

## 近年における一軸試験機とその検査・校正について

JCSS 技術アドバイザー

元一般財団法人 日本海事協会 鈴木 元

### はじめに

材料試験機／試験装置の用途は業種により多種多様で、金属／非鉄金属・セメント／コンクリート・化学・ゴム・繊維・木材など様々な分野の素材や製品の強度試験に用いられる。

ここでは一般に金属／非鉄金属の材料試験に使用される一軸試験機（引張／圧縮試験機）の最近の特徴、および試験機使用者（ユーザー）、顧客（エンドユーザー）が求める、あるいは求められる一軸試験機の管理、検査・校正の動向について紹介する。

### 1. 最近の試験機の特徴

#### (1) 力指示装置のデジタル化

従来の試験力指示装置は一軸試験機の負荷機構が油圧式、機械式（ねじ式、てこ式）のいずれの方式においても負荷される力の表示方法は機械的に指針を動作させ、目盛板上で試験力指示値を読取るアナログ式であった。

近年では負荷機構に関わらず負荷された外圧、内圧を試験機付属のロードセル、圧力セルにより電氣的に直接検出し、力（N／kN）としてデジタル表示する形式が一般的になって

いる。

このデジタル化により、負荷機構の機械的な摩擦の影響による誤差や目視による読み取り誤差も減少した。またロードセルの性能やデジタル検出・表示装置の分解能の向上などあって試験機全体としての精度が向上している。

#### (2) 試験の自動システム化

一軸試験機の試験システムとコンピュータを組み合わせることで試験データの採取、処理および試験成績書作成まで行う自動システムは1970年代から開発、製造されているが、当時は試験機・試験装置のアナログ的な動きを各種センサーによってデジタル変換したもので、システムの安定性の維持に労力を要した。

近年では、先に述べたようにデータ処理に必要なデジタル出力が直接的に採取可能となり、コンピュータ／CPUの充実とともに安定性が高まっている。このデジタル化の進歩にともない、試験機本体に内蔵のコンピュータにユーザーのニーズに対応した試験プログラムをインストールし、試験機単体でデータ処理が可能な簡易自動型や、ハードウェアも含め、ほとんどの試験作業が自動処理可能な全自動システム試験機の安定性、利便性が、さらに優れたものになってきている。

現在、全自動システム引張試験機は大半の大

手製鋼／製管メーカーなどに導入されており、その試験にかかる人的作業としては、試験片の個々のIDデータをパソコンへ入力し、加工された試験片をコンベアに並べ、試験開始キーを押すのみで、その後はシステムおよびロボットにより試験片の測寸、適切な試験力レンジの選択、試験片の引張装置への装着、自動伸び計のセット、引張試験後の試験片回収が行われる。

また、この一連の工程において、試験片の降伏応力、引張強さ、破断伸びなどの必要データを採取し、成績書作成までを自動で処理する。

これまでの一軸試験機1台の同様の試験においては試験機の操作、測定データの読取り、計算・記録に2人～3人の作業員を必要としていたが、この全自動システム引張試験機では1人で2台～3台の試験機を稼働することも可能な状況となっている。

### (3) 全自動システム試験機の信頼性

全自動システムにおいて試験、作成された材料の成績書／ミルシートの有効性を保証するためには通常の一軸試験機の検査・校正（後述3.2)参照）に加え、システム（ハードウェア・ソフトウェア）の検査が必要となる。

その内容は、伸び計・安全装置・異常処理装置・試験片測寸精度・試験片装着位置精度・試験片回収装置・過負荷・過工程・負荷速度制御・異常データ・トラブル発生時の自動非常停止装置などである。

さらに、最終的に実際に試験片（20本程度）を流してのランニングテストで自動機器全体の動作、および得られた自動処理試験結果と直接（目視）の計測値とが相違ないことを確認する。結果、全てが良好であれば検査・校正証明書に全自動引張試験機／試験装置と記載され、システムの有効性も証明されたことになる。

## 2. 試験機ユーザーの義務と責任

### (1) 試験機設置の目的

一般に工業高等学校機械科などの一軸試験機設置目的は、基本的な試験機の構造、取扱いおよび試験方法の教育・訓練が主とされているが、工学系の大学などの場合は、論文作成のために実際に試験機を使用して必要なデータを得ていることが多い。

全国都道府県の工業試験場や民間の試験所のように外部の依頼を受け、第三者としての試験成績書の提供を目的としている場合もある。

また、一般ユーザーの場合は、試験結果・成績がエンドユーザーに対する自社製品の品質保証のエビデンスであり、いわゆる商取引用としての試験機の使用が一般的である。

### (2) 試験機の管理

ユーザーの一軸試験機の用途、目的は様々であるが、使用時に支障の無い状態を維持するためには何らかの管理が必要である。また、商取引用として試験結果の信頼性の要求がある場合には試験機の有効性の証明および、それに見合う管理方法も必要となる。

一軸試験機ユーザーの管理の拠り所のひとつとして、日本工業規格のJIS B 7721（引張試験機・圧縮試験機—力計測系の校正方法及び検証方法）がある。これは一軸試験機の校正・検証に関する規格であるが、ここに「良好な計測結果を得るためには、試験機の適切なメンテナンス又は調整を行った上で、校正を実施する必要がある。」また、校正の周期として「校正の間隔は12か月を超えないことが望ましい。校正は、試験機を移設したとき又は大きな修理若しくは調整を行ったときにも実施しなければならない。」と記載されている。

これらの内容は一軸試験機メーカーの仕様書、取扱説明書にも明示され、JISに則った試験機の管理を推奨している。

近年製造の試験機中枢部の多くは電気／電子部品で構成され、調整部の一部がブラックボッ

クス化されているものもあり、ユーザーの手による日常の技術的なメンテナンスは事実上、外観的な清掃程度以外にはほとんど無用という状態になっている。即ち、JIS でいうところのメンテナンスや調整は専門家であるメーカーや整備・調整専門業者に依頼せざるを得ない状況になっている。

### (3) 試験機の校正と義務

一軸試験機の校正はそれぞれのユーザーの使用目的に適した方法を選択すべきであるが、一般的にはJISの校正間隔に則して1年に一度、試験機メーカーや整備・調整専門業者に整備・調整および校正を依頼し、整備・調整後メーカー、専門業者の社内検査または公に校正資格を有する機関／事業者によりJIS、JCSS（後述3.(3)参照）、ISO（国際標準化機構）、ASTM（米国試験材料協会）などに則った校正が行われている。

また、一般ユーザーや公共の工業試験場が必要に応じてISO 9000シリーズ、工業標準化法（JIS法）に基づく試験事業者登録制度（JNLA）などの登録・認定を取得する際には業務全体の品質システムの構築に加え、試験機の管理・校正も含めた品質マニュアル・手順書の作成と実行が義務付けられる。

さらにエンドユーザーからは試験機の国家計量標準へのトレーサビリティ（Traceability）の確保や海外との貿易上で必要とする試験結果の相互承認が受け入れ可能なILAC MRA（国際試験所認定協力機構の相互承認）の認定シンボルロゴマークが付された校正証明書の要求もあり、これらを満足させ得るJCSSの登録・認定を取得している校正機関／事業者による校正を求めるケースが増加している。

## 3. 検査・校正と校正機関／事業者

### (1) 試験機検査の歴史

試験機の検査は1940年代から、公益法人を含む公の機関による第三者機関としての検査業務が試験機メーカー、整備・調整専門業者の作業補助などにより全国的に認知されて行った。

1960年代頃からの機械・製鉄・建設・土木などの産業発展にともない試験機器の需要も拡大し、検査団体の組織、検査員および検査用機器も充実しながら現代まで続いている。

### (2) 一軸試験機検査方法

1940年代当時から各検査団体は関連監督省庁が承認／認可した規則に則った検査を実施していたが、1960年代頃にはJISまたはJISをベースとした規則を独自に作成し、これによる一軸試験機検査が現在も並行して行われている。

その概要は、一般検査（試験機の構造・据付け状態・破断試験・最大試験力・感度検査・安全装置）および力の検証（測定系・指示計・附属品）からなっている。なお、一般検査では検査員の知識・経験則などに頼る部分が多く、ある程度の熟練が必要とされている。

また、力の検証の基準として、国家標準機と比較校正を行っている第二次基準機（証明書表示：jcss）を使用し、JIS B 7728（一軸試験機の検証に使用する力計の校正方法）による校正を行い、相対誤差、相対拡張不確かさが通常、1等級以上の力の範囲を有する力計（図1）（証明書表示：JCSS）がユーザー設置の一軸試験機に使用される。

なお、1 kN位までの小容量の一軸試験機には必要に応じ、JCSS校正済のおもりの載荷、吊り下げによって力の検証を実施する。

1990年代頃までは一軸試験機の検証結果が、指示精度 $\pm 1.0\%$ 、繰返し性 $1.0\%$ 、往復 $\pm 1.5\%$ の誤差範囲（現行のJIS特性値1等級に相当）内を合格とする合否判定であった。

現在も力計の校正、および力計／おもりを使用する力の検証方法は変わらないが、現行のJIS B 7721の格付は等級判定であり、各業界が

一般に指定する精度等級は1等級以上である。



環状ばね型  
(LOOP型)

(0.5 kN~1000 kN)

ひずみゲージ式  
(LOAD CELL型)

(0.1 kN~10 MN)

図1 一般的に使用されている力計  
(下段括弧内は一般的な最大容量)

### (3) 試験機検査・校正体制の変遷

1993年に当時の通産省による計量法の改正があり、計量器に対する国家計量標準の産業界への適切な供給の目的と品質システム運営上の要求により計量標準供給制度(計量法トレーサビリティ制度)が導入された。

その後、経済産業省が2004年新計量法を施行し、国家標準とトレーサブルであることを証明できる計量法校正事業者認定制度(JCSS: Japan Calibration Service System)を開始した。現在は独立行政法人 製品評価技術基盤機構(NITE: National Institute of Technology and Evaluation)が運営を行っている。

これまで独自の規則・規格で行ってきた検査・校正では国際的な信頼性や様々なユーザー・エンドユーザーの要求に応じることが徐々に困難となり、公の団体、試験機メーカー、整備・調整専門業者などがJCSSの登録・認定を取得するための体制を構築して行くこととなった。

## 4. 校正機関/事業者の登録・認定

### (1) NITEが行う登録・認定の検査・審査

現在行われているJCSS制度はJIS Q 17025(ISO/IEC 17025)「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」に則って運営され、登

録事業者の区分としては長さ・質量・時間・角度・体積・硬さ・力・温度など24の区分が定められている。

登録のための審査・検査の内容は、品質マニュアルなどによる品質マネジメントシステムが適切に運営されているか、また力区分の一軸試験機ではJIS B 7721に則った校正、校正技術の維持管理、NITE発行の不確かさガイド、適用指針に準じた不確かさの見積もり、校正用機器の国家標準へのトレーサビリティ(「切れ目のない校正(比較)の連鎖」)(図2)の確保など、技術的要求事項の良否を確認する。

なお、NITEにはJCSS各分野の技術者が不足しているため関連分野の機関/事業者の専門技術者に技術アドバイザーを依頼し、技術的部分の審査・検査を行っている。

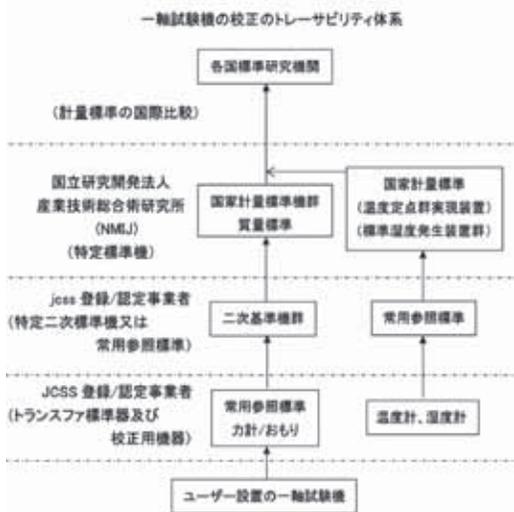


図2 トレーサビリティ体系図

### (2) 測定の不確かさについて

トレーサビリティに欠かすことのできない不確かさとは、「絶対的な真値は知ることが出来ない」という測定量の知識についての不完全さ、その分からない誤差を統計処理し、推測したものである。

例えば一軸試験機の測定の不確かさは図3に示す各要因から成り、これらの算術平均と標準

偏差から求めた結果が相対拡張不確かさ（信頼の水準約 95%に相当する）である。

なお、JCSS の校正証明書には相対拡張不確かさ、校正結果による等級および等級判定に関わる特性値（指示・繰返し性・ゼロ・分解能・往復の各相対誤差）も明記される。

一軸試験機の相対拡張不確かさの合成と信頼の水準		
使用する 力計に起因する 不確かさ要因	○力計の校正値 ○使用時の温度変動 ○長期の不安定性	一軸試験機の 相対拡張不確かさ
校正対象の 一軸試験機に起因する 不確かさ要因	○測定値の繰返し性 ○指示装置の分解能	
信頼の水準約 95%に相当する相対拡張不確かさについては 包含係数 $k=2$ を採用する。		

図 3 一軸試験機の相対拡張不確かさ

### (3) 認定制度の動向

現在、NITE が JCSS 制度として登録・認定している区分は前述のとおり 24 区分であり、200 種類以上の計量器が対象となっている。

材料試験機および、その校正に関するものとしては力区分の力計、一軸試験機・硬さ区分のロックウェル硬さ試験機／基準片、ビッカース硬さ試験機／基準片・校正用機器の関連分野の区分としては長さ、質量（分銅、はかり）、温度、湿度などがある。

最近、米国の規格 ASTM E 74 (Standard Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines) による方法で校正された力計を使用し、ASTM E 4 (Standard Practices for Force Verification of Testing Machines) での一軸試験機の校正方法が JCSS 制定された。これは、航空機、原子力関係などの国内および国外向け関連のユーザー／エンドユーザーからの要請により検討され、追加されたものである。

また、一軸試験機以外の材料試験機関係でも

トレーサビリティが要求されている機種が多々あり、関連分野のメーカー、工業会およびユーザー／エンドユーザーからの要望により NITE の JCSS 登録区分は徐々に増加している。

## 5. まとめ

以上、大まかにではあるが、一軸試験機の進歩、初期の検査・校正から近年への変化、様々なユーザー／エンドユーザーの管理に関わる変化および検査・校正を行う上で重要視されている JCSS 制度について紹介した。

今後の試験機器関係の発展にともなう高品質な検査・校正システムの構築とその普及、より国際的に統一された規格、規則による JCSS 校正分野の拡大が各業界、ユーザー／エンドユーザー、校正機関／事業者の期待するところである。

## 参考文献

- 1) JIS B 7721：2009（日本規格協会）
- 2) JIS B 7728：2013（日本規格協会）
- 3) JIS Q 17025：2005（日本規格協会）
- 4) 適用指針，不確かさガイド：一軸試験機（NITE：平成 25 年 10 月 10 日）
- 5) 適用指針，不確かさガイド：力計（NITE：平成 28 年 6 月 13 日）
- 6) 不確かさの入門ガイド（NITE：平成 26 年 5 月 19 日）