

討17 圧延用ロードセルについて

川崎製鉄 千葉製鉄所

川崎 量一

1. 緒言 圧延機における圧延荷重の測定は、古くから種々の方法で試みられてきたが、特に最近になって、圧延作業の自動化や標準化が進むにつれて、その重要性が増し、現在では大半の圧延機に、圧延荷重測定用のロードセルが設備され、荷重の指示をはじめレベリング、ゼロイング作業、かみ込み信号としての利用、A G C（自動板厚制御）や計算機制御その他各種の目的を果している。

しかしながら一方、ロードセルは、設置環境の苛酷さに基づく、強度その他の各種の問題や、偏荷重の存在、校正法など、究明すべきいくつかの点を有している。

鉄鋼協会の共同研究会計測部では、圧延用ロードセルについての実際的な検討を行なうために、その下部組織として、圧延用ロードセル小委員会を設置して、すでに数回の会合を重ねている。筆者はこの小委員会の主査を務めている関係で、委員会が行ったアンケートその他を参考にしながら、以下圧延用ロードセルについての概説を試みる。但し当委員会は現在審議の途中であり、本文は委員会の得た結論ではない。

2. 圧延用ロードセルの種類と特長 古くから圧延荷重の測定法としては、ハウジングの伸びを直接ダイヤルゲージ、光テコ、インダクタンス変換などを用いて測定する方法や、抵抗線歪ゲージをハウジングにはりつける方法などがあつた。これらの方法は、ハウジングの伸びが一様であればよいが、実際には曲げなどを伴った複雑な変形をするために、どの位置の伸びを測定するかによって値が異なることなどのために、現在では特殊の場合以外には殆んど用いられない。

現在における一般的な方法は、いわゆるロードセルを圧延機の適当な場所に設置して圧延荷重を測定する方式である。設置の場所としては、普通図1に示す箇所の中のいずれかがとられる。AおよびBの位置は、直方型（角型）または円板（柱）型のセルが用いられ、Cの位置では、構造上必然的にワッシャ型（リング型）になる。この3つの設置場所は、それぞれ一長一短があり、ロードセルの形状や圧延機の構造によって、また特に既設の圧延機に新しくロードセルを設置するときには、セル自身の高さや、圧延機の再加工などの制約があつて、簡単に良否を決定することはできない。現状では、後述する故障の実例に注意しながら、各々の場合にその条件に適した位置を選定するべきであろう。

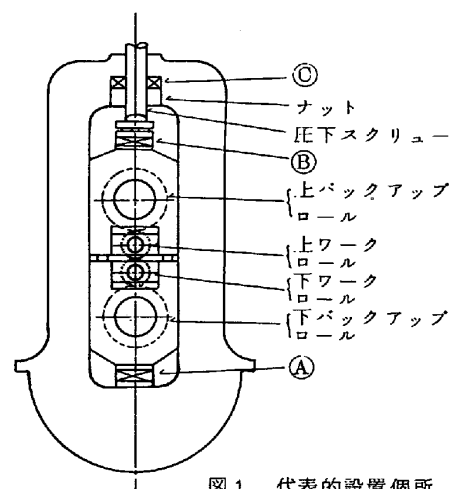


図1 代表的設置箇所

ロードセルの測定の原理は、種々のものが発表され実用化されている。それらを大別すると、荷重による受圧材料の電磁氣的性質の変化を利用するものと、受圧体に生ずる歪の大きさを電磁氣的に測定する方法とに大別することができる。

前者の荷重によって電磁氣的性質が変化する現象は、例えば圧電気現象をはじめ色々あるが、圧延用ロードセルとして実用化されている代表的な例は、スウェーデンA社の磁歪型のセルである。良く知られているように、珪素鋼板を積層して樹脂で固め、それに互に交叉する1次、2次のコイルが巻いてある。この1次コイルに交流を流しておき、荷重による磁束分布の変化によって生ずる2次コイルの誘起電圧を測って荷重の大きさを知る。この方法は構造も簡単で、出力が大きく、ノイズに強く、また安定性も良い。更に後述する偏荷重に対しても、検出素子そのものに荷重が加わるために、影響が少なく、この方式の特長の1つとすることができる。一方欠点としては、積層構造のために比較的強度が弱く、注意を怠ると積層のずれを起し、測定不能となる。

セルの構造としては、直方型、円板型、および巻鉄心を用いたワッシャ型のものがあり、それぞれ前述の通り、圧延機の各部に設置するのに適している。

第2の方法である、受圧体に生ずる歪を電磁気的に取出す方式には、(1)抵抗線歪ゲージを用いるもの、(2)インダクタンスの変化を検出するもの、(3)静電容量の変化を検出するもの、に分けることができる。(1)の抵抗線歪ゲージを用いるものの代表的な例は、最近比較的広く用いられるようになったカナダK社製のものである。これは、I字型の断面を持つワッシャ型の特殊鋼材の中央カラム部に、抵抗線歪ゲージをはったもので、薄肉のI型断面を使用することによって、偏荷重や曲げ応力に対しての特性を良くしている。また本体は一体物であり、寿命について有利かもしれないが、我が国における設置年次が最も古いもので昭和42年8月であるので、現在のところ評価することはできない。設置場所は構造上図1のCの位置に限られる。スクリーダウン用ナットを少々加工すれば、既設のミルにも比較的簡単に取付けることができ、また図1Aの位置に比して取付部の環境は良い。抵抗線歪ゲージは、かなり進歩したとはいえ、やはり相当デリケートで、実際の製品も、歪ゲージ貼付部をシールして、不活性気体を充填している。また回路のインピーダンスはかなり低いのが、出力のレベルも低いため、回路の絶縁には充分気を付ける必要があり、後述するように故障の有力な原因になっている。

インダクタンスの変化を利用したものも、製品として圧延機に取付けられたことがあるが、振動に弱く、また偏荷重に対する特性も思わしくないなどの理由で現在ではあまり用いられていない。最後の静電容量の変化を用いる方法は、従来電氣的な測定が難しく、実用化された例もなかったが、最近特に偏荷重の問題を解決する手段として、受圧部を貫通する空洞内に関数型の静電容量式歪検出器を設ける方法が発表されている。報文によれば、注意して作られた在来品に比して偏荷重に対する特性は非常に良く、かつ堅牢で、圧延機用として適しているとしている。製品としての実績は未だ短時日であり、かつ数も少いが注目すべきものとする。

3. ロードセルの問題点 ロードセルの問題点は、前項の各所で触れたように多岐に亘っている。即ち、構造上の問題としては、偏荷重や曲げ応力、更には衝撃力などについて、強度(耐久性)および荷重測定時の精度の面からの、いわば荷重測定器として本質的な点が挙げられる。この外にも、悪環境からの保護や設置の方法についても色々問題がある。これらの点については、後述する故障と対策の項で実例に照して検討するが、ここでは偏荷重の存在とその対策、および校正の問題について略述する。

ロードセルを圧延機に設置する場合には、言うまでもないことながらその高さが制限を受け、できれば薄型であることが望ましい。一方、ロードセルにかかる荷重は、セルの形状、設置の場所によって異なるが、一律にすることは難しく、どうしても偏荷重、集中荷重がかかることは避けられない。この影響を防止することとセルを薄型にすることは一般に相反する要求であり、こゝに製作上の苦心もある。偏荷重に対する対策は、大雑把に言って2通りある。1つは前述した磁歪型検出器のように、受圧器全体を検出器にする方法で、実際の場合はいくつかに分割された素子の出力を合計することによって、少なくとも原理的には偏荷重の影響を除くことができる。第2の方法は、セルの構造を工夫して、例えば抵抗線歪計をはって荷重を検出する位置での荷重分布を一様にして偏荷重の影響を除く方法である。1例として円柱型のセルを考えた場合、その高さ h と直径 D との比 h/D を充分大きくとれば、高さの中央の位置での内部応力が一様になることは、弾性学の教えるところである。従って h/D を大きくとれば良いが、これはセルの高さを増すことになって好ましくない。前述したようにK社製のセルでは、断面をI字型にしたリング状の構造にして、実質的に h/D を増加させ、集中荷重、偏荷重に対する有利さを追求している。以上述べたように、それぞれの方法で一応の対策はとられているものの、実験によれば実在のセルは必ずしも満足すべき状態にはなく、更に特性を良くするために、通常はロードセルの設置にあたって、ディストリビューションプレートと称するある厚みを持った当て板を、セル

の高さ方向の両側または片側に入れるのが普通である。このときできるだけ接触面積を増すために、ディストリビューションプレートと共に圧延機側の接触面についても、その平坦度と粗さの限度を規定している。

次にロードセルの指示値の信頼性または校正法の問題であるが、この点に関しては未だに研究不足の感があり、あいまいさが残っている。例えば図2に示すAとBの場合で、ロードセルの校正値に3~4%の差のあることなどが報告されている。

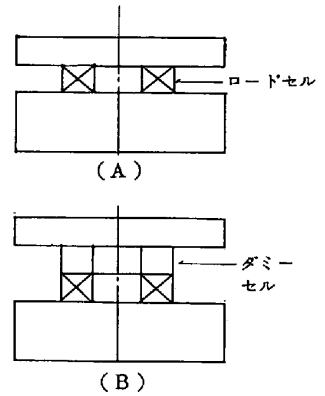
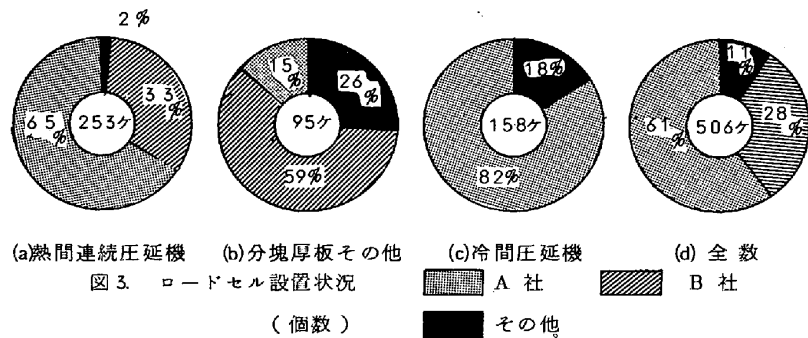


図2. ロードセルの校正法

4. アンケートとその結果 緒言でも述べたように、計測部会の圧延用ロードセル小委員会では、ロードセルについての国内各社の実態を調査する目的で、アンケートを実施した。項目は、設置概要、機器仕様、保守状況、故障状況とし、各項目毎に更に細かい状況を記入してもらった。この内容を極く簡単に紹介する。

(1) 集まったアンケートは、8社で圧延機の数にして80件であった。後にメーカーからの納入実績に基づいて、おちがいないか調査したが、主なものは大体網羅されているものと思われる。

(2) ロードセルの個数、および製造会社別の割合を、圧延機を、(a) 熱間連続圧延機(粗を含むストリップミル) (b) 分塊、厚板、型鋼、条鋼、線材各圧延機 (c) 冷間圧延機(タンデムミル、リバーズミル、スキンパスミル)の3つに分けて、図3に示した。図によれば、ロードセルの設置状況は、圧延機毎にかなり



特長的な状況を示しており、特に冷間圧延機にはアンケートの範囲内では、B社製は1台もない。その他に属するものは英国C社、国産D社、同E社(静電容量型)などである。

(3) 故障の発生している割合は、ロードセルの数にして(予備を含む)A社26%

B社21%, その他22%である。細かい点では、統計のとり方や個数などに種々問題があり、また後述するように、故障の内容もバラエティに豊んでいるので一概には言えず、%の数字もどの位意味があるか疑問もあるが、大雑把に言って約1/4のロードセルが何らかのトラブルを起しており、この数字はそんなに少ない数ではないと思われる。またA, B, その他の3者での差はないと言ってよい。故障の内容と対策のあらましは次項で述べる。

5 ロードセルの故障と対策 表1に主な故障の内容と対策を示す。このうち特に重要と思われる故障は、熱間連続圧延機におけるA社製セルの変形破損と、ナットの上面に設置した(図1c)ワッシャ型ロードセルの回転防止用ダウエルの折損によるセルの回転である。それぞれの対策は表に記した通りであるが、この外に、ロードセルを一種の消耗品と考えて、定期的に交換することも対策の1つかも知れない。アンケートの結果によれば、極端な場合を除いて、破損するまで数年の寿命はある。また目的如何によっては、例えばかみ込み信号のみ得られればよい時は、偏荷重の影響などにとらわれることなく、円柱型の受圧体に、抵抗線歪ゲージを簡単にはりつけたものでも役立つであろう。また表にも示した通り、電気的故障も案外多い。配線工事を丁寧

に行かない、接続ボックスの位置などに充分気を付ける必要がある。

表 1. 圧延用ロードセルの主な故障とその対策

圧延機	メーカー	故障内容	原因	対策
熱間連続 圧延機 (粗を含む) (ホット,スト) リップミル	A社	1.セルの変形、破損、セルの表面あれ、エンクロージャー破損。	1.セル表面の腐蝕によるあれ、デストリビューションプレート(D.P.)について同上。 2.衝撃荷重、偏荷重。	1.セル油づけ、エンクロージャーの定期交換。 2.D.P.の厚さを増す。表面加工の精度を上げる。 3.設置位置を考える。
		2.電氣的故障	1.中継ボックス浸水。 2.セル接属部不良。 3.配線損傷など。	1.配線時に充分注意する。 (歪ゲージ式に比して絶縁低下の影響は少い。)
	B社	1.セル回転防止用ダウエル折損その他。	1.ダウエル部または、ナット回転どめギヤのガタ。	1.ガタがないよう設置時に充分気を付ける。
	設置位置 図1C	2.電氣的故障。	1.封入ガスのリークによる絶縁不良。 2.中継ボックスなどの途中配線のトラブル。	1.設置、配線時に充分気をつける。特に絶縁低下がドリフトの原因になるので、慎重に工事を行なう必要がある。
厚板、分塊型鋼、線材	A, B社	1.電氣的故障、これ以外には特に目立ったものはない。但しA, B社に各1件破損事故あり。	1.熱延の場合と同じ。破損事故は、1件は偏荷重、他の1件は固定用の孔を連絡ミスのために余分に明けたことによる。	1.熱延の場合と同じ、特に既設のミルに取付けるときには、メーカーとの連絡を密にすること。
冷間圧延機 (タンデム) (リバース) (スキンパス)	A社 その他	1.セルの変形、破損。(スキンパスミル) 2.電氣的故障。 (特に熱延に比較して冷延タンデムミルでは、破損事故なし。)	1.スキンパスミルで、操作ミスによると思われるオーバーロードによる変形破損がある。 2.電気故障は中継ボックス、セル接続部不良など。	1.操作ミスを防止する。 2.容量の大きいセルを設置する。 3.電氣的故障については熱延に同じ。

6結 言 以上圧延用ロードセルについて、種類と特長、特に偏荷重の問題、および我が国における設置と故障の状況について概説した。

10年前に比較して、当然のことながらロードセルの進歩は著しく、大半の圧延機に設備されて十分実用化されているとはいえ、本文の各所で述べたように、また特に熱間連続圧延機の場合には、まだまだ問題点が多い。幸い、今日でも新しい形式のロードセルの研究は、各所で行なわれており、時折その成果も発表されているが、今後更にすぐれた性能を持った実用的なロードセルの出現を期待しつつ、我々も現場サイドでの努力を重ねてゆきたい。

- 文献 (1) 矢吹 豊： 鉄と鋼 55(1969) No.14 P.105
 (2) 山本 他： 日本鋼管技報 No.4 (1970) P.49
 (3) 矢吹 他： 鉄と鋼 56(1970) No.4 P.198