(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
2012 年 9 月 27 日(27.09.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/127994 A1

(51) 国際特許分類:
F16F 1/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054749

(22) 国際出願日: 2012 年 2 月 27 日(27.02.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2011-066145 2011 年 3 月 24 日(24.03.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本発條株式会社(NHK SPRING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦３丁目１０番地 Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 重松 良平(SHIGEMATSU, Ryohei) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦３丁目１０番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 中園 美保(NAKAZONO, Miho) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦３丁目１０番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 末成 幹生(SUENARI, Mikio); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目６番１３号 アサコ京橋ビル３階 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

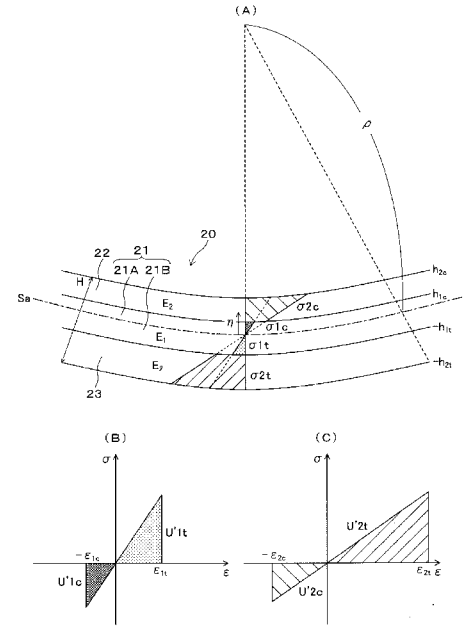
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: FIBER-REINFORCED PLASTIC SPRING

(54) 発明の名称 : 繊維強化プラスチック製ばね

[図2]



(57) **Abstract**: Provided is a fiber-reinforced plastic spring with which damage due to compression stress can be prevented. This FRP spring (1) is a plate spring having a laminate structure (20), for example. The laminate structure (20) is a three-layer structure having a first fiber layer (21), a compression-side second fiber layer (22), and an extension-side second fiber layer (23), for example. The first fiber layer (21) has a tensile elastic modulus of E_1. The compression-side second fiber layer (22) and the extension-side second fiber layer (23) have a tensile elastic modulus E_2 that is smaller than the tensile elastic modulus E_1. The first fiber layer (21) has a compression stress region (21A), which is the upper region with respect to the neutral axis Sa, and a tensile stress region (21B), which is the lower region with respect to the neutral axis Sa. With respect to the center in the thickness direction, the neutral axis Sa is positioned closer to the region in which compression stress occurs. Because the thickness from the neutral axis Sa to the surface of the region in which compression stress occurs is less, compression deformation can be reduced when a pulsating bending load is applied.

(57) 要約: 圧縮応力による破壊を防止することができる繊維強化プラスチック製ばねを提供する。 ＦＲＰばね１は、たとえば積層構造２０を有する板ばねである。積層構造２０は、たとえば第１繊維層２１、圧縮側第２繊維層２２、および、引張側第２繊維層２３を有する３層構造である。第１繊維層２１は、引張弾性率E_1を有している。圧縮側第２繊維層２２および引張側第２繊維層２３は、引張弾性率E_1よりも小さな引張弾性率E_2を有している。第１繊維層２１は、中立軸Ｓａに対する上側領域である圧縮応力領域２１Ａと、中立軸Ｓａに対する下側領域である引張応力領域２１Ｂを有している。中立軸Ｓａは、板厚方向の中心よりも圧縮応力発生領域側に位置している。中立軸Ｓａから圧縮応力発生領域側の表面までの厚さが薄くなるから、片振りの曲げ荷重の負荷時の圧縮変形を小さくすることができる。

WO 2012/127994 A1

明　細　書

発明の名称 ： 繊維強化プラスチック製ばね

技術分野

[0001] 本発明は、片振りの曲げ荷重が加えられる繊維強化プラスチック製ばねに係り、特に、圧縮応力による破壊の防止技術に関する。

背景技術

[0002] たとえば自動車分野では、曲げ荷重がかかる片振のばね（渦巻ばねや、ぜんまい、板ばね等）が用いられ、それらばねには軽量化および省スペース化が要求されている。たとえば軽量化のために、金属製ばねに代わり、繊維強化プラスチック製ばね（以下、ＦＲＰばね）を用いることが提案されている。

[0003] たとえば特許文献１の技術は、ＦＲＰばねとしてＦＲＰテーパーリーフスプリングを開示し、その技術では、長さの異なる複数のシートにガラス繊維あるいは炭素繊維を含浸させ、それらシートを重ね合わせることにより、テーパーリーフスプリングを製造している。また、特許文献２の技術は、ＦＲＰばねとしてＦＲＰリーフスプリングを開示し、その技術では、リーフ中央部を炭素繊維から構成し、リーフ表面部をガラス繊維から構成することにより、柔軟性を有するＦＲＰリーフスプリングを製造することを提案している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特公平３－８１０２２号公報

特許文献2：特開平７－７７２３１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、図４に示すように、支持部５２で支持される板ばね５１に片振りの曲げ荷重Ｐを加えた場合、荷重負荷側の上面には圧縮応力が発生し、荷

重負荷側とは反対側の下面には引張応力が発生する。なお、符号Ｓは、板ばね５１の板厚方向の中心に位置する中立軸である。

[0006] たとえばＦＲＰ板ばねとして単層構造の炭素繊維強化プラスチック製ばね（ＣＦＲＰばね）に片振りの曲げ荷重（図の矢印方向の荷重）を加えた場合、ＣＦＲＰばねの圧縮強さは引張強さの１／２～１／３程度で低いため、圧縮による座屈が生じ、圧縮応力発生領域で破壊が生じやすい。このように低い荷重で破壊するため、引張強さに優れたＣＦＲＰの特徴を十分に活用することができず、利用できるばねのエネルギー密度が実質的に小さくなってしまう。

[0007] このようなＦＲＰばねでは、圧縮応力側表面からの破壊防止について有効な技術が開発されていなかった。たとえば特許文献１の技術では、重ね合わされた複数のシートは同じ繊維を使用しており、圧縮応力側表面からの破壊防止技術は開示されていない。また、特許文献２の技術では、柔軟性のある板ばねが開示されているが、繊維の圧縮特性には着目していない。また、リーフ表面部をガラス繊維から構成しており、炭素繊維より引張り強度が低いガラス繊維を応力が高いリーフ表面部に配するのは効率的でない。

[0008] したがって、本発明は、圧縮応力による破壊を防止することができる繊維強化プラスチック製ばねを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の繊維強化プラスチック製ばね（以下、ＦＲＰばね）は、片振りの曲げ荷重が加えられる繊維強化プラスチック製ばねであって、中立軸が板厚方向の中心よりも圧縮応力発生領域側に位置していることを特徴とする。

[0010] 本発明での中立軸は、引張応力および圧縮応力が発生せず、伸びも縮みもしない軸である。本発明での引張弾性率は、引張試験で得られる引張応力－ひずみ曲線での最初の直線部分（原点を通過する直線部分、あるいは、曲線の原点での接線）を利用して次の関係式により得られる値である（参考文献：FRP設計便覧、（社）強化プラスチック協会、１９７９年）。

$$E = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon$$

なお、Ｅは引張弾性率（単位：N/mm²）、Δσは直線状の２点間の平均原断面積による応力差（単位：N/mm²）、Δεは上記２点間のひずみの差である。

[0011] 本発明のＦＲＰばねでは、中立軸が板厚方向の中心よりも圧縮応力発生領域側に位置しているから、中立軸から圧縮応力発生領域側の表面までの厚さが薄くなる。これにより、圧縮応力発生領域が小さくなるから、片振りの曲げ荷重の負荷時の圧縮変形を小さくすることができる。したがって、圧縮応力による破壊を防止することができる。また、引張応力発生領域が大きくなるから、片振りの曲げ荷重の負荷時の引張変形が大きくなるが、ＦＲＰばねは引張変形に強いから、引張応力による破壊を防止することができる。このように引張強さに優れているというＦＲＰばねの特性を有効利用することにより、発生応力による破壊を防止することができる。よって、ばね全体の破壊応力を高くすることができるから、利用できるエネルギー密度を大きくすることができる。

[0012] 本発明のＦＲＰばねは、種々の構成を用いることができる。たとえば引張弾性率の異なる繊維が積層された積層構造を用いることができる。具体的には、第１繊維層と、第１繊維層の圧縮応力発生領域側の面および引張応力発生領域側の面のそれぞれに形成された第２繊維層、、、第Ｎ繊維層（Ｎは２以上の自然数）とを備え、第１繊維層の引張弾性率E_1、第２繊維層の引張弾性率E_2、、、第Ｎ繊維層の引張弾性率E_Nはその順で小さくなるように設定されている態様を用いることができる。この態様では、最小の引張弾性率E_Nを有する第Ｎ繊維層をばねの表層部に配置しており、その第Ｎ繊維層は曲がりやすいから、座屈による折損等の破壊を効果的に防止することができる。

[0013] たとえば引張弾性率E_1を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図、引張弾性率E_2を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図、、、引張弾性率E_Nを有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図が引張圧縮試験により取得され、応力ひずみ線図のぞれぞれから引張ひずみエネルギーＵ’ｊｔと圧縮ひずみエネルギーＵ’ｊｃとのひずみエネルギー比Ｖ’ｊ（＝Ｕ’ｊ

ｔ／Ｕ’ｊｃ、ｊは１≦ｊ≦Ｎを満たす自然数）が算出され、所定の片振りの曲げ荷重負荷時の第１繊維層の引張応力発生領域の引張ひずみエネルギーＵ１ｔと第１繊維層の前記圧縮応力発生領域の圧縮ひずみエネルギーＵ１ｃとのひずみエネルギー比Ｖ１（＝Ｕ１ｔ／Ｕ１ｃ）がひずみエネルギー比Ｖ’１と等しくて、かつ所定の片振りの曲げ荷重負荷時の引張応力発生領域側の第ｊ繊維層の引張ひずみエネルギーＵｊｔと圧縮応力発生領域側の第ｊ繊維層の圧縮ひずみエネルギーＵｊｃとのひずみエネルギー比Ｖｊ（＝Ｕｊｔ／Ｕｊｃ、ｊが２以上の場合）がひずみエネルギー比Ｖ’ｊと等しくなるように中立軸の位置が設定されている態様を用いることができる。

[0014] 上記態様では、片振りの曲げ荷重の負荷時のＦＲＰばねでの応力分布に対応して、異なる引張弾性率を有する各繊維層の厚さを設定することにより中立軸の位置を設定することができるので、引張強さに優れたＦＲＰばねの特性を十分に有効利用することができる。したがって、ばね全体の破壊応力をさらに高くすることができ、その結果、利用できるエネルギー密度をさらに大きくすることができる。

[0015] たとえば圧縮ひずみエネルギーＵｊｃおよび引張ひずみエネルギーＵｊｔが数１～数３の数式に基づいて算出され、ひずみエネルギー比Ｖ’ｊとひずみエネルギー比Ｖｊとが等しくなるように、第１繊維層の圧縮応力発生領域および引張応力発生領域の厚さh_{1c}，h_{1t}、ならびに、圧縮応力発生領域側および引張応力発生領域側の第ｊ繊維層の厚さh_{jc}，h_{jt}（ｊが２以上の場合）が設定されている態様を用いることができる。なお、数１の数式について、せん断によるひずみエネルギーは、曲げによるひずみエネルギーに比べて小さいから、せん断によるひずみエネルギーを無視することができる。

[0016] [数1]

$$U=\frac{1}{2}\int_l \frac{M^2}{EI}dx+\frac{1}{2}\int_l \frac{\kappa Q^2}{GA}dx \fallingdotseq \frac{1}{2}\int_l \frac{M^2}{EI}dx$$

なお、Ｍは曲げモーメント、Ｅは引張弾性率、Ｉは断面二次モーメント、κは形状係数、Ｑはせん断力、Ｇはせん断弾性係数、Ａはばねの断面積、ｌ

はばねの長さ、ｘは長さ方向の座標軸、ｂはばねの幅である。

[0017] [数2]

$$Mjc = \frac{l}{2\rho}\int_A (\sigma jc)\eta dA = \frac{l}{2\rho}\int_{h_{(j-1)c}}^{h_{jc}} \frac{E_j}{\rho}\eta b\eta d\eta$$

なお、σｊｃは圧縮応力、ρは中立軸の曲率半径、ηは中立軸を原点としたときの厚さ方向の座標軸、h_{0c}は０である。

[0018] [数3]

$$Mjt = \frac{l}{2\rho}\int_A (\sigma jt)\eta dA = \frac{l}{2\rho}\int_{-h_{jt}}^{-h_{(j-1)t}} \frac{E_j}{\rho}\eta b\eta d\eta$$

なお、σｊｔは引張応力、ρは中立軸の曲率半径、ηは中立軸を原点としたときの厚さ方向の座標軸、$-h_{0t}$は０である。

発明の効果

[0019] 本発明のＦＲＰばねによれば、発生応力による破壊を防止することができるから、ばね全体の破壊応力を高くすることができ、これにより利用できるエネルギー密度を大きくすることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の一実施形態に係る繊維強化プラスチック製ばねの構成を表し、（Ａ）は斜視図、（Ｂ）は側面図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る繊維強化プラスチック製ばねの各繊維層の厚さを決定する手法について説明するための図であり、（Ａ）は数値計算を説明するための図であって、単純曲げの状態を表す図、（Ｂ）は第１繊維層と同じ引張弾性率を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図、（Ｃ）は第２繊維層と同じ引張弾性率を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る繊維強化プラスチック製ばねの一例の部分構

成を表す側断面図である。

[図4]片振りの曲げ荷重負荷時の従来の繊維強化プラスチック製ばねでの応力分布を説明するための図である。

符号の説明

[0021] １…ＦＲＰばね（繊維強化プラスチック製ばね）、２０…積層構造、２１…第１繊維層、２１Ａ…圧縮応力領域、２１Ｂ…引張応力領域、２２…圧縮側第２繊維層、２３…引張側第２繊維層、Ｓａ…中立軸

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図１は、本発明の一実施形態に係る繊維強化プラスチック製ばね（以下、ＦＲＰばね）の構成を表し、（Ａ）は斜視図、（Ｂ）は側面図である。図２は、本発明の一実施形態に係る繊維強化プラスチック製ばねの各繊維層の厚さを決定する手法について説明するための図である。

[0023] ＦＲＰばね１は、たとえばリーフ部１１と目玉部１２を有する板ばねである。ＦＲＰばね１は、たとえば中立軸Ｓａが板厚方向の中心よりも圧縮応力発生領域側に位置している積層構造２０を備えている。中立軸Ｓａは、片振りの曲げ荷重の負荷時に引張応力および圧縮応力が発生せず繊維が伸びも縮みもしない軸である。図１，２では、ＦＲＰばね１の上面が片振りの曲げ荷重（図４の符号Ｐ）が加えられる表面であり、積層構造２０の中立軸Ｓａに対する上側領域が、圧縮応力が発生する圧縮応力領域であり、積層構造２０の中立軸Ｓａに対する下側領域が、引張応力が発生する引張応力領域である。図２（Ａ）の符号Ｈは、ＦＲＰばね１の積層構造２０の板厚を示し、ηは中立軸Ｓａを原点としたときの厚さ方向の座標軸を示している。

[0024] 積層構造２０は、たとえば第１繊維層２１、圧縮側第２繊維層２２、および、引張側第２繊維層２３を有する３層構造である。第１繊維層２１、圧縮側第２繊維層２２、および、引張側第２繊維層２３は、たとえば繊維がばねの長手方向に配向しているＵＤ（一方向）繊維層である。

[0025] 第１繊維層２１は、引張弾性率E_1を有している。圧縮側第２繊維層２２お

よび引張側第２繊維層２３は、引張弾性率E_1よりも小さな引張弾性率E_2を有している。中立軸Ｓａは、たとえば第１繊維層２１内に位置している。第１繊維層２１は、中立軸Ｓａに対する上側領域である圧縮応力領域２１Ａと、中立軸Ｓａに対する下側領域である引張応力領域２１Ｂを有している。

[0026] 積層構造２０の各繊維層２１～２３としては、たとえばプリプレグを用いることができる。樹脂は、熱硬化性および熱可塑性のいずれでもよい。積層構造２０の各繊維層２１～２３は、フィラメントワインディング法により形成してもよい。積層構造２０の各繊維層２１～２３を構成する繊維としては、たとえば炭素繊維や、ガラス繊維、アラミド繊維（ケブラー繊維）、ボロン繊維等の強化繊維を用いることができる。炭素繊維としては、たとえばＰＡＮ系とピッチ系のいずれも用いることができる。第１繊維層２１の引張弾性率E_1と、第２繊維層２２，２３の引張弾性率E_2とが異なるように設定するためには、たとえば繊維の種類を変更してもよいし、ばねの長手方向に対する繊維の配向方向を変更してもよい。また、ＵＤ繊維層の代わりに、繊維が所定角度で交差して配置されているクロス繊維層を用いてもよい。

[0027] 本実施形態のＦＲＰばね１では、第１繊維層２１の圧縮応力発生領域側の面に圧縮側第２繊維層２２が配置され、第１繊維層２１の引張応力発生領域側の面に引張側第２繊維層２３が配置されており、ＦＲＰばね１は、本発明のＦＲＰばねにおいてＮが２の場合である。ＦＲＰばね１では、板厚方向の中心よりも圧縮応力発生領域側に位置している中立軸Ｓａの位置は、たとえば次のように設定されている。

[0028] たとえば図２（Ａ）に示すＦＲＰばね１の単純曲げの状態では、各繊維層２１～２３に曲げモーメントが発生する。第１繊維層２１の圧縮応力発生領域２１Ａの圧縮応力σ１ｃによる曲げモーメントＭ１ｃは、数２の数式においてｊ＝１の場合であって、数４の数式で表される。第１繊維層２１の引張応力発生領域２１Ｂの引張応力σ１ｔによる曲げモーメントＭ１ｔは、数３の数式においてｊ＝１の場合であって、数５の数式で表される。

[0029]

[数4]

$$M1c = \frac{l}{2\rho}\int_A (\sigma 1c)\eta dA$$
$$= \frac{l}{2\rho}\int_0^{h_{1c}} \frac{E_1}{\rho}\eta b\eta d\eta$$

[0030] [数5]

$$M1t = \frac{l}{2\rho}\int_A (\sigma 1t)\eta dA$$
$$= \frac{l}{2\rho}\int_{-h_{1t}}^{0} \frac{E_1}{\rho}\eta b\eta d\eta$$

[0031] 圧縮側第２繊維層２２の圧縮応力σ２ｃによる曲げモーメントＭ２ｃは、数２の数式においてｊ＝２の場合であって、数６の数式で表される。引張側第２繊維層２３の引張応力σ２ｔによる曲げモーメントＭ２ｔは、数３の数式においてｊ＝２の場合であって、数７の数式で表される。

[0032] [数6]

$$M2c = \frac{l}{2\rho}\int_A (\sigma 2c)\eta dA$$
$$= \frac{l}{2\rho}\int_{h_{1c}}^{h_{2c}} \frac{E_2}{\rho}\eta b\eta d\eta$$

[0033] [数7]

$$M2t = \frac{l}{2\rho}\int_A (\sigma 2t)\eta dA$$
$$= \frac{l}{2\rho}\int_{-h_{2t}}^{-h_{1t}} \frac{E_2}{\rho}\eta b\eta d\eta$$

[0034] 第１繊維層２１の圧縮応力発生領域２１Ａでの曲げモーメントＭ１ｃを数１に代入することにより、圧縮ひずみエネルギーＵ１ｃが算出され、第１繊維層２１の引張応力発生領域２１Ｂでの曲げモーメントＭ１ｔを数１に代入することにより、引張ひずみエネルギーＵ１ｔが算出される。これにより、第１繊維層２１の引張応力発生領域２１Ｂの引張ひずみエネルギーＵ１ｔと第１繊維層２１の圧縮応力発生領域２１Ａの圧縮ひずみエネルギーＵ１ｃとのひずみエネルギー比Ｖ１（＝Ｕ１ｔ／Ｕ１ｃ）が得られる。

[0035] また、圧縮側第２繊維層２２での曲げモーメントＭ２ｃを数１に代入することにより、圧縮ひずみエネルギーＵ２ｃが算出され、引張側第２繊維層２３での曲げモーメントＭ２ｔを数１に代入することにより、引張ひずみエネルギーＵ２ｔが算出される。これにより、引張側第２繊維層２３の引張ひずみエネルギーＵ２ｔと圧縮側第２繊維層２２の圧縮ひずみエネルギーＵ２ｃとのひずみエネルギー比Ｖ２（＝Ｕ２ｔ／Ｕ２ｃ）が得られる。

[0036] 応力ひずみ線図は、引張弾性率E_1を有する繊維強化プラスチックおよび引張弾性率E_2を有する繊維強化プラスチックのそれぞれに引張圧縮試験を行うことにより得られる。図２（Ｂ）は、引張弾性率E_1を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図、図２（Ｃ）は、引張弾性率E_2を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図である。図２（Ｂ）において、$-\varepsilon_{1c}$は繊維強化プラスチックの破壊時の圧縮ひずみ、ε_{1t}は繊維強化プラスチックの破壊時の引張ひずみである。図２（Ｃ）において、$-\varepsilon_{2c}$は繊維強化プラスチックの破壊時の圧縮ひずみ、ε_{2t}は、繊維強化プラスチックの破壊時の引張ひずみである。

[0037] 圧縮ひずみエネルギーは、応力ひずみ線図を原点から圧縮ひずみまで積分することにより算出される。具体的には、引張弾性率E_1を有する繊維強化プラスチックの圧縮ひずみエネルギーＵ’１ｃは、図２（Ｂ）の圧縮側の網目部分の面積であり、引張弾性率E_2を有する繊維強化プラスチックの圧縮ひずみエネルギーＵ’２ｃは、図２（Ｃ）の圧縮側の網目部分の面積である。引張ひずみエネルギーは、応力ひずみ線図を原点から引張ひずみまで積分することにより算出される。具体的には、引張弾性率E_1を有する繊維強化プラスチックの引張ひずみエネルギーＵ’１ｔは、図２（Ｂ）の引張側の網目部分の面積であり、引張弾性率E_2を有する繊維強化プラスチックの引張ひずみエネルギーＵ’２ｔは、図２（Ｃ）の引張側の網目部分の面積である。

[0038] 引張弾性率E_1を有する繊維強化プラスチックの引張ひずみエネルギーＵ’１ｔと圧縮ひずみエネルギーＵ’１ｃとのひずみエネルギー比Ｖ’１（＝Ｕ’１ｔ／Ｕ’１ｃ）が算出され、引張弾性率E_2を有する繊維強化プラスチッ

クの引張ひずみエネルギーU’２ｔと圧縮ひずみエネルギーU’２ｃとのひずみエネルギー比V’２（＝U’２ｔ／U’２ｃ）が算出される。

[0039] ＦＲＰばね１の設計では、数値計算により得られたひずみエネルギー比Ｖ１と、引張圧縮試験による応力ひずみ線図で得られたひずみエネルギー比Ｖ’１とが等しくなり、かつ数値計算により得られたひずみエネルギー比Ｖ２と、引張圧縮試験による応力ひずみ線図で得られたひずみエネルギー比Ｖ’２とが等しくなるように、第１繊維層２１の圧縮応力発生領域２１Ａの厚さh_{1c}および引張応力発生領域２１Ｂの厚さh_{1t}を設定するとともに、圧縮側第２繊維層２２の厚さh_{2c}および引張側第２繊維層２３の厚さh_{2t}を設定する。この場合、全ての層２１～２３の厚さの和（＝$h_{1c}+h_{1t}+h_{2c}+h_{2t}$）が、予め定めていた積層構造２０の板厚Ｈとなるように設定することにより、各繊維層の層厚の具体値が得られる。

[0040] 図３は、ＦＲＰばね１の一例の部分構成を表す側断面図である。たとえば繊維として炭素繊維を用い、第１繊維層２１の繊維の引張弾性率を２１０ＧＰａ、圧縮側第２繊維層２２および引張側第２繊維層２３の繊維の引張弾性率を１５０ＧＰａ、繊維体積含有率Ｖｆを６７％、ばねの板厚Ｈを１５ｍｍに定めた場合、中立軸を圧縮発生領域側の表面から５．６ｍｍの位置に設定するためには、第１繊維層２１の板厚４ｍｍ、圧縮側第２繊維層２２の板厚２ｍｍ、引張側第２繊維層２３の板厚９ｍｍに設定すればよい。

[0041] 本実施形態では、中立軸Ｓａが板厚方向の中心よりも圧縮応力発生領域側に位置しているから、中立軸Ｓａから圧縮応力発生領域側の表面までの厚さが薄くなる。これにより、圧縮応力発生領域が小さくなるから、片振りの曲げ荷重の負荷時の圧縮変形を小さくすることができる。したがって、圧縮応力による破壊を防止することができる。また、引張応力発生領域が大きくなるから、片振りの曲げ荷重の負荷時の引張変形が大きくなるが、ＦＲＰばね１は引張変形に強いから、引張応力による破壊を防止することができる。このように引張強さに優れたＦＲＰばね１の特性を有効利用することにより、発生応力による破壊を防止することができる。よって、ばね全体の破壊応力

を高くすることができるから、利用できるエネルギー密度を大きくすることができる。

[0042] 特に、最小の引張弾性率E_2を有する圧縮側第２繊維層２２および引張側第２繊維層２３をばねの表層部に配置しており、第２繊維層２２，２３は曲がりやすいから、座屈による折損等の破壊を効果的に防止することができる。また、片振りの曲げ荷重の負荷時のＦＲＰばね１での応力分布に対応して、異なる引張弾性率を有する各繊維層２１～２３の厚さを設定することにより中立軸Ｓａの位置を設定することができるので、引張強さに優れたＦＲＰばね１の特性を十分に有効利用することができる。したがって、ばね全体の破壊応力をさらに高くすることができ、その結果、利用できるエネルギー密度をさらに大きくすることができる。

請求の範囲

［請求項1］ 片振りの曲げ荷重が加えられる繊維強化プラスチック製ばねにおいて、

中立軸が板厚方向の中心よりも圧縮応力発生領域側に位置していることを特徴とする繊維強化プラスチック製ばね。

［請求項2］ 第１繊維層と、前記第１繊維層の圧縮応力発生領域側の面および引張応力発生領域側の面のそれぞれに形成された第２繊維層、、、第Ｎ繊維層（Ｎは２以上の自然数）とを備え、

前記第１繊維層の引張弾性率E_1、前記第２繊維層の引張弾性率E_2、、、前記第Ｎ繊維層の引張弾性率E_Nはその順で小さくなるように設定されていることを特徴とする請求項１に記載の繊維強化プラスチック製ばね。

［請求項3］ 前記引張弾性率E_1を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図、前記引張弾性率E_2を有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図、、、前記引張弾性率E_Nを有する繊維強化プラスチックの応力ひずみ線図が引張圧縮試験により取得され、前記応力ひずみ線図のぞれぞれから引張ひずみエネルギーＵ’ｊｔと圧縮ひずみエネルギーＵ’ｊｃとのひずみエネルギー比Ｖ’ｊ（＝Ｕ’ｊｔ／Ｕ’ｊｃ、ｊは１≦ｊ≦Ｎを満たす自然数）が算出され、

所定の片振りの曲げ荷重負荷時の前記第１繊維層の前記引張応力発生領域の引張ひずみエネルギーＵ１ｔと第１繊維層の前記圧縮応力発生領域の圧縮ひずみエネルギーＵ１ｃとのひずみエネルギー比Ｖ１（＝Ｕ１ｔ／Ｕ１ｃ）が前記ひずみエネルギー比Ｖ’１と等しくて、かつ前記所定の片振りの曲げ荷重負荷時の前記引張応力発生領域側の第ｊ繊維層の引張ひずみエネルギーＵｊｔと前記圧縮応力発生領域側の第ｊ繊維層の圧縮ひずみエネルギーＵｊｃとのひずみエネルギー比Ｖｊ（＝Ｕｊｔ／Ｕｊｃ、ｊが２以上の場合）が前記ひずみエネルギー比Ｖ’ｊと等しくなるように前記中立軸の位置が設定されていること

を特徴とする請求項２に記載の繊維強化プラスチック製ばね。

［請求項4］ 前記圧縮ひずみエネルギーＵｊｃおよび前記引張ひずみエネルギーＵｊｔが数１～数３の数式に基づいて算出され、

前記ひずみエネルギー比Ｖ’ｊと前記ひずみエネルギー比Ｖｊとが等しくなるように、前記第１繊維層の前記圧縮応力発生領域および前記引張応力発生領域の厚さh_{1c}，h_{1t}、ならびに、前記圧縮応力発生領域側および前記引張応力発生領域側の第ｊ繊維層の厚さh_{jc}，h_{jt}（ｊが２以上の場合）が設定されていることを特徴とする請求項３に記載の繊維強化プラスチック製ばね。

［数1］

$$U=\frac{1}{2}\int_l\frac{M^2}{EI}dx+\frac{1}{2}\int_l\frac{\kappa Q^2}{GA}dx\fallingdotseq\frac{1}{2}\int_l\frac{M^2}{EI}dx$$

なお、Ｍは曲げモーメント、Ｅは引張弾性率、Ｉは断面二次モーメント、κは形状係数、Ｑはせん断力、Ｇはせん断弾性係数、Ａはばねの断面積、ｌはばねの長さ、ｘは長さ方向の座標軸、ｂはばねの幅である。

［数2］

$$\begin{aligned}Mjc&=\frac{l}{2\rho}\int_A(\sigma jc)\eta dA\\&=\frac{l}{2\rho}\int_{h_{(j-1)c}}^{h_{jc}}\frac{E_j}{\rho}\eta b\eta d\eta\end{aligned}$$

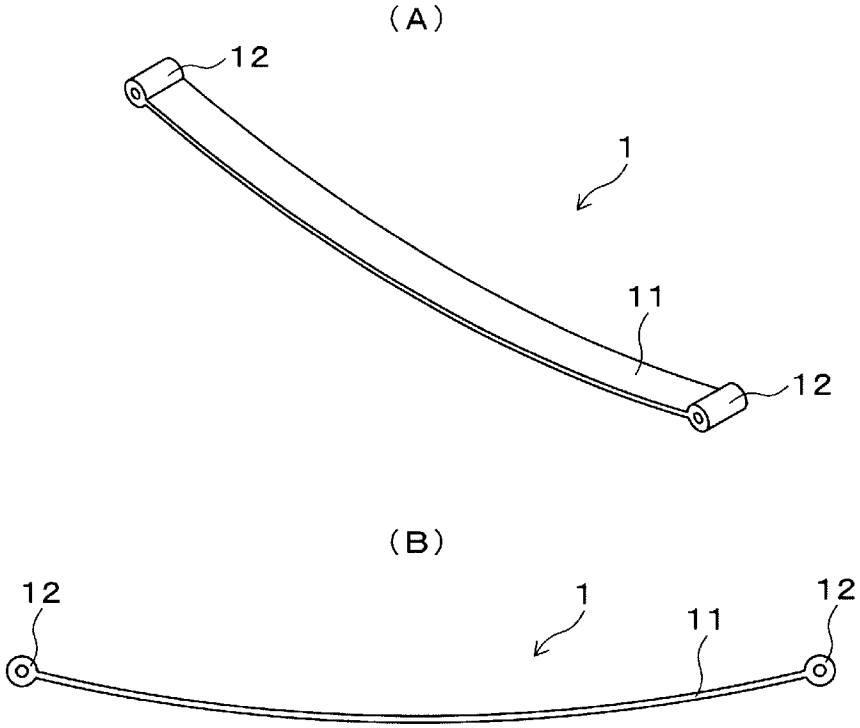
なお、σｊｃは圧縮応力、ρは中立軸の曲率半径、ηは中立軸を原点としたときの厚さ方向の座標軸、h_{0c}は０である。

［数3］

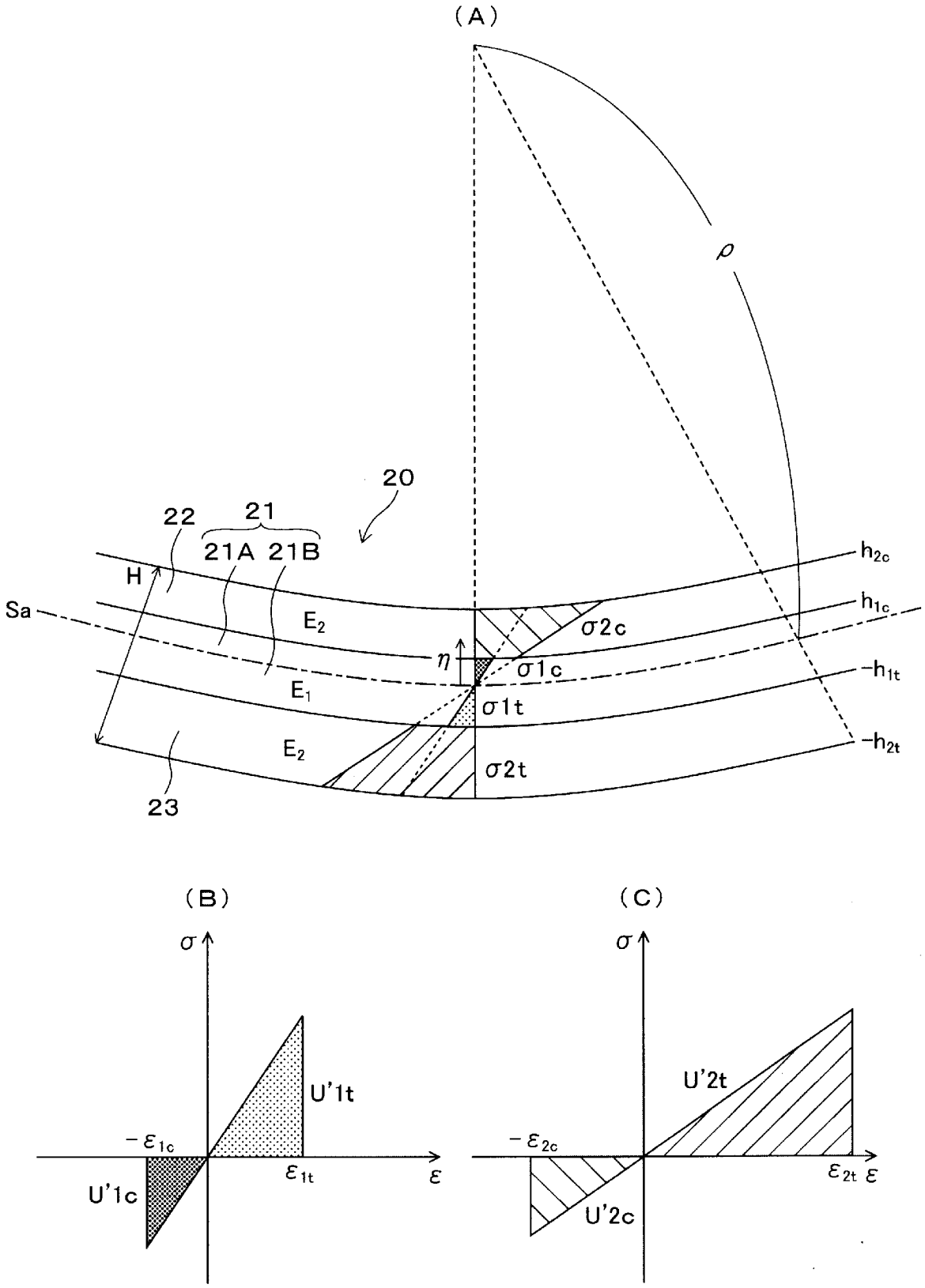
$$\begin{aligned}Mjt&=\frac{l}{2\rho}\int_A(\sigma jt)\eta dA\\&=\frac{l}{2\rho}\int_{-h_{jt}}^{-h_{(j-1)t}}\frac{E_j}{\rho}\eta b\eta d\eta\end{aligned}$$

なお、σｊｔは引張応力、ρは中立軸の曲率半径、ηは中立軸を原点としたときの厚さ方向の座標軸、$-h_{0t}$は０である。

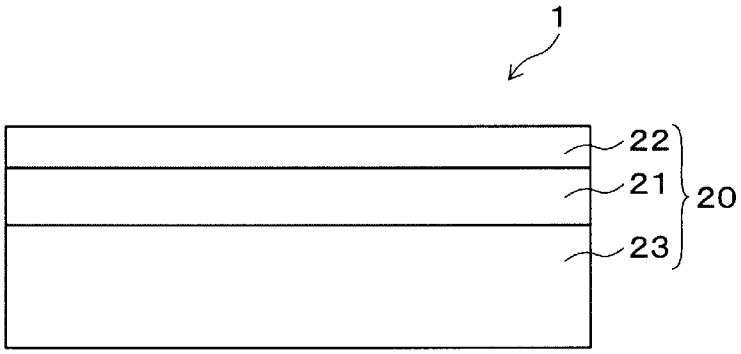
[図1]



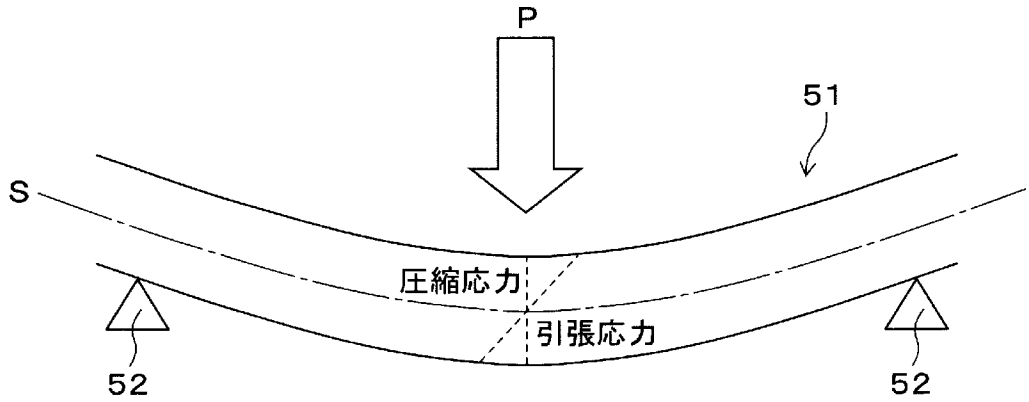
[図2]


(A)
ρ
20
22
21
21A 21B
H
Sa
E2
E1
E2
η
σ2c
σ1c
σ1t
σ2t
h2c
h1c
-h1t
-h2t
23
(B)
σ
U'1t
-ε1c
ε1t
ε
U'1c
(C)
σ
U'2t
-ε2c
ε2t
ε
U'2c

[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/054749

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16F1/18(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)
F16F1/18, B60G11/02

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 Y A	JP 58-54241 A (Hino Motors, Ltd.), 31 March 1983 (31.03.1983), claims; page 1, lower right column, line 18 to page 2, lower right column, line 4; fig. 1 to 7 (Family: none)	1 2 3-4
Y A	JP 2005-521002 A (Pacific Coast Composites), 14 July 2005 (14.07.2005), paragraphs [0015] to [0022]; fig. 1 to 2 & WO 2003/081076 A2 & US 2003/0178756 A1 & US 6679487 B2	2 3-4
A	JP 59-34036 A (NHK Spring Co., Ltd.), 24 February 1984 (24.02.1984), entire text (Family: none)	1-4

☒ 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 09 May, 2012 (09.05.12)	Date of mailing of the international search report 22 May, 2012 (22.05.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/054749

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-54892 A (Eaton Corp.), 28 February 1995 (28.02.1995), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 7-27160 A (Eaton Corp.), 27 January 1995 (27.01.1995), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 62-24039 A (NHK Spring Co., Ltd.), 02 February 1987 (02.02.1987), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 55-54737 A (Toho Besuron Kabushiki Kaisha), 22 April 1980 (22.04.1980), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 57-110838 A (Hino Motors, Ltd.), 09 July 1982 (09.07.1982), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 2-248728 A (Iveco Fiat S.p.A.), 04 October 1990 (04.10.1990), entire text & EP 384899 A1	1-4
A	JP 7-77231 A (Toyota Motor Corp.), 20 March 1995 (20.03.1995), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 2001-523793 A (Pacific Coast Composites), 27 November 2001 (27.11.2001), entire text & US 6012709 A & WO 1999/007566 A1	1-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０５４７４９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16F1/18(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.　F16F1/18, B60G11/02

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 Y A	JP 58-54241 A（日野自動車工業株式会社）1983.03.31，特許請求の範囲，第１ページ右下欄第１８行－第２ページ右下欄第４行，第１－７図（ファミリーなし）	1 2 3－4
Y A	JP 2005-521002 A（パシフィック　コースト　コンポジッツ）2005.07.14，［００１５］－［００２２］，図１－２ & WO 2003/081076 A2 & US 2003/0178756 A1 & US 6679487 B2	2 3－4

☑ 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	国際調査報告の発送日
０９．０５．２０１２	２２．０５．２０１２

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｗ　４４１７
鎌田　哲生
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６８

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 59-34036 A（日本発条株式会社）1984.02.24，全文（ファミリーなし）	１－４
A	JP 7-54892 A（イートン　コーポレーション）1995.02.28，全文（ファミリーなし）	１－４
A	JP 7-27160 A（イートン　コーポレーション）1995.01.27，全文（ファミリーなし）	１－４
A	JP 62-24039 A（日本発条株式会社）1987.02.02，全文（ファミリーなし）	１－４
A	JP 55-54737 A（東邦ベスロン株式会社）1980.04.22，全文（ファミリーなし）	１－４
A	JP 57-110838 A（日野自動車工業株式会社）1982.07.09，全文（ファミリーなし）	１－４
A	JP 2-248728 A（イヴエコ・フイアツト・ソシエタ・ベル・アチオーニ）1990.10.04，全文 & EP 384899 A1	１－４
A	JP 7-77231 A（トヨタ自動車株式会社）1995.03.20，全文（ファミリーなし）	１－４
A	JP 2001-523793 A（パシフィック・コースト・コンポジティズ）2001.11.27，全文 & US 6012709 A & WO 1999/007566 A1	１－４