

多機能型ねじ強度試験機の試作

電気・情報系（機械システム工学科） 佐藤 政司

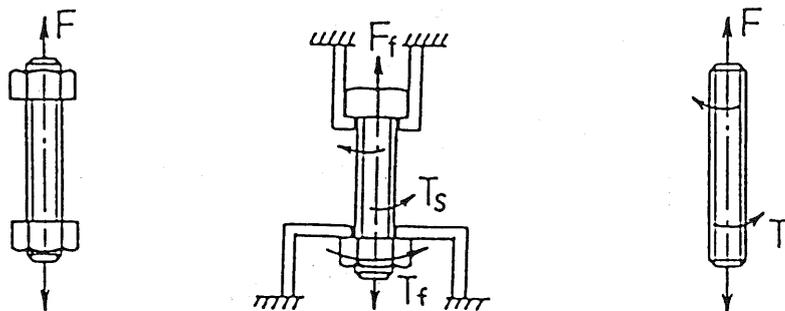
1. はじめに

機械や構造物の各構成部分を結合する方法には、ねじ、接着、溶接などがある。このうち、ねじ結合は、組み立てや分解が容易な締結要素として大量に使用されている。現在、ねじの材質はほとんどが金属製（とりわけ、鋼製）であるが、金属ねじの欠点を補う新しい締結要素として、プラスチックねじが注目されつつある。プラスチックねじは、従来金属ねじでは問題の多い分野への応用が考えられる。例えば、部品間の電気的な絶縁を必要とするねじ結合にプラスチックねじを用いれば、ねじ自体の絶縁性のために、特別な絶縁対策を省くことができる。また、化学プラントにおけるポンプや配管系では、腐蝕が大きな問題となるが、これらの結合部についてもプラスチックねじを用いることによって解決し得る可能性がある。溶接は技術を要し均一な強度が得にくく、接着は前処理が複雑で接着環境によって強度が左右されるが、ねじを締め付ける作業は、他の結合方法に比べて、現場での施工が容易であり、かつ分解可能という利点をもっている。しかしながら、プラスチックねじに関する従来の研究は、きわめて少ない。これらの研究を行うために試験機が必要となるが、一般に用いられている材料試験機では金属材料を対象にしているため、荷重容量が大きく、しかも単軸負荷に限られているので、プラスチックねじの強度にとって不都合な点が多い。そこで、プラスチックねじの主要な実験をカバーできる試験機を設計試作した。

2. 試験機に要求される機能

図1には、ねじの強度特性を調べるために必要な3つの基本的な試験を示す。

- (a) 材料及びねじ強度の最も基本になる評価法としての引張試験。
- (b) 被締結体の影響を受けることなく、ボルトそのものに作用する荷重の状態を調べることができる締付け試験。
- (c) ねじ材料自体の特性を把握できる、比例負荷試験。



(a) Tension test (b) Tightening test (c) Proportional loading test

Fig.1 The functions required to test the strength of plastics screw

3. 試験機の構造

表1にその主な仕様を、図2に試作した試験機の概要を示す。

Table 1 Specifications of testing machine

	Loading methods	Capacities
Tension	Actuator controlled by electro-hydraulic servo valve	Tensile load 15 kN Axial stroke 75 mm
Torsion	Worm gear and variable speed motor	Torque 100 N-m Angular displacement ∞

試験機上部の主軸は、引張荷重を負荷するためのもので、図3(a)に示すように油圧アクチュエータにボールスプライン軸が締結されている。したがって、上部の主軸の回転方向は拘束される。一方、下部の主軸は図3(b)に示すようにウォーム歯車によって回転が可能であるが、軸方向の運動は拘束される。

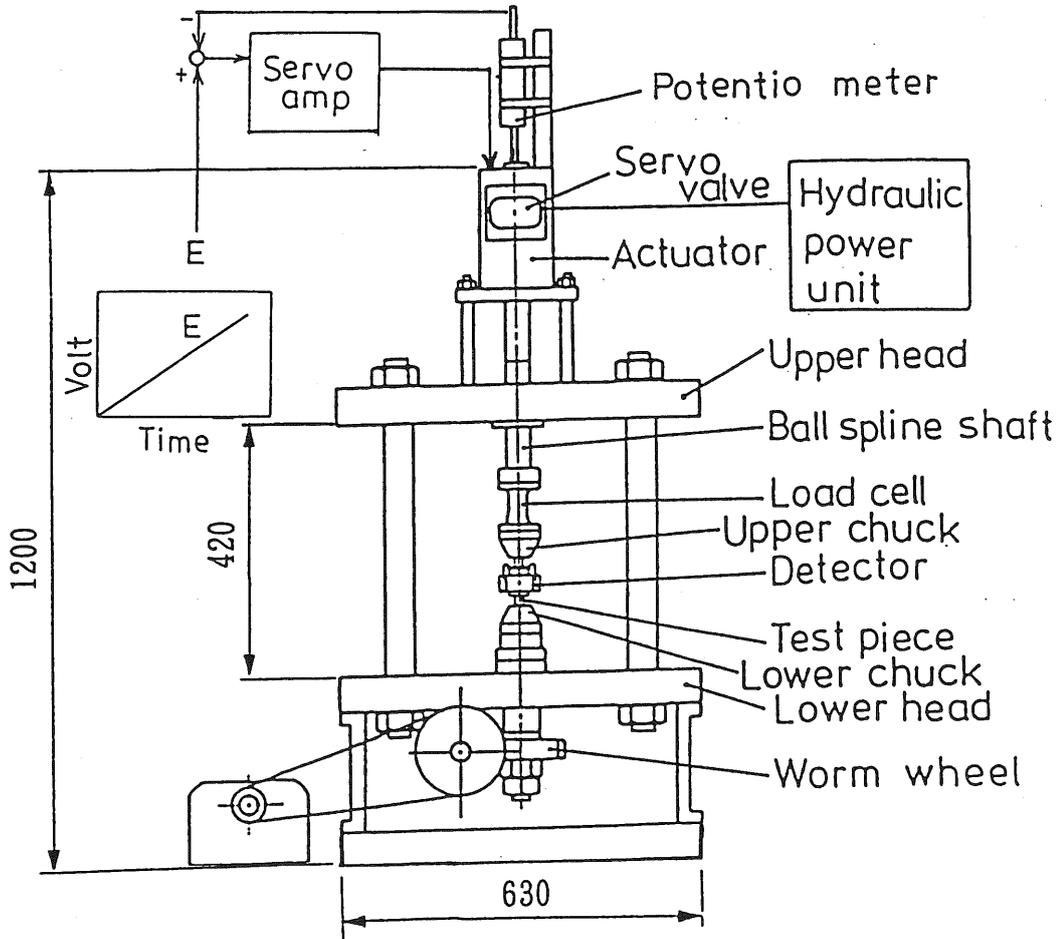
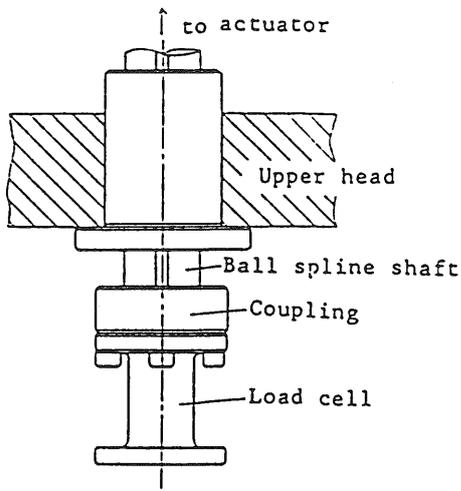


Fig. 2 Schematic diagram of testing machine (In this figure, the control system in the case of tension test is shown.)



(a) Upper shaft

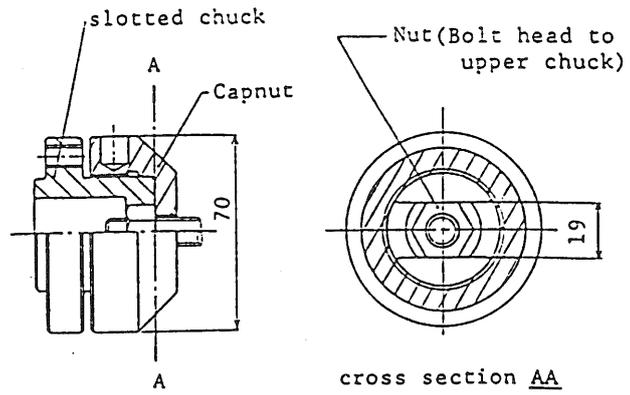
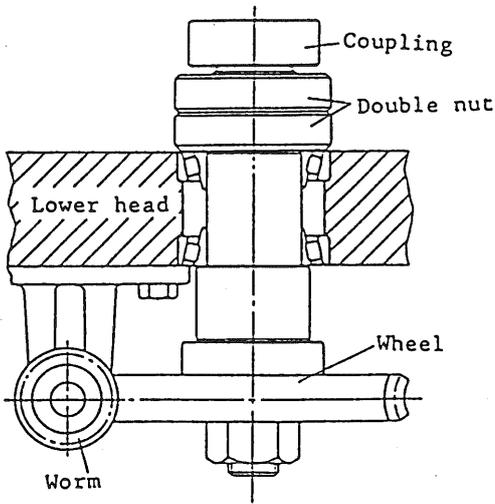


Fig. 4 Detail view of lower chuck



(b) Lower shaft

Fig. 3 The structure of upper and lower shafts in testing machine

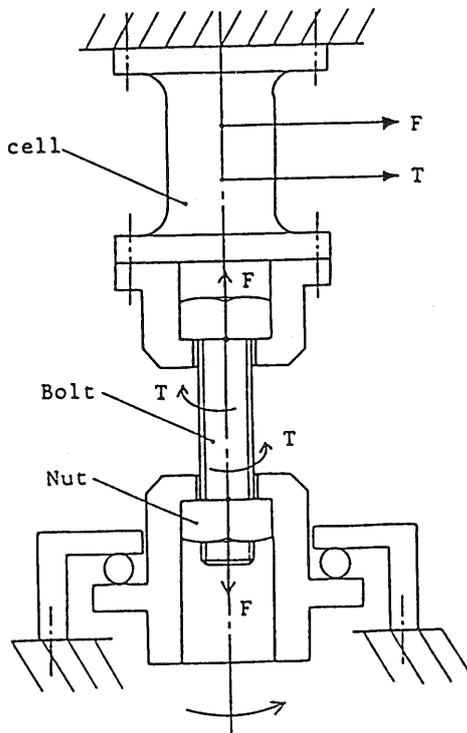


Fig. 5 Schematic diagram of tightening test

4. 試験機の制御系

油圧アクチュエータには電気油圧式サーボ弁を取付け、サーボアンプと接続して必要な制御を行うことができる。以下に3つの基本機能を要約する。

(a) 引張試験の場合は、図2に示すようにサーボアンプへの目標信号としてランプ入力を印加し、油圧アクチュエータの軸の変位を検出信号とすることによって、引張速度一定の試験を行う。引張速度の設定は、ランプ入力の時間的増加率を調整することによって行う。

(b) 締付け試験の方法は、試験機上部の主軸を最下端まで下げた状態で、下部の主軸を回転させてナットを締付ける。このチャックには、図4に示すようにナットの2面中に相当するすり割りを入れてあるので、ボルト頭およびナットは、それぞれのチャック内で回転方向に拘束される。したがって、下部の主軸を回転させると、ナットが一体となって回転し、ボルトには軸力 F とはめあいねじ部で発生するトルク T が作用する。この軸力とトルクは、ロードセルによって検出することができる。このような機構にすれば、原理的にナット座面の摩擦によるトルクが発生しないので、あそびねじ部に作用するトルクを精度良く測定することができる。

(c) 比例負荷試験は、下部の主軸の回転と上部主軸の変位（上昇）によって実施される。すなわち下部の主軸を回転させると、試験片にはトルクが負荷される。このトルクによる出力をロードセルで検出し、サーボアンプの目標信号に用い同じロードセルから出力される軸力を検出信号とすることによって、トルク T と軸力 F を比例的に負荷する。その概要を図6に示す。

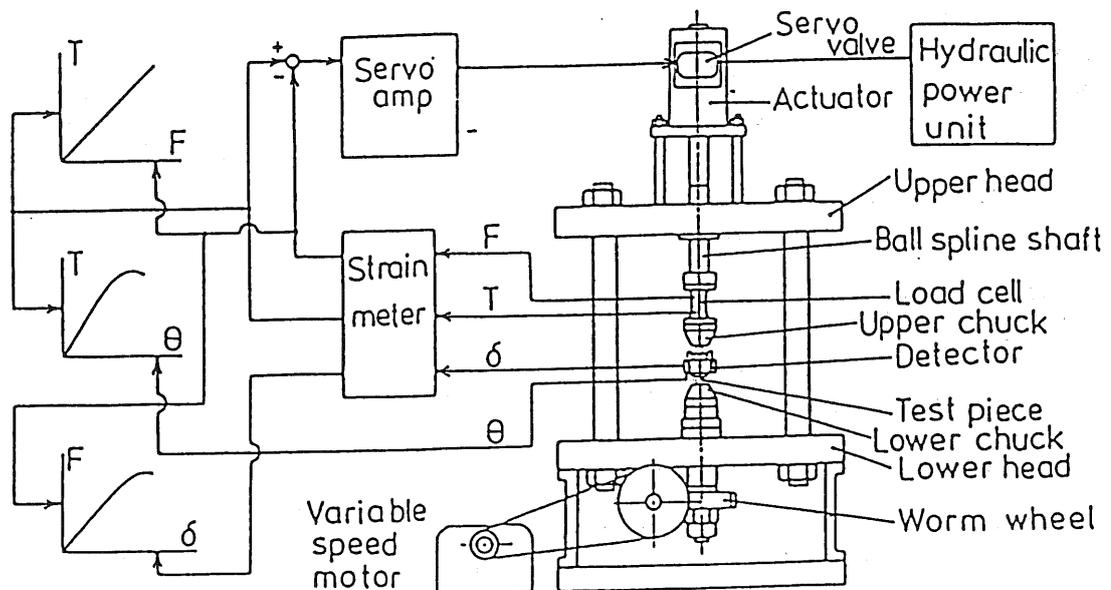


Fig. 6 Schematic diagram of control and measuring systems in proportional loading test

5. 試験機製作上の留意点

試験機は、上部鋼板（厚さ60mm）と下部鋼板（厚さ60mm）の間（420mm）を4本の丸鋼柱（ $\phi 50$ mm）で支える構造となっているが、組立てたときに上、下鋼板の中心にある主軸用の径の違う穴の同軸度が要求される。そこで先に二枚の鋼板を正確に削りだし、一枚ずつ旋盤で四つ爪チャックを使用して内径（ $\phi 62$ mm）と内径（ $\phi 85$ mm）の穴を仕上げた。その穴にピッタリとおさまる段つきジグを製作し、ジグを二枚の鋼板の中心に打ちこんでから鋼板の四隅に穴（ $\phi 16$ mm）をあけボルト締結した後、4本の丸鋼柱が入る穴をドリルであけ、最後はリーマを通して仕上げた。このような加工上の工夫によって、組立て後の上下軸間の偏心量を約1/100mmに抑えることができた。既製品で入手可能なものは、購入し、油圧アクチュエータについては、シリンダの内面研削とピストンロットの焼き入れと研削の必要から外注した。購入した機器は、油圧ユニット（型式ND151-102、1.5KW、ダイキン工業）、サーボ弁（型式3F-1L-30-14-101、東京精密測器）、サーボアンプ（型式42B、東京精密測器）、フィルター（大生工業）でボールスプライン軸は既製品を一部注文加工した。

6. おわりに

今回報告した、ねじ強度試験機は二、三年でスクラップになる実験装置が多い中、素材を変えたり、ジグを変えたり、測定方法を変えたりしながら、今までも我が研究室で活躍している。‘無事これ名馬’という言葉がありますが‘無事これ名機’といえる。

尚、本報告をまとめるにあたり、御助言、御指導を頂きました西田公至教授、齊当建一助教授に厚くお礼申し上げますと共に、装置製作にあたり名人技でお手伝いをして頂き、なおかつ適切なアドバイスをしてくれた、工場の職員の皆様には心からのお礼を申し上げます。