(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2019-118917
(P2019-118917A)
(43)公開日　令和1年7月22日(2019.7.22)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B21D 3/05	(2006.01)	B21D	3/05	D	
		B21D	3/05	M	

審査請求 未請求　請求項の数 5　ＯＬ　（全 16 頁）

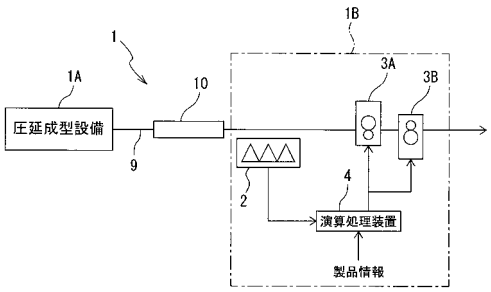
(21)出願番号　特願2017-253533 (P2017-253533)
(22)出願日　平成29年12月28日 (2017.12.28)

(71)出願人　000001258
ＪＦＥスチール株式会社
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
(74)代理人　100066980
弁理士　森　哲也
(74)代理人　100103850
弁理士　田中　秀▲てつ▼
(74)代理人　100105854
弁理士　廣瀬　一
(74)代理人　100116012
弁理士　宮坂　徹
(72)発明者　前野　光彦
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】形鋼の曲がり矯正方法及び形鋼の製造方法

(57)【要約】
【課題】より正確に形鋼の曲がりを矯正する。
【解決手段】ウェブ及びウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有する形鋼１０のウェブ高さ方向での曲がりを矯正する方法であって、曲がり形状測定工程で得られた曲がり形状曲線に基づいて、フランジの圧延条件を決定する圧延条件決定工程を備えている。そして、圧延条件決定工程は、形鋼の長手方向に複数の区間を設定し、各区間での前記形鋼の単位長さ当たりの曲がり量の平均値に基づき、フランジの圧延条件を決定するものであり、各区間の長さについて、形鋼の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が最小となるように各区間の長さを決定する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ウェブ及び前記ウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有する形鋼の前記ウェブ高さ方向での曲がりを矯正する方法であって、
前記形鋼の長手方向に亘り、前記形鋼の前記ウェブ高さ方向の単位長さ当たりの曲がり形状曲線を得る曲がり形状測定工程と、
前記曲がり形状測定工程で得られた曲がり形状曲線に基づいて、前記フランジの圧延条件を決定する圧延条件決定工程と、
前記圧延条件決定工程により決定された圧延条件に従い、前記形鋼の長手方向に亘って前記フランジを圧延する圧延矯正工程とを備え、
前記圧延条件決定工程は、
前記形鋼の長手方向に複数の区間を設定し、前記各区間での前記形鋼の単位長さ当たりの曲がり量の平均値に基づき、前記フランジの圧延条件を決定するものであり、
前記各区間の長さについて、前記形鋼の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、前記各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が最小となるように前記各区間の長さを決定することを特徴とする形鋼の曲がり矯正方法。
【請求項２】
前記各区間の長さは、予め定めた長さの許容値以上となるように決定することを特徴とする請求項１に記載の形鋼の曲がり矯正方法。
【請求項３】
ウェブ及び前記ウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有する形鋼の前記ウェブ高さ方向での曲がりを矯正する方法であって、
前記形鋼の長手方向に亘り、前記形鋼の前記ウェブ高さ方向の単位長さ当たりの曲がり形状曲線を得る曲がり形状測定工程と、
前記曲がり形状測定工程で得られた曲がり形状曲線に基づいて、前記フランジの圧延条件を決定する圧延条件決定工程と、
前記圧延条件決定工程により決定された圧延条件に従い、前記形鋼の長手方向に亘って前記フランジを圧延する圧延矯正工程とを備え、
前記圧延条件決定工程は、
前記形鋼の長手方向に複数の区間を設定し、前記各区間での前記形鋼の単位長さ当たりの曲がり量の平均値に基づき、前記フランジの圧延条件を決定するものであり、
前記各区間の長さについて、前記形鋼の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、前記各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が許容値以下となるように前記各区間の長さを決定することを特徴とする形鋼の曲がり矯正方法。
【請求項４】
前記各区間の長さは、長さの許容値以上となるように決定することを特徴とする請求項３に記載の形鋼の曲がり矯正方法。
【請求項５】
請求項１から４の何れか一項に記載の形鋼の曲がり矯正方法を実施する曲がり矯正工程を備えたことを特徴とする形鋼の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、形鋼の曲がり矯正方法及び形鋼の製造方法に関し、特に、ウェブ及び該ウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有するＨ形鋼の曲がり矯正方法及びその曲がり矯正方法を実施する曲がり矯正工程を備えた形鋼の製造方法に適用して有効な技術に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
図１２に示すように、形鋼としてのＨ形鋼１００は、ウェブ１０１と、ウェブ１０１の

高さ方向両側にそれぞれ設けられた２つのフランジ１０２，１０２と、を有している。このようなＨ形鋼は、ビームブランクやブルームなどの被圧延材を加熱炉で加熱した後、通常、ユニバーサル圧延によって製造される。ユニバーサル圧延機は、上下一対の水平ロールと、左右一対の垂直ロールとを備えた圧延機であり、被圧延材のウェブ部とフランジ部とをこれらのロールで圧下することによってＨ形鋼の製品形状としていく。

【０００３】

成型されたＨ形鋼は、熱間圧延時のフランジの圧下率差や冷却時の温度差などによって、曲がりや反りが生じる場合がある。すなわち、Ｈ形鋼を圧延製造する場合には、図１２の（ａ）に示すように、Ｈ形鋼１００に、ウェブ１０１の高さ方向での曲がり（曲がり量を符号δで示す）や、あるいは、図１３の（ａ）に示すように、ウェブ１０１の厚さ方向での反り（反り量を符号Ｓｗで示す）が、長手方向の全体又は一部に生じる場合がある。そのため、成型したＨ形鋼を冷却床で冷却後に、曲がりや反りを所望の形状に矯正して製品とされる。

【０００４】

このような曲がりや反りを減少させる方法として、ユニバーサル圧延での圧延条件を調整する方法が知られている。しかしながら、Ｈ形鋼の曲がりや反りの発生には、ユニバーサル圧延での圧下のアンバランスや被圧延材の形状不良などが影響している。すなわち、Ｈ形鋼の曲がりや反りの発生には、ユニバーサル圧延機や被圧延材が有する種々の上下左右方向の非対称圧延要素が影響している。よって、これら全ての要因に対応してユニバーサル圧延機の圧延条件を微妙に調整することは非常に困難である。

そのため、圧延条件の調整でも曲がりや反りを防止できない場合は、圧延後にＨ形鋼を温間又は冷間で矯正することが不可欠となる。このような反りに対しては、通常、ローラー矯正機によってオンラインで矯正を行っているが、曲がりに対しては、反りと比較して矯正荷重が多大となることから、精整工程においてオフラインでプレス機による矯正を行っている。

【０００５】

曲がりをプレス矯正する方法としては、プレス機によりＨ形鋼に対して３点曲げを行って矯正する方法が知られている（例えば特許文献１を参照）。しかしながら、プレス機による３点曲げ矯正においては、曲げ加工の支点間（受け金と当て金のピッチ）の機械的な制約により、Ｈ形鋼の先尾端の局所的な曲がりが矯正されにくいという問題や、曲げ矯正によってウェブの高さが変化するなどして寸法が規格から外れ格落ちしてしまうという問題があった。また、プレス機による３点曲げ矯正は、Ｈ形鋼の搬送を停止した状態で行われることから、曲がり矯正の処理能率が低いという問題があった。

これに対して、Ｈ形鋼が有する２つのフランジのうち、曲がりの曲率半径方向内側のフランジを圧延することにより、曲がりを矯正する方法が知られている（例えば特許文献２を参照）。

【０００６】

この方法は、フランジをウェブとは反対側の面から支持する支持ロールと、ウェブの高さ方向端部からウェブの両面側にそれぞれ張り出す両フランジ部（ここでは右フランジ部及び左フランジ部と言う）を有するフランジをウェブ側の面から押圧して、右フランジ部と左フランジ部とをそれぞれ支持ロールとの間で挟圧する一対の矯正ロールと、を用い、フランジ内外の対向する両ロール間の距離を所定の間隔に設定して、あるいは所定の圧延荷重を負荷して、フランジを挟圧する曲がり矯正方法である。

【０００７】

この圧延矯正方法は、Ｈ形鋼を搬送しながら曲がり矯正することができるので、前述のプレス矯正方法に比べると曲がり矯正の処理能率の面では有利である。すなわち、この圧延方式の曲がり矯正設備を既存のＨ形鋼製造設備のオンライン工程に組み入れてＨ形鋼の曲がりを矯正すれば、オフライン設備の場合と比べて材料の取り込みや払い出し、その他付帯の材料ハンドリングが省略できるとともに、リードタイムを短縮することができる。

【０００８】

また、この圧延矯正方法の、より具体的な方法として、特許文献３が挙げられる。これは、形鋼の長手方向にわたり、該形鋼の上記ウェブ高さ方向の曲がり形状曲線を得る曲がり形状測定工程と、該曲がり形状測定工程で得られた曲がり形状曲線に基づいて、フランジの圧延条件を決定する圧延条件決定工程と、該圧延条件決定工程により決定された圧延条件にしたがい、上記長手方向にわたって上記形鋼のフランジを圧延する圧延矯正工程と、を備える、形鋼の曲がり矯正方法である。

【０００９】

そして、圧延条件の決定工程では、得られた曲がり量曲線を複数の長手方向の単位領域に分割し、各単位領域における単位長さ当たりの曲がり量の平均値をそれぞれ算出する曲がり量曲線分割工程と、各単位領域における上記平均値と、予め設定してある曲がり量と該曲がり量での曲がりを矯正するための圧延条件との関係から、長手方向の上記各単位領域についての圧延条件を決定する単位領域圧延条件決定工程とを備えている。

また、この「複数の長手方向の単位領域分割」については、

（Ａ１）：各単位領域内における単位長さ当たりの曲がり量の最大値と最小値との差が所定の基準値以下となるように行う、

（Ａ２）：製品長さに応じて、各単位領域を均等に分割する、

ことが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１０】

【特許文献１】特開２００８－０３００９０号公報

【特許文献２】特公平２－５０８１２号公報

【特許文献３】特開２０１４－１４０８９８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

上述した従来のプレス矯正方法では、Ｈ形鋼における曲がり矯正を施す位置（以下、「矯正位置」と記すこともある）や矯正量は、作業員が目視により判断していた。そのため、正確で効率の良い曲がり矯正を行うことができない場合があった。

また、上述した特許文献１に開示される圧延矯正方法では、曲がりの曲率半径方向内側のフランジを圧延することにより、Ｈ形鋼を搬送しながら曲がり矯正することができるが、曲がり矯正を行う上での矯正ロールの圧下量をどのように制御すれればよいかについて、具体的に開示された例はなく、この方法による曲がり矯正の具現化のためには、さらなる工夫が必要であった。

一方、特許文献３に開示される圧延矯正方法は、矯正を行う製品の長手方向で複数の区間を設け、その各区間での曲がりの実態（平均値）に応じて矯正条件、すなわち圧延条件を決定するものであり、曲がりの矯正を効率的に行える技術であった。

【００１２】

しかしながら、その矯正区間長について、

（Ｂ１）：各単位領域内における単位長さ当たりの曲がり量の最大値と最小値との差が所定の基準値以下となるように行う場合は、曲がりの形態によっては、区間の数が非常に大きくなってしまい、矯正機側がこの設定を行えない場合が多発する、

（Ｂ２）：製品長さに応じて、各単位領域を均等に分割する場合も、曲がりの形態によっては、各区間での平均値とその箇所での実際の曲がり量との差が大きく、その箇所で必要な矯正条件とは、かけ離れた矯正を行う場合が頻発して、曲がりの矯正効果が発揮できない、

という問題があった。

そこで、本発明は上記従来技術の課題に着目してなされたものであり、本発明の目的は、より正確に形鋼の曲がり矯正を行うことが可能な技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１３】
上記目的を達成するため、本発明の一態様に係る形鋼の曲がり矯正方法は、ウェブ及び上記ウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有する形鋼の上記ウェブ高さ方向での曲がりを矯正する方法であって、上記形鋼の長手方向に亘り、上記形鋼の上記ウェブ高さ方向の単位長さ当たりの曲がり形状曲線を得る曲がり形状測定工程と、上記曲がり形状測定工程で得られた曲がり形状曲線に基づいて、上記フランジの圧延条件を決定する圧延条件決定工程と、上記圧延条件決定工程により決定された圧延条件に従い、上記形鋼の長手方向に亘って上記フランジを圧延する圧延矯正工程とを備える。そして、上記圧延条件決定工程は、上記形鋼の長手方向に複数の区間を設定し、上記各区間での上記形鋼の単位長さ当たりの曲がり量の平均値に基づき、上記フランジの圧延条件を決定するものであり、上記各区間の長さについて、上記形鋼の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、上記各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が最小となるように上記各区間の長さを決定する。
【００１４】
また、本発明の一態様に係る形鋼の矯正方法は、ウェブ及び上記ウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有する形鋼の上記ウェブ高さ方向での曲がりを矯正する方法であって、上記形鋼の長手方向に亘り、上記形鋼の上記ウェブ高さ方向の単位長さ当たりの曲がり形状曲線を得る曲がり形状測定工程と、上記曲がり形状測定工程で得られた曲がり形状曲線に基づいて、上記フランジの圧延条件を決定する圧延条件決定工程と、上記圧延条件決定工程により決定された圧延条件に従い、上記形鋼の長手方向に亘って上記フランジを圧延する圧延矯正工程とを備える。そして、上記圧延条件決定工程は、上記形鋼の長手方向に複数の区間を設定し、上記各区間での上記形鋼の単位長さ当たりの曲がり量の平均値に基づき、上記フランジの圧延条件を決定するものであり、上記各区間の長さについて、上記形鋼の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、上記各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が許容値以下となるように上記各区間の長さを決定する。
また、本発明の一態様に係る形鋼の製造方法は、上記形鋼の曲がり矯正方法を実施する曲がり矯正工程を備える。
【発明の効果】
【００１５】
本発明の一態様によれば、より正確に形鋼の曲がりを矯正することが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】本発明の一実施形態に係るＨ形鋼の曲がり矯正方法を実施する曲がり矯正設備を備えた形鋼製造設備の概略構成を示す模式図である。
【図２】曲がり矯正機の概略構成を示す図（（ａ）はＨ形鋼の平面に沿った図，（ｂ）はＨ形鋼の横断面に沿った図）である。
【図３】Ｈ形鋼の曲がり形状パターン及び矯正範囲（圧延領域）を示す図である。
【図４】本発明の一実施形態に係る形鋼の曲がり矯正方法を説明するための図であって、曲がり測定装置でＨ形鋼をその長手方向に全長に亘って測定した曲がり形状の一例を示す図（（ａ）はＨ形鋼の全長の曲がりプロフィールを示す図，（ｂ）は単位長さ当たりの曲がり量を示す図）である。
【図５】図４（ｂ）の曲がり量曲線を初期に複数の区間に区分した図である。
【図６】図５の各区間の初期の長さでの誤差面積の一例を示す図である。
【図７】図６の各区間の長さを最適化した場合の誤差面積の一例を示す図である。
【図８】本発明の一実施形態の実施例に対して比較例を示す図であって、矯正前の単位長さ当たりの曲がり分布と矯正後の曲がりプロフィールとを示す図である。
【図９】本発明の一実施形態の実施例を示す図であって、矯正前の単位長さ当たりの曲がり分布と矯正後の曲がりプロフィールとを示す図である。
【図１０】本発明の一実施形態の実施例と比較例との矯正結果を示す図である。

【図１１】本発明の他の実施形態に係るＨ形鋼の曲がり矯正方法を説明するための図であって、曲がり測定装置でＨ形鋼をその長手方向に全長に亘って測定した単位長さ当たりの曲がり量と各区間の長さを最適化した状態を示す図である。
【図１２】Ｈ形鋼の曲がりを説明するための図（（ａ）はウェブの高さ方向での曲がりを示す平面図，（ｂ）はウェブの高さ方向に沿った断面図，（ｃ）はウェブの高さ方向での曲がりを示す平面図である。
【図１３】Ｈ形鋼の反りを説明するための図（（ａ）はウェブの厚さ方向での反りを示す側面図，（ｂ）はウェブの厚さ方向に沿った断面図）である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
以下、図面を参照して、本発明の一実施形態に係る形鋼の曲がり矯正方法及びその曲がり矯正方法を実施する曲がり矯正工程を備えた形鋼の製造方法について説明する。なお、発明の実施形態を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。
本発明の一実施形態に係るＨ形鋼の曲がり矯正方法を説明する前に、その曲がり矯正方法を実施する曲がり矯正設備を備えたＨ形鋼製造設備（Ｈ形鋼製造ライン）について説明する。
【００１８】
＜Ｈ形鋼製造設備＞
図１に示すように、形鋼であるＨ形鋼の製造に用いられるＨ形鋼製造設備（製造ライン）１は、ブルームやビームブランクなどの被圧延材を圧延してＨ形鋼１０の形状に成型する圧延成型設備１Ａと、この圧延成型設備１Ａで成型されたＨ形鋼１０の曲がりを矯正する曲がり矯正設備１Ｂとを備えている。このＨ形鋼製造設備１は、Ｈ形鋼１０の製造方法において、圧延成型設備１Ａで圧延成型工程を実施し、曲がり矯正設備１Ｂで曲がり矯正工程を実施する。すなわち、本発明の一実施形態に係るＨ形鋼１０の製造方法は、被圧延材を圧延してＨ形鋼１０の形状に成型する圧延成型工程と、この圧延成型工程で成型されたＨ形鋼１０の曲がりを矯正する曲がり矯正工程とを備えている。そして、曲がり矯正工程では、本発明の一実施形態に係るＨ形鋼１０の曲がり矯正方法が実施される。
【００１９】
＜圧延成型設備＞
圧延成型設備１Ａは、連続加熱炉、酸化皮膜除去装置、粗圧延機、トングカットソー、中間圧延機、仕上げ圧延機、ホットソー、冷却床（クーリングベット）などを備えている。この圧延成型設備１Ａで成型されたＨ形鋼１０は、冷却床で冷却された後に、Ｈ形鋼製造設備１の搬送ライン９により圧延成型設備１Ａから曲がり矯正設備１Ｂに導入される。そして、Ｈ形鋼１０は、この曲がり矯正設備１Ｂにおいて、例えば冷間で曲がり矯正されて所望の形状の製品とされた後、搬送ライン９により下流側の設備に送られる。中間圧延機、仕上げ圧延機としては、例えばユニバーサル圧延機が用いられる。
【００２０】
＜曲がり矯正設備＞
曲がり矯正設備１Ｂは、形鋼としてウェブ及び該ウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有するＨ形鋼１０のウェブの高さ方向での曲がりを矯正する設備であり、Ｈ形鋼１０を製造するＨ形鋼製造設備１のオンライン工程に組み入れられている。すなわち、曲がり矯正設備１Ｂは、Ｈ形鋼１０の製造に係る他の設備と直列をなして配置されている。
曲がり矯正設備１Ｂは、前段の圧延成型設備で成型されて曲がりを矯正する前のＨ形鋼１０の曲がりを測定する曲がり測定装置２と、この曲がり測定装置２の測定結果に対して演算処理を行う演算処理装置４と、この演算処理装置４による演算処理結果に基づいてＨ形鋼１０のフランジ１２（図２参照）を圧延してＨ形鋼１０の曲がりを矯正する２つの曲がり矯正機３Ａ，３Ｂとを備えている。
【００２１】

＜曲がり測定装置＞
曲がり測定装置２の種類や測定方法が特に限定されるものではないが、例えばＨ形鋼１０を搬送中にＨ形鋼１０のウェブ１１とは反対側のフランジ側面（フランジ外面）或いは、Ｈ形鋼１０のウェブ１１側のフランジ側面（フランジ内面）に対向するように配置したレーザ距離計にて、フランジ外面、あるいはフランジ内面までの距離を測定することで実施できる。
Ｈ形鋼１０を搬送ライン９上で停止させた状態として、レーザ距離計をＨ形鋼１０のフランジ外面あるいはフランジ内面に対向配置しつつ、レーザ距離計をＨ形鋼１０の長手方向に走行させることで、Ｈ形鋼１０の長手方向に沿ってレーザ距離計からフランジ外面あるいはフランジ内面までの距離を計測するようにしてもよい。曲がり測定装置２においては、Ｈ形鋼１０に曲がりが生じている長手方向領域、曲がり方向、及び曲がり量が測定されるようになっている。
【００２２】
ここで、本発明における「曲がり」とは、図１２を参照して説明すると、ウェブ及び該ウェブの高さ方向の端部に設けられたフランジを有する形鋼において、ウェブの高さ方向での曲がりを意味する。Ｈ形鋼（製品）の全長Ｌの曲がり量δは図１２（ａ）のように表される。製品の単位長さ当たりの曲がり量δ_0は図１２（ｃ）のように表される。本明細書では、曲がりの方向によって正負の符号をつけている。
また、Ｈ形鋼１０に生じる曲がりは種々のパターンがあり、例えば、図１２（ａ）のように、Ｈ形鋼の全長Ｌでほぼ一様に一方向に曲がっている場合や、図１２（ｃ）に示すように、長手方向で曲がりの方向が変わってＳ字曲がりになっている場合や、このほかに、長手方向の一部の領域のみ（例えば端部のみ）に曲がりが生じている場合などの曲がり形状パターンがある。
【００２３】
＜曲がり矯正機＞
曲がり矯正機３Ａ，３Ｂの種類や圧延方法は、ロールを用いてフランジをＨ形鋼の長手方向に圧延する方式の矯正機を用いることができる。すなわち、図２（ａ）及び（ｂ）に示すように、曲がり矯正機３Ａ，３Ｂは、フランジ１２のウェブ１１側の面とは反対側の面（フランジ外面）に対して配置され、フランジ１２をフランジ外面側から支持する支持ロール２１と、フランジ１２のウェブ１１側の面（フランジ内面）に対向して配置され、ウェブ１１の高さ方向の端部からそれぞれウェブ１１の高さ方向と垂直に張出す両フランジ部（ここでは右フランジ部及び左フランジ部と言う）をそれぞれ押圧する一対の矯正ロール２２，２２と、を備えている。曲がりの曲率半径方向内側のフランジ１２（図２では左側のフランジ）を支持ロール２１と矯正ロール２２．２２とで挟圧し、所定の圧延条件で圧延すれば、曲がりの曲率半径方向内側のフランジ１２が延伸されるため、曲がりが矯正される。
【００２４】
２つの曲がり矯正機３Ａ，３Ｂのうち一方の曲がり矯正機３Ａは、２つのフランジ１２，１２のうちの一方に対して圧延を行うものであり、他方の曲がり矯正機３Ｂは、他方のフランジ１２に対して圧延を行うものである。Ｈ形鋼１０に生じる曲がりには、上述したように種々のパターンがあるが、この実施形態のように２台の曲がり矯正機３Ａ，３Ｂを組み合わせた設備構成であれば、どのような曲がり形状パターンのＨ形鋼であっても、曲がりを矯正することができる。
【００２５】
例えば、図３（ａ），（ｂ）のような弓形状（皿形、逆皿形）に湾曲したＨ形鋼であれば、その曲がりの向きが何れであっても、２台の曲がり矯正機３Ａ，３Ｂの何れか一方を用いて矯正することができるし、図３（ｃ）のようなＳ字状に湾曲したＨ形鋼であれば、２台の曲がり矯正機３Ａ，３Ｂの両方を用いて矯正することができる。
また、曲がり矯正機に付帯して、Ｈ形鋼を長手方向に反転、若しくは表裏に反転する反転機構があれば、曲がりの形態に応じて反転を加えることで、曲がり矯正機は１台のみと

することもできる。

【００２６】

なお、曲がり矯正設備１Ｂ及び圧延成型設備１ＡにおけるＨ形鋼１０の姿勢は、特に限定されるものではないが、搬送時の安定性から、ウェブ１１が水平をなし、フランジ１２，１２が鉛直をなす姿勢（以下「Ｈ姿勢」と記すこともある）とすることが好ましい。したがって、曲がり矯正時もＨ姿勢で圧延することが、オンライン設備としての信頼性から好ましい。ただし、ウェブ１１が鉛直をなし、フランジ１２，１２が水平をなす姿勢（いわゆるＩ姿勢）とすることもできる。

【００２７】

＜Ｈ形鋼の矯正方法＞

次に、圧延成型設備１Ａ（圧延成型工程）で製造されたＨ形鋼１０の曲がりを、曲がり矯正設備１Ｂ（曲がり矯正工程）によってオンラインで矯正する方法について説明する。

本発明の一実施形態に係るＨ形鋼の曲がり矯正方法は、Ｈ形鋼１０の長手方向に亘り、Ｈ形鋼１０のウェブ高さ方向の単位長さ当たりの曲がり形状曲線を得る曲がり形状測定工程と、曲がり形状測定工程で得られた曲がり形状曲線に基づいて、フランジ１２の圧延条件を決定する圧延条件決定工程と、圧延条件決定工程により決定された圧延条件に従い、Ｈ形鋼１０の長手方向に亘ってフランジ１２を圧延する圧延矯正工程を備えている。そして、フランジ１２の圧延条件を決定する圧延矯正工程は、Ｈ形鋼１０の長手方向に複数の矯正区間を設定し、各区間でのＨ形鋼１０の単位長さ当たりの曲がり量の平均値に基づき、フランジ１２の圧延条件を決定するものである。

【００２８】

具体的には、圧延成型設備１Ａの冷却床で冷却されたＨ形鋼１０は、Ｈ形鋼製造設備１の搬送ライン９によって精整工程の曲がり矯正設備１Ｂに搬送される。曲がり矯正設備１Ｂに搬送されたＨ形鋼１０は、まず、曲がり矯正機３Ａの入側に設置された曲がり測定装置２に送られる。そして、この曲がり測定装置２で長手方向全域（全長）についての曲がりが測定され、曲がりが生じている長手方向領域、曲がり方向、及び曲がり量が測定される。そして、この測定結果に対して演算処理装置４によって演算処理が施され、その演算処理結果が演算処理装置４から曲がり矯正機３Ａ，３Ｂに送られる。なお、この演算処理装置４での演算処理の詳細については、後述する。また、曲がり測定及び曲がり矯正は、通常はＨ形鋼１０の全長について行われるが、長手方向の一部の領域のみ（例えは端部のみ）について行ってもよい。

【００２９】

Ｈ形鋼１０の曲がりの測定が終了したら、Ｈ形鋼１０は曲がり矯正機３Ａ，３Ｂに送られ、曲がり矯正機３Ａにおいて一方のフランジ１２に対して圧延が施され、続いて曲がり矯正機３Ｂにおいて他方のフランジ１２に対して圧延が施される。これらの圧延は、上記演算処理結果に基づいて設定された矯正条件で行われるようになっている。すなわち、曲がりが生じている長手方向領域、曲がり方向、及び曲がり量に応じて、圧延を施す長手方向領域、圧延条件が逐次変更されるようになっている。よって、曲がりが生じていない長手方向領域には圧延は施されない。また、曲がりが生じていても、曲がりの曲率半径方向外側のフランジ１２に対して圧延は施されない。

【００３０】

このようにして曲がり矯正され、所望の形状の製品とされたＨ形鋼１０は、その後の工程、例えば反りの矯正を行うローラー矯正工程や検査工程に送られる。

このように、本実施形態の曲がり矯正設備１Ｂは、既存のＨ形鋼製造設備１に設置することが可能であり、Ｈ形鋼製造設備１のオンライン工程に組み入れてオンラインでＨ形鋼１０の曲がりを矯正することが可能であるので、効率良くＨ形鋼１０の曲がりを矯正することができる。また、オフラインで曲がり矯正を行う場合と比べて、材料（Ｈ形鋼）の取り込みや払い出し、その他付帯の材料ハンドリング（例えばクレーン作業）を省略できるとともに、製品出荷までのリードタイムを短縮することができる。さらに、材料ハンドリングに伴う当て疵も低減することができる。さらに、矯正位置及び矯正量（圧延条件）の

設定は、目視による曲がり量の判断結果に基づくものではなく、曲がり測定装置２を用いた曲がり測定に基づいて矯正位置と矯正量を決定するので、曲がり矯正の正確性や効率が優れている。

【００３１】

＜曲がり形状に基づく矯正条件の決定方法＞

次に、曲がり形状の測定結果に基づいて、演算処理装置４によって矯正（圧延）条件を決定する方法について説明する。

図４は曲がり測定装置２で測定したＨ形鋼１０の長手方向の曲がり形状の一例を示す図であり、（ａ）はＨ形鋼１０の全長の曲がりプロフィールを示し、（ｂ）は単位長さ当たりの曲がり量（この例では１ｍ当たりの曲がり量）を示している。

曲がり測定装置２によってＨ形鋼１０の曲がりを測定すると、曲がりが生じている長手方向領域、曲がり方向、及び曲がり量が測定され、これを演算処理装置４で処理すると、図４（ａ）に示す曲がり形状曲線及び図４（ｂ）に示す曲がり量曲線が得られる。この曲がり形状曲線は、Ｈ形鋼１０の形状を写し取った曲線、いわゆるプロフィールデータである。図４（ａ）の一例の場合は、Ｈ形鋼１０の全長が１６ｍであり、全長における曲がり量は２４．５ｍｍである。なお、曲がり測定装置２による曲がり測定においては、異常値等が測定される場合があるので、必要により、異常値等の除去処理を施してから曲がり形状曲線を得ることが好ましい。

【００３２】

この実施形態の曲がり矯正においては、矯正を行う製品としてのＨ形鋼１０に対して、Ｈ形鋼１０の長手方向に複数の矯正区間を設定する。図５に示す一例では６つの区間を設定している。そして、この各区間について、その区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値を求める。この単位長さ当たりの曲がり量の平均値に基づいて、各区間に対する矯正目標荷重を算出し、曲がり矯正機３Ａ，３Ｂにその条件を転送する。製品情報として、矯正を行うＨ形鋼のサイズ、鋼種により、曲がり量に対する矯正荷重の関係式を予め定めておくことで、矯正目標荷重を決定することができる。曲がり矯正機３Ａ，３Ｂはこの条件を受け取り、搬送されるＨ形鋼（形鋼製品）１０の長手方向位置をトラッキングしつつ、この各区間に対する目標荷重に従い矯正を行う。

【００３３】

ここで、図５の一例のように各矯正区間の長さを設定した場合、単位長さ当たりの曲がり量の変化が急峻となる区間については、その区間の単位長さ当たりの曲がり量の平均値と、各個の値（実際の曲がり量）とで大きな誤差が生じる。この区間について、平均値から矯正荷重を設定すると、矯正荷重が過大になる部位と過小になる部位が生じ、結果として、曲がりの矯正がうまく行えない場合が生じる。

【００３４】

この問題を回避する方法として、

（Ｃ１）：長手方向に設定する矯正区間の数を大きくする（究極的には、各部位毎の曲がりに応じて、リアルタイムに矯正荷重を変更していく）、

（Ｃ２）：特開２０１４－１４０８９８号公報に開示されるように、各単位領域（すなわち各区間）内における単位長さ当たりの曲がり量の最大値と最小値との差が基準値を超えるところで区間を区切る、

という方法が挙げられる。

しかしながら、上記（Ｃ１）の方法を実現するためには、長手方向に多くの矯正区間を設定する必要がある。そして、これを実現するために演算処理装置から細やかに曲がり矯正機に指令（目標荷重）を伝送し、曲がり矯正機はこれを随時受け取って荷重を設定する必要がある。このため、設備として非常に複雑になり、設備投資額が大きくなってしまう。

【００３５】

また、上記（Ｃ２）の方法では、曲がり形態によって区分する区間数が変化することになるが、曲がり形態によっては、設備が設定できる区間数を超過する場合があり、上記（

Ｃ１）の方法と同様の問題があった。
そこで、この実施形態では、例えば以下のようにして矯正区間長の設定を行う。
まず、図５に示したように、Ｈ形鋼１０の長手方向に複数の矯正区間を設定する。図５の一例では、矯正区間の数は６である。
次に、各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値を算出する。そして、図６に示すように、算出した各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値と、その各箇所の曲がり量との差を誤差とし、Ｈ形鋼１０の全長に亘る誤差の総和を誤差面積Ｓとして求める。図６の網掛け領域が誤差面積Ｓである。
【００３６】
この誤差面積Ｓは、下記の式（１）に示すように、各区間の長さｘ１，ｘ２，……，ｘ６を変数とする関数として表すことができる。
Ｓ＝ｆ（ｘ１，ｘ２，……，ｘ６）　　……（１）
すなわち、誤差面積Ｓが最小となるｘ１，ｘ２，……ｘ６が、適正な各区間の長さであり、そのｘ１，ｘ２，……ｘ６の値は、演算処理装置４を用いて、例えば最急降下法などのアルゴリズムを活用することで求めることができる。
【００３７】
最急降下法を使う場合は、ｘ１を微小に変化させたときの誤差面積Ｓの変化量を∂Ｓ／∂×１として求め、次いでｘ２を微小に変化させたときの誤差面積Ｓの変化量を∂Ｓ／∂×２として求め、以下、同様にｘ３～ｘ６を微小に変化させたときの誤差面積Ｓの変化量を∂Ｓ／∂×２～６として順次求める。そして、これらの偏微分の大きさに応じて、各区間長さｘ１，ｘ２，……，ｘ６を変化させていく。
図６の初期の区間長では誤差の平均値（誤差面積Ｓ／全区間長）が０．１６ｍｍ程度であった。これに対し、図７のように区間長を最適化することにより、誤差の平均値を０．１２ｍｍ程度にまで低減できた。
【００３８】
＜一実施形態の効果＞
以上のように、本発明の一実施形態に係るＨ形鋼１０の矯正方法では、Ｈ形鋼１０の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が最小となるように、この各区間の長さを決定するので、誤差の平均値を図６から図７のように低減することができる。このため、上述した従来の上記（Ｃ１）の「長手方向に設定する矯正区間の数を大きくする」方法や上記（Ｃ２）の「各単位領域内における単位長さ当たりの曲がり量の最大値と最小値との差が基準値を超えるところで区間を区切る」方法と比較して、単位長さ当たりの曲がり量の変化が急峻となる区間においても、その区間の単位長さ当たりの曲がり量平均値と、各個の曲がり量との誤差を小さくすることができるので、Ｈ形鋼１０の曲がり矯正を実際の曲がりの実態に応じてより正確に行うことができる。
【００３９】
また、矯正区間数を徒に増やすことなく、予め数が設定された矯正区間の長さを最適化して誤差の平均値を低減できるので、Ｈ形鋼１０の曲がり矯正を実際の曲がりの実態に応じてより効率的に行うことができる。
また、矯正区間数を徒に増やす必要がないので、曲がり矯正設備の複雑化を抑制することができる。
したがって、本発明の一実施形態に係るＨ形鋼１０の矯正方法によれば、簡便な曲がり矯正設備で、より正確にかつ効率よくＨ形鋼１０の曲がり矯正を行うことができる。
【００４０】
また、本発明の一実施形態に係るＨ形鋼１０の曲がり矯正方法は、Ｈ形鋼１０の製造方法の曲がり矯正工程で実施される。したがって、本発明の一実施形態に係るＨ形鋼１０の製造方法では、曲がり矯正工程において、より正確にかつ効率よくＨ形鋼１０の曲がり矯正を行うことができるので、Ｈ形鋼１０の歩留まり（製品取得率）の向上を図ることができる。

なお、矯正区間の長さが極端に短いと、曲がり矯正機３Ａ，３Ｂの圧延による曲がり矯正効果が発揮できなくなることがある。したがって、曲がり矯正効果が発揮できる長さの許容値を予め定め、この予め定めた許容値以上となるように各区間の長さを決定することが好ましい。長さの許容値としては、曲がり矯正機３Ａ，３Ｂの性能にもよるが、例えば１０００ｍｍ程度である。

【００４１】

（実 施 例）

以下に、本実施形態の実施例及び比較例を示す。なお、本実施形態は下記の実施例に限定されるものではない。

この実施例では、圧延で許容値以上の曲がりが発生していたＨ形鋼（呼称寸法でＨ９００×３００×１６×２８，長さ１２ｍ）について、上述した実施形態でのＨ形鋼の曲がり矯正方法に従い曲がりの矯正を行った。この実施例では、矯正区間の数を６つとして、最急降下法を用いて各区間長の最適な長さを求めた（適合例）。また、比較例では、６つの矯正区間長を等分で固定とした場合について矯正を行った。矯正前の単位長さ当たりの曲がり分布と、矯正区間、矯正前後の曲がりプロフィールの結果を図８（比較例）、図９（実施例）に示す。

【００４２】

実施例及び比較例の両方の製品とも矯正前はＳ字曲がり形状であったが、実施例ではＨ形鋼を公差以下の曲がり量に矯正でき、合格となった。一方、比較例では矯正後も許容値以上の曲がりが残り、不合格となった。

次に、同サイズのＨ形鋼について、実施例、比較例ともＨ形鋼１０本ずつの曲がり矯正を行い、結果を比較した。これを図１０に示す。図１０において、横軸は矯正前の曲がり量であり、縦軸は矯正後の曲がり量である。また、「○」は実施例のデータであり、「□」は比較例のデータである。

図１０に示すように、実施例では１０本すべてで矯正後の曲がりが許容値以下となった。これに対し、比較例では１０本中５本で矯正後の曲がりが許容値を超えており、これらの製品は不合格となった。

以上より、本発明の効果が明らかである。

【００４３】

なお、上述の実施形態及び実施例では、形鋼の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が最小となるように、この各区間の長さがを決定する場合について説明した。しかしながら、区間長の計算は、必ずしも誤差が最小になる区間長を求める必要はない。誤差の許容値を例えば０．１２ｍｍ／ｍに定めておき、区間長を変更していく計算の過程で、この誤差が許容値になれば、そのときの各区間長で矯正条件を決定するようにしてもよい。すなわち、Ｈ形鋼１０の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が予め設定した許容値以下となるように、この区間の長さを決定する。

この場合においても、曲がり矯正効果が発揮できる長さの許容値を予め定め、この予め定めた許容値以上となるように各区間の長さを決定することが好ましい。

【００４４】

（他の実施形態）

上述の一実施形態及び実施例では、形鋼の長手方向の各位置での単位長さ当たりの曲がり量と、各区間での単位長さ当たりの曲がり量の平均値との誤差の総和が最小となるように、この各区間の長さがを決定する場合について説明した。これをより簡易的に行う方法として、この実施形態のように、単位長さ当たりの曲がりの方向が変わる点を区間の区分点として設定する方法もある。例えば、図１１のような単位長さ当たりの曲がり分布であれば、曲がりの方向が変わる長手６１２０ｍｍの位置を区間の区分点（矢印で示す点）とする。そして、この区分点よりも前側を所定の数の矯正区間（図１１の例では３つの区間）に分け、前側の３つの区間の区分については、図６と同様の方法で各区間の長さを決定

する。そして、後側についても同様の方法で各区間長を設定する。この区間長の計算は、必ずしも誤差が最小になる区間長を求める必要はない。誤差の許容値を定めておき、区間長を変更していく計算の過程で、この誤差が許容値になれば、そのときの各区間長で矯正条件を決定してもよい。

【００４５】

以上、本発明を上記実施形態及び実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態及び実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

例えば、本発明を適用できるＨ形鋼のサイズは特に限定されるものではなく、大型や小型など、あらゆるサイズのＨ形鋼に対して適用可能である。また、上述の本実施形態や実施例は圧延機（例えばユニバーサル圧延機）で成型されたＨ形鋼１０の曲がりを矯正するものであるが、フランジとウェブとを溶接することでＨ断面形状とされる溶接Ｈ形鋼の曲がり矯正にも適用可能である。

【００４６】

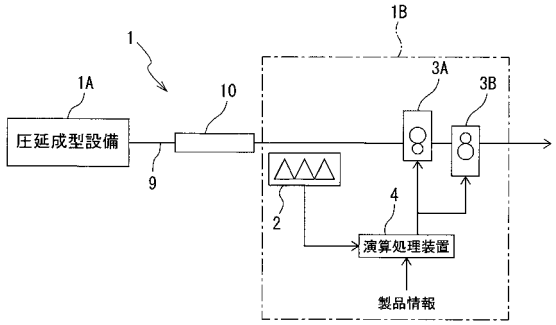
また、上述の実施形態及び実施例においては、Ｈ形鋼を例にして形鋼の曲がり矯正方法を説明したが、ウェブと該ウェブの高さ方向端部に設けられたフランジとを有する形鋼であれば、本発明を適用することが可能であり、例えばＴ形鋼にも適用可能である。ただし、Ｔ形鋼は、フランジがウェブの高さ方向一端にのみ設けられたものであり、本発明は曲がりの曲率半径方向内側のフランジを圧延することによりフランジを圧延させて曲がりを矯正するものであるため、Ｔ形鋼の場合には、フランジのある側が曲がりの曲率半径方向内側となる場合にのみ適用可能である。

【符号の説明】

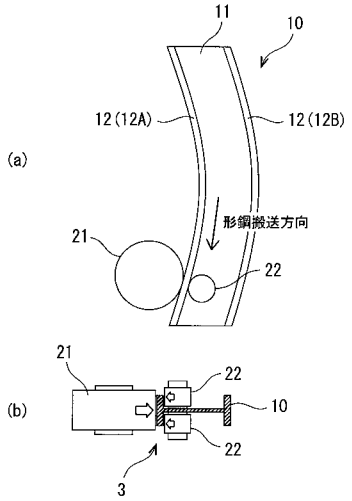
【００４７】

１…Ｈ形鋼製造設備
１Ａ…圧延成型設備
１Ｂ…曲がり矯正設備
２…曲がり測定装置
３Ａ，３Ｂ…曲がり矯正機
４…演算処理装置
１０…Ｈ形鋼
１１…ウェブ
１２…フランジ
２１…支持ロール
２２…矯正ロール

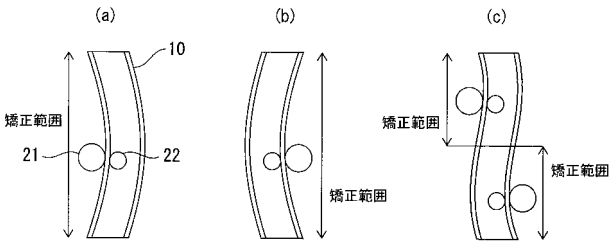
【図１】



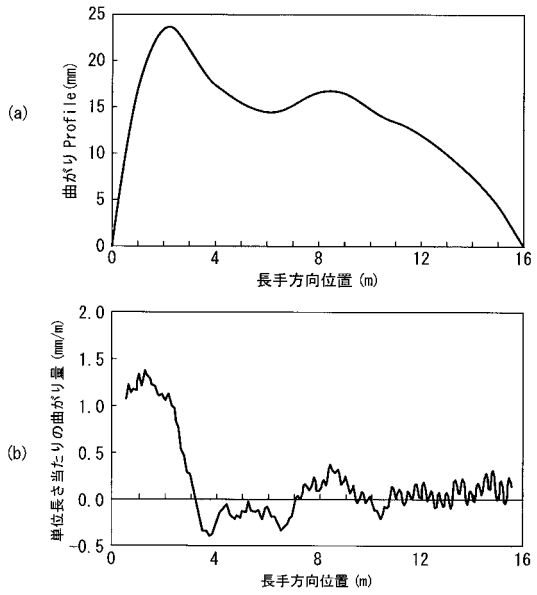
【図２】



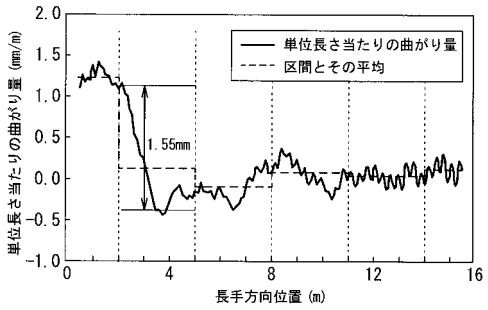
【図３】



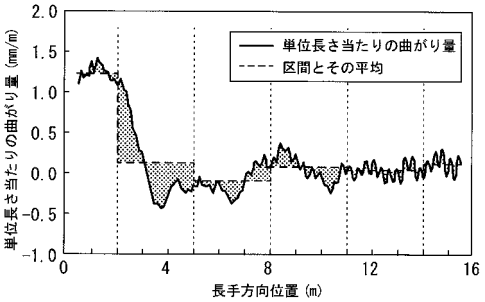
【図４】



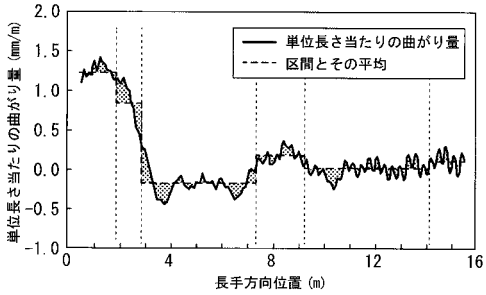
【図５】



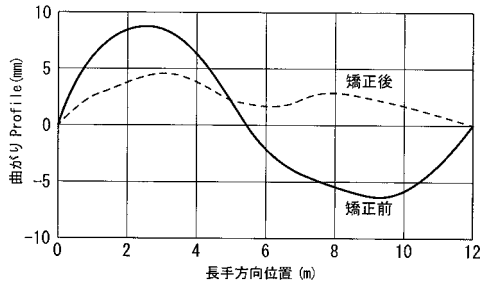
【図６】



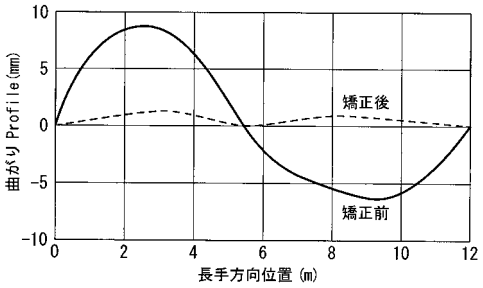
【図７】



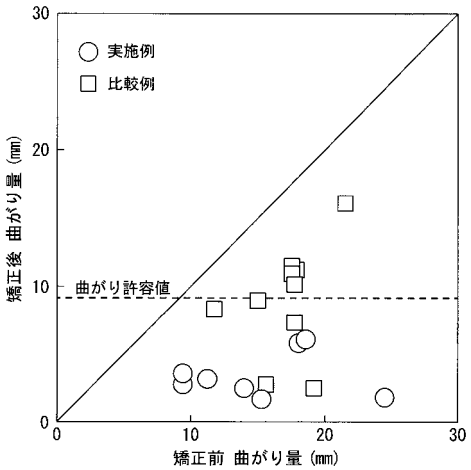
【図８】



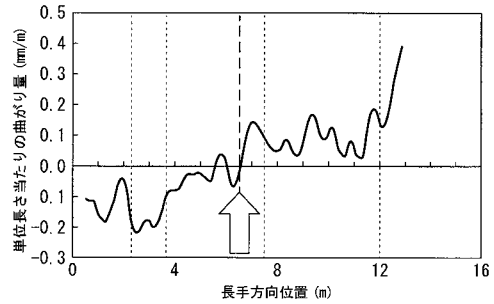
【図９】



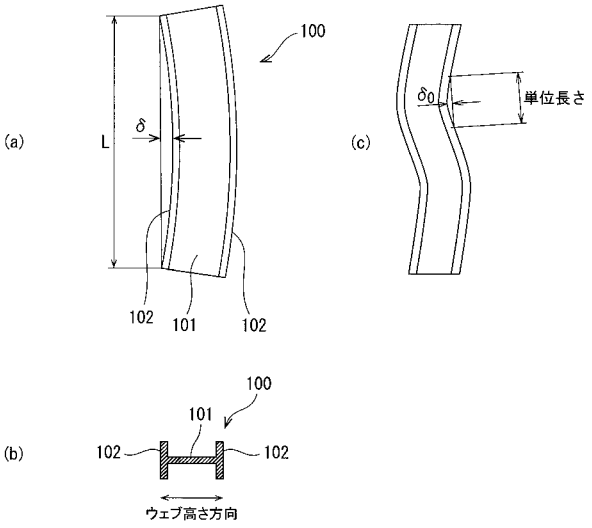
【図１０】



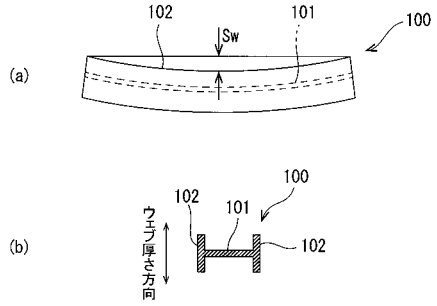
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(72)発明者　駒城　倫哉
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　松本　実
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内