

材 料 試 験 に 就 て

京都帝國大學名譽教授 工學博士 松 村 鶴 藏

演題は「材料試験に就て」として置きましたが廣い意味の材料試験と申しますと工業用の凡ての材料につき其物理的性質、化學的性質及機械的性質を試験することでありませぬ。然し茲では狭い意味の金屬材料の機械的性質の試験について申上る積りでありませぬ、どうか其御含みで御聽を願ひたい。

さて材料試験は實用試験と研究的試験との2種に區別されて居ります、實用試験とは主として商取引の場合に行ひませぬ、或る工場に於て材料を購入する場合に仕様書を書きませぬ、納入された材料が果して仕様通りの機械的性質を具へて居るかを調べる試験であります、今一つの研究的試験とは材料の色々の機械的性質を研究して明かにする試験であつて之によつて得た智識が工作物設計の基礎となるのであります、夫れであるから此試験は工學上重大なる役目をするものであります。

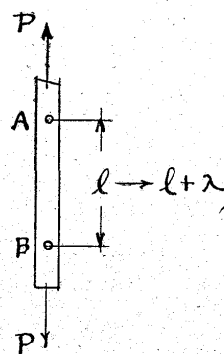
今日より此兩様の試験が各所で行はれる様になりましたが今から30年前のことを考へて見ると實に微々たるものであります、其頃日本中で試験機を備へて居つた所は十數ヶ所に過ぎなかつた、然かも試験機の種類は少く且つ試験機はあつても餘り試験をしないと云ふ状態でありました、處が今日では工業教育を施す各學校、各工業試験所、陸海軍の工廠及研究所及大多數の工場に於て多種多様の試験機が備へ付けられ色々の試験が盛んに行はれる様になりました、此は最近我國に於ける工業の勃興につれて其必要が痛感された結果でありませぬして誠に當然のことでありませぬ。

以上は前置として申上げたので之から本題に移ります。

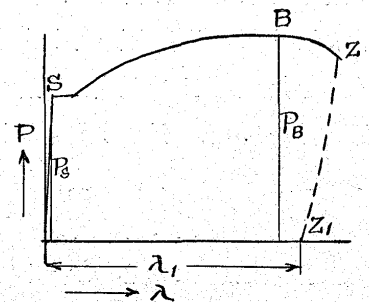
I. 普通に行はるゝ材料試験法の説明

(1) 抗張試験 (機械學會用語は引張り試験) 之は材料の強さ、伸び及弾性をしらべる爲に最も普通に行はれる試験であります、夫でありますから皆様は既に御承知であらうと思ひませぬが話の順序として一通り申上ることを御許し下さい、試験せんとする材料より棒の形の試験材を切り取り之を兩端より引張り引き切つて見る、第1圖に示した様に眞直な棒の兩端にPPなる張力即ち荷重を加へますと其作用により棒は引き伸ばされます、始めにABなる2

第 1 圖



第 2 圖



點に小さな點を刻印して置き其間の長さを l とすれば張力の作用により之が伸びて $l + \lambda$ に増加する、 λ は即ち伸びである、此 λ は張力 P に關係をもち P が大なる程 λ は増加する、今此棒を引き切るまで P を増加して行くとき P と λ の關係は第2圖の様なものになります、此圖は張力 P を縦に取り伸び λ を横に取り此等の間の關係を圖式で示したものであります。

Z は最終に引き切れた瞬間の點であります、引き切れた瞬間に張力 P は急に 0 となる、夫れと同時に伸び λ は幾分減じる、即ち張力と伸びの關係點が Z より或る道を通つて Z_1 に来る、此 Z_1 は引き切れた後の張力と伸びの關係を示す點であります、即ち張力は 0 であつて伸びは λ_1 である、引き切れた後に此 λ_1 を測定して之を AB 間の長さ l の百分率で表したものを伸長率と名けます。

次に第2圖に於て S 點を降伏點と名けます、茲で材料が降伏する、と云ふのは張力を増さぬのに伸びは増すのであります、其高さ P_s を棒の斷面積で除して所謂應力に換算したものを降伏應力と名けます。又曲線の最高點 B の高さ P_B は此棒を引き切るに要する張力即ち切斷荷重でありませぬして夫れを應力に換算したものが此材料の強さ即ち抗張力であります。

實用試験に於ては抗張力、降伏應力及伸長率を測定することになつて居ります、此外切斷面の收縮率を測定することがありますけれども之は一般には行はれて居りませぬ。

猶研究的試験として普通は材料の弾性率及弾性限度を測定しますが長くなりますので茲では述べませぬ。

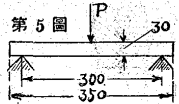
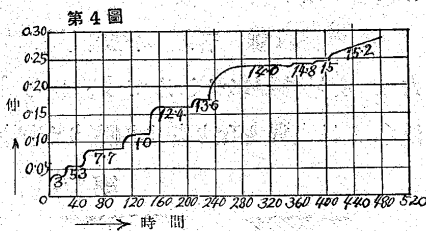
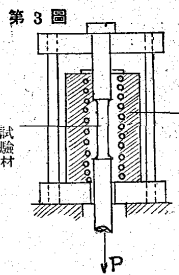
試験材の形と寸法は日本標準規格第1號に制定されて居

りますから之も省略して置きます。

(2) クリープ(匍匐)限界試験 之は抗張試験の一種類でありますが只特殊の場合に行ふ、蒸汽罐に使用する材料の如く高温度に於て力を受ける部分には缺くべからざる試験となつて居ります。

材料は高温度に於て或る力を荷つて長時間に亘るときは徐々に變形する、此現象をクリープ即ち匍匐と名ける、常温に於ては材料が力の作用で變形するに伴ひ硬化する、故にクリープは起らないのであるが高温度に於ては熱の爲硬化せず材料は變形を続け遂に切斷するに至るのである、又材料によつては假令は鉛の如きは常温に於て變形に伴ひ硬化せずクリープの現象を起すのであります。

クリープ試験は第3圖の如き要領の下に行ふ而して或る適當なる装置により時間と伸びて縦横の座標とする曲線を



畫かしめる、一例として第4圖はモリブデン鋼につき試験して得たる時間と伸びの關係曲線であります、温度は450度で試験した、曲線は階段の様な形になつて居る、各の段の下に記した數字は試験材に掛けた應力を示します、最初の段は毎平方ミリメートル3キログラムを掛けたときの曲線であります、其末端が水平になるのは時間が経つても伸びの増さないことを表します、應力の小い間は段の末端が水平になる、然るに15.2キログラムを掛けたときに伸びは略時間に比例していつまでも増加する結果となつて居ります、依つて最終より一つ前の應力15キログラムを此材料のクリープ限界と取る譯であります。

實際使用の材料に於ては應力が此限界を超へてはならぬのみならず安全の爲夫れより相當低い應力にして置かなければならぬ。

(3) 抗折試験(機械學會用語は曲げ試験) 之は實用試験としては鑄物のみに應用する、試験材には丸棒を取り第5圖の如く之を兩端に於て支へ中央に力を加へて折斷する、而して折斷瞬間の力及撓みを測定し力によつて鑄物の強さを

を判斷し撓みによつて其靱性を判斷するのであります、第5圖には日本標準規格による寸法を示してあります。

(4) 打撃試験(一回打撃試験、繰返し打撃試験) 前に述べましたのは孰れも靜かに働く力即ち靜的荷重を掛けて試験するのであります、打撃試験に於ては打撃により材料を壞して見る、即ち動的試験であります、材料によつては靜的に強くても動的には脆いものがありますから此試験の必要がある譯であります。

打撃試験には二つの様式があります。其一つは一回の打撃により試験材を折斷する、而して折斷に費されたエネルギーを測定する、今一つは一定のエネルギーの打撃を何回も繰返して試験材に加へ夫れが壞れるまでの打撃数を數へる。

先づ第一の一回打撃試験にはアイゾット式及びシャルピー式があります、アイゾット式試験の要領が第6圖に示されて居ります、溝付きの試験材を圖の如く試験機の底部に固着し振子をAなる位置に持上げそこから自由に振り落し試験材の端を打たしめる、かくして試験材は折斷し振子は尚餘りあるエネルギーを以てBなる位置まで振り上る、そこで振子の重心の高さ h_0 及 h を測定して

$$\text{振子の重量} \times (h - h_0)$$

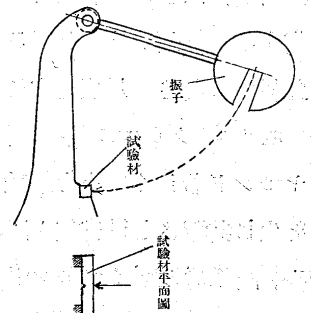
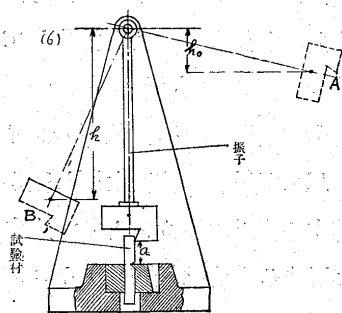
を計算する、之が試験材の折斷に費されたるエネルギーであつて此値が大なる程材料が餘計に靱いことを知るのであります。

アイゾット試験に於て注意すべきことは a なる寸法が22ミリメートルと決められて居りますが正確に22ミリメートルでなくてはならぬ、機械によつては多少の狂ひがありますから注意を要します。

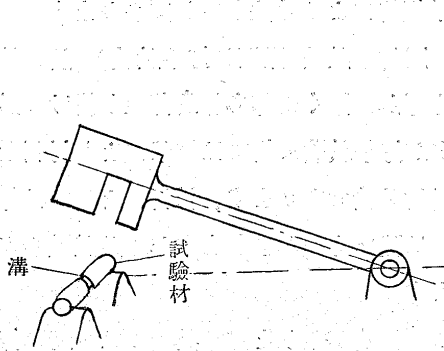
次にシャルピー式試験も同じ原理のものであります、唯試験材を其兩端に於て支へ中央に振子の打撃を加へて折斷する、其要領は第7圖の如くで試験材は中央に溝が切られて居り溝の反對の側に於て打撃を受ける。

第6圖

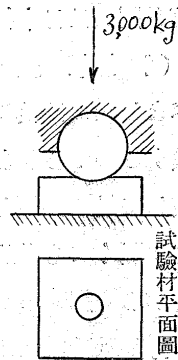
第7圖



第 8 圖



第 9 圖



第2の繰返し打撃試験にはスタントン式、クルツプ式及不肖松村式があります、スタントン式と松村式とは同じ原理のものであります、試験の要領は第8圖の如くで試験材には丸棒を取り(松村式に於ては角棒にてもよろし)其中央に溝を切り之を兩端に於て支へる、一つのハンマーを其束の根元を樞軸として自由に動く様取付け之を或一定の仰角に持上げそこから自由に落して試験材の中央を打たしめる、而して此打撃を何回も繰返し且つ一打毎に試験材を其軸のまわりに半回転せしめる、此くすれば試験材は交互に其兩側から打撃を受けることになる、試験材が折斷するまでの打撃數を數へて之を材料の靱性の尺度とするのであります。

(5) 硬度試験 (ブリネル式 ショアー式 ロックウエル式 其他) 硬さの試験にはブリネル式、ショアー式及ロックウエル式が一般に用ゐられて居ります、ブリネル式に於ては第9圖の如く直径10ミリの鋼球を3,000キログラムの力で試験材の表面に押込み15秒間の後力を除き試験材の表面に出来る窪みの直径を測り之より窪みの表面積を計算し之を以て力3,000キログラムを除したものを求め之をブリネル硬度數とする。

次にショアーの硬度計は普通にスクレオスコブと名けられて居るもので垂直のガラス管の中で尖端にダイヤモンドを取付けたる小さな錘りを一定の高さから落し試験材の表面を打たしめる、其とき表面は變形し此變形が一部分回復する爲に錘りははね歸る、此はね歸りの高さを測定して此材料の硬さの尺度とする。

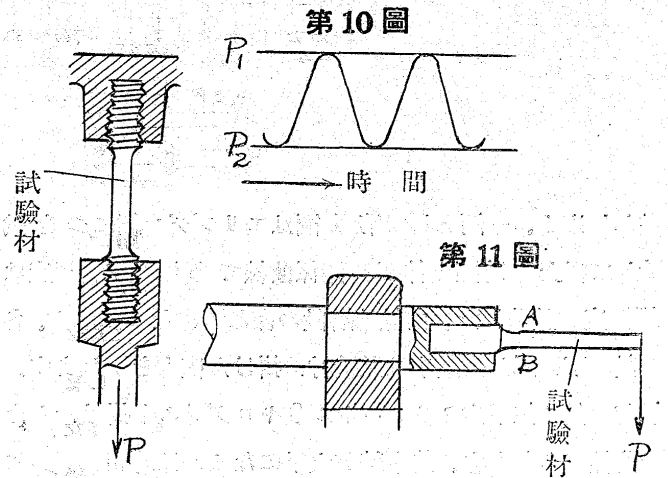
次にロックウエル試験は材料の硬度に應じ圓錐形のダイヤモンド若しくは小き鋼球を以て試験材の表面を押し窪みを生じ其深さを目盛板と同轉する指針の手立により測定する、圓錐形のダイヤモンドを用ゆる場合は最初10キログラムの荷重を加へ次に之を150キログラムに上げ然る後

又10キログラムに戻し最初の10キログラムのときの深さと後の10キログラムのときの深さの差を測定して此差の500倍を100より減じたる殘を以てロックウエル硬度數とする、實測の場合には此數が直ちに目盛板に顯はれる様になされて居ります。

以上三つの方法は説明しました様に夫れ々々原理を異にして居ります、どの方法が一番合理的であるかと云へばブリネルが最も理窟に近く次がショアーであつてロックウエルが理窟から大分遠ざかつて居る様に考へられます。

以上の外に硬度試験には色々の様式があります、其内ヴキカースのピラミツド形のダイヤモンドを用ゆる式及不肖私のダイヤモンド球を用ゆる式のあることを申上げて置きます、此等の式は無論一般の場合に用ゐられますが特に他の方法では測ることの出來ない薄板の硬度を測定するに適して居ります。

(6) 疲勞試験 普通の抗張試験に於て第10圖参照)若し力 P を始終變化せしめて P_0 から P_1 の範圍に變る力の波(P_0 は負數となり即ち引張りが壓縮となつても宜し)を



加へるときは P_1 を應力を換算したものが此材料の抗張力に達して居ないでも試験材は遂に切斷することがある、之は材料が疲勞を起す結果であります、然るに疲勞限界と名けらるゝものがあつて應力が此限界を超へざる限り波を幾回繰り返しても試験材は切斷しない、此の如き限界があるのであります、材料は機械部分品として應力の波を受けるものが多々あります、かゝる部分品には疲勞限界試験は缺くべからざるものとなつて居ります。

以上申げたのは引張り疲勞試験又は引張り壓縮疲勞試験でありますが曲げ疲勞試験も行はれます、第11圖に示す如く試験材を一の水平軸の端に嵌め込み其端に力 P を垂直方向に掛け而して此軸を回轉せしめる、此くすれば根元

の断面 AB の上端 A に於て軸の方向に引張り應力が起り其下端 B に於て軸の方向に壓縮應力が起る、故に断面の周圍の一點は回轉と共に交互に引張り及壓縮の應力を受け疲勞を起すのであります。

II. 各種材料につき如何なる試験が行はるか

(1) 鑄物 普通の鑄物については餘り試験を行はぬことになつて居ります、然し少しでも高級のものになると抗張試験及抗折試験を行ふ。

鑄物に於ては抗張試験の伸びが非常に小さく従つて伸長率の大小を比較することが不便であるから伸長率は測らず其代りに抗折試験を行ひ折斷瞬間の撓みを測り之を以て材料の靱性の尺度と致します。

其外鑄物の表面がとかく硬くなり勝て加工困難となりますから硬度試験を行ひ表面の硬さを制限することになつて居ります。

(2) 構築材料 普通の構築材料は單なる軟鋼であります、夫れには單に抗張試験を行ひ抗張力、降伏應力及伸長率を求め。

構築材料には風雨の作用に曝されるものが多々あります、従つて腐蝕と云ふことが問題になる、假令は橋梁に用ゐられる鋼材には防腐塗料が施してありますけれども夫れが部分的に剝げて腐蝕を起し橋の壽命を縮めることになり、最近構築材料として軟鋼に少量の銅、クロム、モリブデン等を加へて腐蝕抵抗を増し同時に抗張力及降伏應力を増大する様の試みがあります、英國のクロマドル、獨逸のユニオンバウスタールの如きはその様な材料であります、此かる材料には腐蝕試験が行はれる。之は試験材を屋外に於て風雨に曝すのでありますがこれでは試験に年月を要する譯でありますから稀釋酸に浸すことにする、而して周期的に液に浸して後取出して空氣に曝す、此くすることが腐蝕を最促進する、夫れで一定期間の後ブラシを以て

腐蝕表皮を摺り取り重量減を測定する、之を腐蝕表面積で除したものを腐蝕性の尺度とするのであります。

(3) 機械部分品材料 機械部分品として鑄物を除くときは軟鋼、半軟鋼、半硬鋼が主として用ゐられる、又部分品の内で自動車、飛行機のクランク軸、カム軸、連接桿の如き烈しき力の作用を受くるものにはニッケル、クロム鋼、クロム、モリブデン鋼等が用ゐられる、此等の材料には抗張試験を行ひ抗張力、降伏應力及伸長率を求め、其外アイゾット又はシャルピー式の一打撃試験を行ふ、又一打撃には強くとも繰返し打撃に弱いものがあるから繰返し打撃試験を行ふ必要があるのであります。

(4) 不鏽鋼 不鏽鋼とは所謂錆びない鋼であつて約 1/2% のニッケル 13% のクロムを含むものであります、尙高級のものには約 8% のニッケル 18% のクロムを含むものがあります、此等の材料には抗張試験を行ふ外其目的に對して腐蝕試験を行ふ、此場合は約 10% の稀釋酸に一定時間浸して其重量減を測り之を腐蝕表面積で除したものを取つて腐蝕性の尺度とするのであります。

(5) 熱間高力鋼 假令は水管式ボイラーの水管には熱せられたる状態に於て高い強さをもつ材料を必要とする、普通の軟鋼を用ゆるときは水管の肉を餘程厚くしない限り内部壓力の爲に其直徑が段々膨れ出して遂に破裂するまで行く即ち前に述べたるクリープの現象が起るのであります、依て水管には特殊材料が用ゐられる、クロム、バナデウム鋼、銅、モリブデン鋼等が試用されて居る、此かる材料には常溫及高溫に於て抗張試験を行ふ、而して特に降伏點につき注意が拂はれる、猶クリープ限界試験を行ふ、此限界の高い材料ほど水管用に適して居る譯であります。

以上は材料試験につきほんの大體を申上げたに過ぎない、時間が限られて居りますので詳しくことは申上げられなかつた、御清聽を感謝致します。