持する 2 つの支持部材と、
前記 2 つの支持部材の間において、前記試験片の上面を覆う剛体と、
前記剛体の上面に衝突するインパクトとを備え、
前記剛体は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向に延びて形成される、4 点曲げ衝撃試験機

【請求項 2】

請求項 1 に記載の 4 点曲げ衝撃試験機であって、
前記剛体の下面は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向において離間した複数の位置において前記試験片と接触する、4 点曲げ衝撃試験機。 10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の 4 点曲げ衝撃試験機であって、
前記剛体は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向において 100 mm 以上離間した 2 つの接触部を含み、前記 2 つの接触部は、前記試験片の上面と接触する、4 点曲げ衝撃試験機。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験機であって、
前記剛体の厚みは 20 mm 以上、ヤング率は、70 GPa 以上である、4 点曲げ衝撃試験機。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験機であって、
前記剛体は、前記上面又は前記下面から突出するフランジを有する、4 点曲げ衝撃試験機。 20

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験機であって、
前記剛体の上面は平面である、4 点曲げ衝撃試験機。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験機であって、
前記剛体は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向において離間した複数の位置においてそれぞれ前記試験片の上面と接触する複数の支持剛体と、前記複数の支持剛体上に架け渡される架橋剛体とを含む、4 点曲げ衝撃試験機。 30

【請求項 8】

互いに離間して配置された 2 つの支持部材の上に試験片を設置する工程と、
前記 2 つの支持部材の間において前記試験片の上面を覆う剛体を設置する工程と、
前記剛体の上面にインパクトを衝突させる工程とを含み、
前記剛体は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向に延びて形成される、4 点曲げ衝撃試験方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の 4 点曲げ衝撃試験方法であって、
前記剛体の下面は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向において離間した複数の位置において前記試験片と接触する、4 点曲げ衝撃試験方法。 40

【請求項 10】

請求項 8 又は 9 に記載の 4 点曲げ衝撃試験方法であって、
前記剛体は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向において 100 mm 以上離間した 2 つの接触部を含み、前記 2 つの接触部は、前記試験片の上面と接触する、4 点曲げ衝撃試験方法。

【請求項 11】

請求項 8 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験方法であって、
前記剛体の曲げ剛性は、前記試験片の曲げ剛性より大きい、4 点曲げ衝撃試験方法。

【請求項 12】

請求項 8～11 いずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験方法であって、
前記剛体は、前記上面又は前記下面から突出するフランジを有する、4 点曲げ衝撃試験方法。

【請求項 13】

請求項 8～12 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験方法であって、
前記剛体の上面は平面である、4 点曲げ衝撃試験方法。

【請求項 14】

請求項 8～13 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験方法であって、
前記剛体は、前記試験片の上面と側面との間の稜線に接するよう配置される、4 点曲げ衝撃試験方法。

10

【請求項 15】

請求項 8～14 のいずれか 1 項に記載の 4 点曲げ衝撃試験方法であって、
前記剛体は、前記 2 つの支持部材を結ぶ方向において離間した複数の位置においてそれぞれ前記試験片の上面と接触する複数の支持剛体と、前記複数の支持剛体上に架け渡される架橋剛体とを含む、4 点曲げ衝撃試験方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、4 点曲げ衝撃試験装置及びその方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

従来、金属や樹脂等の材料を評価するために、3 点曲げ試験及び 4 点曲げ試験が用いられている。日本工業規格（JIS H 7406-1993）の「繊維強化金属の曲げ試験方法」（非特許文献 1）は、長繊維によって強化された金属基複合材料の 3 点曲げ及び 4 点曲げによる曲げ試験方法について規定している。

【0003】

また、特開平 5-256751（特許文献 1）には、3 点曲げ又は 4 点曲げ試験に用いる試験用治具が開示されている。この試験用治具は、試験片の底面に接触して試験片を支持する一对の棒状押しピンと、押しピン案内溝及び試験片案内溝を有する試験片受け台とを備える。この試験用治具は、さらに、試験片の頂面に 1 点荷重又は 2 点荷重を作用させる上部荷重治具と、上部荷重治具の頂部に載せられる押え治具と、上部荷重治具と押え治具を案内する貫通孔を有するカバーとを備える。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 5-256751 号公報

【非特許文献 1】日本工業標準調査会、「日本工業規格 繊維強化金属の曲げ試験方法」、財団法人日本規格協会、1993 年 10 月 31 日

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

従来の 3 点曲げ又は 4 点曲げ試験では、試験片に静的な荷重がかけられる。上記非特許文献 1 では、一例として、試験速度（試験中に試験器のクロスヘッドが移動する速度）を $5 \pm 1 \text{ mm/min}$ とすることが記載されている。上記非特許文献 1 に 3 点曲げ又は 4 点曲げ試験では、試験片に衝撃荷重をかけることは想定されていない。また、上記特許文献 1 では、日本工業規格 JIS R 1601 に示される 3 点及び 4 点曲げ強度試験について記載されている。上記特許文献 1 も、静的な荷重による 3 点及び 4 点曲げ試験を開示するものであり、衝撃荷重をかける 3 点曲げ又は 4 点曲げの試験を教示していない。

【0006】

本願発明者は、衝撃荷重を試験片に付加して 4 点曲げ試験を行うことが有用な場合があ

50

ることを見出した。しかし、上記のように、従来の３点曲げ及び４点曲げ試験では、衝撃荷重をかけることは想定されていない。そのため、４点曲げの衝撃試験に用いることができる試験機及びその方法が明確でない。

【０００７】

そこで、本願は、４点曲げ衝撃試験を可能にする試験機及びその方法を開示する。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明の実施形態における４点曲げ衝撃試験機は、互いに離間して配置され、試験片の下面を支持する２つの支持部材と、前記２つの支持部材の間において、前記試験片の上面を覆う剛体と、前記剛体の上面に衝突するインパクトとを備える。前記剛体は、前記２つの支持部材を結ぶ方向に延びて形成される。

10

【発明の効果】

【０００９】

本願開示によれば、４点曲げ衝撃試験を可能にする試験機及びその方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１Ａ】図１Ａは、本発明の実施形態の４点曲げ衝撃試験機の構成例を示す斜視図である。

【図１Ｂ】図１Ｂは、図１Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

20

【図１Ｃ】図１Ｃは、図１Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

【図２Ａ】図２Ａは、４点曲げ衝撃試験機他の構成例を示す斜視図である。

【図２Ｂ】図２Ｂは、図２Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

【図２Ｃ】図２Ｃは、図２Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

【図３Ａ】図３Ａは、４点曲げ衝撃試験機他の構成例を示す斜視図である。

【図３Ｂ】図３Ｂは、図３Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

【図３Ｃ】図３Ｃは、図３Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

【図４Ａ】図４Ａは、４点曲げ衝撃試験機他の構成例を示す斜視図である。

【図４Ｂ】図４Ｂは、図４Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

【図４Ｃ】図４Ｃは、図４ＢのＡ－Ａ線における断面に示す断面図である。

30

【図４Ｄ】図４Ｄは、図４ＢのＢ－Ｂ線における断面に示す断面図である。

【図５Ａ】図５Ａは、４点曲げ衝撃試験機他の構成例を示す斜視図である。

【図５Ｂ】図５Ｂは、図５Ａに示す支持部材、試験片及び剛体の側面図である。

【図５Ｃ】図５Ｃは、図５ＢのＡ－Ａ線における断面に示す断面図である。

【図６Ａ】図６Ａは、３点曲げ衝撃試験のシミュレーションにおける解析モデルの構成を模式的に示す図である。

【図６Ｂ】図６Ｂは、図６Ａに示す解析モデルにおける曲げモーメントの測定位置を示す図である。

【図７Ａ】図７Ａは、４点曲げ衝撃試験のシミュレーションにおける解析モデルの構成を模式的に示す図である。

40

【図７Ｂ】図７Ｂは、図７Ａに示す解析モデルにおける曲げモーメントの測定位置を示す図である。

【図８Ａ】図８Ａは、４点曲げ衝撃試験のシミュレーションにおける他の解析モデルの構成を模式的に示す図である。

【図８Ｂ】図８Ｂは、図８Ａに示す解析モデルにおける曲げモーメントの測定位置を示す図である。

【図９Ａ】図９Ａは、図６Ａに示す３点曲げ衝撃試験の解析モデル（３点曲げモデル）で計算された試験片の変形を示す。

【図９Ｂ】図９Ｂは、図７Ａに示す４点曲げ衝撃試験の解析モデル（４点曲げモデル１）で、Ｚ方向にインパクト５０を衝突させた場合の試験片の変形を示す。

50

【図 9 C】図 9 C は、図 8 A に示す 4 点曲げ衝撃試験の解析モデル（4 点曲げモデル 2）で、Z 方向にインパクト 50 を衝突させた場合の試験片の変形を示す。

【図 10 A】図 10 A は、4 点曲げモデル 1 で Z 方向から 1 度ずれた方向にインパクト 50 が衝突した瞬間の試験片を示す図である。

【図 10 B】図 10 B は、図 10 A の瞬間の後の試験片の変形の変形を示す。

【図 11 A】図 11 A は、4 点曲げモデル 2 で Z 方向から 1 度ずれた方向にインパクト 50 が衝突した瞬間の試験片を示す図である。

【図 11 B】図 11 B は、図 11 A の瞬間の後の試験片の変形の変形を示す。

【図 12】図 12 は、3 点曲げモデルで計算された試験片のモーメント分布を示すグラフである。

10

【図 13】図 13 は、静的荷重による 3 点曲げ試験における試験片のモーメント（BMD）分布を示す図である。

【図 14】図 14 は、4 点曲げモデル 1 で Z 方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。

【図 15】図 15 は、4 点曲げモデル 2 で Z 方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。

【図 16】図 16 は、静的荷重による 4 点曲げ試験における試験片のモーメント（BMD）分布を示す図である。

【図 17】図 17 は、4 点曲げモデル 1 で Z 方向から 1 度ずれた方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。

20

【図 18】図 18 は、4 点曲げモデル 2 で Z 方向から 1 度ずれた方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本願発明者は、試験片に衝撃荷重を加えた時の試験片の変形挙動により材料を評価する試験を行った。この試験では、試験片の下面を 2 点で支持し、試験片の上面にインパクトを衝突させて衝撃荷重を加えた。この場合、試験片のインパクトの衝突点に荷重が加わり、3 点曲げの状態となった。発明者は、試験対象の材料に実際に衝撃が加わる態様として、対象材の表面における一定の面積を持った領域に同時に衝撃を受ける場合があることに気付いた。このような場合は、対象材は、3 点曲げの状態より 4 点曲げの状態に近くなる

30

【0012】

そこで、発明者は、試験片に衝撃を加えた際に試験片を 4 点曲げの状態とすることができ試験機及び試験方法を検討した。発明者は、インパクトに平らな衝突面を形成し、この衝突面を試験片に衝突させる方法を検討した。この方法では、インパクトの衝突面が試験片の表面と平行な状態で試験片に衝突した場合は、試験片は 4 点曲げの状態となった。しかし、インパクトの衝突面と、試験片表面が平行でない状態で衝突すると、試験片は 3 点曲げの状態に近くなった。

【0013】

発明者は、インパクトの試験片表面に対する衝突の角度に関わらず、試験片が 4 点曲げの状態となるような衝撃を与えるための構成を検討した。その結果、試験片の下面を互いに離間して配置された 2 つの支持部材で支持し、試験片の上面の 2 つの支持部材の間を剛体で覆った状態で、剛体の上面にインパクトを衝突させる構成に想到した。この構成において、剛体を 2 つの支持部材を結ぶ方向に延びて形成することで、インパクトの試験片表面に対する衝突の角度に関わらず、試験片を 4 点曲げの状態にすることができることがわかった。この構成では、インパクトの衝突による衝撃は、2 つの支持部材の間において、剛体の下面から試験片上面へ伝達する。この剛体の下面から試験片上面への衝撃伝達の態様は、インパクトの衝突の角度によって影響を受けにくいと考えられる。そのため、試験片に衝撃を加えて 4 点曲げ状態にすることができ

40

【0014】

50

発明者は、さらに検討を行い、実施形態として下記の構成に想到した。実施形態の1つとして、剛体の下面は、2つの支持部材を結ぶ方向において離間した複数の位置において試験片と接触するよう形成することができる。具体例としては、剛体の下面と試験片とが1つの面において接触する構成であってもよい。又は、剛体の下面と試験片とが2つの支持部材を結ぶ方向に離間した2つの接触部において接触する構成とすることもできる。この構成では、2つの支持部材を結ぶ方向において離間した複数の位置において、剛体の下面から試験片の上面へインパクトの衝突による衝撃が伝達される。この剛体の下面から試験片上面への衝撃伝達の態様は、インパクトの衝突の角度によって影響を受けにくいと考えられる。そのため、より確実に、試験片に衝撃を加えて4点曲げ状態にすることができる。

10

【0015】

剛体の曲げ剛性は、前記試験体の曲げ剛性より大きいことが好ましい。これにより、インパクトの剛体への衝突による剛体の変形より、試験片の変形の方が大きくなりやすい。そのため、インパクトの衝突時に、試験片がより4点曲げの状態になりやすくなる。

【0016】

剛体は、上面又は下面から突出するフランジを有してもよい。これにより、剛体の剛性を高めることができる。

【0017】

剛体の上面は平面とすることができる。これにより、インパクトの衝突角度の変化による試験片への衝撃伝達の態様の変化をより小さくすることができる。そのため、インパクトの衝突角度の変化による試験片の曲げモーメント分布の変化がより小さくなる。インパクトの衝突時に、試験片がより4点曲げの状態になりやすくなる。

20

【0018】

剛体は、2つの支持部材を結ぶ方向において離間した複数の位置においてそれぞれ試験体の上面と接触する複数の支持剛体と、複数の支持剛体上に掛け渡される架橋剛体とを含む構成とすることができる。これにより、剛体の設計自由度を高めることができる。

【0019】

〔実施形態〕

（構成例1）

図1Aは、本発明の実施形態の4点曲げ衝撃試験機の構成例を示す斜視図である。図1Aに示す4点曲げ衝撃試験機（以下、試験機と称する）1aは、試験片に衝撃を加えて4点曲げ状態にする試験機である。試験機1aは、支持部材4、剛体2及びインパクト5を備える。支持部材4は、互いに離間して配置される。2つの支持部材4に試験片3が掛け渡されて設置される。すなわち、支持部材4は、試験片3の下面を支持する。剛体2は、2つの支持部材4の間において、試験片3の上面を覆う。インパクト5は、剛体の上面に衝突する。インパクトの衝突による衝撃は、剛体2を通じて試験片3の上面に伝達する。すなわち、試験片3の上面に衝撃荷重が加わる。ここで、剛体2は、2つの支持部材4を結ぶ方向に延びて形成されるので、試験片3の上面の複数の位置に同時に衝撃荷重が加わる。その結果、試験片3は、4点曲げ状態となる。

30

【0020】

図1Aに示す試験機1aにおいて、2つの支持部材4を結ぶ方向をX方向とするXYZの直交座標系を定義する。2つの支持部材4は、2つの支持部材4を結ぶ方向に垂直な方向（すなわちY方向）に延びて形成される。そのため、各支持部材4の試験片3との接触部4sは、Y方向に延びる。2つの支持部材4の接触部4sは、互いに平行である。

40

【0021】

剛体2と試験片3との接触部2sは、2つの支持部材4の間に位置する1つの面（図1Aにおいてドットハッチングで示す面）となっている。この接触部2sの面は、XY平面に平行になっている。すなわち、剛体2と試験片3とは、X方向に延びる1つの面において接触する。これにより、剛体2の下面は、2つの支持部材4の間においてX方向に離間した複数の位置において、試験片3と接触する形態となる。

50

【0022】

剛体2は板状である。剛体2の上面、すなわちインパクト5が衝突する面は、平面となっている。また、剛体2の下面、すなわち試験片3に接する面も平面となっている。これにより、インパクトの衝突時に、試験片がより4点曲げの状態になりやすくなる。本例では、剛体2の上面及び下面は、互いに平行である。

【0023】

剛体2は、試験片3の上面と側面との間の稜線3aに接するように配置される。ここで、稜線3aは、試験片3の上面と、この上面に隣接する2つの側面との境界となる部分である。

【0024】

図1Aに示す例では、支持部材4の上面は、XZ平面の断面形状が円弧となる曲面となっている。これにより、試験片3と支持部材4との接触部が線状、すなわち試験片3と支持部材4は線接触になる。なお、支持部材4の形状は、これに限られない。例えば、支持部材4は、隣り合う2つの面を有する形状とし、これらの隣り合う2つの面が交わる稜線が試験片3と接して支持する構成とすることができる。この場合も、試験片3と支持部材4との接触部が線状になる。なお、試験片3と支持部材4とは面接触であってもよい。

【0025】

図1Aに示す例では、インパクト5は、XZ平面の断面において縁が円弧となる部分を有する。このように、インパクト5は、曲面を有する形状とすることができる。例えば、この曲面が剛体2の上面に衝突するように、インパクト5を剛体2の上面へ向けて落下させることができる。

【0026】

図1Aに示す例では、試験片3は、X方向の寸法が、Y方向及びZ方向の寸法より長い形状となっている。試験片3のX方向における中央が、2つの支持部材4間の略中央に位置するよう試験片3を設置することができる。

【0027】

図1Bは、図1Aに示す支持部材4、試験片3及び剛体2をY方向から見た構成を示す側面図である。2つの支持部材4の間において、試験片3の上面に接するように剛体2が配置される。剛体2の下面の試験片3の上面との接触部2sは、X方向において一定の長さを有している。剛体2の上面にインパクト5がZ方向に衝突した場合、剛体2の下面の接触部2sから試験片3の上面に衝撃が伝わる。この衝撃を受けた試験片3では、接触部2sのX方向の一端と他端との間に対応する領域S1において、曲げモーメントの分布が均一に近くなる。すなわち、試験片3の2つの支持部材4の間において、曲げモーメントが略一定となる領域が発生する。これにより、試験片3が4点曲げ状態となる。この場合、インパクト5衝突時の試験片3の曲げモーメント分布は、インパクト5の衝突角度の変化によって影響を受けにくい。例えば、インパクト5が、Z方向に対して若干傾いた角度で剛体2に衝突した場合も、試験片3の領域S1における曲げモーメントの分布は略一様となる。

【0028】

接触部2sのX方向（すなわち2つの支持部材4を結ぶ方向）における長さは、例えば、100mm以上とすることができる。これにより、衝撃を受けた時の試験片3において曲げモーメントが略一定となる領域を、4点曲げ試験に適した程度に確保することができる。接触部2sのX方向の長さの上限は特に限定されないが、実用上の観点から、例えば、2000mm以下とすることができる。

【0029】

図1Cは、図1Aに示す支持部材4、試験片3及び剛体2をX方向から見た構成を示す側面図である。この例では、剛体2の下面のY方向の幅は、試験片3の上面のY方向の幅より大きい。また、剛体2の試験片3と接触する接触部2sは、試験片3の上面のY方向における一方端から他方端に達している。

支持部材4の幅は、試験片3の下面のY方向の幅より大きい。また、支持部材4の試験

10

20

30

40

50

片 3 と接触する接触部は、試験片 3 の下面の Y 方向における一方端から他方端に達している。

【0030】

図 1 C に示す例では、試験片 3 は、中空の管状であり、一对の側壁 3 b と、これら一对の側壁 3 b の上端をつなぐ頂部 3 c と下端をつなぐ底部 3 d とで構成される。一对の側壁 3 b の外面が側面となり、頂部 3 c の外面が上面となる。試験片 3 の上面と側面の間の稜線 3 a に接するよう剛体 2 を配置することで、インパクト 5 の衝突による衝撃が、剛体 2 を介して、試験片 3 の側壁 3 b に対して効率よく伝達される。

【0031】

(構成例 2)

図 2 A は、本発明の実施形態の 4 点曲げ衝撃試験機の他の構成例を示す斜視図である。図 2 A に示す例では、剛体 2 の形状が、図 1 A に示す構成例と異なっている。剛体 2 は、下面において突出する 2 つの凸部 2 a を有する。凸部 2 a は、支持部材 4 を結ぶ方向 (X 方向) において離間している。

【0032】

凸部 2 a が試験片 3 の上面と接するように、剛体 2 が試験片 3 の上に配置される。凸部 2 a の先端が試験片 3 の上面との接触部 2 s となる。これにより、剛体 2 は、X 方向に離間し、試験片 3 の上面と接する 2 つの接触部 2 s を有する構成となる。

【0033】

各凸部 2 a は、支持部材 4 を結ぶ方向に対して直交する方向 (Y 方向) に延びて形成される。凸部 2 a の XZ 平面における断面形状は円弧となっている。この場合、凸部 2 a と試験片 3 は、線接触する。すなわち、接触部 2 s は、線状となる。なお、凸部 2 a の形状はこれに限られない。例えば、凸部 2 a は、隣り合う 2 つの面を有する形状としてもよい。これらの隣り合う 2 つの面が交わる稜線が試験片 3 と接するよう剛体 2 を試験片 3 に配置することができる。この場合も、試験片 3 と凸部 2 a との接触部 2 s が線状になる。なお、試験片 3 と凸部 2 a との接触部 2 s は、面であってもよい。

【0034】

図 2 B は、図 2 A に示す支持部材 4、試験片 3 及び剛体 2 を Y 方向から見た構成を示す側面図である。2 つの支持部材 4 の間において、試験片 3 の上面に 2 つの凸部 2 a が接するように剛体 2 が配置される。2 つの凸部 2 a は、X 方向において離間している。そのため、2 つの凸部 2 a が試験片 3 と接する接触部 2 s は、X 方向において離間している。

【0035】

剛体 2 の上面にインパクト 5 が Z 方向に衝突した場合、剛体 2 の下面の 2 つの接触部 2 s から試験片 3 の上面に衝撃が伝わる。このとき、2 つの接触部 2 s の間に対応する試験片 3 の領域 S 1 では、衝撃による曲げモーメントの分布が均一に近くなる。すなわち、試験片 3 の 2 つの支持部材 4 の間において、曲げモーメントが略一定となる領域が発生する。これにより、試験片 3 が 4 点曲げ状態となる。また、インパクト 5 が、Z 方向に対して若干傾いた角度で剛体 2 に衝突した場合であっても、試験片 3 の領域 S 1 における曲げモーメントの分布は略一様となる。

【0036】

2 つの接触部 2 s は、X 方向 (すなわち 2 つの支持部材 4 を結ぶ方向) において、例えば、100 mm 以上離間して配置することができる。これにより、衝撃を受けた時の試験片 3 において曲げモーメントが略一定となる領域を、4 点曲げ試験に適した程度に確保することができる。2 つの接触部 2 s 間の X 方向の距離の上限は特に限定されないが、実用上の観点から、例えば、2000 mm 以下とすることができる。

【0037】

図 2 C は、図 2 A に示す支持部材 4、試験片 3 及び剛体 2 を X 方向から見た構成を示す側面図である。剛体 2 の凸部 2 a は、試験片 3 の上面と側面との間の稜線 3 a に接するように配置される。この例では、剛体 2 の凸部 2 a の Y 方向の幅は、試験片 3 の上面の Y 方向の幅より大きい。また、剛体 2 の凸部 2 a の試験片 3 と接触する接触部 2 s は、試験片

10

20

30

40

50

3の上面のY方向における一方端から他方端に達している。これにより、インパクト5の衝突による衝撃が、剛体2を介して、試験片3の側壁3bに対して効率よく伝達される。

【0038】

剛体2の凸部2aの構成は、上記例に限られない。例えば、剛体2は、X方向において互いに離間する3つ以上の凸部2aを有してもよい。また、凸部2aは、剛体2の下面のX方向における両端の部分に設けられてもよい。例えば、剛体2のX方向の両端を折り曲げることで凸部を形成することもできる。

【0039】

(構成例3)

図3Aは、本発明の実施形態の4点曲げ衝撃試験機の他の構成例を示す斜視図である。図3Aに示す例では、剛体2の形状が、図1Aに示す構成例と異なっている。図3Aに示す剛体2は、剛体は、下面から突出するフランジを有する。フランジ2bは、上方(Z方向)から見て、試験片3と重ならない位置に設けられる。すなわち、フランジ2bは、試験片3と接触しない位置に設けられる。このように、フランジ2bを設けることで、剛体2の剛性を高めることができる。

【0040】

図3Aに示す例では、剛体2のY方向の端部が曲がってフランジ2bが形成されている。すなわち、剛体2の両端の下方に曲がった部分がフランジ2bとなっている。このように、剛体2において互いに離間するよう一对のフランジ2bを設けることで、一对のフランジ2bの間に、試験片3と接触するための接触部2sを設けることができる。

【0041】

図3Bは、図3Aに示す支持部材4、試験片3及び剛体2をY方向から見た構成を示す側面図である。2つの支持部材4の間において、試験片3の上面に剛体2の下面が接するように剛体2が配置される。剛体2の下面の試験片3と接触する接触部2sは、図1A～図1Cに示す例と同様に構成することができる。

【0042】

図3Cは、図3Aに示す支持部材4、試験片3及び剛体2をX方向から見た構成を示す側面図である。図3Cに示すように、フランジ2bと試験片3との間に空間ができるように剛体2が、試験片3に対して配置される。フランジ2bと試験片3とを離間させた状態でインパクト5が剛体2に衝突する。これにより、衝撃によって変形する試験片3がフランジ2bと干渉しにくくなる。

【0043】

なお、フランジ2bの構成は、上記例に限られない。例えば、剛体2の両端の上面から突出するフランジを設けてもよい。また、フランジは、剛体2の上面又は下面の端部でない部分から突出して形成されてもよい。フランジは1つ又は3つ以上であってもよい。フランジは、剛体2の上面又は下面からZ方向(上下方向又は衝撃方向と言うこともできる)に延びる部分によって形成することができる。

【0044】

図3A～図3Cに示す例では、剛体2と試験片3が1つの面で接触しているが、剛体2と試験片がX方向に離間した2つ以上の接触部で接触していてもよい。すなわち、図3A～図3Cに示す剛体2に、図2A～図2Cに示す剛体2のように、凸部2aを設けることもできる。

【0045】

(構成例4)

図4Aは、本発明の実施形態の4点曲げ衝撃試験機の他の構成例を示す斜視図である。図4Aに示す試験機1dは、試験片3の内部に配置されるバルクをさらに備える。バルクは、支持部バルク6aと、接触部バルク6bを含む。支持部バルク6aは、試験片3の内部において支持部材4と対向する位置に配置される。接触部バルク6bは、試験片3の内部において、剛体2が試験片3と接触する接触部2sと対向する位置に配置される。接触部バルク6bは、X方向において互いに離間して配置される。

【0046】

バルク6a、6bは、試験片3に対して固定される。具体的には、バルク6a、6bは、試験片3の内面に取り付けられる。例えば、溶接又は締結部材により、バルク6a、6bを試験片3に固定することができる。

【0047】

図4Bは、図4Aに示す支持部材4、試験片3、剛体2及びバルク6a、6bをY方向から見た構成を示す側面図である。剛体2の下面の試験片3と接触する接触部2sは、図1A～図1Cに示す例と同様に構成することができる。図4Bに示す例では、接触部バルク6bは、接触部2sのX方向の両端部と対向する位置にそれぞれ配置される。

【0048】

接触部バルク6bにより、接触部2sのX方向両端の試験片3の部分の剛性を高めることができる。そのため、試験片3に衝撃が加わったときに、接触部2sの両端に対応する部分は他の部分に比べて変形しにくくなる。上述のように、接触部2sに対応する試験片3の領域S1には、衝撃荷重による曲げモーメントが略均一に発生する。そのため、接触部2sの両端に対向する位置に接触部バルク6bを配置することで、接触部バルク6bの間において略一様な曲げモーメントが発生した場合の試験片3の変形挙動を試験することができる。

【0049】

支持部バルク6aにより、支持部材4によって支持される試験片3の部分の剛性を高めることができる。そのため、試験片3に衝撃が加わったときに、支持部材4で支持された部分は他の部分に比べて変形しにくくなる。支持部バルク6aを用いることにより、例えば、支持部材4によって支持される部分を固定した状態で、衝撃荷重が加わった場合の試験片の変形挙動を試験することができる。

【0050】

2つの支持部バルク6aは、X方向（すなわち2つの支持部材4を結ぶ方向）において、例えば、100mm以上離間して配置することができる。これにより、衝撃を受けた時の試験片3において曲げモーメントが略一定となる領域を、4点曲げ試験に適した程度に確保することができる。2つの支持部バルク6a間のX方向の距離の上限は特に限定されないが、実用上の観点から、例えば、2000mm以下とすることができる。

【0051】

図4Cは、図4BにおけるA-A線の断面を示す断面図である。図4Cに示す例では、試験片3は、ハット型の断面を有するハット部材と、ハット部材に接合されるクロージングプレートを備える。ハット部材は、頂部3cと、頂部3cの両端に接続される一対の側壁3bと、一対の側壁3bに接続される一対のフランジ3eを有する。一対のフランジ3eに、クロージングプレートが接合され、底部3dを形成する。

【0052】

図4Cに示すように、試験片3の頂部3cと側壁3bとの境界となる角（肩）には、R（丸み）形成されてもよい。すなわち、試験片3の上面と側面との間に曲面が形成されてもよい。この曲面又は曲面と上面の平面部分との境に、剛体2の接触部2sが接するように設けられる。このような形態も、剛体2が試験片の上面と側面との間の稜線に接するように配置される形態の一例である。

【0053】

接触部バルク6bは、試験片3の頂部3cの内面及び側壁3bの内面に接合される。試験片3と接触部バルク6bは、例えば、アーク溶接により、接続することができる。接触部バルク6bは、試験片3の底部3dと離間して設けられる。なお、接触部バルク6bは、試験片3の底部3dと接するよう設けられてもよい。

【0054】

図4Dは、図4BにおけるB-B線の断面を示す断面図である。図4Dに示す例では、支持部バルク6aは、試験片3の頂部3cの内面及び側壁3bの内面に、例えば、アーク溶接により、接合される。支持部バルク6aは、試験片3の底部3dに接する。

【0055】

図4A～図4Dに示す構成例では、剛体2がフランジ2bを有しているが、剛体2は、例えば、図1A～1Cに示すような板状であってもよいし、図2A～図2Bに示すような下面から突出する凸部2aを有する構成であってもよい。

【0056】

(構成例5)

図5Aは、本発明の実施形態の4点曲げ衝撃試験機の他の構成例を示す斜視図である。図5Aに示す試験機1eにおいて、剛体2は、2つの支持剛体21と、架橋剛体22を含む。2つの支持剛体21は、X方向(2つの支持部材4を結ぶ方向)において離間している。支持剛体21の各々は、試験片3の上面と接触する接触部2sを含む。すなわち、2つの支持剛体21は、X方向において離間した複数の位置においてそれぞれ試験片3の上面と接触する。架橋剛体22は、2つの支持剛体21上に架け渡される。

10

【0057】

図5Aに示す例では、2つの支持剛体21の各々は、Y方向に延びて形成され、試験片3と接触する接触部2sを有する基部21aと、基部21aの両端から下方へ曲がって形成されるフランジ21bとを含む。接触部2sは、面となっている。すなわち、支持剛体21と試験片3とは面接触する。なお、支持剛体21は、試験片3と線接触する構成であってもよい。2つの支持剛体21の接触部2sは、互いに平行であり、Y方向に延びて形成されている。

【0058】

20

架橋剛体22は、板状である。架橋剛体22の上面は平面である。架橋剛体22の下面も上面と平行な平面である。図示しないが、架橋剛体22は、上面及び下面から突出するフランジを有してもよい。例えば、架橋剛体22のY方向の両端又はX方向の両端を曲げることで、架橋剛体22の端部にフランジを形成することができる。これにより、架橋剛体22の剛性を高めることができる。なお、フランジは、上方(Z方向)から見て、試験片3と重ならない位置に設けることが好ましい。

【0059】

試験片3の内部には、支持部バルク6aと、接触部バルク6bが配置される。接触部バルク6bは、試験片3の内部において、2つの支持剛体21の接触部2sとそれぞれ対向する位置に配置される。支持部バルク6aは、図4Aに示す例と同様に配置することができる。

30

【0060】

図5Bは、図5Aに示す支持部材4、試験片3及び剛体2をY方向から見た構成を示す側面図である。図5Bに示す例では、試験片3に設置された2つの支持剛体21の上端は、Z方向(上下方向)において同じ高さになっている。架橋剛体22は、2つの支持剛体21の上端に接するように、支持剛体21上に設置される。これにより、架橋剛体22の下面及び上面を試験片3の上面に対して平行にすることができる。

【0061】

支持剛体21の上面は、XZ平面の断面形状が円弧となるような曲面となっている。支持剛体21と架橋剛体22との接触部は、Y方向に延びる線状となる。なお、支持剛体21は、架橋剛体22と面接触する構成であってもよい。

40

【0062】

架橋剛体22の上面にインパクト5が衝突した場合、架橋剛体22から2つの支持剛体21を介して、試験片3に衝撃が伝わる。このとき、支持剛体21の下面の接触部2sから試験片3の上面に衝撃が伝わる。この衝撃を受けた試験片3では、2つの支持剛体21の接触部2sの間に対応する領域S1において、曲げモーメントの分布が均一に近くなる。これにより、試験片3が4点曲げ状態となる。この構成において、インパクト5衝突時の試験片3の曲げモーメント分布は、インパクト5の衝突角度の変化によって影響を受けにくい。

【0063】

50

2つの支持剛体21は、X方向（すなわち2つの支持部材4を結ぶ方向）において、例えば、100mm以上離間して配置することができる。これにより、衝撃を受けた時の試験片3において曲げモーメントが略一定となる領域を、4点曲げ試験に適した程度に確保することができる。2つの支持剛体21間のX方向の距離の上限は特に限定されないが、実用上の観点から、例えば、2000mm以下とすることができる。

【0064】

図5Cは、図5Bに示すA-A線の断面を示す断面図である。図5Cに示す例では、試験片3の上面と接触する支持剛体21の接触部2sは、試験片3の上面のY方向の一方端から他方端まで達している。支持剛体21のフランジ21bは、試験片3の側面に接している。これにより、支持剛体21が試験片3に対してずれにくくなる。

10

【0065】

接触部バルク6bは、試験片3の上面と側面を介して、支持剛体21と対向する位置に設けられる。接触部バルク6bは、試験片3の頂部3cの内面と、側壁3bの内面に接合される。試験片3の側壁3bにおいて、支持剛体21と接触部バルク6bにはさまれる部分は、衝撃が加わった時に他の部分より変形しにくくなる。

【0066】

（剛体の材料特性）

上記構成例1～5における剛体2の曲げ剛性は、試験片3の曲げ剛性より大きくすることができる。これにより、インパクト5が剛体2に衝突した際に、試験片3がより4点曲げの状態になりやすくなる。剛体2の曲げ剛性は、例えば、剛体2のヤング率及び形状によって決まる。一例として、剛体2の厚みT1を20mm以上、剛体2のヤング率を70GPa以上とすることができる。これにより、例えば、構造材や耐衝撃材その他様々な材料の衝撃試験が可能になる。剛体2の厚みの上限は特に限定されないが、実用上の観点から、例えば、200mm以下とすることができる。剛体2のヤング率は、高い方が好ましく、上限は特に限定されない。例えば、剛体2のヤング率は、1TPaを上限とし、実際には、700GPa以下とすることができる。

20

【0067】

なお、剛体2は、どんなに力を加えても一切変形しない物体に限定されない。剛体2は、衝撃試験における衝撃荷重に対して、試験片3よりも変形しにくい程度の剛性を有することが好ましい。剛体2の材料は、特に限定されず、試験片3の材料及び形状に応じて適宜選択することができる。剛体2の材料の一例として、鋼、アルミニウム等の金属及び合金が挙げられる。

30

【0068】

（バルクの材料）

上記構成例4、5におけるバルク6a、6bの材料は、特定のものに限定されない。バルク6a、6bは、衝撃試験における衝撃荷重下において、試験片3との接触する部分において試験片3の変形を抑えることができる程度の剛性を有することが好ましい。バルク6a、6bの材料は、試験片3の材料及び形状に応じて適宜選択することができる。例えば、金属、樹脂、木又はこれらを繊維で強化した材料その他あらゆる材料を、バルク6a、6bの材料として用いることができる。

40

【0069】

（衝撃試験例）

本発明の実施形態における衝撃試験方法は、2つの支持部材4の上に試験片3を設置する工程と、2つの支持部材4の間において試験片3の上面を覆う剛体2を設置する工程と、剛体2の上面にインパクト5を衝突させる衝突工程とを含む。このとき、支持部材4、試験片3及び剛体2の構成は、上記構成例1～5のいずれか、又はこれらのうち少なくとも2つを組み合わせた構成とすることができる。以下では、上記構成例1～5の試験機1a～1eのいずれか、又はこれらのうち少なくとも2つを組み合わせた構成の試験機を試験機1と総称する。

【0070】

50

衝突工程では、インパクタ 5 を剛体 2 から離れた位置から加速させ、速度をもって剛体 2 の上面に接触させることで、インパクタ 5 を剛体 2 の上面に衝突させることができる。例えば、上記の Z 方向が重力方向となるよう試験機 1 を構成することができる。この構成において、インパクタ 5 を、剛体 2 から Z 方向に離れた位置から落下させることで、インパクタ 5 を剛体 2 の上面に衝突させることができる。ここで、インパクタ 5 の落下の軌道を規制するガイドを設けてもよい。

【0071】

この場合、インパクタ 5 が Z 方向に対して若干角度を有する方向で剛体 2 に衝突しても、試験片 3 の領域 S 1 には、略一定の曲げモーメントが発生する。これにより、インパクタ 5 の衝突角度を精密に制御しなくても、試験片 3 に衝撃荷重を加えて 4 点曲げ状態とすることができる。

10

【0072】

試験機 1 を用いた衝撃試験の形態は試験機 1 の Z 方向すなわち上下方向を重力方向とする形態に限られない。例えば、インパクタ 5 を水平方向に加速する装置を用いて、Z 方向を水平方向として衝撃試験を行うこともできる。

【0073】

衝撃試験の対象となる材料すなわち試験片の材料は、特定の材料に限られない。例えば、金属、樹脂、木、又はこれらを繊維で強化した材料その他あらゆる材料が、衝撃試験の対象材となり得る。一例として、高強度の車両用構造部材を、衝撃試験の対象材とすることができる。これにより、実際に車両が物と衝突した際の構造部材の変形挙動を試験することができる。

20

【0074】

発明者は、上記の 4 点曲げ衝撃試験は、車両用構造部材の評価に有用であることを見出した。車両法構造部材について、4 点曲げ衝撃試験を実施することで、車両にものが衝突した場合の近い状態で、車両法構造部材を試験することができる。そのため、本実施形態の 4 点曲げ衝撃試験機及び 4 点曲げ衝撃方法は、車両用構造部材の試験機及び試験方法として好適に用いることができる。車両用構造部材には、例えば、A ピラー、B ピラー、サイドシル、ルーフレール、フロアメンバー、フロントサイドメンバーといった車体を構成する部材、及び、ドアインパクトビームやバンパーといった車体に取り付けられ、外部からの衝撃から車両内の装置や乗員を守る部材が含まれる。

30

【0075】

（変形例）

本発明の 4 点曲げ衝撃試験機及び 4 点曲げ衝撃試験方法は、上記の例に限れない。例えば、支持剛体 2 1 の数は、2 つに限られず、3 以上設けられてもよい。試験片 3 の形状は、上記の例に限定されない。例えば、試験片は、中空構造でなく、中実であってもよい。また、試験片の表面の少なくとも一部が曲面であってもよい。試験片の上面が曲面である場合、剛体の下面を、試験片の上面に合わせて曲面とすることができる。例えば、剛体の試験片との接触面を曲面又は、曲線とすることができる。なお、剛体は、治具と称することもできる。

【実施例】

40

【0076】

（解析モデル）

本実施例では、剛体で覆った試験片にインパクタを衝突させた場合の試験片の曲げモーメント分布をシミュレーションで解析した。図 6 A は、3 点曲げ衝撃試験のシミュレーションにおける解析モデルの構成を模式的に示す図である。図 6 A に示す解析モデルは、X 方向に離間した 2 つの支持部材 4 0 で試験片 3 0 の下面を支持した状態で、試験片 3 0 の上面にインパクタ 5 0 を衝突させるモデルである。試験片 3 0 は、ハット部材とクロージングプレートを備える構成とした。インパクタ 5 0 の表面は、X Z 平面における断面が円弧となる曲面とした。

【0077】

50

図 6 B は、図 6 A に示す解析モデルにおける曲げモーメントの測定位置を示す図である。図 6 B に示すように、試験片 3 0 の曲げモーメントを、インパクト 5 0 の衝突点の断面 (sec 5) 及び、衝突点から X 方向に所定距離離れた複数の位置の断面 (sec 2、sec 3、sec 4、sec 6、sec 7、sec 8) において計算した。曲げモーメントとして、矢印 My で示す方向のモーメントを測定した。

【0078】

図 7 A は、4 点曲げ衝撃試験のシミュレーションにおける解析モデルの構成を模式的に示す図である。図 7 A に示す解析モデルは、X 方向に離間した 2 つの支持部材 4 0 で試験片 3 0 の下面を支持した状態で、試験片 3 0 の上面を X 方向に延びる剛体 2 0 で覆い、剛体 2 0 の上面にインパクト 5 0 を衝突させるモデルである。試験片 3 0 とインパクト 5 0 は、図 6 A に示す解析モデルと同様とした。また、試験片 3 0 の内部において、支持部材 4 0 と対向する位置に支持部バルク 6 0 a を配置し、剛体 2 0 の X 方向の両端に対向する位置に接触部バルク 6 0 b を配置した。

10

【0079】

図 7 A に示す解析モデルでは、インパクト 5 0 が Z 方向で衝突した場合と、インパクト 5 0 が Z 方向から 1 度ずれた方向で衝突した場合について解析した。

【0080】

図 7 B は、図 7 A に示す解析モデルにおける曲げモーメントの測定位置を示す図である。図 7 B に示すように、試験片 3 0 の曲げモーメントを、インパクト 5 0 の衝突点に対応する位置の断面 (sec 5) 及び、衝突点から X 方向に所定距離離れた複数の位置の断面 (sec 2、sec 3、sec 4、sec 6、sec 7、sec 8) において計算した。曲げモーメントとして、矢印 My で示す方向のモーメントを測定した。

20

【0081】

図 8 A は、4 点曲げ衝撃試験のシミュレーションにおける他の解析モデルの構成を模式的に示す図である。図 8 A に示す解析モデルは、X 方向に離間した 2 つの支持部材 4 0 で試験片 3 0 の下面を支持した状態で、試験片 3 0 の上面及び側面を覆い Y 方向に延びる 2 つの剛体 2 0 を X 方向に離間して配置し、2 つの剛体 2 0 の上面にインパクト 5 0 を衝突させるモデルである。試験片 3 0 は、図 6 A に示す解析モデルと同様とした。インパクト 5 0 の表面は、2 つの剛体 2 0 間の距離より長い X 方向の寸法を持つ平面とした。試験片 3 0 の内部において、支持部材 4 0 と対向する位置に支持部バルク 6 0 a を配置し、剛体 2 0 に対向する位置に接触部バルク 6 0 b を配置した。

30

【0082】

図 8 A に示す解析モデルでは、インパクト 5 0 が Z 方向で衝突した場合と、インパクト 5 0 が Z 方向から 1 度ずれた方向で衝突した場合について解析した。なお、インパクト 5 0 は、その表面の法線方向に進むものとした。

【0083】

図 8 B は、図 8 A に示す解析モデルにおける曲げモーメントの測定位置を示す図である。図 8 B に示すように、試験片 3 0 の曲げモーメントを、2 つの剛体 5 0 の中間点の断面 (sec 5) 及び、この中間点から X 方向に所定距離離れた複数の位置の断面 (sec 2、sec 3、sec 4、sec 6、sec 7、sec 8) において計算した。曲げモーメントとして、矢印 My で示す方向のモーメントを測定した。

40

【0084】

(解析結果：変形挙動)

図 9 A は、図 6 A に示す 3 点曲げ衝撃試験の解析モデル (以下、3 点曲げモデルと称する) で計算された試験片の変形を示す。図 9 B は、図 7 A に示す 4 点曲げ衝撃試験の解析モデル (以下、4 点曲げモデル 1 と称する) で、Z 方向にインパクト 5 0 を衝突させた場合の試験片の変形を示す。図 9 C は、図 8 A に示す 4 点曲げ衝撃試験の解析モデル (以下、4 点曲げモデル 2 と称する) で、Z 方向にインパクト 5 0 を衝突させた場合の試験片の変形を示す。図 9 A ~ 図 9 C は、試験片に約 5 0 mm のたわみが発生した時の変形挙動を示している。

50

【0085】

図9Aと図9Bを比較すると、3点曲げモデルと4点曲げモデル1における試験片の変形挙動は異なっていることがわかった。図9Bと図9Cを比較すると、4点曲げモデル1と4点曲げモデル2のZ方向インパクト衝突時の変形挙動は、ほぼ同等となることがわかった。なお、図9Bの計算では、試験片にたわみが生じているが、剛体にたわみは生じていない。

【0086】

図10Aは、4点曲げモデル1でZ方向から1度ずれた方向でインパクト50が衝突した瞬間の試験片を示す。図10Bは、図10Aの瞬間の後の試験片の変形の変形を示す。図11Aは、4点曲げモデル2でZ方向から1度ずれた方向でインパクト50が衝突した瞬間の試験片を示す。図11Bは、図11Aの瞬間の後の試験片の変形の変形を示す。図10B及び図11Bは、試験片に約50mmのたわみが発生した時の変形挙動を示している。

10

【0087】

図9Bと図10Bを比較すると、試験片の変形挙動はほぼ同等となっている。このことから、4点曲げモデル1の構成では、インパクト衝突の方向が異なっても変形挙動はほぼ変化しないことがわかった。一方、図9Cと図11Bを比較すると、試験片の変形挙動が異なっている。このことから、4点曲げモデル2では、インパクトの衝撃方向の変化による試験片の変形挙動の変化が、4点曲げモデル1に比べて大きいことがわかった。また、4点曲げモデル2の構成では、Z方向から1度ずれた方向にインパクトを衝突させた場合、3点曲げモデルの試験片の変形挙動と近い変形挙動が見られた。

20

【0088】

(解析結果：モーメント分布)

図12は、3点曲げモデルで計算された試験片のモーメント分布を示すグラフである。図12に示すグラフは、インパクト衝突後の試験片の各断面(sec2～8)におけるモーメントの時間変化を示す。下記の図14、図15、図17のグラフも同様である。図12に示すグラフから、試験片のモーメントは、衝突点の断面(sec5)で最大となり衝突点から離れるに従って小さくなる状態で推移していることがわかった。すなわち、試験片のモーメントは、衝突点の断面(sec5)を中心に対称に分布しているが、モーメントの大きさは一定ではないことがわかった。

30

【0089】

図13は、静的荷重による3点曲げ試験における試験片のモーメント(BMD)分布を示す図である。図12に示すモーメント分布は、図13に示す静的荷重による3点曲げ試験のモーメント分布に近いことがわかった。

【0090】

図14は、4点曲げモデル1でZ方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。図14に示すグラフから、4点曲げモデル1では、各断面でモーメントがほぼ一定の状態で推移していることがわかった。試験片の曲げ領域で、モーメントが略均一に分布していることがわかった。すなわち、試験片の剛体と接触する領域(力点)において、モーメントが略一定となることがわかった。

40

【0091】

図15は、4点曲げモデル2でZ方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。図15に示すグラフから、4点曲げモデル2では、各断面でモーメントがほぼ一定の状態で推移していることがわかった。試験片の曲げ領域で、モーメントが略均一に分布していることがわかった。すなわち、試験片と接する2つの剛体の間(力点間)において、モーメントが略一定となることがわかった。

【0092】

図16は、静的荷重による4点曲げ試験における試験片のモーメント(BMD)分布を示す図である。図14、図15に示すモーメント分布は、図16に示す静的荷重による4点曲げ試験のモーメント分布に近いことがわかった。

50

【0093】

図17は、4点曲げモデル1でZ方向から1度ずれた方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。図17に示すグラフから、4点曲げモデル1では、各断面でモーメントがほぼ一定の状態で推移していることがわかった。すなわち、試験片の曲げ領域で、モーメントが略均一に分布していることがわかった。

【0094】

図18は、4点曲げモデル2でZ方向から1度ずれた方向にインパクトが衝突した場合の試験片のモーメント分布を示すグラフである。図18に示すグラフから、4点曲げモデル2では、各断面のモーメントは一定でなくばらついた状態で推移することがわかった。すなわち、曲げ領域において、モーメント分布は非対称かつ均一ではないことがわかった。

10

【0095】

上記の解析結果から、4点曲げ衝撃試験では、曲げ領域（例えば、付加する力点間）において、モーメントが略均一に分布した状態で推移することがわかった。すなわち、インパクトの衝突時に、曲げ領域において略一定のモーメントを維持することで4点曲げ状態を実現できることがわかった。

【0096】

また、4点曲げモデル1のように、試験片と面接触する形状（瓦状）の剛体で試験片を覆い、剛体にインパクトを衝突させる構成とすることで、インパクト衝突時の試験片にモーメントの分布が略一定となる領域を発生させることができることがわかった。さらに、4点曲げモデル2のように、X方向に離間した2つの剛体を試験片の上面に設けて、2つの剛体にインパクトを同時に衝突させることで、同様に、試験片にモーメントの分布が略一定となる領域を発生させられることがわかった。

20

【0097】

4点曲げモデル1は、4点曲げモデル2に比べて、インパクトの衝突の方向の変化によって、試験片の変形挙動及びモーメント分布が受ける影響が少なくなることがわかった。4点曲げモデル2では、インパクトの衝突の方向に対する変形挙動の感度が高く、インパクトの衝突の方向によっては、モーメントが一定となる領域を維持できず試験片が3点曲げ状態となりやすいことがわかった。これに対して、4点曲げモデル1のように、X方向に延びる剛体で試験片の上面を覆い、剛体にインパクトを衝突させる構成とすることにより、インパクトの衝突の方向が変化しても、試験片にモーメントが均一に分布する領域を発生させやすくなることがわかった。

30

【0098】

以上、本発明の一実施形態を説明したが、上述した実施形態は本発明を実施するための例示に過ぎない。よって、本発明は上述した実施形態に限定されることがなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施形態を適宜変形して実施することが可能である。

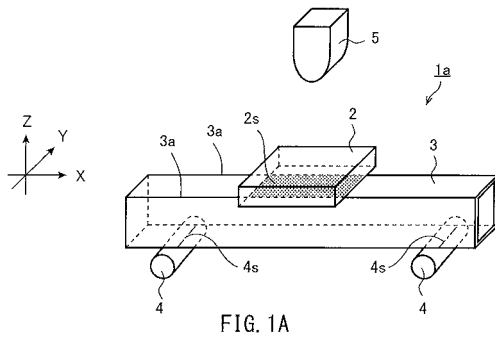
【符号の説明】

【0099】

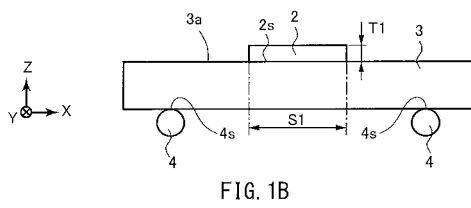
- 1、1a、1b、1c、1d、1e：4点曲げ試験機
- 2：剛体
- 3：試験片
- 4：支持部材
- 5：インパクト

40

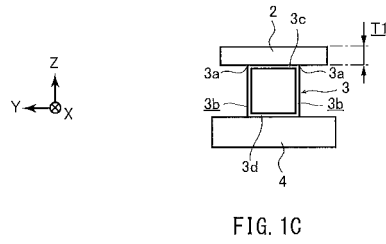
【図 1 A】



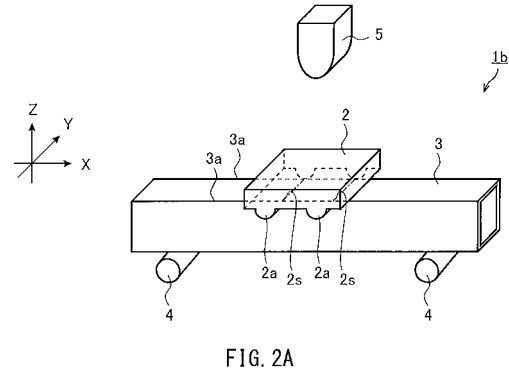
【図 1 B】



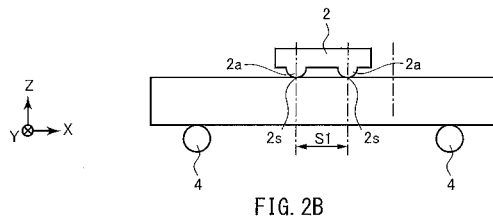
【図 1 C】



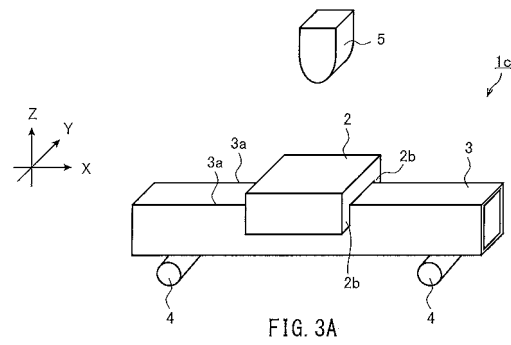
【図 2 A】



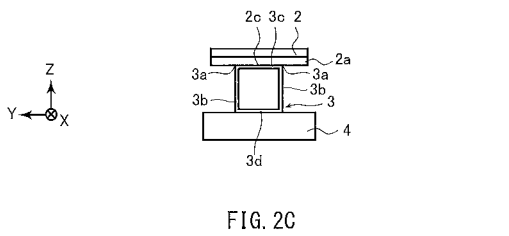
【図 2 B】



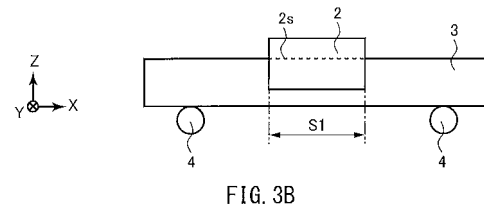
【図 3 A】



【図 2 C】



【図 3 B】



【図 3 C】

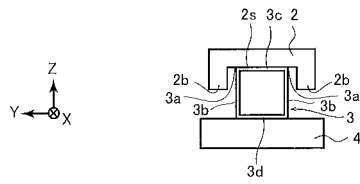


FIG. 3C

【図 4 A】

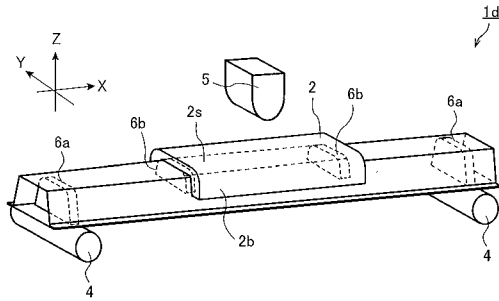


FIG. 4A

【図 4 B】

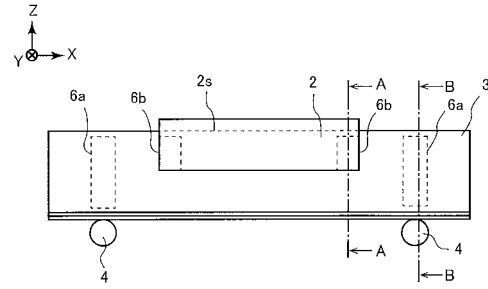


FIG. 4B

【図 4 C】

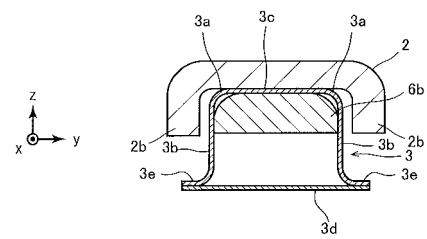


FIG. 4C

【図 4 D】

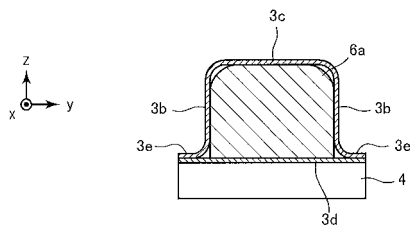


FIG. 4D

【図 5 B】

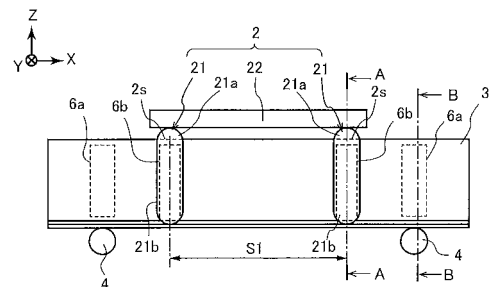


FIG. 5B

【図 5 A】

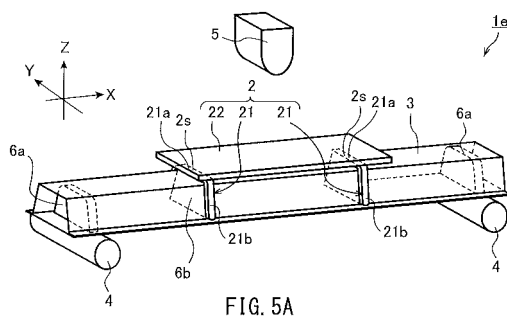


FIG. 5A

【図 5 C】

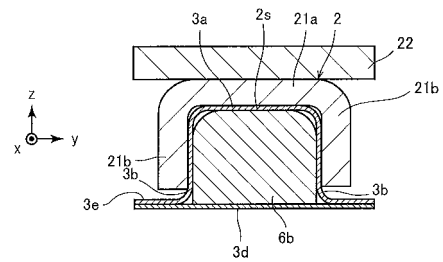


FIG. 5C

【図 6 A】

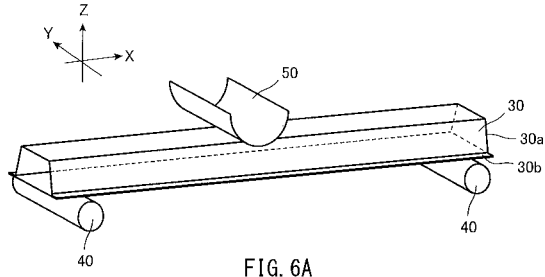


FIG. 6A

【図 7 A】

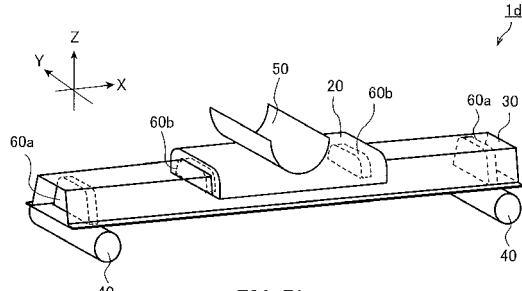


FIG. 7A

【図 6 B】

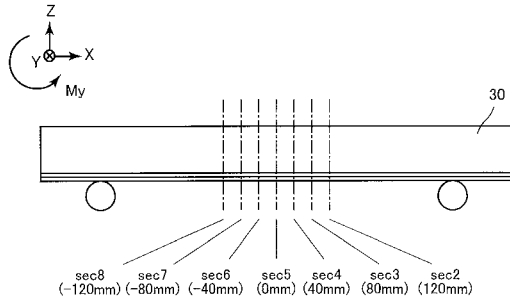


FIG. 6B

【図 7 B】

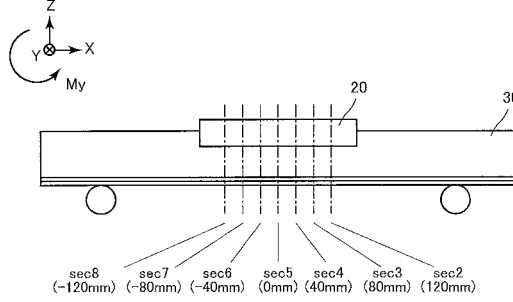


FIG. 7B

【図 8 A】

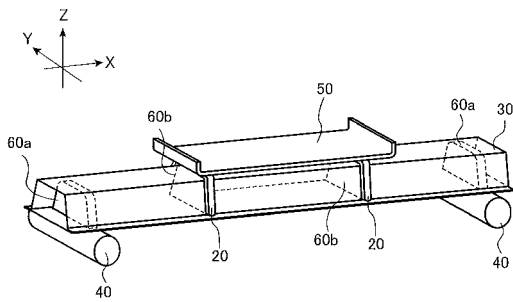


FIG. 8A

【図 9 A】

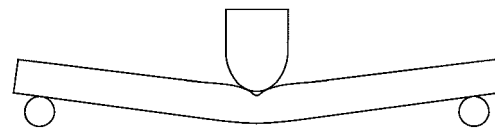


FIG. 9A

【図 8 B】

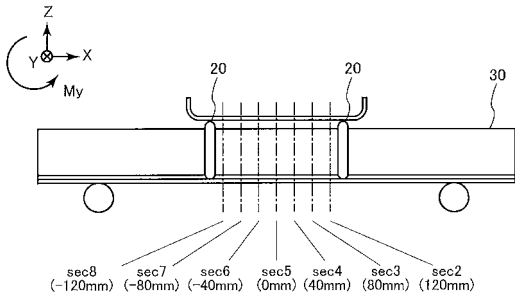


FIG. 8B

【図 9 B】

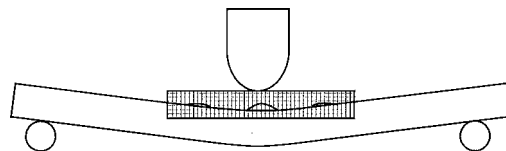


FIG. 9B

【図 9 C】

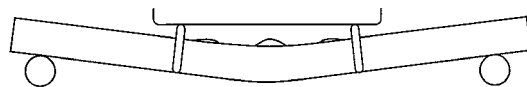


FIG. 9C

【図 10 A】

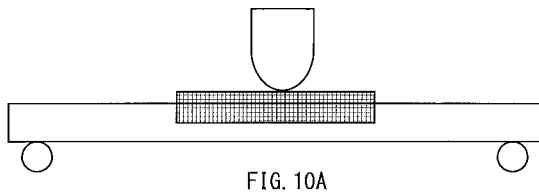


FIG. 10A

【図 10 B】

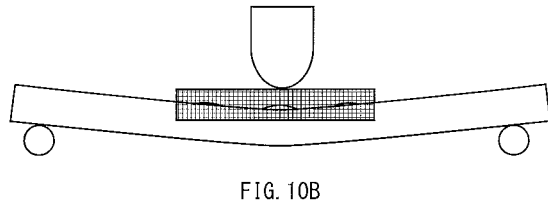


FIG. 10B

【図 11 A】

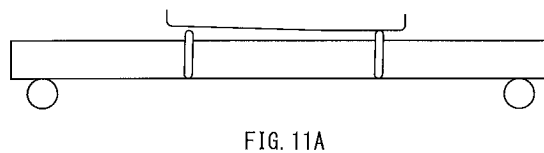


FIG. 11A

【図 13】

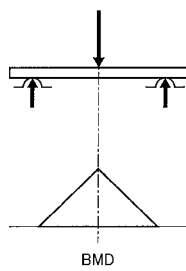


FIG. 13

【図 14】

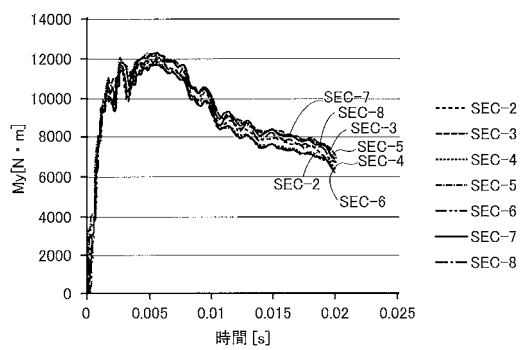


FIG. 14

【図 11 B】

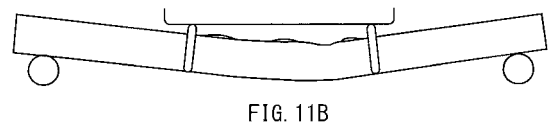


FIG. 11B

【図 12】

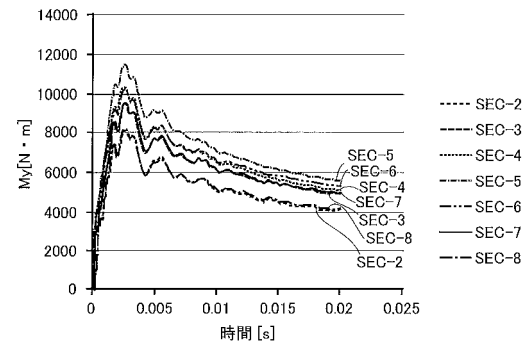


FIG. 12

【図 15】

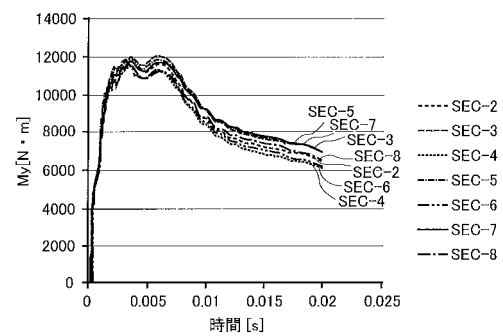


FIG. 15

【図 16】

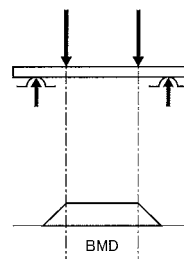


FIG. 16

【図 17】

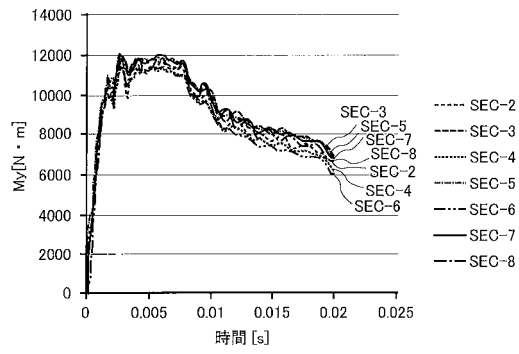


FIG. 17

【図 18】

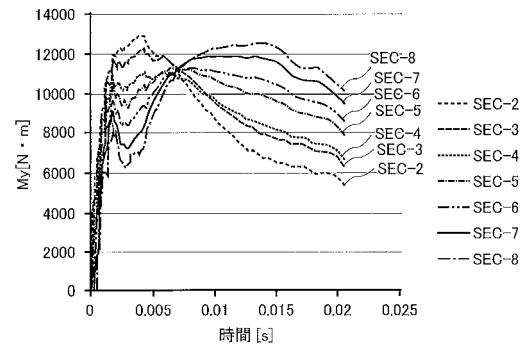


FIG. 18

フロントページの続き

(72)発明者 広瀬 智史

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

Fターム(参考) 2G061 AA07 AA13 AB04 BA01 DA16