



向に動く圧子が衝突し、そこに作用する荷重と圧子の押込み量及び除荷量とを瞬時に連続して測定を行う。

### 3.3 圧子駆動部

圧子駆動部をFig. 3-3に示す。

楕円カムの回転にはステッピングモーターを用い、カムの回転がカムフォロワを介して圧子保持用テーブルの上下運動へと変換される。ステッピングモーターには専用の駆動回路があり、受け取るパルス信号毎にモーターの固有ステップ角が回転するので、位置決め精度に優れている。また、回転速度はパルス信号の周波数に比例した速度なので、速度制御が容易である。

楕円カムは真鍮製で、カムと軸とを一体として製作した。長軸と短軸の半径の差により、テーブルが1mmの反復運動を上下に繰り返す。カムを使用したことで回転運動を正確かつ円滑に上下運動へと変換でき、高速で連続的な押込み・除荷運動が可能となる。

また、モーターとカムを連結する際に2軸の偏芯を調整し、無理な力が加わらないようにするため、たわみ軸継ぎ手を加えた。さらにテーブルの振れを防ぎ、安定した動作が行えるように、テーブルとカム固定板の間に直動システムを組み入れ、かつカムとカムフォロワが常時接触を保つように、テーブルは2本のスプリングにより上方に押し上げられている。

### 3.4 材料送りローラー駆動部

Fig. 3-2に示すように、試験片はねじりコイルばねの力が加わる2本のアーム先端に取り付けられたローラーにより押さえられる構造となっており、円滑に材料を送ると同時に、押込み試験の際に生じる材料の振れを防ぐ。

試験片は回転速度も任意に設定でき、鋼性の円筒内に圧入し衝撃に耐えられるようにしてあるコンベヤ用モーターローラーで水平に送られる。また試験片の保持のため、衝撃に強い補助ローラーが取り付けられている。

### 3.5 クロスヘッド駆動部

Fig. 3-1に示すように、クロスヘッドの移動にはステッピングモーターを用い、回転力をギヤで減速してボールスクリューに伝える構造で、クロスヘッドの最小移動量は $2.3\mu\text{m}$ となっている。そのため圧子の位置を任意な微小距離間に設定できるので、様々な材料に対し様々な荷重で試験することができる。また、強い振動においてもクロスヘッドを保持させるため、機枠との間に直動軸受けを組み込んである。

### 3.6 圧子荷重及び圧子変位量測定部

Fig. 3-3の下側先端部が圧子荷重及び圧子変位量測定部である。ロードセルは材料に真鍮を用いて製作し、

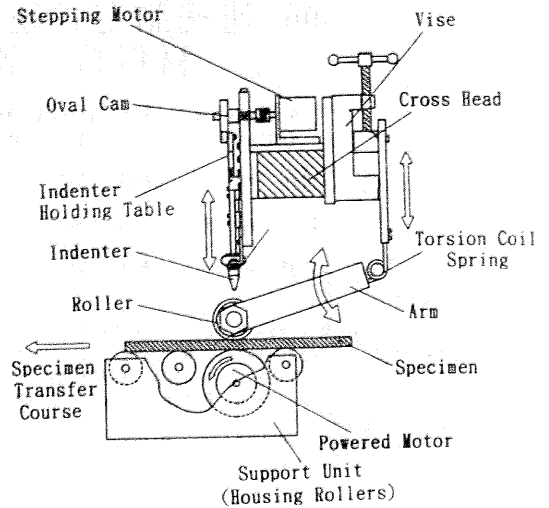


Fig. 3-2 Side View of Fundamental Motion of Continuous Hardness Testing Machine.

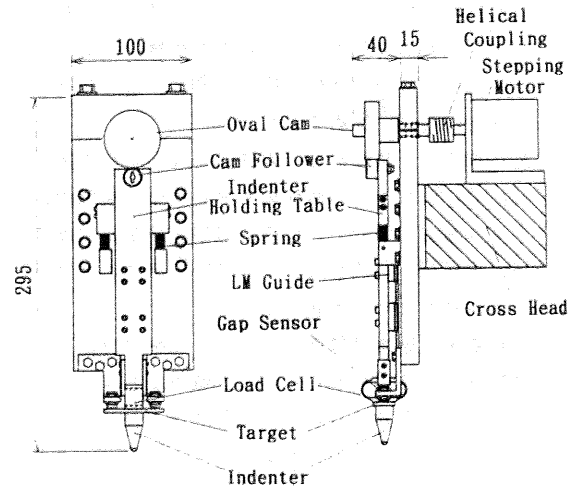


Fig. 3-3 Mechanism of Driving Part of an Indenter.

円弧部分の外側と内側に歪ゲージを貼付け、この部分の歪を利用して荷重を測定する。圧子先端部には軸付き軸受鋼球を用い、鋼製の保持部の先端にしまりばめで固定し、それをロードセルにねじ止めた。

圧子変位測定部としては、非接触式のギャップセンサーを用い、圧子と共に上下に動くターゲット間の変位を測定する。このギャップセンサーはロードセル及び圧子の左右に2つ設置してあり、左右のギャップセンサーの平均値を圧子の変位量として測定することにより、圧子の傾き等の補正を行う。

## 4. 制御・計測方法

Fig. 4-1に本試験機の制御・計測システム図を示す。

パーソナルコンピュータを試験機の制御装置とし、I/Oボードを介して速度データをパルス発振器へ送り、ステッピングモーター駆動回路によりモーターを

回転させる。その動作によりカムの回転とクロスヘッドの移動が各々行われる。また、測定された圧子の押し込み荷重と変位量のデータはデジタルオシロスコープへ送られた後、パーソナルコンピュータに取り込まれ、フロッピーディスクにセーブされ、解析が行われる。

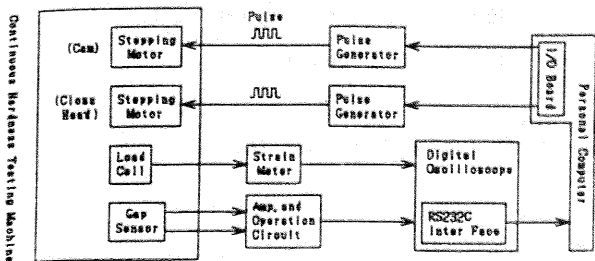


Fig. 4-1 Control and Measuring System of Continuous Hardness Testing Machine.

## 5. 材料特性評価試験及びその結果と考察

### 5.1 試験

今回本試験機を用いて行った試験は、予備試験として試験片を移動させず、静止の状態で行った。

球圧子には直径5mmの軸受鋼球を使用し、試験片はPVC(塩ビ)板とABS板の2種類〔各々205×140×15、150×90×10(mm)の寸法、試験表面は2000番のエメリー紙で仕上げ〕である。

試験においては、楕円カムの回転速度を3、30、60(r.p.m)とした場合、各々1回の試験時間は3、0.3、0.15(s)となる。また圧子押し込み荷重は、塩ビ板は約3500(gf)、ABS板は約4000(gf)に設定し、环境温度23℃にて行った。

### 5.2 試験結果・考察

Table. 5-1に2つの材料に対し試験を行った結果を、またFig. 5-1、Fig. 5-2にカム回転数3r.p.mにおける塩ビ板に対する圧子荷重・変位-時間線図、及び荷重・変位線図(押し込み線図)を示す。Table. 5-1においては、試験速度が増加するとヤング率が減少するというプラスチックにおける歪速度依存性と逆の結果が得られ、また全体的に既知のヤング率よりも1/2~1/2.5

Table. 5-1 Material Characteristics Measured by Continuous Hardness Testing Machine.

Specimen	Poly Vinylchloride (PVC)			Acrylonitrile-Butadien Styrene (ABS)		
	3	30	60	3	30	60
Revolutions per Minute of Cam (r.p.m)	3	30	60	3	30	60
Load (gf)	3619.31	3537.56	3536.16	4568.44	3834.36	3650.66
Penetration (μm)	55.76	57.14	60.12	73.34	65.96	70.65
Recovery (μm)	53.61	53.1	56.56	68.76	60.58	60.04
Strain (%)	5.99	5.77	6.02	6.62	6.1	5.66
Strain Rate (1/min)	293.92	2849.98	5973.79	278.54	2802.9	5435.37
Young's Modulus (kgf/mm <sup>2</sup> )	120.474	115.649	106.321	102.124	101.664	91.466

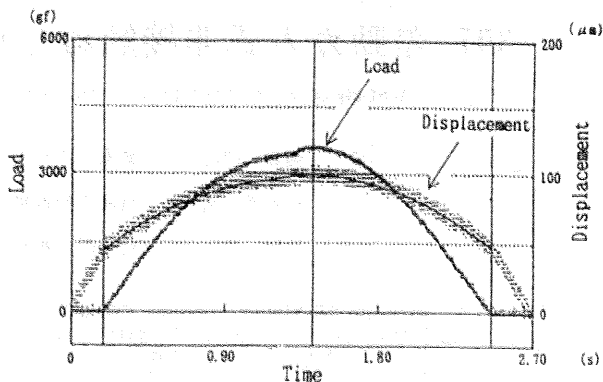


Fig. 5-1 Diagram between Load-Displacement and Time of Poly Vinylchloride Measured in Rotating Cam Speed at 3 r.p.m.

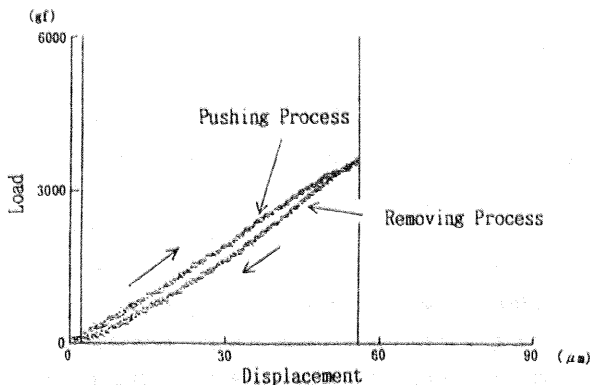


Fig. 5-2 Diagram between Load and of Poly Vinylchloride Measured in Rotating Cam Speed at 3 r.p.m.

程度低い値が示されている。これは試験中に発生するギャップセンサーとターゲットの振動、試験片の表面粗さ、場所や深さ方向の非均質性、圧子やロードセルの傾きあるいは算出式(2-1)の本試験方式への適用に関する妥当性等も原因と考えられ、更なる検討が必要である。

## 6. 結言

連続的かつ瞬間的な材料特性試験を目的とした計装型連続測定式硬度試験機の設計・製作を行い、それを用いて塩ビ板、ABS板に対し材料特性評価予備試験により荷重・変位-時間線図を得、かつヤング率の算出を試みた。その結果から今後の課題として、①試験片の振れを防ぐための、上部押えローラー部の修正②ロードセルやギャップセンサーの取付部の動的特性の解明及び分解能の向上③カム、圧子、ロードセル等の寸法・表面処理等の修正④オシロスコープに代わる高速ADコンバーターの導入⑤試験機の動的特性を考慮した算出式の改良、等が挙げられる。

また本研究を遂行するに当たり御協力いただいた、廣川頼史君(4年)に感謝申し上げます。