

(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2012-166310

(P2012-166310A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

(51) Int.Cl.
B23Q 1/01 (2006.01)F1
B23Q 1/01テーマコード (参考)
3C048

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2011-29593 (P2011-29593)
(22) 出願日 平成23年2月15日 (2011.2.15)(71) 出願人 000006208
三菱重工業株式会社
東京都港区港南二丁目16番5号
(74) 代理人 100100077
弁理士 大場 充
(74) 代理人 100136010
弁理士 堀川 美夕紀
(72) 発明者 平野 敏行
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重
工業株式会社内
(72) 発明者 井上 淳司
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重
工業株式会社内

最終頁に続く

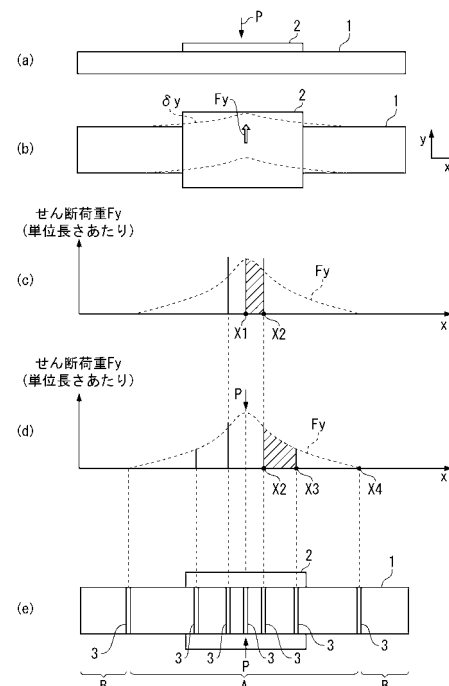
(54) 【発明の名称】 工作機械のベッド

(57) 【要約】

【課題】要求される剛性を確保することを前提にしながらも、実質的に軽量化を計ることのできる工作機械のベッドを提供する。

【解決手段】(1) 最大のせん断荷重 F_y が作用する加工点 P に対応する位置 x_1 にはリブ 3 を配置する。(2) せん断荷重が作用する領域 A では、位置 x_1 を基準にしてせん断応力 が基準せん断応力 r に到達する位置 x_2 に次のリブ 3 を配置し、次いで位置 x_2 を基準にしてせん断応力 が基準せん断応力 r に到達する位置 x_3 に次のリブ 3 を配置し、さらに位置 x_3 を基準にしてせん断応力 が基準せん断応力 r に到達する位置 x_4 に次のリブ 3 を配置する。(3) せん断応力 (せん断荷重 F_y) が作用しない領域 B にはリブ 3 を配置しない。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークを支持するテーブルが長手方向に沿って往復摺動可能に搭載される工作機械のベッドであって、

前記ベッドには幅方向に沿って複数のリブが前記長手方向に間隔を空けて配置され、

前記リブは、

工具が前記ワークに作用する加工点に対応する位置 x_1 と、

位置 x_{n-1} (n は 2 以上の整数) を基準にして、前記工具が前記ワークに作用することにより前記ベッドに生ずるせん断応力 τ が、予め定められる基準せん断応力 τ_r に到達する位置 x_n と、に基づいて、配置される、

ことを特徴とする工作機械のベッド。

10

【請求項 2】

ワークを支持するテーブルが長手方向に沿って往復摺動可能に搭載される工作機械のベッドであって、

前記ベッドには幅方向に沿って複数のリブが前記長手方向に間隔を空けて配置され、

前記リブは、

工具が前記ワークに作用する加工点に対応する位置 x_1 と、

位置 $(x, z)_{n-1}$ (n は 2 以上の整数) を基準にして、せん断応力 τ が基準せん断応力 τ_r に到達する位置 x_n と、鉛直応力 σ が基準鉛直応力 σ_r に到達する位置 z_n と、を比較し、 $(x, z)_{n-1}$ に近い位置 x_n または位置 z_n に基づいて、配置される、

ことを特徴とする工作機械のベッド。

20

【請求項 3】

せん断応力 τ が作用しない領域には、前記リブが配置されない、
請求項 1 に記載の工作機械のベッド。

【請求項 4】

せん断応力 τ 及び鉛直応力 σ が作用しない領域には、前記リブが配置されない、
請求項 2 に記載の工作機械のベッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械において、ワーク（被工作物）が載せられるテーブルが往復摺動するベッドに関する。

30

【背景技術】

【0002】

マシニングセンタ、旋盤、研削盤等の各種工作機械のベッドは鋳物で中空状に形成されており、その中空部分に機械剛性を高くすることを目的としてリブが配置されている。このリブは、通常、厚みが同じで、かつ等間隔で配置されていた。

【0003】

従来、ベッドは機械剛性向上を目的に作製されているために重量が重くなり、そのために工作機械全体としての重量が大きくなる傾向にあった。ところが、このような工作機械においても、軽量化の要請がなされている。

40

そこでベッドの軽量化を通じて工作機械の軽量化を計ることを目的とする特許文献 1 が提案されている。特許文献 1 は、図 5 に示されるように、ベッド 100 を支持するための支持点 A を結んだ線の周辺を特に強化する為の補強部材を設けるとの思想に立脚するものであり、ベッド 100 の各支持点 A を結ぶ線上に他のリブ 101 より厚みが厚い第 1 リブ 102 を設ける。また、ベッド 100 上部に敷設された移動体の案内手段の下方に他のリブ 101 よりも厚みが厚い第 2 リブ 103 を設ける。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

50

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 2 9 6 6 0 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

特許文献 1 の提案は、剛性を上げたいベッド 1 0 0 の各支持点 A を基準にリブを積極的に配置することで、軽量化を図りながらも、ベッドの剛性を確保できるも点で優れている。しかしながら、特許文献 1 の提案は、図 5 から明らかなように、新たなリブ（第 1 リブ 1 0 2、第 2 リブ 1 0 3）を追加するものであるから、他のリブ 1 0 1 の厚みを薄くしたとしても、実質的な意味で軽量化できる程度は小さいものと解される。

本発明は、このような課題に基づいてなされたもので、要求される剛性を確保することを前提にしながらも、実質的に軽量化を計ることのできる工作機械のベッドを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 6】

工作機械のベッド（以下、単にベッドと言う）は、ワークの加工精度を確保するために、加工中の反力に対抗する剛性を有することが必要である。ところが、特許文献 1 ではベッド 1 0 0 の支持点 A を基準にしてリブを増設することを検討しており、加工中の反力を十分に反映しているとは言い難い。そこで本発明は、ワークに対して加工用の工具が作用する点である加工点を基準にして当該ベッドに許容される変位を考慮することで、リブを設ける位置を最適化する。

すなわち本発明は、ワークを支持するテーブルが長手方向に沿って往復摺動可能に搭載される工作機械のベッドに関する。このベッドには幅方向に沿って複数のリブが長手方向に間隔を空けて配置されている。

本発明は、工具がワークに作用する加工点に対応する位置 x_1 に、リブが配置される。

さらに本発明は、位置 x_1 を基準にして、工具がワークに作用することによりベッドに生ずるせん断応力 τ が、予め定められる基準せん断応力 r に到達する位置 x_2 に基づいて、リブが配置される。

次に、位置 x_2 を基準にして、せん断応力 τ が基準せん断応力 r に到達する位置 x_3 に基づいて、リブが配置される。以後、同様にしてリブが配置される位置が特定される。

このように、 x_1 の以降にリブが配置される位置 x_n は、位置 x_{n-1} を基準にして、せん断応力 τ が基準せん断応力 r に到達する位置となる。ただし、 n は 2 以上の整数である。

一方で、せん断応力 τ が作用しない領域にはリブを配置しないことが、ベッドの軽量化にとって好ましい。

【0 0 0 7】

本発明は、せん断応力 τ に加えて、工具がワークに作用することによりベッドに生ずる鉛直応力 σ を考慮することが好ましい。

この場合も、工具がワークに作用する加工点に対応する位置 x_1 に、リブが配置される。

さらに本発明は、位置 x_1 を基準にして、工具がワークに作用することによりベッドに生ずるせん断応力 τ が、予め定められる基準せん断応力 r に到達する位置 x_2 と、位置 x_1 を基準にして、工具がワークに作用することによりベッドに生ずる鉛直応力 σ が、予め定められた基準鉛直応力 σ_r に到達する位置 z_2 と、を比較し、位置 x_1 に近い位置 x_2 または位置 z_2 に基づいてリブが配置される。ここでは仮に位置 x_2 が位置 x_1 に近いものとする。

次に、先行して特定される位置 x_2 を基準にして、せん断応力 τ が基準せん断応力 r に到達する位置 x_3 と、鉛直応力 σ が基準鉛直応力 σ_r に到達する位置 z_3 と、を比較し、位置 x_2 に近い、位置 x_3 または位置 z_3 に基づいてリブが配置される。以後、同様にリブが配置される位置が特定される。

このように、位置 x_1 の以降にリブが配置される位置は、位置 $(x, z)_{n-1}$ を基準

10

20

30

40

50

にして、せん断応力 τ が基準せん断応力 τ_r に到達する位置 x_n と、鉛直応力 σ が基準鉛直応力 σ_r に到達する位置 z_n と、を比較し、位置 $(x, z)_{n-1}$ に近い位置に特定される。ただし、 n は 2 以上の整数である。本発明において、 $(x, z)_{n-1}$ は、位置 x_{n-1} と位置 z_{n-1} の両者を含む意味を有するが、次にリブが配置される位置を特定する場合には、先行して特定される位置に近い方が選択されるものとする。

一方で、せん断応力 τ 及び鉛直応力 σ が作用しない領域にはリブを配置しないことが、ベッドの軽量化にとって好ましい。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、剛性を確保しつつ、最小限のリブの数でせん断変形、さらには鉛直変形を効率的に低減できるので、工作機械の軽量化に寄与する。また、各リブが受け持つせん断応力、鉛直応力を均等にすることで、せん断変形量、鉛直変形量をベッドの長手方向に均一にできるので、加工精度向上に有利である。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施形態において、せん断荷重に基づいてベッドにリブを設ける位置を設定する手順を示し、(a)はベッドの側面図、(b)はベッドの平面図、(c)、(d)はベッドの位置とせん断荷重の関係を示すグラフ、(e)はベッドの背面図である。

【図2】(a)は第1実施形態においてせん断応力を求める式(1)を示し、(b)はせん断荷重が加わったときのリブの変形を模式的に示す図である。

【図3】第2実施形態において、せん断荷重及び鉛直荷重に基づいてベッドにリブを設ける位置を設定する手順を示し、(a)はベッドの側面図、(b)はベッドの平面図、(c)、(d)、(e)はベッドの位置とせん断荷重の関係を示すグラフ、(f)はベッドの位置と鉛直荷重の関係を示すグラフである。

【図4】(a)は第2実施形態において、せん断応力を求める式(1)及び鉛直応力を求める式(2)示し、(b)はせん断荷重及び鉛直荷重が加わったときのリブの変形を模式的に示す図である。

【図5】特許文献1に開示されるベッドを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

[第1実施形態]

以下、添付図面に示す実施の形態に基づいてこの発明を詳細に説明する。

図1(a)、(b)に示されるように、工作機械に組み込まれるベッド1の上にはテーブル2が搭載されており、このテーブル2はベッド1の上をその長手方向(図中、x方向)に往復摺動可能とされている。ワーク(図示省略)はこのテーブル2の上にチャックなどの公知の手段により固定、支持された状態で図示を省略する工具により所望の加工が施される。この工具はベッド1に対して位置が固定されているので、加工中にワークに対して工具が作用する加工点Pは定位置となる。なお、この加工点Pはベッド1の長手方向における位置を示している。

ワークを加工している間に、ベッド1にはワーク及びテーブル2を介して、図1(b)に示すようにせん断荷重 F_y が加工点Pに加わる。したがって、加工中にはベッド1にせん断変形 y が水平方向(図中、y方向)に生じようとする。第1実施形態はこのせん断変形に着目して、ベッド1に設けるリブ3の配置を設定する。

【0011】

ベッド1の幅方向に作用するせん断荷重 F_y は、加工点Pを最大とする曲線状に分布する(図1(b)、(c)、(d))。このせん断荷重 F_y は、通常、加工点Pに対して対称となる。なお、せん断荷重 F_y の分布は、よく知られているように、ベッド1の仕様に基づいてFEM解析(有限要素法: Finite Element Method)などによって求めることができる。

【0012】

第1実施形態では、このせん断荷重 F_y の分布に基づいて、リブ3の配置を以下のようにして特定する。ベッド1の幅方向に沿う複数のリブ3は、長手方向に間隔を空けてベッド1に配置されている。

(1) 最大のせん断荷重 F_y が作用する加工点Pに対応する位置 x_1 にはリブ3を配置する(図1(c)、(d))。

(2) せん断荷重が作用する領域Aでは、各リブ3が受け持つせん断力が均等になるように、単位長さあたりのせん断荷重 F_y を積分した値、つまりせん断応力 σ が予め設定される基準せん断応力 r に到達する位置にリブ3を配置する。つまり、位置 x_1 を基準にしてせん断応力 σ が基準せん断応力 r に到達する位置 x_2 に次のリブ3を配置し、次いで位置 x_2 を基準にしてせん断応力 σ が基準せん断応力 r に到達する位置 x_3 に次のリブ3を配置し、さらに位置 x_3 を基準にしてせん断応力 σ が基準せん断応力 r に到達する位置 x_4 に次のリブ3を配置する。なお、位置 x_3 、位置 x_4 は、位置 x_1 を基準にすると、各々、せん断応力 σ が $2 \times r$ に到達する位置、せん断応力 σ が $3 \times r$ に到達する位置である。

つまり、 x_1 の以降にリブ3が配置される位置 x_n は、位置 x_{n-1} を基準にして、せん断応力 σ が基準せん断応力 r に到達する位置となる。ただし、 n は2以上の整数である。

せん断応力 σ が基準せん断応力 r に到達するか否かは、図2(a)の式(1)に基づいて判断される。この式(1)において、左辺がせん断応力 σ を、また、右辺が基準せん断応力 r である。また、せん断方向の変位の許容値 y は、工作機械の仕様により決定される値であるから、許容値 y はベッド1が適用される機種によって異なるが、例えば $10 \mu m$ などと設定される。

なお、加工点Pに対応する位置 x_1 、せん断応力 σ が基準せん断応力 r に到達する位置 x_2 、位置 x_3 、位置 x_4 等に対して、若干の幅を持たせてリブ3を配置することを本発明は包含する。

(3) せん断応力 σ (せん断荷重 F_y) が作用しない領域Bにはリブ3を配置しない。

【0013】

以上説明したように第1実施形態は、せん断荷重が作用する領域Aにおいて、加工点Pに近いほどリブ3の間隔を密にするというように、せん断荷重 F_y の分布に基づいてリブ3の配置を設定する一方、せん断荷重が作用しない領域Bにはリブ3を配置しない。したがって、剛性を確保しつつ、最小限のリブ3の数でせん断変形を効率的に低減できるので、工作機械の軽量化に寄与する。

また、各リブ3が受け持つせん断応力 σ (せん断荷重) を均等にすることで、せん断変形量をベッド1の長手方向に均等にできる。せん断変形が生じたとしても、せん断応力による変位量が均等であればワークの加工精度に悪影響を及ぼしにくいため、第1実施形態は加工精度向上に有利である。

【0014】

[第2実施形態]

以下、本発明による第2実施形態について説明する。

第2実施形態は、せん断荷重に加えてベッド1に加わる鉛直方向の荷重によるベッド1の鉛直方向の変形をも考慮して、リブ3の配置を設定する。せん断荷重については第1実施形態において説明したので、以下では鉛直荷重を中心にして説明する。

ワークを加工している間に、ベッド1にはワーク及びテーブル2を介して、図3(a)に示すように鉛直荷重 F_z (及びせん断荷重 F_y) が加工点Pに加わる。したがって、加工中にはベッド1に鉛直変形 z (及びせん断変形 y) が生じようとする。鉛直変形 z は、鉛直方向下向きの曲げ変形である。

ベッド1の厚さ方向に作用する鉛直荷重 F_z は、加工点Pを最大とする曲線状に分布する(図3(a)、(d)、(f))。この鉛直荷重 F_z は、通常、加工点Pに対して対称となる。なお、鉛直荷重 F_z の分布は、よく知られているように、ベッド1の仕様に基づいてFEM解析などによって求めることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

第 2 実施形態では、この鉛直荷重 F_z 及びせん断荷重 F_y の分布に基づいて、リブ 3 の配置を以下のようにして特定する。

(1) 最大の鉛直荷重 F_z 及びせん断荷重 F_y が作用する加工点 P に対応する位置 z_1 ($= x_1$) にはリブ 3 を配置する (図 1 (c) 、 (e)) 。

【 0 0 1 6 】

(2) 鉛直荷重 F_z 及びせん断荷重 F_y が作用する領域は、各リブ 3 が受け持つ鉛直力及びせん断力が均等になるようにする。この場合、鉛直荷重に基づいて設定されるリブ 3 の配置位置と、せん断荷重に基づいて設定されるリブ 3 の配置位置と、を比較してリブ 3 を配置する位置が以下のようにして決定される。

単位長さあたりの鉛直荷重 F_z を積分した値、つまり鉛直応力 σ_z が予め設定される基準鉛直応力 r に到達する位置を、リブ 3 を配置する候補とする。

鉛直応力 σ_z が基準鉛直応力 r に到達するか否かは、図 4 (a) の式 (2) に基づいて判断される。この式 (2) において、左辺が鉛直応力 σ_z を、また、右辺が基準鉛直応力 r である。また、鉛直方向の変位の許容値 δ_z は、工作機械の仕様により決定される値であるから、許容値 δ_z はベッド 1 が適用される機種によって異なるが、例えば $10 \mu m$ などと設定される。

【 0 0 1 7 】

一方、せん断荷重 F_y に関しては第 1 実施形態にて説明したのと同様に、位置 x_2 がリブ 3 を配置する候補とする。

第 2 実施形態では、鉛直荷重 (鉛直応力 σ_z) に基づいて特定された位置 z_2 と、せん断荷重 (せん断応力 σ_y) に基づいて特定された位置 x_2 を比較し、位置 x_1 ($= z_1$) から近い位置 x_2 の方が位置 x_1 の次にリブ 3 を配置する位置に決定される。この場合、位置 z_2 にはリブ 3 を配置しない。

【 0 0 1 8 】

(3) 次に、リブを配置した位置 x_2 を基準として、鉛直荷重に基づいて設定されるリブ 3 の配置位置と、せん断荷重に基づいて設定されるリブ 3 の配置位置と、を比較して次のリブ 3 を配置する位置が以下のようにして決定される。

リブを配置することを決定した位置 x_2 を基準にして、鉛直応力 σ_z が予め設定される基準鉛直応力 r に到達する位置 z_3 を、次のリブ 3 を配置する候補とする。

せん断荷重 F_y に関しても同様に、リブ 3 を配置することを決定した位置 x_2 を基準にして、せん断応力 σ_y が予め設定される基準せん断応力 r に到達する位置 x_3 を、次のリブ 3 を配置する候補とする。

鉛直荷重 (鉛直応力 σ_z) に基づいて特定された位置 z_3 と、せん断荷重 (せん断応力 σ_y) に基づいて特定された位置 x_3 を比較し、位置 x_1 ($= z_1$) から近い位置 z_3 の方が位置 x_2 の次にリブ 3 を配置する位置に決定される。この場合、位置 x_3 にはリブ 3 を配置しない。

以降、同様に、順次リブを配置することを決定した位置を基準として、次のリブ 3 が配置される位置が特定される。

つまり、位置 x_1 の以降にリブが配置される位置は、位置 $(x, z)_{n-1}$ を基準にして、せん断応力 σ_y が基準せん断応力 r に到達する位置 x_n と、鉛直応力 σ_z が基準鉛直応力 r に到達する位置 z_n と、を比較し、位置 $(x, z)_{n-1}$ に近い位置に特定される。ただし、 n は 2 以上の整数である。

(4) 鉛直応力 (鉛直荷重 F_z) 及びせん断応力 (せん断荷重 F_y) が作用しない領域にはリブ 3 を配置しない。

【 0 0 1 9 】

以上説明した第 2 実施形態は、鉛直荷重をも考慮しているので、実際に生ずるであろう変形を反映したリブ 3 の配置を実現できる。

また第 2 実施形態は、鉛直荷重及びせん断荷重が作用する領域において、加工点 P に近いほどリブ 3 の間隔を密にするというように、鉛直荷重及びせん断荷重の分布に基づいて

10

20

30

40

50

リブ 3 の配置を設定する一方、鉛直荷重及びせん断荷重が作用しない領域にはリブ 3 を配置しない。したがって、剛性を確保しつつ、最小限のリブ 3 の数で曲げ変形及びせん断変形を効率的に低減できるので、工作機械の軽量化に寄与する。

さらに第 2 実施形態は、各リブ 3 が受け持つせん断応力、鉛直応力を均等にすることで、加工精度向上にとってより有利である。

【 0 0 2 0 】

なお、上記実施形態では幅方向に沿うリブ 3 のみを設けたベッド 1 を示したが、本発明は長手方向に沿うリブ 3 を設けることもできる。また、ベッド 1 の周縁には外枠を設けることができる。

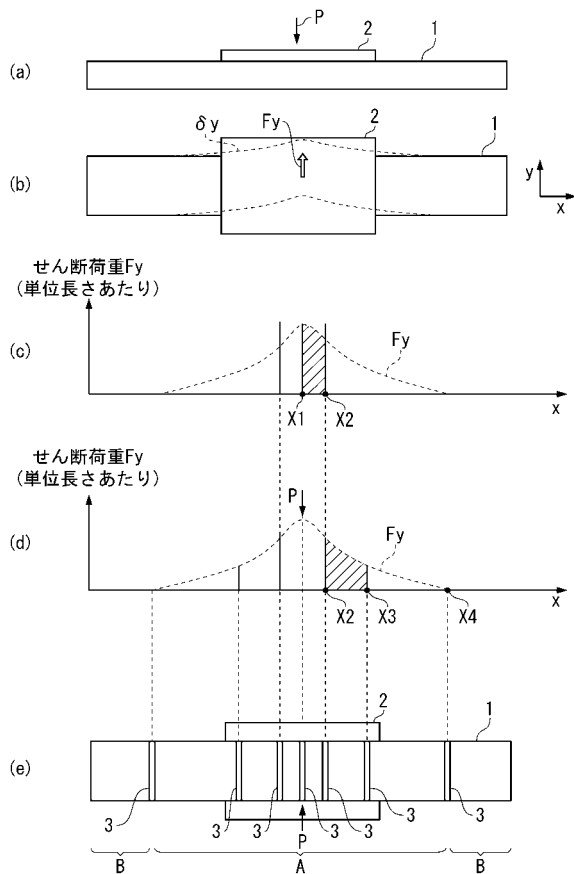
これ以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施の形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更することが可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 1 】

- 1 ベッド
- 2 テーブル
- 3 リブ

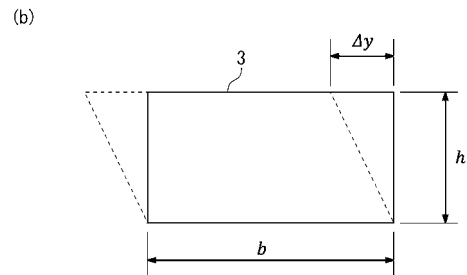
【 図 1 】



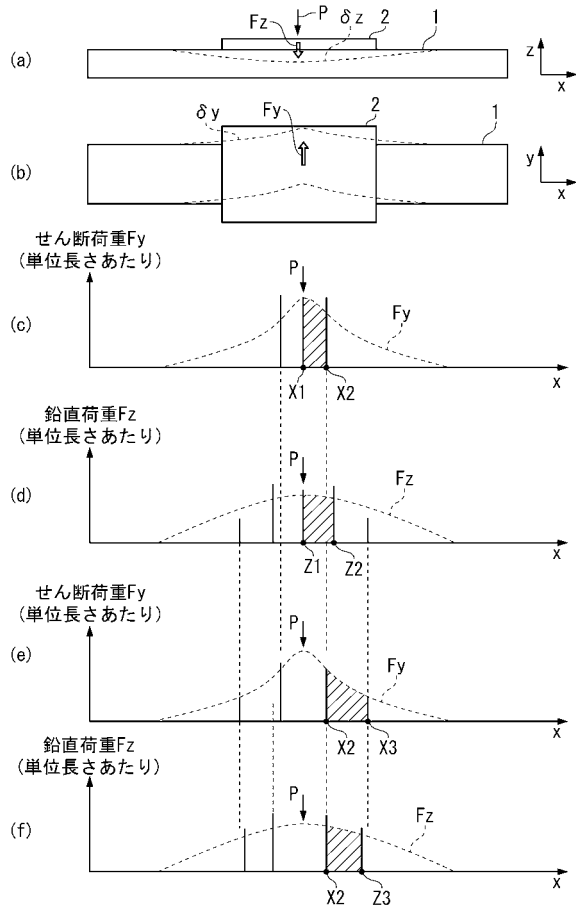
【 図 2 】

$$(a) \quad \frac{\int F_y dx}{bt} = G \frac{\Delta y}{h} \quad \dots \text{式(1)}$$

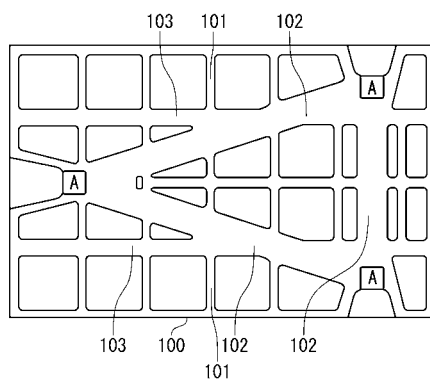
F_y : 単位長さあたりのせん断荷重 (N/mm)
 G : リブのせん断剛性 (N/mm²)
 b : リブの幅 (ベッドの幅) (mm)
 t : リブの厚み (mm)
 h : リブの高さ (ベッドの高さ) (mm)
 Δy : せん断方向の変位の許容値 (mm)



【図 3】



【図 5】



【図 4】

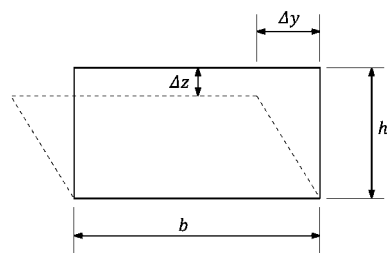
(a)

$$\frac{\int F_y dx}{bt} = G \frac{\Delta y}{h} \dots \text{式 (1)}$$

$$\frac{\int F_z dx}{bt} = E \frac{\Delta z}{h} \dots \text{式 (2)}$$

F_y : 単位長さあたりのせん断荷重 (N/mm)
 F_z : 単位長さあたりの鉛直方向荷重 (N/mm)
 G : リブのせん断剛性 (N/mm²)
 E : リブのヤング率 (N/mm²)
 b : リブの幅 (ベットの幅) (mm)
 t : リブの厚み (mm)
 h : リブの高さ (ベットの高さ) (mm)
 Δy : せん断方向の変位の許容値 (mm)
 Δz : 鉛直方向の変位の許容値 (mm)

(b)



フロントページの続き

- (72)発明者 村上 健
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 条 隆行
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- Fターム(参考) 3C048 BB01 EE07