

72
充分である

結論

鑄造工具鋼は確に機械構造に重大なる位置を占むるに至つたか未だ其の最良の性質(化學成分、刃物の形等)が決定されてないだけに充分に利用されて居ない

目下世間では鍛造鋼の性質と最も近似して居る鋼を使用して居る、それは現在の裝置に容易に採用し得るからであらふ、たか機械と機械工具との相互の採用が促進されて現今使用せられて居る工具よりももつと硬い金質の有利なるを認め重んぜらるるに至るであらう。

◎材料試験に就いて

“On Testing Materials” by W. Knight. Machinery; Vol. 24, No. 3. (Nov. 1917.)

材料試験を行ふことか技術上の見解より材料の需要者に取りても亦供給者の側に於ても必要なる所以は今更茲に贅言を要せさることなるへし。然らば普通行はるゝ材料試験とはその方法如何なるものなりや、亦試験によりて得たる種々の結果に就いて相當に判斷を下し如何に結論を與ふべきものなりや此等を主要なる題目に取りて本稿を記さんとするなり。

材料を試験する方法を數ふればその數甚だ多けれ共通例最も多く採用せらるゝ方法は抗張力試験なり。この方法に於ては試験せる結果を表せる内力歪線圖を求められ、これに據りてその材料の強力、彈性或は靱性を知り得べく故に甚だ便宜多き結果を示す譯となる。而して一般に材料の有する靱

性を示すべき標準とせらるゝはそれの伸長率と試験片の破壊断面に於ける収縮率を以て表さる、この二つの内にも伸長率を用する方が可なるべし。そは時に吾人の豫想に反し伸長率は減するに關らず収縮率は大となることもありて兩者の値を同時に信賴し能はさることあればなり兎に角材料の伸長率を見出さんとする時には先づ試験片の最初に於ける長さを測りこれを L_1 とし、試験片が破壊せる後の長さを L_2 とすれば伸長百分率は次の式に據りて求めらるべし

$$\text{per cent elongation} = 100 \times \frac{L_2 - L_1}{L_1}$$

斯かる伸長率を知らんと欲する時は試験片の標點距離を豫め定め置くを要す、若し標點距離を任意にとるとすれば假令同一形狀の同質の材料を取る時に於ても異なる伸長率の値を示すべく由りて伸長率を云ふ時には必ず幾干の標點距離に於けるものたるかを共に述べざる可らず、試験片の伸長率は亦異なる断面を有する場合に就いても同じからず大なる断面を有する場合の方が伸長率も大に現るべきは正に當然ならん故に前述の理由によりて材料の伸長率を知らんと欲する時には試験片の標點距離と斷面積とは一定にするか或は一定の關係あらしめざる可らず、然らすんは比較研究等は行ひ難し、獨逸に於て行はるゝ方法は試験片を幾何學的相似の形狀に取り、試験片の標點距離と斷面積との間に或る一定の關係あらしめたるものなりき、その關係は次の式を以て示さるゝものなり。

$$\frac{\text{Gauge length}}{\sqrt{\text{Crosssection}}} = 11.3$$

故にこの式に據りて標點距離八吋の試験片は正に斷面積二分の一平方吋たるべきを指定せらる。然れ共此の方法は英國及び北米合衆國に於ては今日迄餘り用ひられざりき、そは斯かる關係を成立せしむる時は大なる寸法の試験片を指定することゝなり是れを求むる爲に材料を多く要するか故

なり。英國に於ける習慣は標點距離を八吋或は十吋に取り、試験片の斷面積は任意とし、伸長率を標點距離及び斷面積の値に従ひて補正を行ひ、以てその値とせり。アンウキン教授は同じ性質の金屬か有する伸長率と試験片の標點距離及び斷面積との間には次の形式の成立するとせり。

$$\text{per cent elongation} = 100 \frac{C\sqrt{A}}{L} + B$$

この式の内 L は標點距離、 A は斷面積を C 及び B は常數を示す、而してこの常數の値は試験せる材料によりて異なるものなれば、同一材料より作れる試験片數本に就いて實驗しその結果を總合して或る材料に對する常數の値を求めらるへし。故に斯く常數を求め置けは實際の試験を行はざりし同じ材料より成る他の寸法の試験片の伸長率を豫想し得るなり。この理に據り假令標點距離及び斷面積も異なる二種の材料より得たる試験片あるとも一方の材料に就いて常數の値明かなる時は一方の伸長率は他方の試験片の場合に換算せられ茲に二つの材料に於ける伸長率を比較し得るなり。次に伸長率と斷面收縮率との割合に就いて述べんとす。

茲に理想的に粘性ある物質を取り、これを伸長せしめ、何れの切斷面積も一樣に減するとし、且伸長せる前及び後に於て容積に變化無しとすれば初めて伸長率と斷面の收縮率とか一致すべきこと明かなり。然るに事實はこれと反し斷面の收縮率は各部に於て異り、殊に破壊せる部分に於ては特に小となれり、極言すれば破壊せる部分の收縮率はその材料にして到達し得る極限の値を示せり。而して材料試験に於て謂はるゝ強力とは或る標點距離及び斷面積の場合に幾干と稱へらるゝ習慣なるか斯かる標點率及び斷面積の値は試験前に於ける場合を取ることにす。故に事實に於ては試験片に誘起せらるゝ内力の強さは荷重と試験片の斷面積とより求めたる内力の値より遙に高く、收縮率が大なる程兩者の差異甚し。

今 L_1 を試験前に於ける標點距離を、 L_2 試験後の試験片より測りて見出したる標點距離とし、 A 及び A_1 を亦試験前及び破壊せる後の平均の斷面積とすれば試験前及び後に於ける容積に變化無しと云ふ條件より次の式を得ん。

$$L_1 A_1 = L_2 A, \therefore \frac{L_1}{L_2} = \frac{A}{A_1}$$

故に或る力 P を加へたる時に於て通常の計算にて誘起せらるゝ内力を求めたる値と實際に A_1 なる面積に生じたる内力との比は

$$\frac{P \div A}{P \div A_1} = \frac{A_1}{A}$$

$$\frac{\text{intensity of nominal stress}}{\text{intensity of actual stress}} = \frac{A_1}{A} = \frac{L_2}{L_1}$$

然るに L と L_1 との値の相違はその試験片の伸長せる長さ等に等し、由りて此の關係を適用して實際に誘起せられし内力の量を求むれば

$$L_1 = L_2 + \text{elongation}$$

$$\text{actual stress} = \frac{L_1}{L_2} \times \frac{P}{A}$$

この式によりて求められたる内力の値は標點間の何れの部分に於ける斷面收縮率も一樣なる場合の値にして、彈性極限を越へざる間は略々この關係成立す。然れ共試験片に生ずる内力か彈性極限を越ゆれば或る一個所に永久的の變形生しその部分のみ急激に斷面の收縮を見るに至らは茲に記せるか如き關係式は成立し得可らず。

故に同一の材料に就いても彈性極限に於て伸長率は既に斷面積によりて異り、或る標點距離を有する斷面積小なる試験片は斷面積の大なる試験片よりも大なる伸長率を示すものなり、況んや彈性

極限以上に於ては益々伸長率に現るゝ相違大となり、單に伸長率の値のみを以て材料の性質を云々する可らざるを知れり、茲に於てか前に記したる如く種々斷面積に就いて規約出來たるなり。斷面積の影響は伸長率のみならず亦降伏點を示す内力の大きさ及び結局強力も標點距離と斷面積とに關係すべきなり。例へば之を證明せん爲同し斷面積を有する試験片二つを取りその標點距離を異にす。内力は元の斷面積に付いてその量を定むる爲茲に降伏點に於ける内力及び結局抗張力に相違を示し標點距離の短かき方が大なる値となる。靱性ある材料に抗張力を働かしむれば直接内力の外に試験片に滑り作用現れ抗張力と四十五度の角度をなせる平面に於て切斷せんとする性質あり、然るに標點距離の短かき試験片にては斯かる傾斜せる平面にて破壊せんとするも試験片の耳の部分たる幅廣き個所に妨けられて滑りの作用起り兼ね強力にも相違を示せるなり。故に材料の試験に際してこの現象を防かんとするには耳の部分の爲滑りの作用の起らざること無き様に充分標點間を距て一樣なる斷面の部分は斷面の直徑の九倍以上、又標點距離は直徑の八倍以上に取るを要す。

總て材料の試験片はその斷面積か急激に變したり、或は試験片の形狀に鋭き切込みの個所ある可らず、斯かる部分か試験片に存在せんか、その爲試験片によりて知り得る強力の値は實際のものより遙に低く、殊に脆き性質を有する鑄鐵及び硬鋼に於てはその影響特に著し。

抗張力試験は人も知る如く材料の物理的性質を知らんか爲に行ふ方法としては最も汎用せらるゝ且手輕にして信頼し得らるゝ試験法にして比較的その材料に就いて正鵠を失はざる結果を得、その外壓縮試験、剪斷試験、彎曲、捻扭の諸試験、或は實情を參照して行ふ摩擦試験、打撃試験、打貫き試験、等は種々その材料の使用狀態に應じ、その場合に於ける抵抗を測定せん爲に行はる。然れとも前に述べたるか如く抗張力試験か最も總括的にして一般的なるは論を待たざる所なり。

材料を試験することの忽諸等閑に附す可らざることは何人と雖も知る、然れともその爲に必ず高

價なる材料試験機と試験片と時間とを考ふれば決してその費用少きに非ず、故に今日迄多くの人は假令精密の點に於て多少劣るとも更に簡便なる方法もかなと考案せしものなり。その内に於て比較的成功せるは硬度試験の方法なりき。千九百年にブリネルが發表せる硬度試験法の趣意は極めて硬一なる鋼球を、試験せんとする板の上に或る力を以て壓しその爲に生じたる凹みの面積を以て測れるものなりき。同一直徑の球を用ひ或る壓力を以て壓したる時に硬度は面積に反比例し、壓力に正比例するものとせり。故に

$$\text{hardness number} = \frac{CP}{A}$$

これに用ふべき球の直徑は一般に十粒とし、壓力も鐵及鋼の場合には三千粒と定めらる。故に斯かる場合に於ては硬度は凹みたる面積に反比例すへし。斯くの如くして求めたる硬度と鋼の抗張力試験とを比較するに比較的密接なる關係ありてブリネルはその關係を見出し、即硬度に或る係數を乗すれば簡單に鋼の結局抗張力を得へしてふ結論を得たりき。但しこの係數は鋼の質及びロールせる方向に關係を有する値なるか、兎も角相當に實際に一致せる結果を見出したり。

斯くブリネルの考案せる方法は簡便なるものなりき。従つて既に製品として完成せられたる部分の材料の強力と雖も別に試験片を作らすとも結局抗張力の大略を知り得て便宜なりき。然るにその後ブリネル氏等の實驗によりてこの方法か信頼し得可らざるを證せられ、多くの實例擧るに至り、遂にデンマークの首府コペンハーゲンに萬國材料試験協會の會合を催しその席上奧人ルドウィツク氏等によりて大に反證を擧けられ、終に彈性極限、結局抗張力及び硬度の間の關係は決して斯く單純に非ざることを證せられたり。

然れともこの會議の結果ブリネルの硬度と結局抗張力との關係か全く破れしには非ずして更に

實地的の係數を加入せしむれば或る程度迄は眞なることをも述べられて結局コペンハーゲンの會議に於ては決定する所あらざりき。

ブリネルに次いてこれに類似せる多くの方法用ひられたれ共餘り行はれず、又左程興味あるに非ざりしか、其の後に至り彼の有名なるショーア及びブリュール氏のスクレロスコープ發明せらるゝに至りぬ、この裝置に於ては或る高さより鋼球か自由に落下して試験せんとする材料の上に落ち反跳して或る高さに至る、この高さを或る目盛にて讀む裝置なりき、其の他マーテルの方法も考案せられたり、こは一つの角錐を或る高さより落下せしめその爲に材料に喰込みたる容積を以て示すものたりき、又スクレロメーターとて或る一定重要を受くる鋼の先端か試験片に喰入る深さを以て表すものもありき。

構造物の試験法としては使用中實際に加はる荷重を與ふるの外別に方法無く或は使用荷重以上の量を加へて安全率の程度を試験するを要することもあり、而して或る構造物に目的の荷重の加はる時の變化を測る方法も考案せられたるかジェームス、ホワードか考案せるものは一千九百十二年九月米國スタンダーズ局の採用する所となれり、このホワードの考案せる裝置とは望遠鏡カリバースを用ひたるものにして氏は是れに據り橋梁、水門、摩天閣或は汽罐に於ける各部の内力を知るを得たり。

以上記したる材料試験法の外に全然異なる見解の下に立てられたる試験法あり、そは材料に働く熱作用に依るものにして近來少數の實驗者か着目するに至れるものなり、マグナスは、内力、の變化は、小量乍ら熱量にも變動あることを發見し、それ以後徐々にこの方面の研究行はれられぬ、而して今日動かす可らざる眞理とするは次の現象にして、彈性極限以下に於ては、金屬材料は、抗張、内力を、生ずる時に、熱を、吸収し、強性極限以上に至らば、分子間に存する摩擦の爲、材料内に熱を生ず、熱量の變化狀態

より知らるゝ比例極限は實際の彈性極限よりも少し低く、この熱極限以下に於ては溫度の變化を外
力に比例するとせり。ロード、ケルビンは溫度の變化と内力の變化との關係を次の式にて表さるゝと
せり

$$\partial T = - \frac{TA}{JSD} \times \partial P.$$

where ∂T =change in temp. corresponding to change of stress,

∂P =change of stress,

T =absolute temperature of specimen,

A =coefficient of expansion by heat,

J =Joules equivalent,

S =specific heat of material under const. pressure,

D =density of material.

銅の場合に於ける各の値は

$$A=1.2 \times 10^{-5} \quad S=0.11, \quad D=7.5$$

故に上の式に此等の値を代用すれば

$$\partial T = 0.000012 \partial P.$$

更に此の式によりて次の表を作り得へし

stress in lbs per sq inch	temp, deg C., tension	temp, deg. C., compression
0	20.00	20.00
10.000	19.88	20.12

20.000	19.76	20.24
30.000	19.64	20.36

壓縮内力が誘起せらるゝ時には抗張内力の場合と全く反對なる現象を呈し、從つて溫度の昇降も悉く逆となるとのケルビンの法則を種々なる材料に就いて實驗し、然も殆んど總ての材料に就て眞なることを確認せしめたる人はジュールなりき。更にクーバー教授は種々の條件の下に於ける實驗を行へるか不思議なることには剪斷内力の生ずる際には溫度の變化全く起らざりき。亦互に垂直なる方向に働く二種の抗張内力の起る場合には溫度の變化は夫々の抗張内力に由る溫度の變化の和となりたり。剪斷内力を誘起せる場合に溫度に變化無き説明として、剪斷内力を抗張内力と壓縮内力とに置換へられ溫度の變化に對しては兩者の影響相殺せられ何等の結果現れざるとせり。

誘起せられし内力の變化によりて溫度に相違を生ずる現象を應用し、他の方法を以ては到底實驗し能はさるか如き小さき材料等に就いて彈性極限内に於ける實驗を充分行ひ得るに至りぬ。ローソン氏並ひにコップ氏はこの方法を採用し數種の銅、鑄鐵及び銅の合金に就いて實驗せり。

此の實驗は普通の材料試験機を用ひ、伸長はエクステンソメーターを以て、溫度の變化は銅とコンスタンタンとの對偶を以て測られ、對偶の一端はゴムの帶を以て充分に試験片と接し、一端は鋭敏なる電流計に接續せられたり。

斯かる裝置を以て試験せる結果より多くの曲線圖を得たるか溫度の曲線か一時急激に變化する處に材料の降伏點あること明かなれど何處とも指す能はさる程度なり、降伏點以下の曲線も時には甚だ不規則なる曲線を畫くものあり、然れ共如何に簡單なるものにてても直線を以て表さるゝは一つも非ざりき。