

XI. 硬　　サ.

69. 硬サノ意義.

硬サトハ吾々ノ日常生活ニ於テ常ニ經驗スル性質デ一見最モ能ク了解サレテ居ル様デアアルガ其實本當ノ意味ハ反テ判然シナイ. 普通硬サヲ定義シテ二物體ヲ互ニ壓シ付ケタ時ニ一方ガ他方ノ進入ニ抵抗スル性質ヲ左様ニ呼ブ者ト解スルノデアアルガ之丈ケデハ未ダ多少抽象的デアアル. 即此意味ニ適シタ種々ノ硬サノ測定法ハ必シモ相似ノ結果ヲ與ヘナイ恐レガアル. 故ニ吾々が工業上ニ硬サト言フノハ寧ロ或ル測定法ヲ定メテ初メテ確定スル性質デアアル.

從來工業上ニ用キラレテ來タ測定法トシテハ或ル標準ノ物體ヲ試験セントスル物體上ニ接觸セシメ之ヲ引キ搔イテ傷ヲ與ヘル方法モアレバ又或ル形ノ物體ヲ靜ニ又ハ打撃ヲ以テ試験片上ニ壓シ付ケテ接觸面ノ痕跡ヲ與ヘル方法モアル. 併シ何レノ方法ニセヨ普通或ル形ノ道具ヲ働カセテ之ガタメニ生ズル傷ヲ見ルノデアツテ即試験サレル材料ハ當然生ズル彈性變形ノ外或ル塑性變形ヲ受ケル. 而シテ此變形ニ對スル力學的基礎ガ充分デナイカラ甲乙材料ノ硬サヲ比較スルタメニハ常ニ一定ノ標準ニ依テ作ラレタ道具ヲ用キナケレバナラヌ. 左モナケレバ比較ノ公平ヲ保ツ事ガ出來ナイノデアアル.

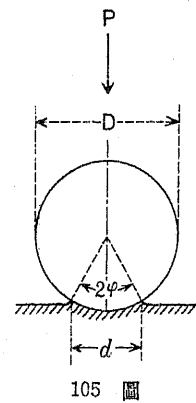
尙試験片ニ與ヘラレル變形ノ大サニ就テモ種々ノ相違ガアツテ或ル場合ニハ比較的小ナル痕跡ヲ取扱ヒ又或ル場合ニハ比較的大ナル痕跡ヲ取扱フ. 要スルニ測定ノ方法ハ試験ノ目的ニヨリテ定メラレル.

斯様ニ硬サノ意義ハ明瞭デナイガ併シ何レノ試験法ニ依ルモ硬サハ材料ノ彈性及非彈性變形ヲ含ム性質ナル故之等ノ點デ材料ノ他ノ問題ト關係シテ居ル. 例ヘバ Hertz ノ接觸論ハ彈性ヲ通シテ硬サヲ研究スルーツノ道ト見ラレル. 併シ此處デハ斯ル理論ハ凡テ之ヲ見合セテ只

實用ノ立場ヨリ見テ必要ナル謂ハバ極メテ普通ノ方法ノ一二ヲ述ベヤウ。尙種々ノ硬サ測定法ニ關シテハ材料試験ノ書籍ヲ見テ頂キタイ。

70. Brinell 硬度數.

今日廣ク行ハレテ居ル試験法ノ一ツハ Brinell 又ハ類似ノ方法デ其中最モ普通ノ方法ハ極メテ硬イ鋼球ヲ試験片ノ上ニ壓シテ凹痕ヲ印スルノデアル。之ニ用キル試料ハ成ル可ク其表面ヲ仕上ゲオキテ之ヲ球壓試験器ノ臺或ハ材料試験機ノ壓縮裝置上ニ安置シテ靜ニ荷重ヲ與ヘ且



105 圖

或ル時間最大荷重ノ儘放置シテ出來ル丈ケ時間ノ影響ヲ除ク。斯テ一定ノ荷重ガ時間ト共ニ變ゼザルヲ度トシテ試験片上ニ印セラレタ凹痕ノ球面積ヲ見出ス。即ハ直徑Dナル球ノ進入セル凹面ノ深サトスレバ面積ハ

$$f = \pi D h.$$

dヲ凹痕ノ直徑トスレバ(105圖)

$$h = \frac{1}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2}).$$

故ニ

$$f = \frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi D}{2} \sqrt{D^2 - d^2}. \quad (1)$$

而シテ所謂 Brinell 硬度數ハ次ノ式ニヨリテ與ヘラレル。

$$H = \frac{P}{f}. \quad (2)$$

Brinellノ硬度試験ニ用キラレル球ノ直徑Dハ普通 10 mmトシ又荷重Pハ硬イ者ト軟イ者トニヨリテ別々ノ標準ガ設ケラレテ居ル。即鐵ニ對シテハ普通 3000 kgトシ其他ノ軟イ材料ニハ低イ荷重ヲ取ル。實際ノ測定ニ於テハ斯ク一定セルD及Pヲ用キテ生ズル凹處ノ深サh又ハ直徑dヲ見出セバ豫メ計算サレタ數値ノ表カラ容易ニHガ定メラレル。尙球モ 10 mm 以下ノ小ナル直徑ノモノヲ用キル事ガアル。夫レ故硬サヲ

記載スル時ニ球ノ直徑荷重ノ大サ及荷重時間等ヲ與ヘル事ガ望マシイ。

Brinell 硬度數ハ略ボ材料ノ引張り強サニ比例シ從テ其大體ノ見當ヲ知ルニ足ルモノト見做サレル。

71. Eugen Meyer ノ研究.

今一個ノ鋼球ヲ種々ノ荷重デ一試料上ニ壓シテ生ズル痕跡ノ大サハ荷重ト共ニ増大スルコト素ヨリデアルガ此時ノP及dノ關係ヲ Eugen Meyer¹⁾ハ次ノ式デ表シタ。

$$P = a d^n. \quad (3)$$

但a及nハ後ニ述ベル様ナ常數デアル。

次ニ直徑ヲ異ニスル鋼球ヲ試験片上ニ壓シ球ノ直徑Dニ比例スル壓縮面ノ直徑dヲ生ズル如キ荷重Pヨリ平均壓力 $P/\frac{\pi}{4}d^2$ ヲ計算スレバ其値ガ同一材料ニ對シテ不變ナリトノ法則ガ確メラレタ。即球ノ縱斷面中試験片ニ接スル圓弧ノ中心角ヲ 2ϕ トスレバ(105圖)

$$d = D \sin \phi$$

ナル關係式ニ於テ ϕ ヲ不變トスル如キ變形ハDノ大小ニ關係ナキ平均壓力ニ相當スルモノデ一種ノ相似法則デアル。

倍直徑 D_1 ノ球ヲ用キタ時ノ荷重ト凹面ノ直徑トノ關係ヲ次ノ式デ表サウ。

$$P = a_1 d_1^n.$$

又他ノ直徑 D_2 ニ對シテハ

$$P = a_2 d_2^n.$$

之等ノ式ニ於ケル常數a及nノ關係ヲ知ルタメニ上ノ相似法則ヲ應用シ兩ツノ球ヲ用キテ相似變形ヲ與ヘタモノトシテ平均壓力ヲ相等シクオケバ

1) Zeitschrift des V.D.I., 1908, 643 頁.

$$p = \frac{4}{\pi} a_1 d_1^{n_1-2} = \frac{4}{\pi} a_2 d_2^{n_2-2},$$

又ハ

$$a_1 D_1^{n_1-2} \sin^{n_1-2} \frac{\varphi}{2} = a_2 D_2^{n_2-2} \sin^{n_2-2} \frac{\varphi}{2}.$$

此等ノ式ガ凡テノ $\varphi = \text{對シテ}$ 成立スルタメニハ

$$n_1 = n_2 = n \tag{4}$$

ナルベシト斷定スル事ガ出來ル。即 n ハ球ノ大サニ無關係ノ常數デア
ル。併シ a ハ球ノ大サニヨリテ變ズルモノデ即

$$\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{n-2} \tag{5}$$

Meyer ハ Brinell 硬度數 H ニ對シテ上ノ如キ平均壓力 p ノ方ガ物理的
ノ意義明カデ且計算ニ便デア
ル點カラ此壓力ヲ以テ硬度數トスル方適
切ナリトノ意見ヲ述ベテ居ル。

今此意見ニ從テ p ヲ硬度數トスレバ種々ノ P 及 D ニ對シテ計算サレ
タ硬度數ヲ標準ノ P 及 D ニ對スル値ニ換算スル事ガ甚ダ簡單デア
ル。即 D_1 ナル直徑ノ球ヲ用キ P_1 ナル荷重ノ下ニ見出サレタ p_1 ヲ標準法ニ依
レル硬度數トシ D_2 ナル直徑 P_2 ナル荷重ノ場合ノ數值 p_2 ヲ p_1 ニ引直サン
トスルニハ次ノ如キ方法デ計算スルコトガ出來ル。先ヅ

$$p_1 = \frac{4}{\pi} \frac{P_1}{d_1^2},$$

$$p_2 = \frac{4}{\pi} \frac{P_2}{d_2^2}.$$

但 d_1 及 d_2 ハ同一試料ニ D_1 及 D_2 ナル鋼球ヲ夫レ夫レ P_1 及 P_2 ナル荷重ニテ
壓シタ時ノ凹面ノ直徑トスル。然ルニ

$$d_1 = \left(\frac{P_1}{a_1}\right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{及} \quad d_2 = \left(\frac{P_2}{a_2}\right)^{\frac{1}{n}}.$$

故ニ

$$p_1 = p_2 \frac{P_1}{P_2} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

$$= p_2 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1-\frac{2}{n}} \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{\frac{2}{n}}.$$

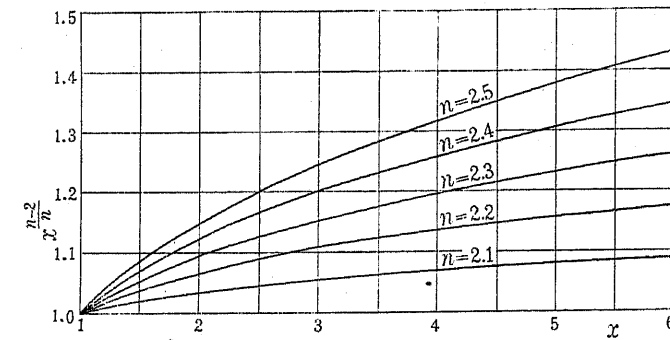
之ニ(5)ノ關係ヲ代入スレバ

$$p_1 = p_2 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1-\frac{2}{n}} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{2\left(1-\frac{2}{n}\right)}. \tag{6}$$

故ニ若シ n ガ知ラレル時ハ任意ノ P_2 及 D_2 ニ對シテ求メラレタ p_2 ヨリ
 p_1 ガ計算サレル筈デア
ル。實驗ノ結果ニヨレバ鋼銅眞鍮等ノ多クノ材
料ニ對シテ n ハ 2 乃至 2.5 ノ間ニアリテ只鉛ニ對スル値 1.91 ガ除外例
デア
ル事ガ知ラレテ居ル。若シ之ガ丁度 2 ニ等シイナラバ如何ナル P
及 D ヲ取ルモ常ニ

$$p_1 = p_2$$

トナリテ同一硬度數ヲ得ル筈デア
ル。試ニ $n=2.1, 2.2, \dots, 2.5$ 等ノ場合
ニ於テ 1 ヨリ 6 ニ至ル間ノ x ニ對シ $x^{1-\frac{2}{n}}$ ヲ計算シテ圖示スレバ 106
圖ノ如クデア
ル。



106 圖

硬度試験ノ實例ヲ示スタメニ軟鋼 (0.19% C) ニ對スル次ノ如キ結果ヲ
述ベヤウ。¹⁾

$D_1 = 10 \text{ mm}$ ノ鋼球ヲ $P_1 = 3000 \text{ kg}$ ノ荷重ニテ試験シタ場合ヲ標準トシ
テ其他ノ P 及 D ニ對スル結果ヲ換算シテ示セバ次ノ表ノ如クデア
ル。

但 $n=2.25$ ヲ用キル。

1) R. G. C. Batson, Engineering, CVI, 1918, 475 頁.

P	D	d	$\frac{\pi}{4}d^2$	p	$\left(\frac{3000}{P}\right)^{1-\frac{2}{n}}$	$\left(\frac{D}{10}\right)^2\left(1-\frac{2}{n}\right)$	$p_1 = pAB$
kg	mm	mm	mm ²	kg/mm ²	A	B	kg/mm ²
3000	10	5.415	23.03	130	1	1	130
2000	10	4.50	15.90	126	1.046	1	132
500	4.76	2.27	4.05	123	1.220	0.848	127
350	4.76	1.92	2.90	121	1.270	0.848	130

之ニ依テ見ルニ末行ノ數字ガ略ボ近似シテ居ル事ガ判ル。即上ニ述ベタ様ナ指數 n ヲ用キテ換算ノ目的ガ達セラレタト言ツテ宜シイ。

72. Shore 硬度數.

前記 Brinell 試験法ト共ニ今日廣ク用キラレテ居ル試験法ニ Shore ノ方法ガアル。之ハ尖端ニ金剛石ヲ嵌メタ小形ノ重錘ヲ或ル一定ノ高サカラ試験片上ニ落下セシメ反動ニヨリテ飛上ル高サヲ讀ミテ硬度ヲ定メルノデアツテ材料ノ性質ニヨリ彈性並ニ非彈性ノ變形ニ向ケラレル勢力ニ自ラ差異ヲ生ズル。即彈性變形ニ大ナル勢力ヲ費シテ比較的小ナル勢力ガ打撃ノ痕跡ヲ作ルニ用キラレタ場合ニハ反對ノ場合ニ比ベテ反動ガ大デアツテ高ク飛上リ即大ナル硬度數ヲ與ヘルモノデアル。此原理ニ基テ作ラレタ硬度計ヲ用キテ測定シタ反動ノ高サガ即 Shore 硬度數デアル。

此硬度數ト Brinell 硬度數トノ關係ハ實用上必要ナ事ガアル。此目的ニ對シテ A. F. Shore ノ實驗シタ結果ガ雜誌ニ發表サレテ居ル。¹⁾

1) Engineering, OVI, 1918, 444 頁.