

7.1 材料試験の自動化

柴田周治 増田峰知

1 はじめに

当試験場では、地場産業である鑄造業界からの鑄鉄材料のほか、建築用資材である異形棒鋼（鉄筋）及びその圧接品、さらにはステンレス、アルミニウム合金、銅合金、溶接品など種々の金属材料の材料試験を行っている。中でも引張試験は、年間2000件程度（平成6年度実績）と最も依頼が多い。引張試験片は、材質、形状が様々で、かつ小ロットで持ち込まれる。また、材料に求められる特性も年々厳しくなっており、新製品開発や製品の高品質化を図るためにも高精度な測定が求められている。

このような状況を踏まえ、材料試験のなかで最も多い引張試験について、多種少量の試験片を高精度かつ、高効率に行うハードウェア及びソフトウェアからなる引張試験の自動化に取り組んだ。ここにその内容を紹介する。

2 現状における課題

一般に材料試験機の自動化例と言えば、製鉄メーカーに導入されている全自動引張試験装置が挙げられる。このシステムは、同じ形状、材質の試験片を試験片の搬送、着脱から試験に至るまでをすべて自動化し、昼夜無人で稼働させるもので、大量に同じ種類の試験片の引張試験を行う場合に適している。今回、当試験場では、多種少量の引張試験片を高効率、高精度に試験することを目的とした。具体的には、試験片の着脱作業は、作業員自らが行うこととし、それ以外の作業、即ち、荷重レンジ、伸び計及びつかみ歯の選択、負荷開始、負荷速度の自動制御、荷重、伸びの計測、データ処理に至るまでの工程の自動化に取り組んだ。

そこで、まず、現状での課題を洗い出した。

- (1) 試験片を着脱するには、クロスヘッドを大きく移動しなければならない。

- (2) 試験片の形状によってつかみ歯を交換する作業が面倒である。
- (3) 試験片破断時の衝撃で、試験片が飛び、危険であるとともに、衝撃でつかみ歯が損傷しやすい。
- (4) 強度の見当がつかない引張試験片の荷重レンジの選択が難しい。大きめの荷重レンジを選択して試験すると測定精度が低下する。
- (5) 耐力を測定する際に取り付けるひずみゲージ式、差動トランス式の伸び計は、引張試験片が破断する前に破損防止のためには取りはずす必要があり、作業性が悪い。また、高強度で伸びの少ない引張試験片では、これらの伸び計を取りはずす時間的余裕がないため、この種の試験片の耐力測定ができない。
- (6) 破断伸びを測定するために基準となる標点のケガキ作業および破断後、試験片を突き合わせて標点距離を測定する作業が非効率である。
- (7) 荷重の負荷は、レバーにより手動で操作しているため、別の試験片では、負荷を同じ条件で行うことができない。
- (8) 降伏点、耐力、引張強さ、破断伸びなどの検出が目視のため、作業員によるデータ読み取りの誤差を生じる可能性がある。
- (9) さらに、降伏点、耐力、引張強さ、破断伸びの計算を必要とする。
- (10) 引張試験後の報告書作成を手書きで行っているため、時間を要する。

3 実施した対策

上記課題を改善するために次の対策を施した。

- (1) 試験片の着脱を容易にするため、つかみ具は、前方開放型とした。
- (2) 試験片形状によりつかみ歯を自動交換するつかみ歯自動交換装置を採用した。

- (3) 油圧チェックを採用し、破断後の試験片飛散を防止し、衝撃によるつかみ歯の損傷を無くした。
- (4) 引張試験中に荷重レンジを自動切り替えできる機種を採用した。

図1に引張試験装置（本体、計力装置）の外観を示す。

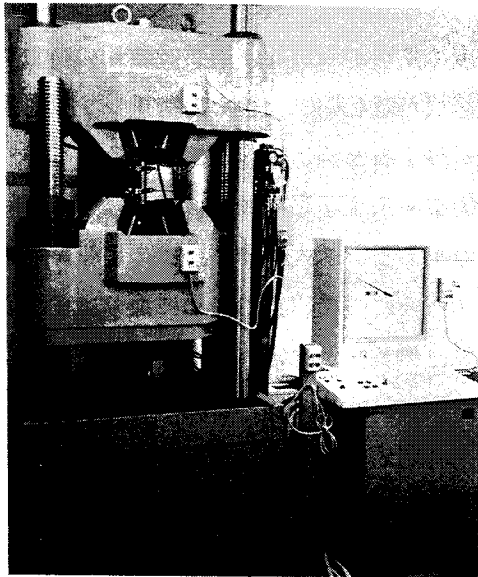


図1 引張試験装置（本体、計力装置）

- (5) (6) 試験開始から試験片破断まで装着可能な伸び計を採用し、作業効率を大幅に改善した。

この要求を満足する伸び計を選択するため、非接触型のレーザ式伸び計及び接触型のマグネスケール式伸び計について検討し、さらに、画像処理による非接触型の伸び検出の可能性についても調査した。本来、引張試験片の破断など衝撃を考慮すると、非接触型の伸び計が好ましい。しかしながら、レーザ式伸び計は、引張試験前に蛍光塗料を試験片にマーキングする必要があり、余分な作業が加わって好ましくない。また、画像処理による方法では、異なる寸法、形状を認識するための位置決め、焦点あわせなどを解決する必要があり、実用には至らなかった。

以上の理由から、接触式でも試験開始から試験片破断まで装着可能なマグネスケール式伸び計を採用した。これにより、伸びの少ない試験片の耐力測定が可能となった。図2にマグネスケール式伸び計の外観を示す。

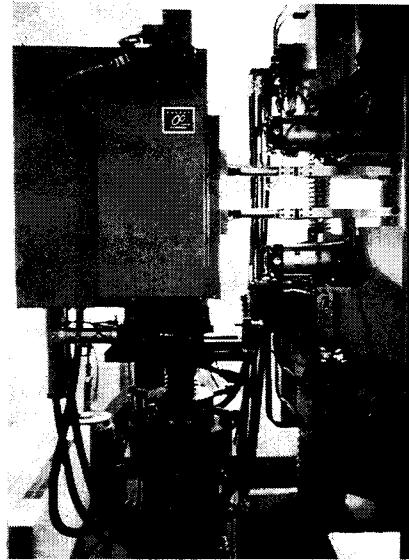


図2 マグネスケール式伸び計

- (7) コンピュータ制御機種を採用することにより、応力速度制御、定速ラムストローク制御などの自動制御による引張試験が可能となった。
- (8) (9) 経済性及び保守の容易さを考慮して、ミニコン、ワークステーションを用いた大がかりなシステムではなく、パソコンにより試験条件の設定、データ読み込み、データ処理を行えるようにした。図3にデータ処理装置の外観を示す。



図3 データ処理装置

- (10) 引張試験の測定データから、当試験場の報告書フォーマットに適合した報告書を作成できるようにした。

4 システム構成及び仕様

本システム（株島津製作所製）の構成及び主な仕様は、以下のとおりである。

(1) 引張試験装置（本体、計力装置）

型式 UH-F1000kNA

仕様 つかみ歯自動交換（2連）

最大容量1000kN

(2) 自動伸び計

型式 C-3

仕様 マグネスケール式接触式

標点距離 20～200mm

(3) データ処理装置

プログラミング言語 C言語

仕様 自動運転および報告書作成プログラム

5 自動運転および報告書作成プログラム

本システムを稼働するためには、予め、引張試験する材料の種類や試験条件をパソコンで設定する必要がある。この作業に時間を費やすようでは、試験を効率的に行うことができない。例えば、応力速度を制御して引張試験する場合、試験片1本毎に試験条件（荷重レンジ、試験片の寸法、試験速度など）を入力する方法では、かえって作業性を損なってしまう。そこで、引張試験に必要な項目を効率よく入力できるよう、当試験場に依頼される試験内容に適合した独自のフォーマットを作成することにより、画面からの入力の作業を大幅に低減した。具体的には、引張試験片を材質別に異形棒鋼、異形棒鋼圧接品、FCD（球状黒鉛鉄）及びJIS4号試験片、FC（ねずみ鉄）、板の5種類に分類し、これらの試験条件を予め記憶させ、引張試験装置に転送することにより、入力にかかる手間を省略した。

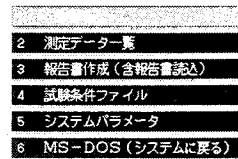
また、作業者が特別な知識を必要とせず簡単に操作することのできるよう以下の画面構成とした。

図4にパソコンディスプレイ画面の一例を示す。

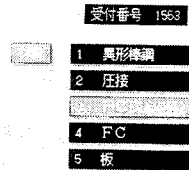
- ① メインメニュー
- ② 受付番号入力、材質選択
- ③ 本数、寸法入力
- ④ 試験内容表示
- ⑤ 試験中（測定データおよび結果表示）

この後、画面⑤の試験中左下のf・1起動によりパソコンから引張試験機本体への運転に移行する。

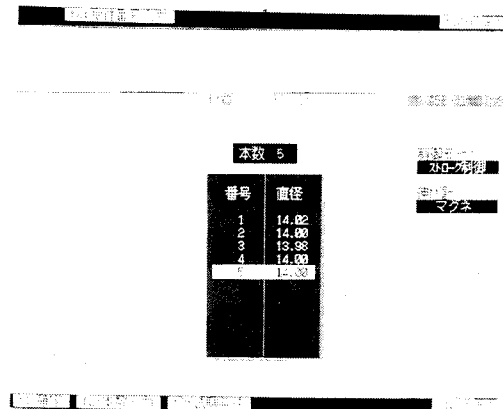
①



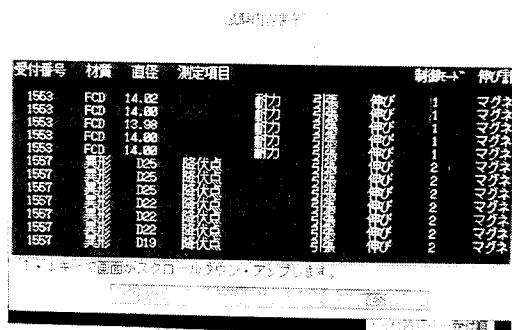
②



③



④



⑤

試験番号	材質	直径	降伏荷重	降伏点	耐力	耐力	最大荷重	引張強さ	伸び長さ	伸び率	制御モード
			N	N/mm	N	N/mm	N		mm	%	
1563	FCD	14.02	55570	369	83620	542	11.230	22.5	1	1	1
1563	FCD	14.03	54230	352	81600	530	11.635	23.3	1	1	1
1563	FCD	13.98							1	1	1
1563	FCD	14.00							1	1	1
1563	FCD	14.00							1	1	1
1567	異形	D25							2	2	2
1567	異形	D25							2	2	2
1567	異形	D22							2	2	2
1567	異形	D22							2	2	2
1567	異形	D19							2	2	2

図4 自動運転画面例

また、引張試験のデータから報告書を作成する作業についても、入力が容易な画面のフォーマットを作成し、作業の低減を図った。報告書作成画面及びこれによってプリントアウトした報告書例を図5に示す。

報告書

三金試第1553号
平成7年5月19日

依頼者
〇〇〇〇株式会社様

三重県金属試験場長 印

平成7年5月18日付けで依頼のありました試験等の結果は、下記のとおりです。

- 1 供試品の品目名 強度試験片
- 2 試験等の項目 強度試験 耐力 引張 硬さ
- 3 試験等を実施した日 平成7年5月19日
- 4 試験等の結果

試料番号	引張試験				硬さ試験
	直径 mm	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	ブリネル硬さ HB
1	14.02	360	542	22.5	179
2	14.00	352	530	23.3	175
3	13.98	410	682	9.6	226
4	14.00	416	702	5.7	238
5	14.00	396	657	10.2	203
	以下余白				以下余白

備考 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

依頼者申請事項 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

図5 報告書作成画面及び報告書印字例

6 自動運転

運転操作は、図6に示すフローチャートにより行う。START SW ON (試験開始)から試験条件を引張試験装置へ転送し、自動伸び計が試験片に装着されて、引張試験開始するまで、約30秒を要した。

以上のハードウェア及びソフトウェアを連動させることにより、同一種類の試験片では、1時間で約25本の、異なる種類の試験片では、1時間で約20本の引張試験が可能となり、ほぼ目標を達成した。なお、引張試験中に試験片から生じるスケール(さび)の除去について、吸引や、エア吹き出し、

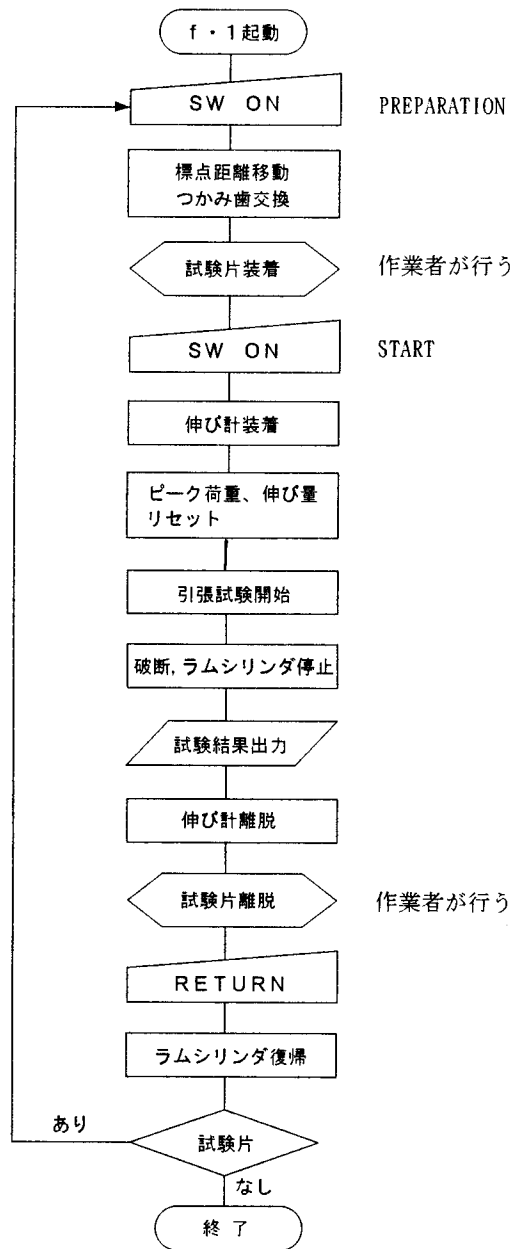


図6 自動運転フローチャート

磁石によるスケール除去などを検討したが、決め手となる有効な対策を講じ得なかった。また、START SW ONから引張試験開始まで、約30秒を要する点についても、引張試験装置側の制限で改善することができなかった。

本システムの構築に当たっては、愛知県建設技術研究所 木村富士男、(財)日本品質保証機構中部事業所 山口武三、富山県工業技術センター中央研究所 杉森 博、埼玉県鑄物機械工業試験場 荻野春之助の各氏(所属は調査時)に貴重なご助言を戴いた。ここに謝意を表す。

KEIRIN 本システムは、競輪の補助金を受けて、平成6年度に購入したものです。