

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7603281号
(P7603281)

(45)発行日 令和6年12月20日(2024.12.20)

(24)登録日 令和6年12月12日(2024.12.12)

(51)国際特許分類

F I

B 2 1 D 7/00 (2006.01) B 2 1 D 7/00 Z

B 2 1 D 7/024(2006.01) B 2 1 D 7/024 C

請求項の数 4 (全12頁)

(21)出願番号	特願2021-152602(P2021-152602)	(73)特許権者	503027931
(22)出願日	令和3年9月17日(2021.9.17)		学校法人同志社
(65)公開番号	特開2023-44532(P2023-44532A)		京都府京都市上京区今出川通烏丸東入玄
(43)公開日	令和5年3月30日(2023.3.30)		武町6 0 1 番地
審査請求日	令和6年2月22日(2024.2.22)	(73)特許権者	000223056
			東陽建設工機株式会社
			大阪府大阪市大正区三軒家東2 丁目4 番
			1 5 号
		(74)代理人	110002505
			弁理士法人航栄事務所
		(72)発明者	笹田 昌弘
			京都府京田辺市多々羅都谷1 - 3 同志
			社大学内
		(72)発明者	松熊 郁甫
			京都府京田辺市多々羅都谷1 - 3 同志
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スプリングバック量予測方法、異形鉄筋の曲げ加工方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

曲げ加工の支点を構成する支点部材と、前記支点部材の周りを回転する力点部材を備える鉄筋曲げ装置を使用して、異形鉄筋の曲げ加工時のスプリングバック量を予測するスプリングバック量予測方法であって、

前記異形鉄筋を前記鉄筋曲げ装置に供給する鉄筋供給ステップと、

前記力点部材を回転させて供給された前記異形鉄筋を所定の曲げ加工角度に曲げ加工した後、前記異形鉄筋に対する前記力点部材の曲げ力を解除した状態で、前記異形鉄筋の曲げ角度を測定する第1曲げ角度測定ステップと、

前記力点部材の曲げ力が解除された鉄筋を、更に別の曲げ加工角度に曲げ加工した後、前記異形鉄筋に対する前記力点部材の曲げ力を解除した状態で、前記異形鉄筋の曲げ角度を測定する第2曲げ角度測定ステップと、

前記第2曲げ角度測定ステップを1回又は複数回実行した後に、前記第1曲げ角度測定ステップの測定結果と、前記第2曲げ角度測定ステップの測定結果とを利用して、前記曲げ加工角度とスプリングバック量との関係を予測するスプリングバック予測ステップと、を備え、

前記第2曲げ角度測定ステップにおける前記別の曲げ加工角度は、直前に行った前記第1曲げ角度測定ステップにおける前記所定の曲げ加工角度、又は直前に行った前記第2曲げ角度測定ステップにおける前記別の曲げ加工角度より大きい角度である、スプリングバック量予測方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のスプリングバック量予測方法であって、

前記第 1 曲げ角度測定ステップにおける前記所定の曲げ加工角度、及び前記第 2 曲げ角度測定ステップにおける前記別の曲げ加工角度は、当該予測結果を利用して異形鉄筋の曲げ加工を行う際の目標曲げ角度に基づいて定める、
スプリングバック量予測方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のスプリングバック量予測方法を利用する異形鉄筋の曲げ加工方法であって、

スプリングバック量の予測に使用した鉄筋曲げ装置を使用して、供給された異形鉄筋を、目標曲げ角度とスプリングバック量の予測結果に基づいて決定した、設定曲げ加工角度に曲げ加工する、
異形鉄筋の曲げ加工方法。

10

【請求項 4】

請求項 3 に記載の異形鉄筋の曲げ加工方法であって、

スプリングバック量の予測に使用した異形鉄筋を、更に、前記設定曲げ加工角度まで曲げ加工する、
異形鉄筋の曲げ加工方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

20

【0001】

本発明は、異形鉄筋の曲げ加工時のスプリングバック量の予測方法、異形鉄筋の曲げ加工方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

金属部材の曲げ加工時には、スプリングバックが発生することが知られており、スプリングバック量を考慮した加工を行うことが必要である。

【0003】

パイプ等の金属長尺部材の曲げ加工におけるスプリングバック量の予測を行う技術が記載されたものとして、特許文献 1、2 がある。

30

【0004】

特許文献 1 には、パイプ等の長尺部材スプリングバックパラメータを計算するために、テストパイプについて、一対の曲げ加工を行い、その結果の曲げ角を測定する点が記載されている。

【0005】

特許文献 2 には、管の曲げ加工に際して、異なる 2 回の試験曲げ加工を行った結果に基づいてスプリングバック量を予測する点が記載されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

40

【文献】特表 2011-508674 号公報

【文献】特開昭 48-103067 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

特許文献 1、2 の予測技術は、いずれも、曲げ対象が一般的な部材であることを前提として、異なるテストパイプに対して、あるいは、校正用パイプの異なる箇所に対して曲げ加工を行った結果に基づいてスプリングバック量を予測するものである。しかし、異形鉄筋のように、軸方向、及び周方向の断面が一般的な部材のスプリングバック量の予測に適用した場合、誤差が大きくなる。すなわち、異形鉄筋のように、軸方向、及

50

び周方向の断面が一樣ではない部材の曲げ加工においては、曲げ装置への取付態様、曲げ位置等により、曲げ加工の挙動が変化するので、異なる部材、あるいは、異なる箇所の曲げ結果を利用した場合には、誤差が大きくなる。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記事情に鑑みなされたもので、異形鉄筋の曲げ加工時のスプリングバック量を簡単に精度よく予測する予測方法、および、予測結果を使用した異形鉄筋の曲げ加工方法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】

【 0 0 0 9 】

上記課題は下記手段により達成することができる。

10

〔 1 〕

曲げ加工の支点を構成する支点部材と、前記支点部材の周りを回転する力点部材を備える鉄筋曲げ装置を使用して、異形鉄筋の曲げ加工時のスプリングバック量を予測するスプリングバック量予測方法であって、

前記異形鉄筋を前記鉄筋曲げ装置に供給する鉄筋供給ステップと、

前記力点部材を回転させて供給された前記異形鉄筋を所定の曲げ加工角度に曲げ加工した後、前記異形鉄筋に対する前記力点部材の曲げ力を解除した状態で、前記異形鉄筋の曲げ角度を測定する第 1 曲げ角度測定ステップと、

前記力点部材の曲げ力が解除された鉄筋を、更に別の曲げ加工角度に曲げ加工した後、前記異形鉄筋に対する前記力点部材の曲げ力を解除した状態で、前記異形鉄筋の曲げ角度を測定する第 2 曲げ角度測定ステップと、

20

前記第 2 曲げ角度測定ステップを 1 回又は複数回実行した後に、前記第 1 曲げ角度測定ステップの測定結果と、前記第 2 曲げ角度測定ステップの測定結果とを利用して、前記曲げ加工角度とスプリングバック量との関係を予測するスプリングバック予測ステップと、を備え、

前記第 2 曲げ角度測定ステップにおける前記別の曲げ加工角度は、直前に行った前記第 1 曲げ角度測定ステップにおける前記所定の曲げ加工角度、又は直前に行った前記第 2 曲げ角度測定ステップにおける前記別の曲げ加工角度より大きい角度である、スプリングバック量予測方法。

【 0 0 1 0 】

30

〔 2 〕

〔 1 〕に記載のスプリングバック量予測方法であって、

前記第 1 曲げ角度測定ステップにおける前記所定の曲げ加工角度、及び前記第 2 曲げ角度測定ステップにおける前記別の曲げ加工角度は、当該予測結果を利用して異形鉄筋の曲げ加工を行う際の目標曲げ角度に基づいて定める、スプリングバック量予測方法。

【 0 0 1 1 】

〔 3 〕

〔 1 〕又は〔 2 〕に記載のスプリングバック量予測方法を利用する異形鉄筋の曲げ加工方法であって、

スプリングバック量の予測に使用した鉄筋曲げ装置を使用して、供給された異形鉄筋を、目標曲げ角度とスプリングバック量の予測結果に基づいて決定した、設定曲げ加工角度に曲げ加工する、異形鉄筋の曲げ加工方法。

40

【 0 0 1 2 】

〔 4 〕

〔 3 〕に記載の異形鉄筋の曲げ加工方法であって、

スプリングバック量の予測に使用した異形鉄筋を、更に、前記設定曲げ加工角度まで曲げ加工する、異形鉄筋の曲げ加工方法。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

〔 1 〕のスプリングバック量予測方法によれば、異形鉄筋の曲げ加工時のスプリングバ

50

ック量を簡単に精度よく予測する予測方法を提供することができる。

【 0 0 1 4 】

〔 2 〕のスプリングバック量予測方法によれば、スプリングバック量の予測において、曲げ角度測定ステップの曲げ加工角度の設定を、目標曲げ角度を基準にすることで、目標曲げ角度に適した所定角度間隔になるよう振り分けることができ、スプリングバック量の予測のための最適な曲げ加工角度の選択が可能となる。

【 0 0 1 5 】

〔 3 〕の異形鉄筋の曲げ加工方法によれば、スプリングバック量予測結果を使用することにより、誤差の少ない異形鉄筋の曲げ加工方法を提供することができる。

すなわち、曲げ加工の実機をスプリングバック量の予測に使用した鉄筋曲げ装置として使用することで、予測数値の誤差を小さくすることができ、この結果、スプリングバック量の極めて正確な予測ができるので、異形鉄筋を極めて正確な目標曲げ角度に曲げることができる。

【 0 0 1 6 】

〔 4 〕の異形鉄筋の曲げ加工方法によれば、異形鉄筋を曲げ加工する際に、その目標曲げ角度におけるスプリングバック量は、曲げ加工する鉄筋自身のスプリングバック量の測定に基づくデータであるので、極めて正確な予測で設定曲げ加工角度を決定でき、極めて正確曲げ加工が可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】本発明のスプリングバック量予測方法に用いる鉄筋曲げ装置の一例の要部斜視図である。

【図 2】鉄筋曲げ装置の制御系を示すブロック図である。

【図 3】本発明の加工対象である異形鉄筋の一例を示す拡大図であって、(a)は、異形鉄筋の外表面及び軸方向の断面を示す部分断面図であり、(b)は、(a)における A - A 断面図である。

【図 4】スプリングバック量予測方法のフローチャートである。

【図 5】スプリングバック量予測方法において、各ステップでの鉄筋の曲り状態を示す鉄筋曲げ装置の概略平面図である。

【図 6】力点部材の回転角度とスプリングバック量（角度）の関係を示すグラフである。

【図 7】スプリングバック量予測方法を用いた鉄筋の曲げ加工方法の一例のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明のスプリングバック量予測方法、異形鉄筋の曲げ加工方法について、図 1 ~ 図 7 を参照して説明する。

【 0 0 1 9 】

図 1 には、本発明のスプリングバック量予測方法に用いる鉄筋曲げ装置の一例の要部斜視図を示す。

図 1 に示す鉄筋曲げ装置 1 は、鉄筋を曲げ加工する装置である。図 1 の例では、異形鉄筋 3 0（以下、単に、「鉄筋 3 0」という）を曲げ加工する場合を示している。鉄筋曲げ装置 1 は、曲げ加工に際して曲げる方向を特定する基準平面を構成する平坦な基準面部 5 と、基準面部 5 上において曲げ加工の支点を構成する支点部材 1 0 と、支点部材 1 0 の周りを基準面部 5 に沿うように旋回する力点部材 2 0 と、基準面部 5 上において鉄筋 3 0 の一端を動かさないように保持する端部保持部 6 と、鉄筋の曲り具合を撮影可能な撮影装置 1 5 と、装置全体を制御する制御部 2 等を備えている。

【 0 0 2 0 】

力点部材 2 0 は、基準面部 5 に直交する軸線 V L の方向に延出された旋回駆動軸 2 0 a に回転可能に設けられたローラ部材にて構成されており、このローラ部材の外周面が鉄筋 3 0 に当接して当該鉄筋 3 0 に曲げ力を付与する。また、旋回駆動軸 2 0 a は、ステッピ

10

20

30

40

50

ングモータを用いた駆動系にて駆動され、制御部 2 を介して旋回角度を正確に制御できるように構成されている。

【 0 0 2 1 】

撮影装置 1 5 は、鉄筋 3 0 の曲げ角度を検出するためのものである。例えば、角度の測定は、撮影装置 1 5 にて撮影した動画に基づいたデジタル画像相関法により曲げ角度を求める。そして、この鉄筋曲げ装置 1 を用いて、鉄筋 3 0 を所定角度曲げたときに曲げ角度が戻る量、所謂、スプリングバック量 ($\Delta \theta$) を後述するように測定することができる。

【 0 0 2 2 】

図 2 には、鉄筋曲げ装置 1 の制御系のブロック図を示す。

鉄筋曲げ装置 1 は、その制御においては、特に制限するものではないが、例えば、図 2 に示すような構成とすることができる。制御部 2 には、カメラ等を備える撮影装置 1 5 により撮影した画像 (動画) のデータが供給され、この画像データがスプリングバック量の測定に利用される。また、記憶部 4 は、曲げ加工に必要な各種データ、測定データ等を記憶して装置制御に利用する。操作部 1 8 は、曲げ加工に必要な各種データの入力や装置動作に必要な情報の入力や動作指示を行なう。また、旋回駆動部 8 は、制御部 2 により制御される力点部材 2 0 を旋回させる旋回駆動軸 2 0 a の旋回位置を制御し、旋回角度を正確に制御する。

【 0 0 2 3 】

図 3 には、本発明の加工対象である鉄筋 3 0 の一例を示す拡大図であって、(a) は、鉄筋 3 0 の外面及び軸方向の断面を示す部分断面図を示し、(b) は、(a) における A - A 断面図を示す。

本実施形態において曲げ加工に使用する鉄筋 3 0 は、鉄筋表面 3 0 s に、例えば、図 3 (a) に示すように、鉄筋長手方向に形成された 2 本のリブ 3 1 と、鉄筋円周方向にリブ 3 1 間に形成された多数のフシ 3 2 と、によって凹凸が形成された形状である。2 本のリブ 3 1 は、図 3 (b) に示すように、鉄筋円周方向に 1 8 0 度離れて設けられている。また、フシ 3 2 は、鉄筋円周方向において若干傾斜するように設けられ、更にリブ 3 1 を挟んで軸方向に交互にずれた位置に設けられている。また、リブ 3 1 は、図 3 の例ではフシ 3 2 よりも高く形成されているが、同じ高さでもよく、リブ 3 1 の部分が、鉄筋 3 0 の最外径 D を構成している。

【 0 0 2 4 】

以下、図 4 及び図 5 を参照して、鉄筋 3 0 のスプリングバック量予測方法について説明する。図 4 には、スプリングバック量予測方法のフローチャートを示し、図 5 には、スプリングバック量予測方法において、各ステップでの鉄筋の曲り状態を示す鉄筋曲げ装置の概略平面図を示す。

【 0 0 2 5 】

なお、力点部材 2 0 の回動角度 (図中において時計回り方向の鉄筋 3 0 の回動角度) については、図 5 に示すように、鉄筋 3 0 が直線状態 (図示の状態) の基準線 D L と曲げられた部分の直線 B L の成す回転角度 (θ) を示す。

【 0 0 2 6 】

ここで、撮影装置 1 5 のカメラは、基準面部 5 に直交する方向から撮影している。すなわち、撮影装置 1 5 の配置は、鉄筋 3 0 の基準線 D L と曲げられた鉄筋 3 0 の部分の直線 B L とが正確に測定できる配置となっている。

【 0 0 2 7 】

まず、スプリングバック量予測方法について概略を説明する。

スプリングバック量予測方法においては、図 4 に示すように、鉄筋曲げ装置 1 に鉄筋 3 0 をセットする鉄筋供給ステップ S 1、次に、鉄筋 3 0 を最初に曲げ加工を行った角度でのスプリングバック量を測定する第 1 曲げ角度測定ステップ S 2、その次に、より大きい角度まで曲げ加工を行った角度の位置でのスプリングバック量を測定する第 2 曲げ角度測定ステップ S 3、更に、第 1、及び第 2 曲げ角度測定ステップ (S 2 , S 3) の測定結果を用いて、曲げ加工角度とスプリングバック量との関係を予測するスプリングバック予測

10

20

30

40

50

ステップ S 4、を実施する。

【 0 0 2 8 】

スプリングバック量予測方法の各ステップについて、図 5 を参照してより具体的に説明する。

まず、鉄筋供給ステップ S 1 を実施する。この鉄筋供給ステップ S 1 は、図 5 に示すように、鉄筋 3 0 を、鉄筋曲げ装置 1 の所定の位置にセットする。これは、鉄筋 3 0 の側面を支点部材 1 0 に接する（略接する）ようにすると共に、端部保持部 6 にて鉄筋 3 0 を基準面部 5 上に位置決め・固定する。

【 0 0 2 9 】

なお、鉄筋 3 0 のセット向きは、特に、図 3 に示した形状の場合、リブ 3 1 が基準面部 5 に直交する方向に並ぶ向きにセットする。これは、この鉄筋 3 0 の最外径 D が鉄筋表面 3 0 s の部分に比べて比較的大きく構成されている場合、最外径 D（図 3 参照）の部分と交差する方向に曲げ加工することで、鉄筋 3 0 の捻れを回避する。したがって、リブ 3 1 のような部分が無い鉄筋 3 0 においては、セットの向きは特に制限するものではない。

【 0 0 3 0 】

次に、第 1 曲げ角度測定ステップ S 2 を実施する。この第 1 曲げ角度測定ステップ S 2 は、図 5 に示すように、力点部材 2 0 を回転させ、鉄筋 3 0 を所定の曲げ加工角度（ $\theta 1 = 90$ 度）まで曲げる。その後、力点部材 2 0 を逆方向（反時計回りの方向）に若干回転させ、鉄筋 3 0 に対する力点部材 2 0 の曲げ力を解除する。この曲げ力の解除状態で、鉄筋 3 0 の曲げ角度を測定し、 $\theta 1$ の状態から曲げ角度が戻るスプリングバック量（ $\Delta \theta 1$ ）を測定する。なお、逆方向の回転の量は、特に特定するものではなく、スプリングバック量が測定できる程度であればよい。

【 0 0 3 1 】

次に、第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 を実施する。この第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 は、力点部材 2 0 の曲げ力が解除された鉄筋 3 0 に対して、図 5 に示すように、再び力点部材 2 0 を時計回りの方向に回転させて、次の曲げ加工角度（ $\theta 2 = 120$ 度）まで曲げる。その後、力点部材 2 0 を逆方向に若干回転させて鉄筋 3 0 に対する力点部材 2 0 の曲げ力を再度解除する。この曲げ力の解除状態で、鉄筋 3 0 の曲げ角度を測定し、 $\theta 2$ の状態から曲げ角度が戻るスプリングバック量（ $\Delta \theta 2$ ）を測定する。

【 0 0 3 2 】

次に、2 回目の第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 を実施する。この 2 回目の第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 は、1 回目よりも大きい角度で実施する。この場合も、力点部材 2 0 の曲げ力が解除された鉄筋 3 0 に対して、再び力点部材 2 0 を時計回りの方向に曲げ加工角度（ $\theta 3 = 150$ 度）まで回転させてから、力点部材 2 0 を逆方向に回転させて鉄筋 3 0 に対する力点部材 2 0 の曲げ力を、再度解除する。この曲げ力の解除状態で、鉄筋 3 0 の曲げ角度を測定し、 $\theta 3$ の状態から曲げ角度が戻るスプリングバック量（ $\Delta \theta 3$ ）を測定する。

【 0 0 3 3 】

次に、3 回目の第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 を実施する。この 3 回目の第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 は、更に大きい角度で実施する。この場合も、力点部材 2 0 の曲げ力が解除された鉄筋 3 0 に対して、再び力点部材 2 0 を時計回りの方向に曲げ加工角度（ $\theta 4 = 180$ 度）まで回転させてから、力点部材 2 0 を逆方向に回転させて鉄筋 3 0 に対する力点部材 2 0 の曲げ力を再度解除する。この曲げ力の解除状態で、鉄筋 3 0 の曲げ角度を測定し、 $\theta 4$ の状態から曲げ角度が戻るスプリングバック量（ $\Delta \theta 4$ ）を測定する。

【 0 0 3 4 】

次に、スプリングバック予測ステップ S 4 を実施する。このスプリングバック予測ステップ S 4 は、前掲の 90 度（ $\theta 1$ ）、 120 度（ $\theta 2$ ）、 150 度（ $\theta 3$ ）、及び 180 度（ $\theta 4$ ）の各曲げ加工角度におけるスプリングバック量（ $\Delta \theta$ ）の測定結果を利用する工程である。すなわち、測定結果に基づいて、所定角度におけるスプリングバック量（ $\Delta \theta$ ）を予測することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

ここで、スプリングバック量 ($\Delta \theta$) の予測について実験データに基づいて説明する。なお、図 6 には、力点部材の回転角度とスプリングバック量 (角度) の関係をグラフで示す。

【 0 0 3 6 】

前掲の第 1 曲げ角度測定ステップ S 2 及び第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 の測定で得られたデータは、例えば、図 6 のグラフに示すように表わされる。このグラフは、縦軸にスプリングバック量 ($\Delta \theta$) を、横軸に力点部材 2 0 の回転角度 (鉄筋 3 0 の曲げ加工角度 θ) を示す。このグラフから判るように、スプリングバック量 ($\Delta \theta$) は、曲げ加工角度 θ との関係が、 $\theta = f(\theta)$ として関係式を定義できることを示している。この関係式が、従来技術に示されるように、一様な部材についての異なる試料、あるいは同一試料の異なる箇所の曲げ結果を利用した場合と同様に一次式であるとする、 $\Delta \theta = a \theta + b$ で表わされる。なお、鉄筋 3 0 の太さや形状が異なる場合には、グラフの傾斜角度 (係数 a) 及び定数 b が異なる関数として表わされる。

10

【 0 0 3 7 】

図 6 に示した例では、第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 を 3 回行ったが、少なくとも 1 回行えばよい。また、第 1 曲げ角度測定ステップにおける所定の曲げ角度を 90 度 ($\theta 1$)、第 2 曲げ角度測定ステップにおける別の曲げ角度を、120 度 ($\theta 2$)、150 度 ($\theta 3$)、及び 180 度 ($\theta 4$) とした時の測定結果に基づいて、曲げ加工角度とスプリングバック量との関係を予測したが、所定の曲げ角度、及び別の曲げ角度は上記した値に限らない。例えば、後述する曲げ加工における目標曲げ角度 θs に応じて、適宜選択できる。

20

【 0 0 3 8 】

例えば、最終的な曲げ角度である目標曲げ角度 θs が 90 度である場合、図 6 に示した例のように、180 度まで曲げ加工して予測を行う必要はなく、曲げ加工角度が 0 度から 90 度までの適宜の角度における複数の角度での曲げ加工時のスプリングバック量を測定すればよい。すなわち、スプリングバック量の予測に続いて、予測に利用した鉄筋と同種類の鉄筋の曲げ加工を行う場合の目標曲げ角度に基づいて、第 1 曲げ角度測定ステップにおける所定の曲げ角度、及び第 2 曲げ角度測定ステップにおける別の曲げ角度を定めればよい。また、第 1 曲げ角度測定ステップにおける所定の曲げ角度、及び第 2 曲げ角度測定ステップにおける別の曲げ角度を定めるに際しては、適宜分散した角度に定めるのが好ましい。

30

【 0 0 3 9 】

以下、前掲のスプリングバック量予測方法を利用した鉄筋 3 0 の曲げ加工方法について、説明する。図 7 には、スプリングバック量予測方法を用いた鉄筋の曲げ加工方法の一例のフローチャートを示す。図 7 に示す曲げ加工は、図 4 に示す予測方法に利用した曲げ加工箇所を、目標曲げ角度 θs に曲げ加工する場合の例である。

【 0 0 4 0 】

図 7 に示すように、鉄筋 3 0 の曲げ加工方法を実施するに当たって、鉄筋 3 0 を鉄筋曲げ装置 1 にセットして、鉄筋供給ステップ S 1 からスプリングバック予測ステップ S 4 までの工程を実施する。このスプリングバック予測ステップ S 4 まで工程を実施し後に、この予測データを使用して、同じ鉄筋曲げ装置 1 によって実加工ステップ S 5 に移行する。

40

【 0 0 4 1 】

図 6 に示す測定結果に基づいて予測した後に、更に曲げ加工して所定の角度、例えば 200 度に曲げ加工する場合、上記測定結果から求めた一次関数を利用し、 $\theta t - \theta t = 200$ となる角度 θt まで力点部材 2 0 を回転させて曲げ加工する。すなわち、 $\theta t = (200 + b) / (1 - a)$ まで力点部材を回転させると、スプリングバック量 ($\Delta \theta t$) だけでもどるので、最終的な曲げ角度 (目標曲げ角度 θs) が 200 度となる。

【 0 0 4 2 】

このように、図 7 に示す曲げ加工方法は、実際の曲げ加工を行う鉄筋 3 0 を鉄筋曲げ装置 1 にセットし、スプリングバック量予測のための両角度測定ステップ S 2、S 3 を実施

50

してデータを取得し、最終曲げ角度までの僅かな時間の間に演算（ステップ S 4）を実施して、設定曲げ加工角度に加工するものである。すなわち、力点部材 20 の最終旋回角度を、予測したスプリングバック量に基づいて求めた曲げ加工角度まで旋回させて、目標曲げ角度 θ_s の製品を得るものである。

【0043】

スプリングバック量の予測に利用した鉄筋の、別の箇所の曲げ加工、及びスプリングバック量の予測に利用した鉄筋とその材質、サイズ並びに形状が同じである同種の鉄筋の曲げ加工に際しては、曲げ状態の再現性が保たれる場合には、曲げ加工箇所毎に、スプリングバック量の予測を行わないようにすることもできる。すなわち、最初にセットした鉄筋によりスプリングバック予測ステップ S 4 までの工程を実施して、曲げ加工角度とスプリングバック量との関係を鉄筋曲げ装置 1 に記憶させておく。そして、この記憶データを基に、その後の多数の曲げ加工を実施する。この場合、鉄筋の鉄筋製造メーカ、製造ロットが同じ場合には、同種鉄筋に対して最初の予測結果に基づいて、誤差の少ない曲げ加工を行なうことができる。一方、製造ロットが変わったり、鉄筋の製造メーカが変わったりした場合等は、スプリングバック予測を行うことが好ましい。

10

【0044】

このように、本実施形態のスプリングバック量予測方法においては、鉄筋 30 を鉄筋曲げ装置 1 に供給し曲げ加工の支点部材 10 を中心に力点部材 20 にて曲げるときに、鉄筋 30 の曲げ加工時に力点部材 20 による曲げ力を解除し、その時の当該鉄筋 30 のスプリングバック量（ $\Delta\theta$ ）を測定する曲げ角度測定ステップを、同じ部位で異なる曲げ加工角度にて複数回行う。この複数回のスプリングバック量の測定結果に基づいて、特定の曲げ加工角度における当該鉄筋 30 のスプリングバック量（ $\Delta\theta$ ）を予測するので、測定がしやすく、特定の曲げ加工角度におけるスプリングバック量を、迅速かつ精度よく予測することができる。この結果、鉄筋曲げ加工におけるスプリングバック量の予測のための作業検討時間がなくなり、短時間かつ迅速な鉄筋曲げ加工が可能になる。

20

【0045】

また、スプリングバック量（ $\Delta\theta$ ）の予測において、曲げ角度測定ステップの測定角度、すなわち曲げ加工角度の設定を、目標曲げ角度 θ_s を基準にすることで、目標曲げ角度 θ_s に適した角度になるよう振り分けることができ、スプリングバック量の正確な予測のための最適な角度の選択が可能となる。

30

【0046】

本実施形態のスプリングバック量予測方法においては、鉄筋 30 の曲げ加工角度の測定は、曲げ加工の基準面部 5 に直交する方向から撮影した画像を利用するので、二次元画像として角度データ（位置変位データ）を取ることができて演算が容易となり、スプリングバック量予測処理の高速化を可能にする。

【0047】

また、本実施形態のスプリングバック量予測方法においては、第 2 曲げ角度測定ステップ S 3 の実行回数を特定するものではないが、2 回以上実行することで、3 回以上のスプリングバック量の測定を行ない、これによって、より多くの測定データに基づいた正確な予測が可能になる。

40

【0048】

また、本実施形態の曲げ加工方法においては、曲げ加工の実機をスプリングバック量の予測に使用した鉄筋曲げ装置 1 と実際の生産に使用する鉄筋曲げ装置 1 とが同じであるので、予測数値の誤差を小さくすることができる。この結果、スプリングバック量の極めて正確な予測ができ、鉄筋 30 を極めて正確な目標曲げ角度 θ_s に曲げることができる。また、曲げ加工を行なう実際の装置の他にテスト用の装置が必要なくなり、設備の節約ができる。

【0049】

また、本実施形態の曲げ加工方法では、鉄筋 30 を曲げ加工する際に、曲げ加工する鉄筋自身のスプリングバック量の測定値に基づくスプリングバック量を予測しているので、

50

極めて正確な曲げ加工を可能にする。

【 0 0 5 0 】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明はこれに限るものではなく、本発明の範疇において適宜変更することができる。

【 0 0 5 1 】

また、前掲の実施形態においては、図 3 に示す鉄筋 3 0 の形状の場合について説明したが、リブ 3 1 やフシ 3 2 等による凹凸形状は、他の形状であってもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 2 】

1	鉄筋曲げ装置	10
5	基準面部（基準平面）	
1 0	支点部材	
1 5	撮影装置	
2 0	力点部材	
3 0	鉄筋（異形鉄筋）	

20

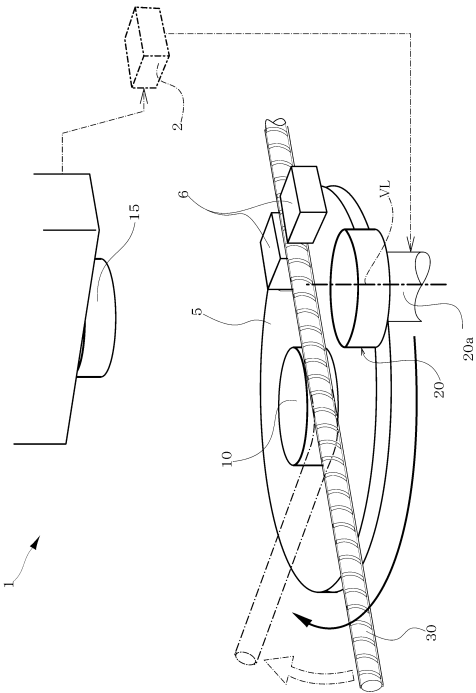
30

40

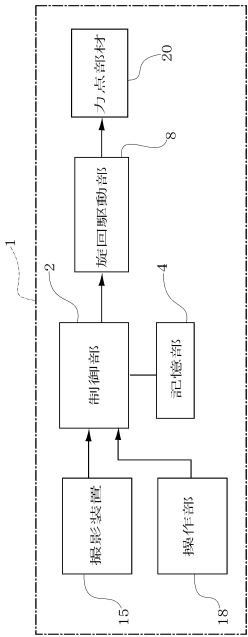
50

【図面】

【図 1】



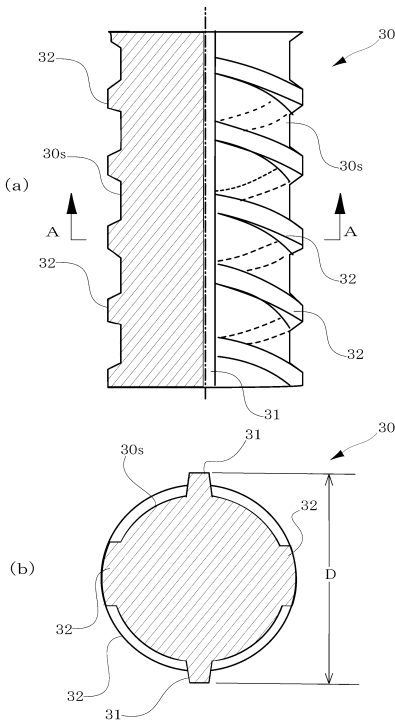
【図 2】



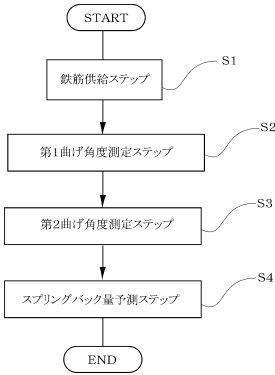
10

20

【図 3】



【図 4】

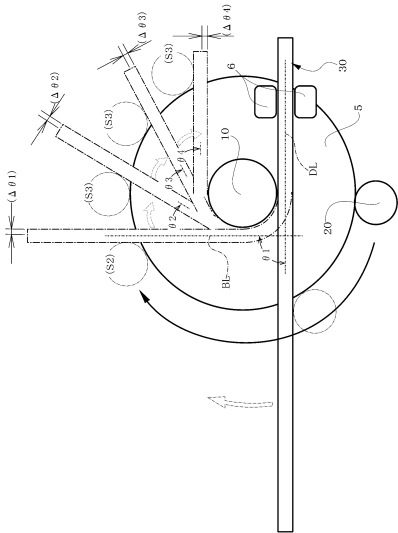


30

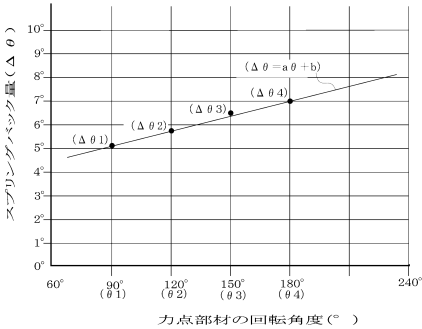
40

50

【図 5】



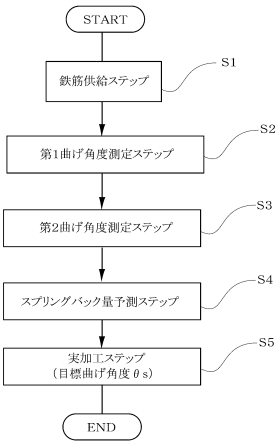
【図 6】



10

20

【図 7】



30

40

50

フロントページの続き

社大学内
(72)発明者 桧垣 智史
大阪市大正区三軒家東2丁目4番15号 東陽建設工機株式会社内
審査官 石田 宏之
(56)参考文献 特表2011-508674(JP,A)
特開昭52-99962(JP,A)
米国特許第4161110(US,A)
特開平7-54442(JP,A)
特開平6-288038(JP,A)
特開昭49-22720(JP,A)
特公昭52-21295(JP,B2)
特開昭61-82933(JP,A)
特開平6-190453(JP,A)
(58)調査した分野 (Int.Cl.,DB名)
B21D 7/00
B21D 7/024