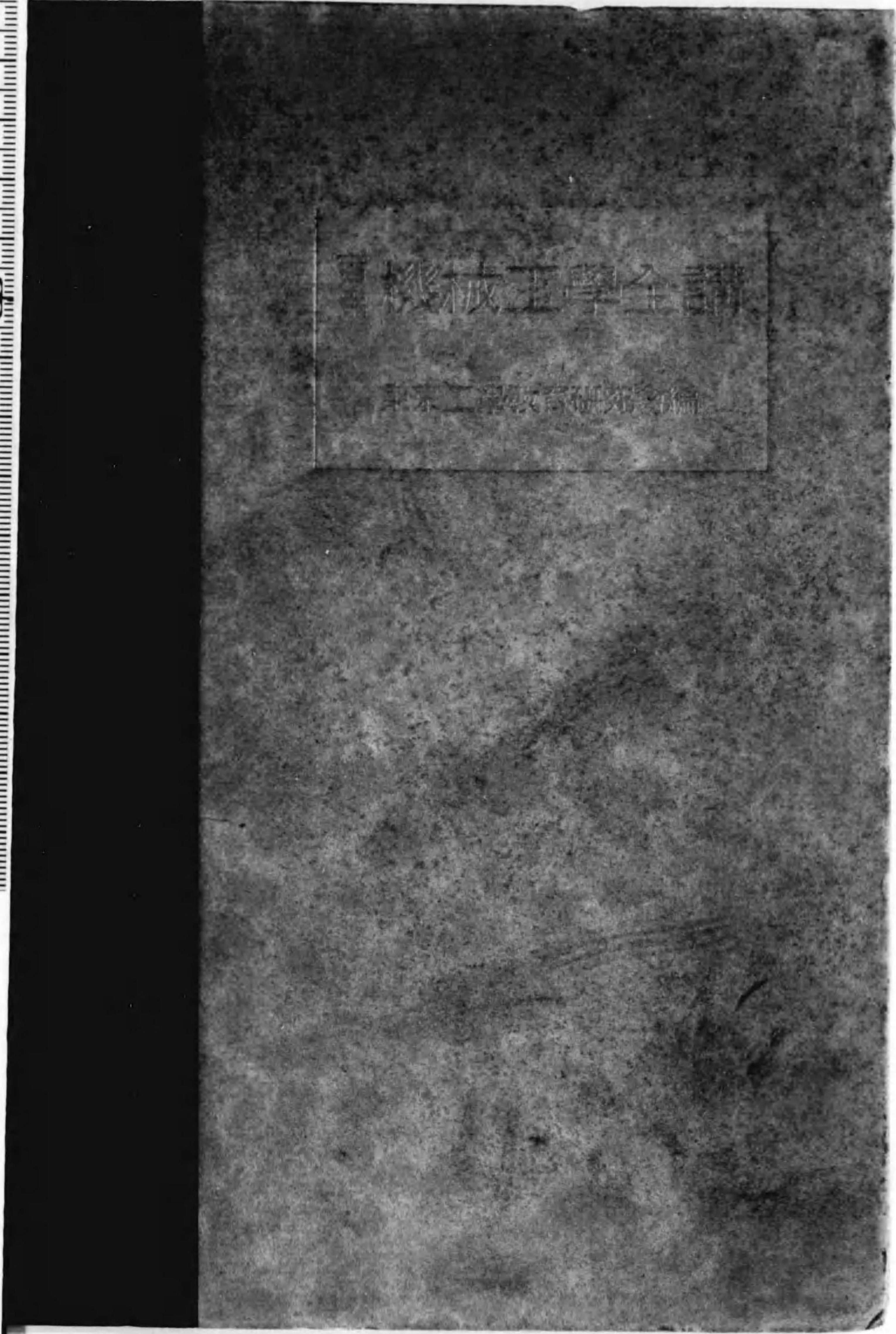




始



講全學工械機  
編者 東京工業大學



405  
456



時 231  
755

實用 機械工學全講

東京工學教育研究會編

工學士 吉本 勇 責任監修

東京 國民圖書協會出版部 發行





## は し が き

本書は、働きながら機械工学一般を習得しようといふ若き産業青年諸君のために、すぐ現場で役に立つ知識を提供せんとするもので、この企畫のもとに、つぎのやうな生彩ある編纂を完成したものであります。

**平易にして明快なこと**——獨習する者の立場になつて、難解な機械工学を親しみ易い記述で解明し、見習の諸君にも、一讀すれば直にその要點がわかるやうにと努力しました。

**圖解が豊富なこと**——機械について一々説明するつもりで、寫眞並に明細な分解圖を挿入し、理論的なものには圖解や表を掲出したから、誰にも容易く理解されませう。

**綜合教科書として**——從來の工学書は、基礎的な三四篇を收容するにすぎませんが、本書の内容は十篇、機械工学の全般に互つて綜合教科書としての豊富な實質をもつもので、他にその例がありません。

**用語解説を附したこと**——工学書の頁數には一定の限度があつて、むづかしい用語は、讀者自身が工業辭典を調べなければなりません。本書は各篇ごとに懇切丁寧な解説を附してあります。

以上のごとく、本書は獨習書によく、參考書として好適で、勤勞青年諸君に十分の満足と與へるであらうことを信じます。

しかし、なほ内容に不備の點も保し難い。御叱正を賜へば、改訂の際に完璧を期したいと思ひます。

昭和十五年九月

編 者 識



# 目次

## 第一篇 運動と力

### 第一章 速度

1. 速 さ.....	1
運動—速度—等速運動—不等速運動	
2. 速度の合成と分解.....	2
速さの平行四邊形—合成—分解	
3. 角 速 度.....	3
速さの度合—ラヂアソ—線速度—弧—ベルト車—等速回轉	
4. 加 速 度.....	5
グラフ—不等速運動	
5. 落下運動.....	6
重力—拋物線	

### 第二章 力

1. 力の三要素.....	8
力—三つの條件—ベクトル—ニュートンの法則—剛體	
2. 力の合成と分解.....	9
合力—分力—力の三角形—力の多角形	
3. 力のモーメント.....	10
死點—慣性	
4. 偶 力.....	12
5. 力の釣合.....	13
6. 重 心.....	13
重心—鉛直下の方向	

### 第三章 動力と摩擦

1. 仕 事.....	15
仕事—摩擦—トルク	
2. 動 力.....	16
動力—馬力—キロワット	
3. エネルギー.....	17
エネルギー—運動のエネルギー—位置のエネルギー—不滅の原理	



4. 摩 擦.....	18
摩擦力 — 最大摩擦 — 摩擦係数 — コロガリ摩擦 — コロ — 球軸受	
5. 有 効 率.....	20
有効働 — 消研働	
用語解説 I .....	22

## 第二篇 機 構

### 第一章 機械と機構

1. 機構と傳達.....	23
機械 — 機構學 — 機素 — チェン — リンク — 主動子 — 受働子	
— 直接々觸 — 間接々觸	

### 第二章 摩 擦 車

1. 圓板摩擦車.....	24
摩擦車 — 圓板車	
2. 圓錐摩擦車.....	25
3. 溝付摩擦車.....	25
4. 其 他.....	26
精圓車 — 葉形車	

### 第三章 齒 車

1. 齒車の種類.....	27
2. 齒車各部の名稱.....	28
刻み面 — インボリュート齒形 — シクロイド齒形	
3. 平齒車とラック.....	29
平齒車 — ラック — ビニオン — 内齒車	
4. 傘 齒 車.....	30
ねぢれ傘齒車 — 回轉數	
5. ハスバ齒車.....	31
山形齒車 — 減速齒車	
6. ネヂ齒車.....	31
7. 芋蟲及び芋蟲齒車.....	32
8. 齒車の組合せ.....	33

### 第四章 カ ム

1. カムの種類.....	34
板カム — 直動カム — 圓端カム — 球面カム — 雜動カム	

### 第五章 調 車

1. ベルト傳動装置.....	36
ベルト — 開ベルト — 裸ベルト — 革ベルト — 木綿ベルト — ゴムベルト	
2. ベルト車の速度比.....	37
3. ベルトの長さ.....	37
4. ベルトの掛け方.....	37
直角掛けベルト — 案内車	
5. 段車と圓錐車.....	39
6. ロープ傳動装置.....	39
木綿ロープ — 麻ロープ — ワイヤロープ	
7. 鎖傳動装置.....	40
鎖 — 鎖車 — ブロック鎖 — ころ入 — 音なし鎖	

### 第六章 リンク装置

1. 四ツ棒クランク.....	42
リンク仕掛 — リンク — クランク — 連桿 — 挺子 — フレーム — 二組クランク機構 — 平行クランク機構	
2. 滑り子クランク.....	43
偏心輪 — グノーム機關	
3. ニツ滑り子機構.....	44
ニツ滑り子クランク機構 — 交叉滑り子クランク機構	
4. 球面リンク機構.....	45
フックの接手	
5. 平行運動機構.....	46
平行定規 — パントグラフ	

### 第七章 特殊機構

1. 直線運動機構.....	47
ワットの直線運動 — ラッセルの直線運動	
2. 途切れ運動機構.....	47
用語解説 I .....	48



## 第三篇 材料強弱

## 第一章 内力と歪

1. 内力と歪	49
外力—荷重—内力—伸—歪	
2. 弾性限界	50
永久の歪—弾性—弾性體—弾性界限—引張試験—降伏點	
3. 材料の諸性質	51
萎性—萎える材料—可鍛性—硬度	
4. 材料強弱表	53
破壊強さ—引張強さ—壓縮強さ—剪斷強さ—材料強弱表	
5. 安全率及び許容内力	55
使用内力—安全率—活荷重—死荷重—反復荷重—交互荷重	
6. 斷性係數	57
フックの法則—縦斷性係數—ヤング率—打貫盤—横斷性係數	
7. ポアソンの比	58
縦の歪—横の歪—ポアソンの比—逆比	
8. 温度の變化による内力	59
線膨脹係數	

## 第二章 梁

1. 梁に働く外力の釣合	61
梁—彎曲—代數和—剪斷力—彎曲モーメント	
2. 梁に働く内力	62
抵抗モーメント	
3. 中立面, 中立軸及び弾性曲線	63
4. 梁の強さ	64
斷面係數	
5. 平等の強さの梁	67
6. 梁の撓み	68

## 第三章 柱

1. 柱	70
柱—突張り	
2. オイレルの公式	70
3. ゴルドン・ランキンの公式	71

## 第四章 振 れ

1. 振 れ	73
振れモーメント—トルク—振れ角	
2. 振りを受ける傳動軸の直徑の定め方	74
3. 蔓巻バネ	76

## 第五章 材料試験

1. 引張試験	77
用語解説 III	78

## 第四篇 機械設計

## 第一章 鋸

1. 鋸と其の種類	79
鋸—鋸接手—鋸を打つ—工場鋸—現場鋸	
2. 鋸接手の實際	80
重ね接手—突合せ接手—目板—一列鋸接手—二列鋸接手—三 列鋸接手—ピッチ—ラップ	
3. 鋸接手の破壊	81
板の合せ目—鋸と鋸の間—板の縁の破壊	
4. 鋸接手の割合と効率	83
漏洩—鋸の剪斷—接手の効率	
5. 複雑な鋸接手の熔接	84
罐割—鋸打ち—板の熔接	

## 第二章 ネ ヂ

1. ネヂの構造	86
ネヂ—ボルト—ナット—ピッチ—ネヂ山—右ネヂ—左ネヂ	
2. ネヂ山の形	87
三角ネヂ—ホイット・ウォース・ネヂ—メートルネヂ—梯子ネヂ	
3. ボルトの種類	89
座金—スパナ—植込ボルト—押ボルト—止めネヂ—基礎ボルト	
4. ナットの働き	90
蝶ナット—袋ナット—逆廻り	
5. ボルトの強さ	93



引張應力—剪断應力	
6. 座 金	93
7. ス パ ナ	93

## 第三章 キ ー

1. キーの種類	94
キー—楔—鞍形キー—フェザ—キー—平形キー—植込キー—打込キー	
2. キーの強さ	96
軸の直徑—鞍形キーの場合—摩擦係數—接觸面	

## 第四章 コ ッ タ ー

1. コッターの作用	98
利用した例—取付方法—釣合	
2. コッターの使用	99
ピストン棒—クロスヘッドの取付—コネクティングロッド—勾配	

## 第五章 軸 と 軸 受

1. 軸の設計	100
回轉を傳へる—振られる力—實験式	
2. 軸 接 手	101
挽み接手—固定接手—セラ—式軸接手—フランジ接手—自在接手	
3. 軸 受	102
滑り軸受—球軸受—懸垂型	
4. 蓋の強さ	103
集中荷重—最大曲げモーメント	
5. 臺の強さ	104
肘軸受の場合—断面の寸法—設計	
6. 軸 受 金	105
分割方向—形狀—受金—減摩性合金	
7. 油輪軸受と白軸受	106
油輪—強制循環—軸端—白軸受	
8. 推力軸受	107
推力—プロペラ—ポンプ	
9. 球 軸 受	108
特徴—點接觸—摩擦速度—最大荷重	
10. コロ軸受	109

## 第六章 管 と 管 接 手

1. 管の太さと厚さ	110
管—断面—流量—厚さ—應力	
2. 管 接 手	110
印籠接手—ネヂ接手—フランジ接手—鑄出フランジ—組立フランジ	

## 第七章 ベルト 装 置

1. ベ ル ト	112
革ベルト—膠着綴接手—膠着銲接手—木綿ベルト—ゴムベルト	
2. ベルトの接手	113
摩擦抵抗—輪ベルト—接ぎ方	
3. 厚さ、直徑の割合及び距離	113
革ベルトの場合—木綿ベルトの直徑—ベルト車の距離	
4. ベルトの張力	115
張る側と弛む側	
5. ベルトの強さ	116
接手の耐力—切斷應力	
6. ベルト車のリム	116
リム—幅—ギス	
7. ベルト車の幅	118
幅の形狀—断面—力骨	
8. 遊 び 車	119

## 第八章 ロ ー プ 装 置

1. ロープの働き	120
ロープベルト—ロープ車—傳へ得る動力—ロープ装置	
2. ロープの傳動装置	120
木綿ロープ—麻ロープ—ワイヤロープ—切口の面積	
3. ロープの強さ	122
心繩—常用應力—遠心力の影響	

## 第九章 齒 車 装 置

1. 齒の形狀	123
シクロイド齒形—インボリュート齒形	
2. 名稱と割合	124



ピッチとピッチ圓—齒先圓、根元圓—齒面—齒の明き—齒の隙間

3. 接觸の徑路..... 125  
シクロイド齒の場合—インポリユート齒の場合

4. 齒の強さ..... 126

用語解説 IV ..... 128

### 第五篇 工作材料

#### 第一章 鐵 と 鋼

1. 金屬の性質..... 129  
金屬—非金屬—熱傳導性—電氣傳導性—靱性—展延性—彈性—硬度—磁氣性—融解性—合金

2. 鐵と鋼の分類..... 131  
鐵—鋼—硬鋼—軟鋼—銑鐵—鑄鐵—白銑—鼠銑—可鍛鐵—鍊鐵—熔鐵

3. 強さと延性..... 132  
強さ—延性—彈性界限—降伏點

4. 硬 度..... 135  
ブリネル硬度—ショア硬度—グツカース硬度

5. 靱性と疲勞..... 136  
シャービー—アイゾツド—疲勞—耐久限界

6. 銑 鐵..... 137  
熔鐵爐—鼠銑—白銑

7. 鑄 鐵..... 138  
黒鉛炭素—抗張力 日本標準規格

8. 鑄鐵の成分..... 139  
炭素—珪素—滿俺—硫黃—磷—化合炭素—固熔體—共晶

9. 鑄鐵鑄物..... 140  
調合熔解—チルド鑄物

10. 可鍛鑄鐵..... 141  
燒鈍炭素—黒心可鍛鑄物—白色可鍛鐵

11. 炭素鋼の種類..... 142  
炭素鋼—軟鋼 硬鋼—工具鋼

12. 鋼の製造法..... 143  
ベッセマー—製鋼法—轉爐—酸性法—鹽基性法—シーメンス・マルチン製鋼法—平爐—電氣製鋼法 電氣爐

13. 炭素鋼の組織..... 144  
融液—固溶體—地鐵—大洲田—脆面體—波來土—麻留田—土粒洲—粗粒坡

14. 諸元素の鋼に與へる影響..... 146  
珪素—磷—常溫脆性—幽條—硫黃—高溫脆性—滿俺—酸素—窒素

15. 溫度の鋼に與へる影響..... 147  
降伏點—青熱脆性

16. 鋼の熱處理..... 148  
燒入—燒戻—鉛爐—鹽爐

17. 鋼の燒鈍..... 149  
内部歪—燒入鋼—再結晶—燒過

18. 炭素鋼の用途..... 150  
構造用炭素鋼—滲炭鋼—鋼鑄物—工具その他高炭素鋼—針金

19. 特殊鋼の種類..... 152  
特殊鋼—ニッケル鋼—合金鋼—パーマロイ—滿俺鋼—珪素鋼—クロム鋼—ステンレス鋼—タンダステン鋼—ニッケルクロム鋼—クロムリブデン鋼—滲炭鋼—窒化鋼—ニトラロイ

#### 第二章 非鐵金屬材料

1. 銅..... 155  
銅—融點—脱酸劑

2. 亜 鉛..... 155  
比重—酸化膜—鍍金

3. 錫..... 156  
錫聲—合金材料—錫箱

4. 眞 鍮..... 156  
黄色眞鍮—赤色眞鍮—展伸用眞鍮—マンツメタル—特殊眞鍮

5. 青 銅..... 158  
磷青銅—滿俺青銅—珪素青銅—アルミニウム青銅

6. ニッケル..... 158  
銅との合金—コンスタンチン—モネルメタル—洋銀—クロムとの合金

7. ホワイトメタル..... 159  
軟鐵—硬鉛—活字合金—軸受用合金—可融合金—ヒューズ—半田

8. 輕 合 金..... 161



- 鑄物用アルミニウム合金—鍛錬用アルミニウム合金—時効  
 9. マグネシウム…………… 162  
 用途—粉末—エレクトロン

## 第三章 非金属材料

1. 木材の組織…………… 164  
 年輪—疵—縮まる分量  
 2. 材種と木取り法…………… 164  
 素材—製材 木取り法—柾目材—板目材—柵目材  
 3. 乾燥法と防腐法…………… 165  
 天然乾燥法—人工乾燥法—浸材法—煮材法—蒸気乾燥法—熱  
 気乾燥法  
 4. 機械用の木材…………… 166  
 松—櫻—楠—樺  
 5. ベニヤ板…………… 167  
 薄板—合板—膠着劑  
 6. ゴムとエポナイト…………… 168  
 ゴム—樹皮—精製—加硫—エポナイト  
 7. 研磨砥石…………… 169  
 砥石—天然砥料—人造砥料—ヴィットフライド法—シリケート  
 法—エラスチック法—ラバー法—ベークライト法  
 8. 塗 料…………… 170  
 ワニス—ペイント—エナメル—ラッカー—特殊塗料  
 9. セルロイドとベークライト…………… 170  
 硝化綿—樟腦—ベークライト  
 10. セメント…………… 171  
 ボルトランド—冷却装置—規格  
 11. コンクリート…………… 172  
 人造石—基礎工事—耐震—鐵筋—強度  
 12. 潤滑料…………… 172  
 石油潤滑料油—動植物油脂切削用油  
 用語解説 V…………… 174

## 第六篇 機械工作法

## 第一章 鑄物作業

1. 機械製作の順序…………… 175  
 設計—試験—木型工場—鑄工場—鍛工場—仕上工場—組立  
 工場  
 2. 木型の製作材料…………… 176  
 模型—木型—込型—挽型—搦型—中子型  
 3. 木型の製作材料…………… 176  
 用材—膠—釘—木ネヂ  
 4. 木型の製作…………… 178  
 木工旋盤—木口盤—仕上代—縮み代—抜き勾配  
 5. 鑄型製造用材料…………… 180  
 鑄物砂—粘土—分れ砂—生型砂—乾燥型砂—質土—鑄型内面  
 の被服材料—黒鉛—木炭粉末—雲母—中子配合劑  
 6. 鑄型製作用機械…………… 181  
 混砂機—砂ふるひ機—碎砂機—起重機—乾燥爐—砂落し機  
 7. 鑄型製作法…………… 182  
 流し吹き法—床込め法—合せ枠法—挽型による製作法—中子製  
 作法  
 8. 熔融爐の種類…………… 182  
 1號鉄—2號3號鉄—4號及斑鉄—白鉄—爐の種類  
 9. キューボラ…………… 183  
 熔鉄爐—燃料—媒熔劑  
 10. るつぼ爐…………… 184  
 製鋼用るつぼ—熔鑿點—操作  
 11. 電 氣 爐…………… 185  
 電弧式—誘導式—炭素棒—電極  
 12. 轉 爐…………… 187  
 送風機—珪酸煉瓦—熔湯  
 13. 反 射 爐…………… 187  
 特長—英國式  
 14. 鑄込後の處理…………… 188  
 鑄込温度—型毀—研磨—酸漬—燒鈍—厚物  
 15. 特殊鑄造法…………… 189  
 半鑄鑄物—鋼鑄物—チルド鑄物—可鍛鑄物—白心—黒心—  
 ダイカスト鑄物—遠心鑄造

## 第二章 鍛冶作業

1. 鍛冶材料…………… 191



地金—鋼材—特殊鋼—燃料	
2. 鍛冶用工具	192
火床—金敷—蜂の巣—ハンマー—火造型—火箸 たがね— 平へレ, 角へレ, 丸へレ—火掻棒, 十能, 突棒	
3. 鍛冶用機械	194
スプリングハンマー—空気ハンマー—蒸気ハンマー—壓鍛機—落 下ハンマー—送風機	
4. 火造法	195
延し作業—切取作業—据込作業—曲げ作業—擴げ作業—振り作 業—孔抜作業—鍛接作業—型	

## 第三章 製罐作業

1. 製罐用材料	199
鋼板—鉄—鋼管	
2. 工具と機械	200
野畫用工具—鉄打と爐—剪斷機—ボール盤—鋸出機—その他	
3. 工 作 法	201
板曲げ—孔あけ—鉄打—管擴げ—管縁曲げ	
4. 罐の工作	203
胴—内外火室, 天井板及び側板—喉板, 内外火室, 後板—蒸氣溜座 —煙室—罐の組立	
5. 瓦斯熔接作業	205
アスチレン瓦斯—酸素—カーバイト—熔接棒—前進熔接法—後 進熔接法—瓦斯切斷法	
6. 電氣熔接作業	207
電弧熔接—抵抗式熔接—點熔接—繼目熔接	
7. テルミット熔接	208
酸化鐵—點火在—湯口—坩堝	

## 第四章 板金作業

1. 板金用材料	209
薄鋼板—銅板—黄銅板—ブリキ—トタン板—アルミニウム板	
2. 工具と機械	209
金切鋏—錘—剪斷機—回し細工旋盤—板金折曲機—プレス	
3. 板取と鈍し方	211
中性線—歪取—投影圖—展開圖—材料	
4. 接 合 法	211

ハンダ—折曲接合—鐵吹	
5. プレスと鋼管	213
打貫—絞り—巻込—型打—鋼管	

## 第五章 仕上及び組立作業

1. 測 定 器	214
ノギス—副尺—カリパス—マイクロメーター	
2. ゲージ類	215
リミット・ゲージ—ゲージブロック—ピーチ・ゲージ—ワイヤ・ゲージ	
3. 野畫用工具	217
定盤—藥研臺—橫定盤—直角定規	
4. 鑄 作 業	218
鑄—鬼目—單目—複目—作業法—動作	
5. 組立作業	219
組立臺—回轉部分—締付部	
用語解説 VI	220

## 第七篇 工作機械

## 第一章 一 般

1. 工作機械の分類	221
切削工作—轉削工作—壓縮工作—剪斷工作—研削工作	
2. 工具用材料	222
炭素鋼—高速度鋼—特殊合金—非金屬製	

## 第二章 旋 盤

1. 旋盤の用途	223
2. 各部の構成	223
主軸—段車—バックギヤ—センター—心押臺—ベッド—脚— —往復臺—鞍—双物臺—双物取付部—双物支持部—エプロン— 送り棒—送變裝置	
3. 工作物保持器	227
ケレ—心棒—面板—チャック—振り止め	
4. 旋盤用双物の種類	228
バイト—バイトもたせ	
5. 双先の角度	229



6. 切削速度の潤滑油	230
7. ネヂ切歯車の原理	231
単式組合せ—換歯車—複式組合せ	
8. 旋盤の種類	233
機力旋盤—正面旋盤—車軸旋盤—卓上旋盤—自動旋盤—ターレット旋盤—軸旋盤	

### 第三章 平 削 盤

1. 平削盤の構造	235
ベッド—テーブル—双物臺—横桁	
2. 双物の送り装置	236
3. 双物及び切削速度	237
4. 平削盤の作業	237
萬力による取付—ボルト、締金による取付	
5. 平削盤の大きさ	238

### 第四章 形 削 盤

1. 形削盤の分類	239
形式の上から—機構の上から	
2. 直柱式形削盤の構造	239
3. 双物及び作業	240

### 第五章 中 ぐ り 盤

1. 横型中ぐり盤	241
中ぐり棒—主軸頭—先受臺	
2. 縦型中ぐり盤	242
縦型旋盤—タレット中ぐり盤	
3. 中ぐり頭の使ひ方	242
中ぐり頭—トラヴェリング・ヘッド	
4. チグ中ぐり盤	243

### 第六章 フライス盤

1. フライス盤の特徴	244
一般用仕事用—特殊作業用	
2. コラムニー型	245
横フライス盤—萬能フライス盤—縦フライス盤	
3. リンコン型	246

4. プレーナー型	246
5. カッターの種類	246
カッター—ウイデア—平削カッター—側双カッター—エンドミル—小形カッター—總形カッター	
6. 削 附 法	247
直接削附法—間接削附法	
7. ミリング仕事	249
切削速度—歯車の切り方—送りの方向—工作物の取付法—潤滑料—フライスの大きさと双數	

### 第七章 ボール盤

1. ボール盤の種類	251
追齒錐—胸當錐—電氣錐—空氣錐—卓上ボール盤—手加減ボール盤—ラチアルボール盤	
2. 錐の區別と研磨	254
平錐—ネチレ錐—ゲーチ	
3. 錐の切削速度と送り	255

### 第八章 縦 削 盤

1. 縦削盤の構造	256
2. 縦削作業	256

### 第九章 研 磨 盤

1. 砥石製造法	257
2. 砥石盤の種類	257
双物研磨盤—心無研磨盤—孔研磨盤—平面研磨盤—研上盤	
用語解説 VII	260

## 第八篇 水力機械

### 第一章 水 力 學

1. 深さと壓力	261
2. 水が保有する三態の水頭	262
位置水頭—壓力水頭—速度水頭	
3. ベルヌーイの定理	264
4. ベンチュリー計	265



5. 噴 水…………… 266  
 6. 堰よりの流れ…………… 267

## 第二章 水タービン

1. 水タービンの發達…………… 268  
 2. 水力の要素…………… 269  
   水馬力—正味馬力  
 3. 水力發電所の裝置…………… 269  
   堰堤—導水路—上水槽—導水管—發電所—放水路  
 4. ベルトン水車…………… 271  
   ノツズル—バケツ—水切り  
 5. フランシス水車…………… 272  
   案内羽根—羽根車—吸出管  
 6. プロペラー水車…………… 274  
 7. カプラン水車…………… 274  
 8. 水車の荷重と効率…………… 275  
 9. 調 速 機…………… 276

## 第三章 ポンプ

1. ポンプの一般作用…………… 277  
 2. 往復ポンプ…………… 278  
   バケツ・ポンプ—ピストン・ポンプ—プランジヤ・ポンプ—單働式  
   —複働式—空氣室—ウォシントン・ポンプ—所要馬力  
 3. 渦巻ポンプ…………… 281  
   回轉ポンプ—渦巻ポンプ—羽根車—渦巻室—案内羽根—タービ  
   ン・ポンプ—揚程  
 4. 雜ポンプ…………… 283  
   齒車ポンプ—ナツシユ・ポンプ—眞空ポンプ—氣泡ポンプ—ロー  
   タ・ポンプ

## 第四章 水壓機械

1. 水壓機械の原理…………… 285  
   バスカルの原理—水壓機械  
 2. 水壓機械の種類…………… 286  
 3. 水力溜め…………… 286  
 4. 水壓プレス…………… 287  
   水壓増加機—火造プレス—水壓火造プレス—蒸汽水壓プレス  
 用語解説 VII…………… 290

## 第九篇 蒸汽原動機

## 第一章 蒸汽機關

1. 蒸汽原動機の意味…………… 291  
   原動機—蒸汽機關—蒸汽タービン  
 2. 蒸汽の作用…………… 291  
   汽筒—ピストン—弁室  
 3. 蒸汽機關の構造…………… 292  
 4. 弁裝置及びリンク運動…………… 293  
   ピストン弁—持ち上げ弁—コーリス弁—ステフエンリン式リンク運  
   動—アラン式リンク運動  
 5. インヂケーター線圖…………… 295  
 6. 平均有効壓力と効率…………… 296  
   面積計—平均壓力—線圖係數—インヂケーター—馬力—正味馬  
   力—機關効率  
 7. 單式機關と複式機關…………… 297  
 8. 單流機關…………… 298  
   ユニフロー機關—熱効率  
 9. はづみ車…………… 299  
   勢力の變動率  
 10. はづみ車の計畫…………… 300  
   速度變動率  
 11. 機關速度の調整…………… 300  
   調速機—絞り弁に作用する調速度—締切點を變へる調速度  
 12. 調速機の種類…………… 301  
   ポーター調速機—ハルツング調速機—ピツカリング調速機—ワット  
   調速機—バネ調速機—軸調速機  
 13. 復水器の目的…………… 303  
   噴射復水器—表面復水器  
 14. 復水器の構造…………… 304  
 15. 冷却水の分量…………… 305  
 16. 各種の蒸汽機關…………… 306  
   ユニフロー機關—船用機關—陸用高速機關—發電用機關—機關車  
   機關—工場用機關—ロコモビル—タンク・エンジン  
 17. 蒸汽消費量について…………… 309



## 第二章 蒸気タービン

1. 蒸気タービンの目的	310
ノズル—羽根—羽根車	
2. 蒸気タービンの構造	310
3. 蒸気タービンの分類	311
衝動タービン—反動タービン—衝動反動混成タービン	
4. 蒸気表	312
線圖—斷熱膨脹	
5. ノズル	313
過熱蒸気—飽和蒸気	
6. ノズルより噴出する蒸気の速度及ノズルの面積計算	314
熱等量—	
7. 羽 根	315
衝動タービン—ベクトル	
8. 蒸気タービンの計算	316
9. 衝動タービン	317
10. 反動タービン	319
回轉胴	
11. 特殊タービン	320
低壓タービン—混壓タービン—背壓タービン—抽汽タービン—蓄熱器	
12. 混成タービン	322
13. 輻流反動タービン	323
スタールタービン	
14. 調速機の作用	324
15. 調速機の種類	324
絞り式調速機—ノズル式絞り式調速機	
16. タービンの型式	326
ヅ・ラバル・タービン—カーチスタービン—ラト・タービン—ツェリー・タービン—ジーエー・タービン—パーリンス・タービン—ニング・ストローム・タービン	
17. 船用タービン	332
18. タービン運轉上の注意	333
用語解説 K	334

## 第十篇 内燃機関

## 第一章 内燃機関一般

1. 内燃機関の意義	335
4サイクル機関—2サイクル機関—揮發油機関—石油機関—ディーゼル機関—高速ディーゼル機関	
2. 内燃機関の構造	336
3. 内燃機関の分類	337
使用燃料によつて—着火方式によつて—汽筒數及び配列方法によつて—用途について—回轉數によつて	
4. 内燃機関のサイクル	338
4サイクル—2サイクル—定積サイクル—定壓サイクル	
5. 兩サイクルの比較	340
燃料消費量—容量—回轉速度—故障—冷却法の水密—掃除筒筒—機械効率—始動—製作—應用	
6. インヂケーター線圖	341
7. 平均有効壓力と馬力	342
8. ディーゼル機関のサイクルと熱効率	343
9. 内燃機関の燃料	346
揮發油—燈油—輕油—重油—タール油—ベンゾール—アルコール—シエール油	
10. 液體燃料霧化と氣化	347
ガソリン機関の場合—氣化器—ディーゼル機関の場合—開放式—前室式—燃料噴射弁—燃料ポンプ	
11. 點火装置	349
腕玉點火法—火花點火法—低壓式法—高壓式法—壓縮點火法	
12. 調速装置	351
啄き調速法—等量調速法—等質調速法	
13. 冷却装置	352
強制循環法—冷却器—空氣冷却法—沸騰式冷却法	
14. 消音装置	353
消音器—陸用機用—自動車用—廢汽を冷却する法	

## 第二章 ガソリン機関

1. ガソリン機関の概要	355
2. 氣化器の基本型	355



噴霧式気化器—浮子室—チョーク管—燃料ノズル—針弁—絞り弁	
3. 気化器の條件	356
運轉速度の補正—始動又は空運轉装置—加速装置—節約装置—高度に對する補正	
4. 気化器の原理	357
ゼニス気化器—計泄孔—燃料溜—空轉用ノズル—ストロンバーク気化器—クロードル気化器	
5. 自動車機關の構造	358
ガスケット—クランク室—バルブ—卵形カム—切線カム	
6. 航空機關の概要	360
7. 航空機關の種別	361
直列—V型—イスパノ・スイザ—BMW—ローレス—ロールス・ロイス—W型—倒立機關—星型	
8. 水冷と空冷	364
9. 起動器及び減速器	365
起動器—エキスプス式慣性起動器—減速器—平齒車式—差働傘齒車式—惑星齒車式	
10. 農業用石油機關	366
11. セミ・デーゼル機關	368

### 第三章 デーゼル機關

1. デーゼル機關の發達	370
2. デーゼル機關の優秀性	371
熱効率について—燃料の損失について—運轉始動について—運轉費について—その他の優れた點	
3. デーゼル機關の種別	372
用途—動作—速度—サイクル—噴油法	
4. 空氣噴油式機關	373
5. 2サイクル機關の掃除作用	375
掃除作用—掃除孔—廢汽孔	
6. 空氣壓縮機	375
7. 無氣噴油式機關	377
8. 燃燒室の形狀	378
霧化—分布—透過—開放室式—燃燒室式—空氣室式	
9. 電氣着火式燃料噴射機關	379
用語解説 X	380

### ギリシア文字の読み方

<i>A</i>	$\alpha$	Alpha	アルファ	
<i>B</i>	$\beta$	Beta	ベータ	ビーター
<i>\Gamma</i>	$\gamma$	Gamma	ガンマ	
<i>\Delta</i>	$\delta$	Delta	デルタ	
<i>E</i>	$\epsilon$	Epsilon	エプシロン	イブシロン
<i>Z</i>	$\zeta$	Zeta	ゼータ	ジータ ツェータ
<i>H</i>	$\eta$	Eta	エータ	イータ
$\theta, \theta$	$\theta, \theta$	Theta	ッスェータ	テータ シータ
<i>I</i>	$\iota$	Iota	イェータ	
<i>K</i>	$\kappa$	Kappa	カパー	
<i>\Lambda</i>	$\lambda$	Lambda	ラムダ	
<i>M</i>	$\mu$	Mu	ミュウ	
<i>N</i>	$\nu$	Nu	ニウ	
$\Xi$	$\xi$	Xi	クシー	クサイ グザイ
<i>O</i>	$\omicron$	Omicron	オミクロン	
<i>\Pi</i>	$\pi$	pi	ピー	パイ
<i>\rho</i>	$\rho$	Rho	ロー	
$\Sigma$	$\sigma, s$	Sigma	シグマ	
<i>T</i>	$\tau$	Tau	タウ	
<i>\Upsilon</i>	$\upsilon$	Upsilon	イムブシロン	ウブシロン
$\Phi$	$\varphi, \phi$	Phi	ファイ	フェイ
<i>X</i>	$\chi$	Chi	ヒー	カイ
$\Psi$	$\psi$	Psi	プシー	プサイ
$\Omega$	$\omega$	Omega	オーメガ	

日本假名で表はすことは困難ですが、第一行の假名遣は割合正しい方で第二行以下は平常、紛しくない様に、聞き取り易い様に一般に用ひ或は人に依つては用ひることのある讀方です。



本書に使用される主要単位とその記號

量の種類	記 號	呼 稱
長 　　さ	m c.m mm	米(メートル) 糎(センチメートル) 耗(ミリメートル)
重 　　量	kg g	尙キログラム 瓦(グラム)
時 　　間	h min s	時 分 秒
面 　　積	m <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>	平方米 平方糎 平方耗
體 　　積	m <sup>3</sup> cm <sup>3</sup>	立方米 立方糎
比 重 量	kg/m <sup>3</sup>	尙每立方米
比 體 積	m <sup>3</sup> /kg	立方米每尙
角 　　度	° ,	度 分
速 　　度	m/s rad/s	米每秒 ラヂアン每秒
回 轉 數	rpm	回轉每分
壓 　　力	kg/cm <sup>2</sup> (g) kg/cm <sup>2</sup> (a) atm mm Hg	尙每平方糎(壓力計にて) 尙每平方糎(絶對) 氣壓 耗水銀柱
内 　　力	kg/cm <sup>2</sup> kg/mm <sup>2</sup>	尙每平方糎 尙每平方耗
仕 　　事	kgm kwh	尙米 キロワット時
動 　　力	kgm/s kw HP	尙米每秒 キロワット 馬力
温 　　度	°C	攝氏度
熱 　　量	kcal	キロカロリー
消 費 量	g/HP. h	瓦每馬力每時

第一篇 運動と力

第一章 速 度

1. 速 　　さ

物體が其の位置を變へることを運動 (Motion) といひ、運動が遅いか速いかを比較するのに速度 (Velocity) を用ひます。速度は同一方向に單位時間 (例へば1秒間) に動いた距離を以て其の大きさを表はします。この際、方向を考慮に入れないものを速さ (Speed) といひます。

物體が、t時間に距離Sだけ動いたとすれば、速度Vは、次の式で表はされます。

$$V = \frac{S}{t} \dots\dots\dots(1)$$

速度の實用單位としては、普通次ぎの單位を用ひます。

第 1 表

距 離 S	時 間 t	速 度 v
尙 (km)	時 (h)	尙每時 (km/h)
米 (m)	秒 (s)	米每秒 (m/s)

物體は、いつも同じ速さで運動するといふ場合は少いものです。例へば汽車が出發する時は次第に其の速さを増し、到着する時は次第に速さを減するやうに、速さといふものは多くの場合變化するものです。この同じ速さで運動する場合を等速運動といひ、速さが變化する場合を不等速運動といつてゐます。

〔例題〕 列車が、距離162kmを通過するのに、3/4を要したとしたならば、その速度は何程であるか。

〔解〕 (1)式により

$$V = \frac{S}{t} = \frac{162}{3/4} = 54 \text{ km/h}$$

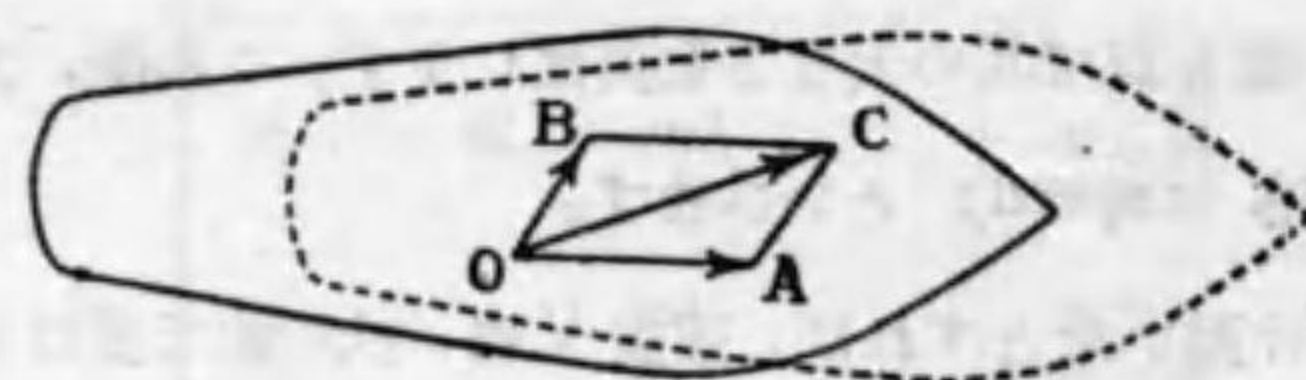


$$= \frac{54 \times 1000}{3600} \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$$

### 2. 速度の合成と分解

或る物体が、同時に二つの速度をもつ場合があります。例えば人が汽船の甲板上を歩く場合に、第1圖のやうにO點からOBの速さで矢の方向に歩いて、

第1圖



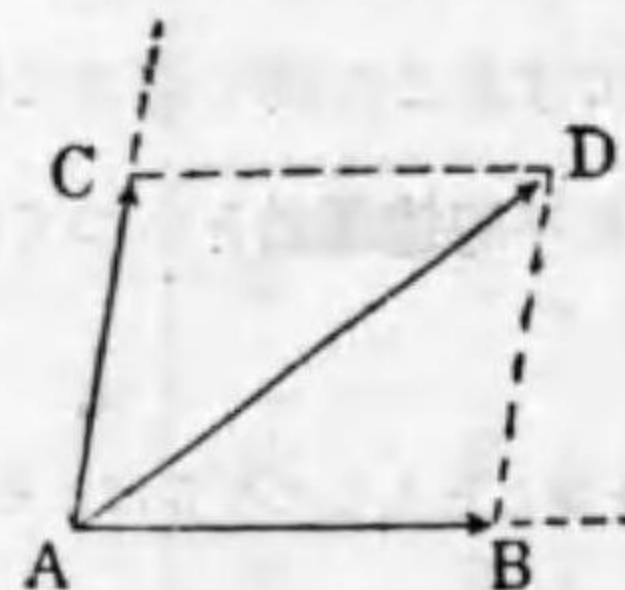
て、單位時間の後にB點にゆくとし、然るに此の船がOAの速さで矢の方向に走つて

みるとすれば、此の人はB點に到着する間に、更にB點からOAと同じ方向に船の速さだけ運ばれて、C點に到着するわけです。つまり、此の人はOの方向にOCの長さに等しい速さで歩いたと同じ結果になる。然るにBCは船の速さですから、OAに等しく且つ平行で、従つてOBCAは平行四邊形をなし、OCはその對角線です。

これを速度の平行四邊形といひ、またこれによつて合速度を求めることを速度の合成 (Composition of velocity) といつてゐます。

飛行機上からの爆弾投下、大砲から發射された砲弾、または水の放射などは、みな此の合速度を受ける適例です。

第2圖



逆に、物体が第2圖AB、ACの合速度ADで運動してゐる時は、ADはAB、ACの2速度に分解することが出来ます。實際はADがAB、ACの二つの速度の合速度でなくとも、都合上AB、ACの合速度で

あるかのやうに考へて分解し得る。此の時2つの速度AB、ACをADの分速度といひ、この分速度を求めることを速度の分解 (Resolution of velocity)

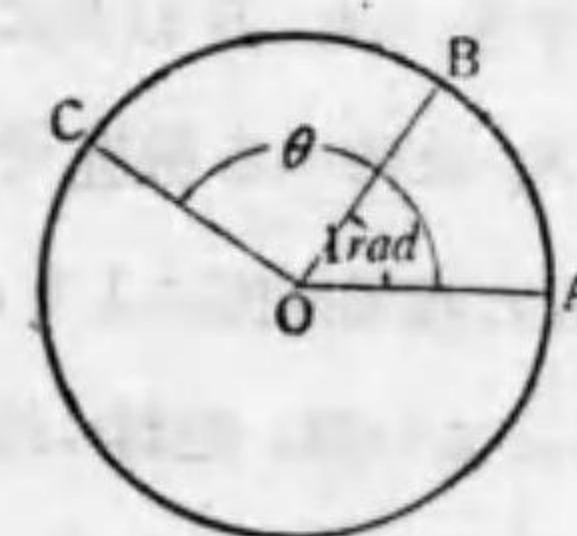
といひます。勿論、分解は平行四邊形の法則によつて行はれます。

### 3. 角速度

物体がある直線を軸として、其の軸の周りに回轉する時、其の回轉の速さの度合をいひ表はすに角速度 (Angular velocity) といふ言葉を用ひます。

角を表すには、2つの表し方があります。その1つは1回轉を360°とする

第3圖



る方法で一般に用ひられてゐます。他は第3圖のやうに  $\widehat{AB} = OA = r$  となし、 $\widehat{AB}$  に對する中心角 AOB を單位として、これに1ラヂアン (Radian) と名づけたものです。つぎに  $\widehat{AC} = l$  に對する中心角 AOC =  $\theta \text{ rad}$  とすれば

$$\frac{\widehat{AC}}{\widehat{AB}} = \frac{\angle AOC}{\angle AOB} \quad \therefore \frac{l}{r} = \theta$$

即ち圓周の長さは  $2\pi r$  であるから之を上式の式に代入すれば、1回轉は  $2\pi \text{ rad}$  になる。従つて

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.29^\circ$$

角速度に對して、普通用ひられてゐる速度を線速度 (Linear velocity) と名づけます。今一つの物体が半径  $r$  の圓周上を回轉運動をする時、 $t$  秒間に  $S$  極なる弧を描き、同時に中心に於て  $\theta$  ラヂアンの角を描いたとすれば、

$$\text{線速度 } V = \frac{S}{t} \text{ cm/s}$$

$$\text{角速度 } \omega = \frac{\theta}{t} \text{ rad/s}$$

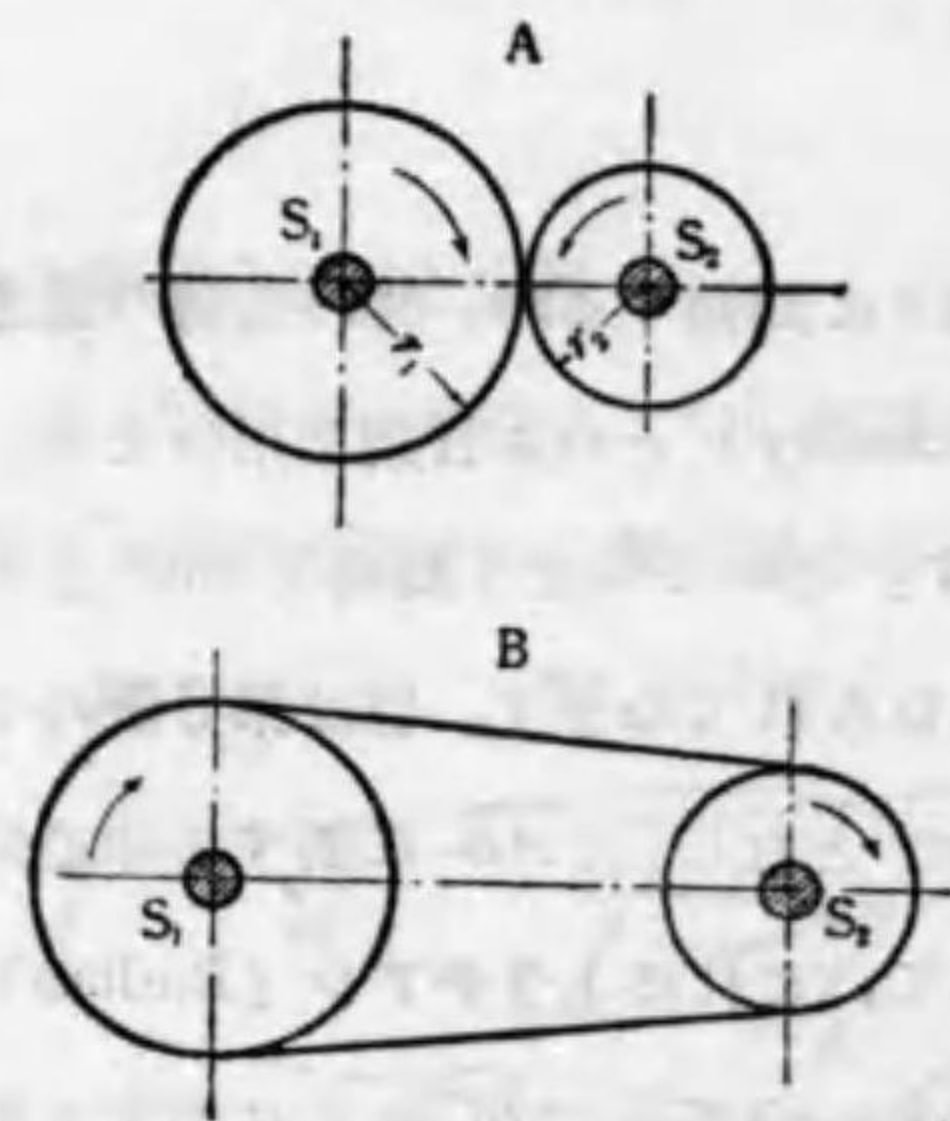
然るにラヂアンを角の單位とする測角法、即ち弧度法の定義によつて

$$S = r\theta$$

$$\therefore V = \frac{r\theta}{t} \text{ cm/s}$$



第4圖



$$= r \frac{\theta}{t} \text{ cm/s}$$

$$\text{即ち } V = r \cdot \omega \text{ cm/s} \dots (2)$$

以上は圓運動をする物體の角速度と線速度との関係を示す大切な公式であります。

これを第4圖摩擦車(A)と、ベルト車(B)に見ますと、A、Bは共にS1の回轉運動をS2に傳へる装置です。即ちAは圓板の接觸摩擦により、

Bはベルトと車との間の摩擦によつて動力が傳へられる。この際、絶対に滑りがないものとするとき、S1とS2との間の圓周における線速度は相等しく、S1が等速回轉をすればS2もまた等速回轉をします。

今S1車の半徑をr1、その角速度をω1、S2車の半徑をr2、その角速度をω2とすると、線速度Vは共に等しく

$$V = r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2$$

$$\therefore \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \dots (3)$$

上式によつてS1の角速度とS2の角速度との比は、各々の半徑の反比に等しいことがわかります。即ち半徑の大きな方が、角速度は小さいものとなります。

【例題】 180°, 120°, 90°, 45° をラジアンに換算せよ。

【解】  $180^\circ = 2\pi \times \frac{180}{360} \text{ rad} = 3.1416 \text{ rad}$

同様にして  $120^\circ = 2.0944 \text{ rad}$

$90^\circ = 1.5708 \text{ rad}$

$45^\circ = 0.7854 \text{ rad}$

4. 加 速 度

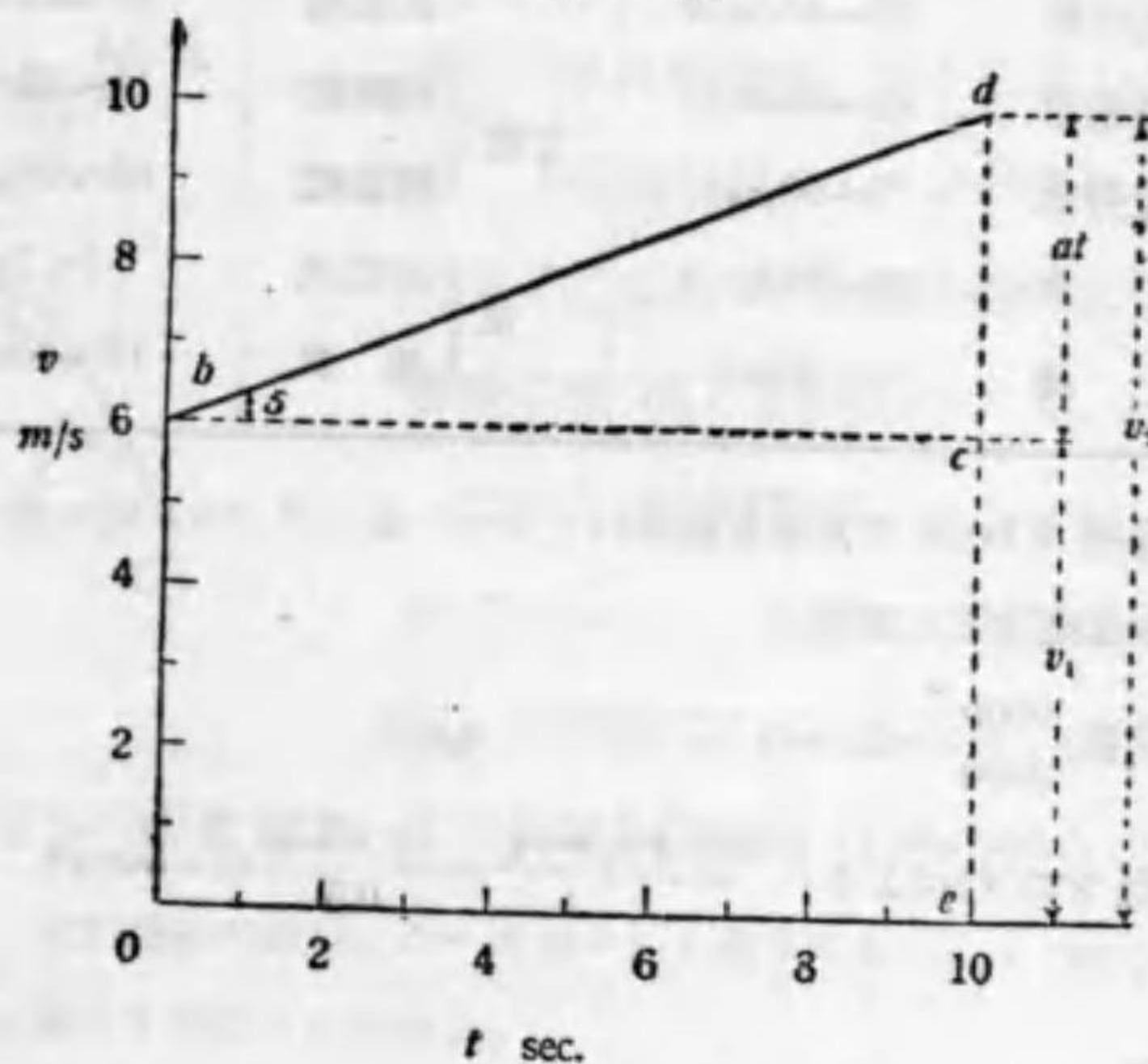
速度(速さと方向)の一定してゐる運動を等速運動といひ、速度が變化する運動を不等速運動といふことは、前に述べた通りですが、不等速運動では、速度は時間の経過に従つて變化します。この時間に對する速度の變化の割合を**加速度**(Acceleration)といひます。つまり單位時間に變化する速さ、方向を表すものです。この單位は、普通に  $m/s^2$  を用ひます。

初速度  $v_1$  のものが  $t$  秒後に速度  $v_2$  になつたとすれば、加速度  $a$  は

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} \dots (4)$$

で表はされます。これを速度對時間のグラフに畫くと第5圖のやうに、傾斜

第5圖



直線によつて表はされます。圖は速度の増加する場合、即ち(+)の加速度の場合で、もし速度が減少する場合、即ち(-)の加速度の場合には、傾斜が逆になります。

(4)式によつて

$$v_2 = v_1 + at \dots (5)$$

又(5)式より平均速度は  $\frac{v_1 + v_2}{2} = v_1 + \frac{at}{2}$  となるから動いた距離Sは



$$S = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2 \dots\dots\dots (6)$$

地球上にある物体が落下する場合には、空気の抵抗がないと考へればつねに等加速度運動をなし、その加速度は  $9.81 \text{ m/s}^2$  であつて、符號  $g$  を用ひて表はします。

なほ一般の運動體の平均速度を表にすると、つぎの通りです。

第 2 表

運動體	平均速度	運動體	平均速度
人(歩行)	1.5~1.7 m/s	飛行船	30 m/s
自轉車	30 km/h	汽船 { 郵船	12~15 knot
汽車 { 貨物車	30~40 km/h	快速船	16~24 knot
		軍艦 { 戰艦	16~22 knot
普通車	45~65 km/h	驅逐艦	30~35 knot
急行車	70~90 km/h	風 { 通常風	5~7 m/s
自動車	45~90 km/h		
飛行機	40~60 m/s		

〔例題〕 速度  $9 \text{ km/h}$  で走る自動車にブレーキをかけ  $0.5 \text{ s}$  間に停止せしめた時、その加速度はどれ程か。

〔解〕  $v_1 = \frac{9000}{3600} = 2.5 \text{ m/s}$        $v_2 = 0$

従つて(4)により  $a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{0 - 2.5}{0.5} = -5 \text{ m/s}^2$

5. 落下運動

物体が垂直に落下する運動は、等加速度運動の實例にして、この時は公式の  $a$  の代りに  $g$  を用ひればよいのです。この  $g$  の値は、地球上の位置により多少異なるけれども、わが國では  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  に採ります。

今試みに静止の位置から落下せる物体の  $t(\text{s})$  後の速度を  $v(\text{m/s})$ 、その落下せる高さを  $h(\text{m})$  とすれば、(5)、(6) より

$$v = gt \dots\dots\dots (7)$$

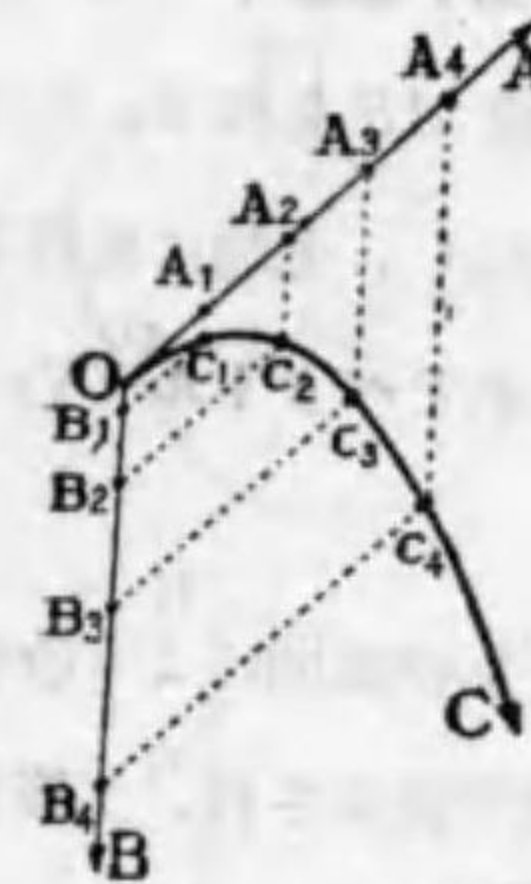
又  $h = \frac{1}{2} g t^2 \dots\dots\dots (8)$

第 3 表

t	1	2	3	4	5	6
$v (=gt)$	9.81	19.62	29.43	39.24	49.05	58.86
$h (= \frac{1}{2} g t^2)$	4.91	19.62	44.15	78.48	122.63	176.58

然るに斜めに物体が投げられた場合はどうかといふに、物体の通る路は一つの曲線です。この際の運動は、投げられた方向の等速運動と、落下運動との合成運動と見られます。

第 6 圖



即ち第6圖に示されるやうに、 $OA$  の方向に投げられた物体は、外から重力が加はらなければ、1秒後には  $A_1$ 、2秒後には  $A_2$  の點にあります。またこの物体が自由に落下する時は1秒後には  $B_1$ 、2秒後には  $B_2$  となります。

この二つの運動が、一つの物体に同時に起るので、1秒後には運動は合成せられて  $C_1$ 、2秒後には  $C_2$  となり、實際の運動は  $OC$  線に沿つて落ちてゆきます。この曲線を拋物線 (Parabola) といひます。

〔例題〕 杭打機械の錘が、 $3 \text{ m}$  の高さから落下する時、その打込速度  $v$  と、落下に要する時間  $t$  を求めよ。

〔解〕  $h = \frac{1}{2} g t^2 \therefore t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 3}{9.81}} = 0.78 \text{ s}$

又  $v = gt = 9.81 \times 0.78 = 7.65 \text{ m/s}$

〔例題〕 石が手を離れてから瀧壺に達するまでに  $1.5 \text{ s}$  を要した。瀧の高さは何  $\text{m}$  か。

〔解〕 石の初速度  $v$  は  $0$ 、加速度は  $9.81 \text{ m/s}^2$  ゆゑ

$$h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 9.81 \times 1.5^2 = 11 \text{ m}$$

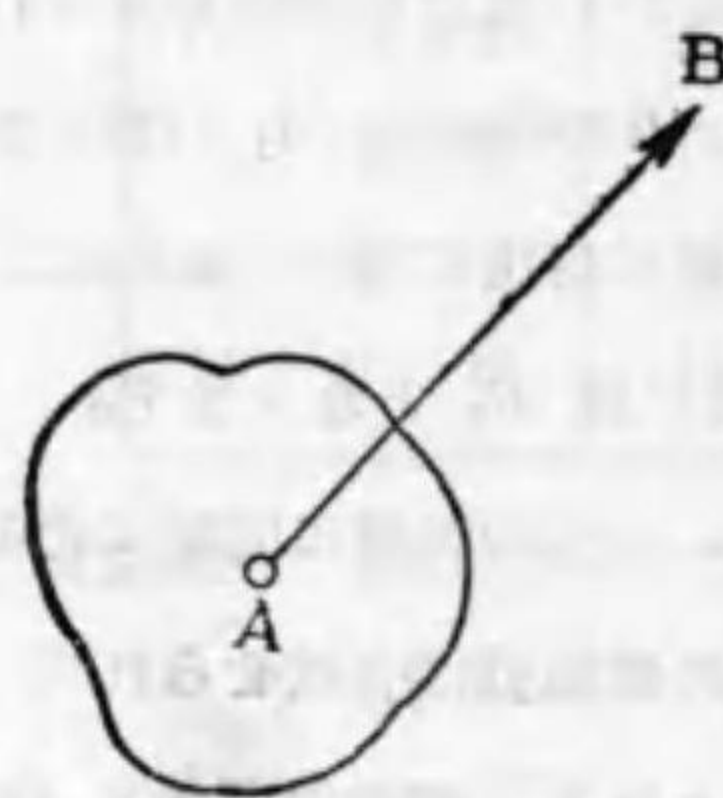


### 第二章 力

#### 1. 力の三要素

力 (Force) とは、物體の運動を變じ、あるひは變じようとする原因です。つまり、小石がころがつてゆき、または花瓣が飛んでゆく方向、速さなどが變化した時は、これに力が働いた證據です。——すべて力を考へる場合にはその力がどの位の大きさで、どの方向に働くかといふことのほかに、どこかの點に作用するかといふ三つの條件が必要なのです。この三つの條件を**力の三要素**といひます。

第 7 圖



故に力を圖で示すには、第7圖のやうに、作用點 A より力の方向に直線 AB を作り、その長さを以て力の大きさを表はし、先端に矢印を附して向きを示します。これを**ベクトル** (Vector) といつてゐます。

力の大きさは、ニュートンの法則により物體の質量とその加速度との積で表はされ、工學單位では、この積を重力の加速度  $g$  で割り、 $g$  又は  $kg$  單位に換算したもので表します。今重量  $w \text{ kg}$  の物體に  $\alpha \text{ m/s}^2$  の加速度を生ぜしめる力を  $F \text{ kg}$  とすると下の通りの式となります。

$$F = \frac{w\alpha}{g} \dots\dots\dots (9)$$

力には反力を伴ふ。たとへば水上にある二艘の船が、互に他を押す時は、自分もまた押されるやうに、力は單獨に存在するものでなく、必ず大きさ相等しく、方向の反對な力と共に存在するものです。

また物體に力が働く時は、一點に集中して働く場合と、さうでない場合とがありますが、**剛體** (Rigid body) 即ち鐵や鋼鐵のやうに堅く、なかなか

歪むやうなことの無い物體においては、力の作用點をその作用線上のどんな位置に移しても効果は變りません。

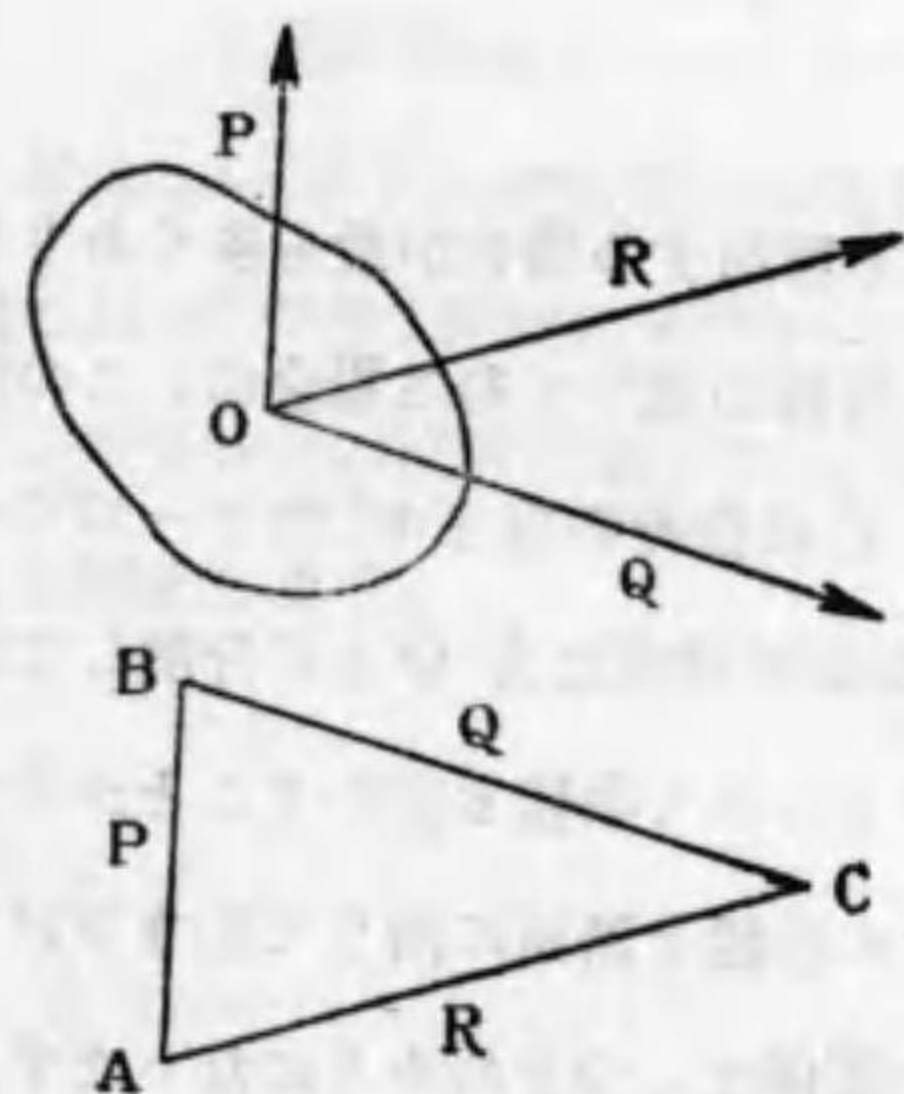
【例題】 重さ  $10 \text{ kg}$  の物體に  $20 \text{ m/s}^2$  の加速度を與へるには何程の力を要するか。

【解】  $F = \frac{10 \times 20}{g} = \frac{10 \times 20}{9.8} = 20.4 \text{ (kg)}$

#### 2. 力の合成と分解

合力を求めることが力の合成であり、分力を求めることが力の分解です。力はベクトルですから、その合成及び分解の方法はつぎのやうに行ひま

第 8 圖



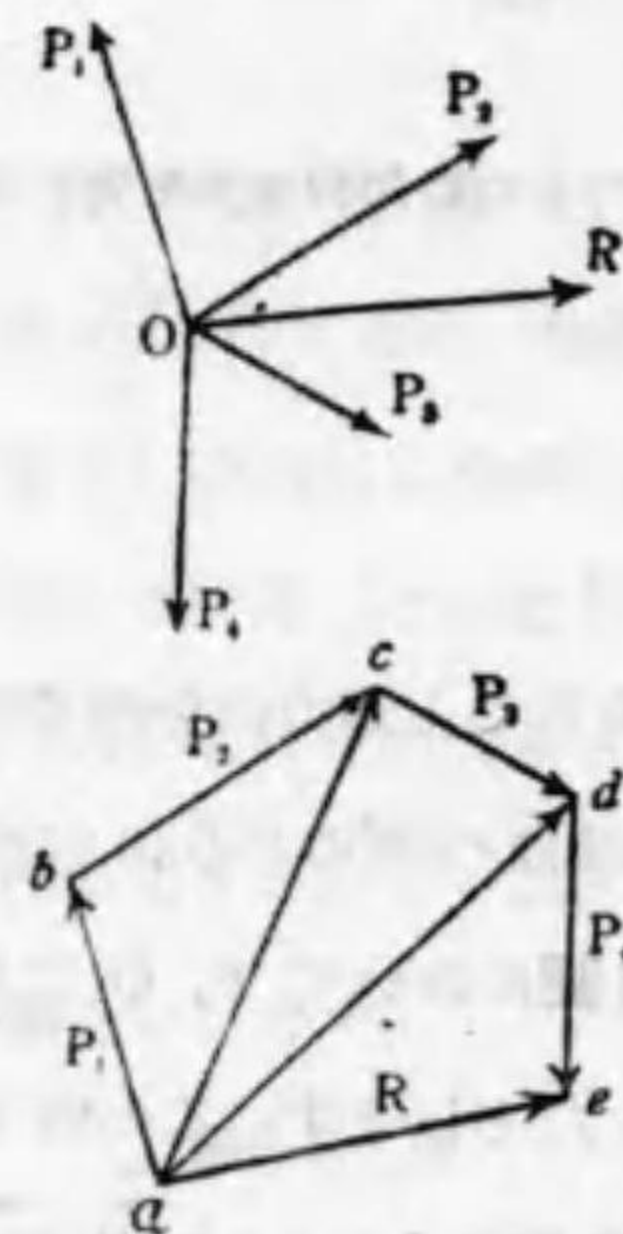
す。即ち第8圖において  $P, Q$  二力が一點に作用したとします。この時  $P, Q$  二力に相當するベクトル  $\vec{AB}, \vec{BC}$  を夫々各力  $P, Q$  に平行に畫き、次に  $A, C$  を結べば  $\vec{AC}$  が求める合力です。つまりベクトル  $\vec{AC}$  で表はされた  $R$  は  $P, Q$  二力の**合力** (Resultant force) であつて、**分力** (Component force)  $P, Q$  が同時に働いた時と同一の効果をもつてゐます。この時畫かれた  $\triangle ABC$  を特に**力の三角形** (Triangle of force) といひます。

2つ以上の力が働いた時には、まづ第一と第二の力の合力を求め、つぎにその合力と第三の力との合力を求め、以下同じやうな方法を繰返して、最後に得た合力が全體の合力となります。たとへば第9圖(上)において  $F_1, F_2, F_3, F_4$  の四つの力の合力を求めようとするのには、第9圖(下)のやうに畫いて、最後に  $\vec{ae}$  なるベクトルを得ます。この多角形  $abcde$  を**力の多角形** (Polygon of force) といつてゐます。

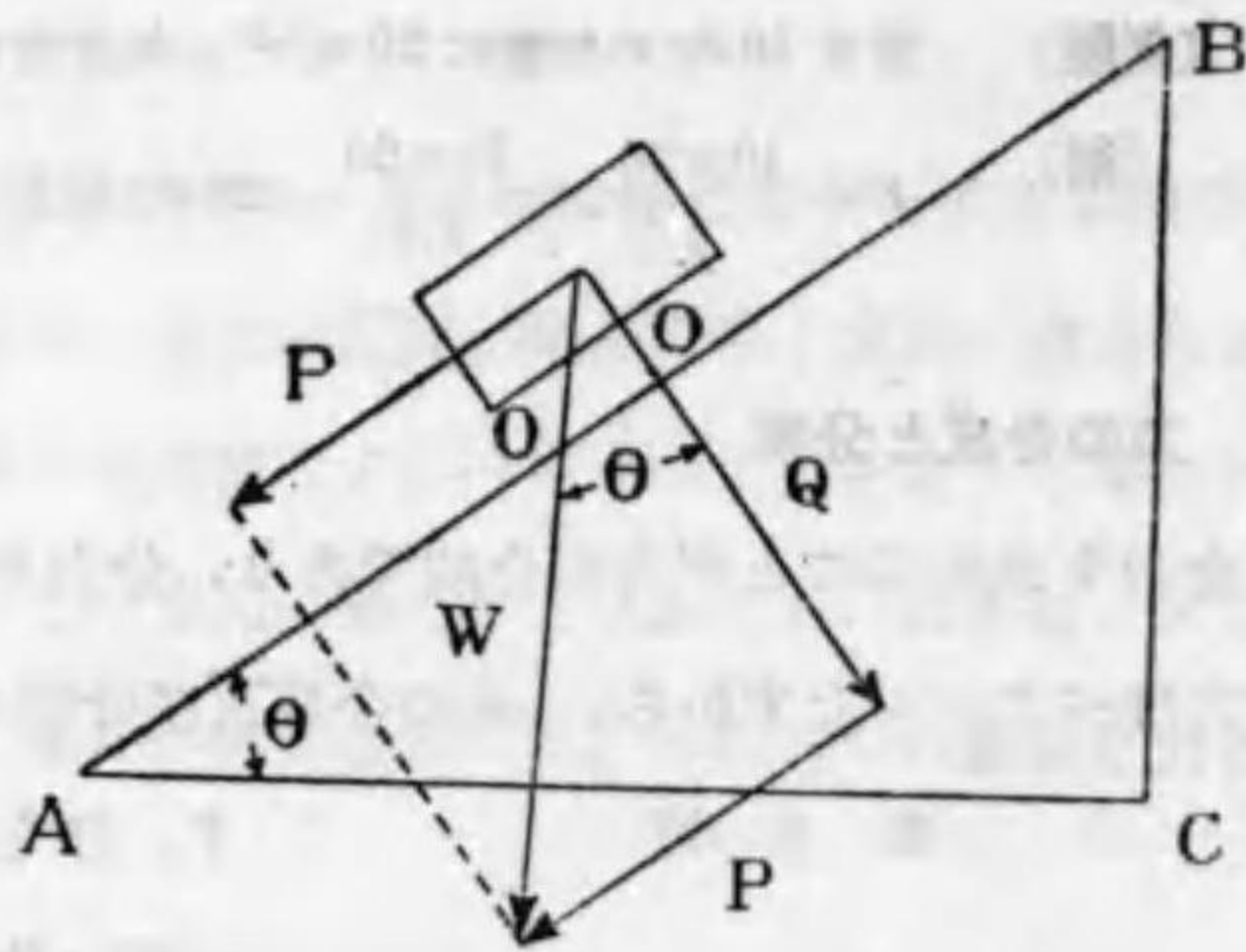
つぎに1つの力を2つの力に分解する場合は多いものですが、1つの力を



第 9 圖



第 10 圖



互に垂直をなしてゐる2力に分解してこれを應用する場合が最も多くあります。たとへば斜面  $AB$  の上に重さ  $W$  なる物體が載つてゐる場合に、この時(斜面の摩擦は考へないで)、この物體に働く力は自身の重さ  $W$  たゞ一つであつて、いまこれを斜面に平行な力  $P$  と、斜面に垂直な力  $Q$  とに分解して考へてみますと、 $Q$  は物體を斜面に押しつけるのみで物體を動かすことができません。しかし斜面に平行な力  $P$  は、この物體を斜面に沿うて引き下げることとなります。この時、 $P$  と  $W$  との関係は、つぎのやうになります。

$$P = W \times \frac{BC}{AB} \dots\dots\dots(10)$$

【例題】 電柱が架空線のため左側より  $1040 \text{ kg}$ 、同じく右側より  $800 \text{ kg}$  の張力を以て牽引される時、その受くる力を計算せよ。

【解】 所要の力を  $R$  とすれば

$$R = -1040 + 800 = -240 \text{ kg} \quad \text{にして、この力は左向きに働く。}$$

### 3. 力のモーメント

力が物體の軸心を離れて作用する場合には、物體は軸心の周りに回轉しよ

うとします。その回轉の働きは、力が大なるほど、また軸心からの距離が大なるほど大きいのです。

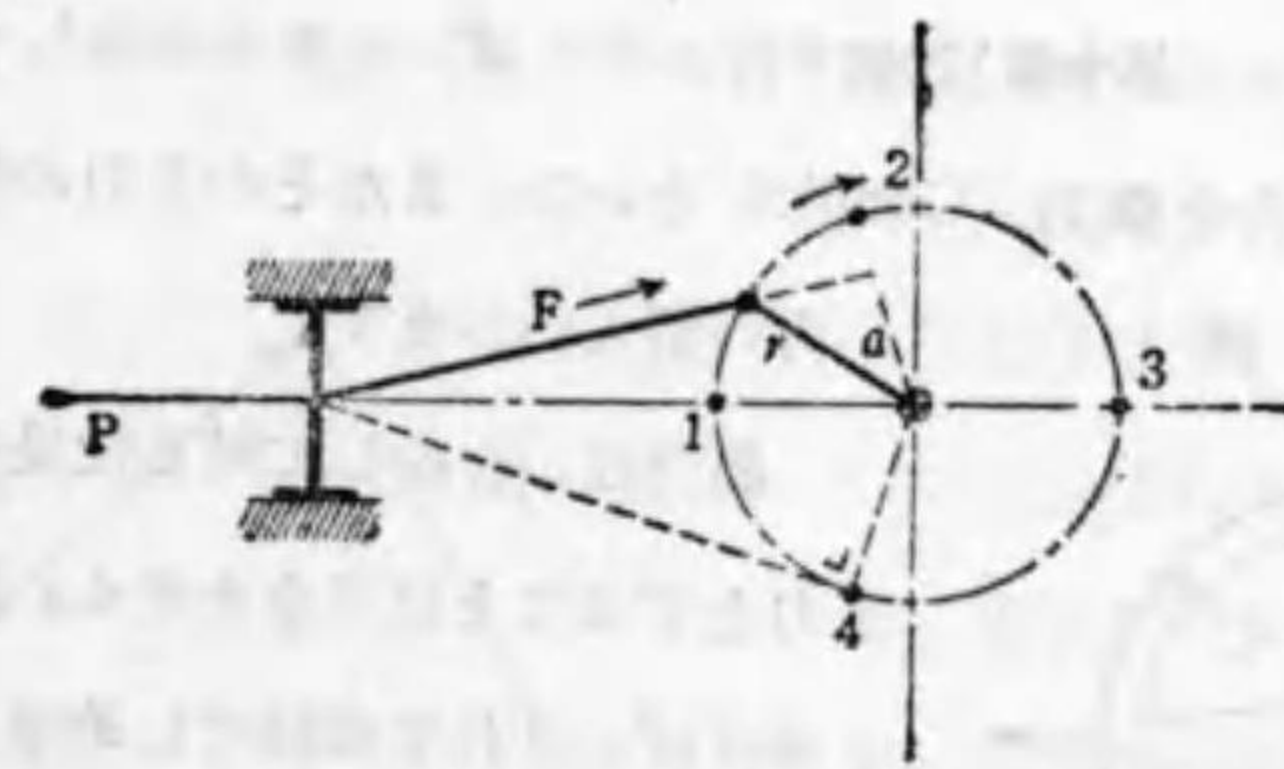
この事實は、スパナ<sup>(11)</sup>をもつてボルトを締めつける時に、スパナの端に近い方をもつと楽に締められるし、また柄が長いほど楽に締められることで、よく知られてゐます。この能力を力の能率とか、力のモーメント (Moment of force) といつてゐます。

この締めつける作用は、手の力と、ボルトと手との距離とを掛け合せたもので決まります。力を  $F$ 、距離を  $a$  力のモーメントを  $M$  で表すと、つぎのやうになります。

$$M = F \times a \dots\dots\dots(11)$$

ピストン・クランクについて見ると、この機構において、いつもピストン<sup>(12)</sup>を同じ力  $F$  で押す時は、クランク<sup>(13)</sup>を回轉するモーメント  $M$  は  $F \times a$  ですから、クランクの位置によつて  $a$  の値が變化するため、モーメント  $M$  の値もまた變化します。

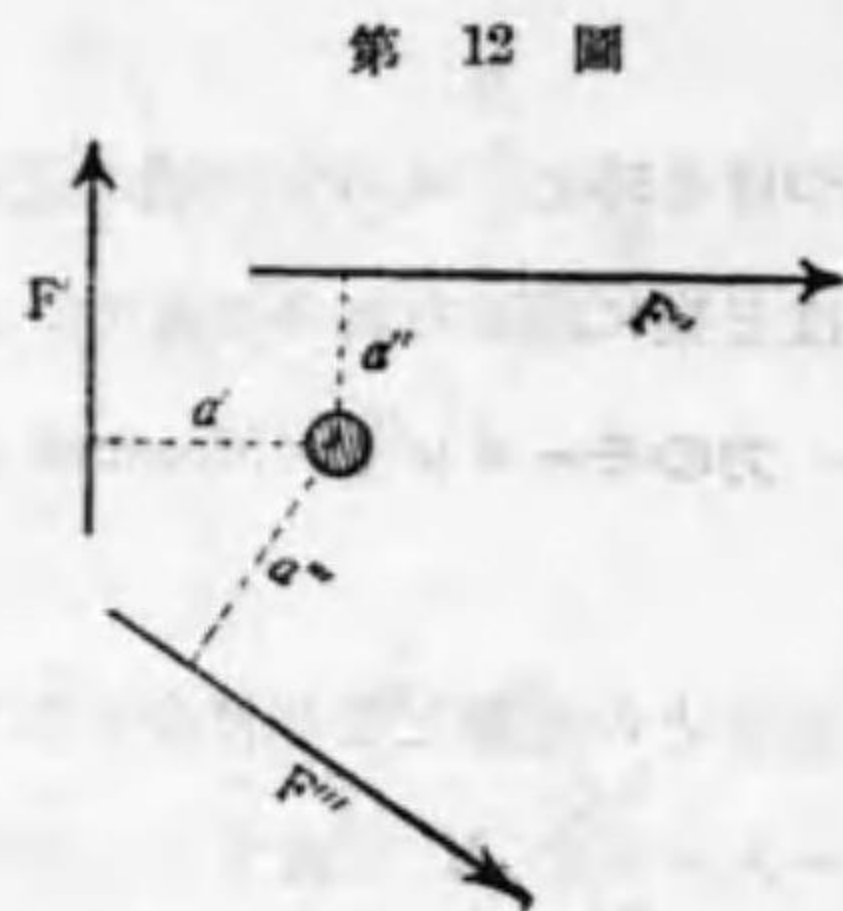
第 11 圖



この第11圖で示すやうに、假りにクランクが1及び3の位置に来た時、 $a$  は零となり、従つてモーメントは零になります。つまり、この機構においてはこの2つの位置にクランクがある時は、どんなにピストンに力を加へても、クランクは回轉しません。そこで、この状態を機構が死點 (Dead point) の位置にあるといつてゐます。だから、かうした場合は、大きなはづみ車<sup>(13)</sup>を用



ひて、その慣性によつてこの點を越えるのです。<sup>(14)</sup>



第 12 圖

一軸にその軸心を離れて、數力が働く時には、この軸を回轉しようとする合成モーメント  $M$  は、力の方向と、着力點によつて、回轉する方向を異にしますから、各モーメントに正負の符號を付けて、その回轉方向を區別しその點に對する各力のモーメントの代

數和をとればよいことになつてゐます。即ちつぎの通りです。

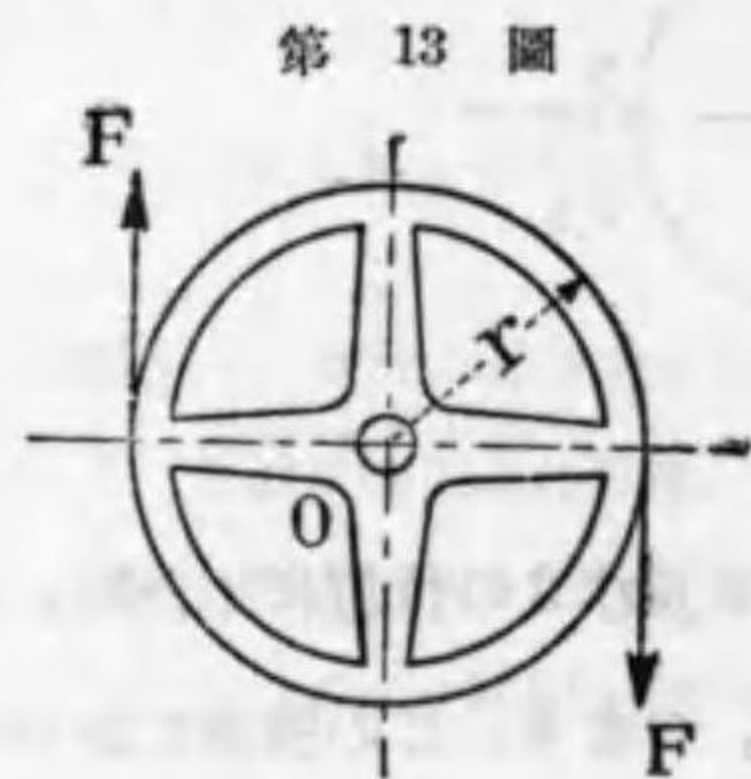
$$M = aF' + a''F'' - aF \dots \dots \dots (12)$$

〔例題〕 長さ  $5m$  太さも質も一様な棒の一端に  $3kg$ 、他端に  $12kg$  の物體を吊して、これらを釣合せるためには、支點をどこに決めたらよいか。

〔解〕  $3kg$  の力に對する能率の臂は  $xm$ 、 $12kg$  の力に對するものは  $(5-x)m$  ですから  $3 \times x = 12 \times (5-x)$   $\therefore x = 4m$

4. 偶 力

自動車のハンドル (第七圖) を廻す時のやうに、大きさが等しくて、方向が反對に働く一對の力を偶力 (Couple) といひ、またその2力の垂直距離を偶力の臂といひます。



第 13 圖

偶力は、合成して同じ効果をもつ一つの力とすることはできません。偶力が物體に働けば、これを回轉せしめます。錐をもむ手の力、時計のネヂを巻く指の力などは、みなこの偶力です。

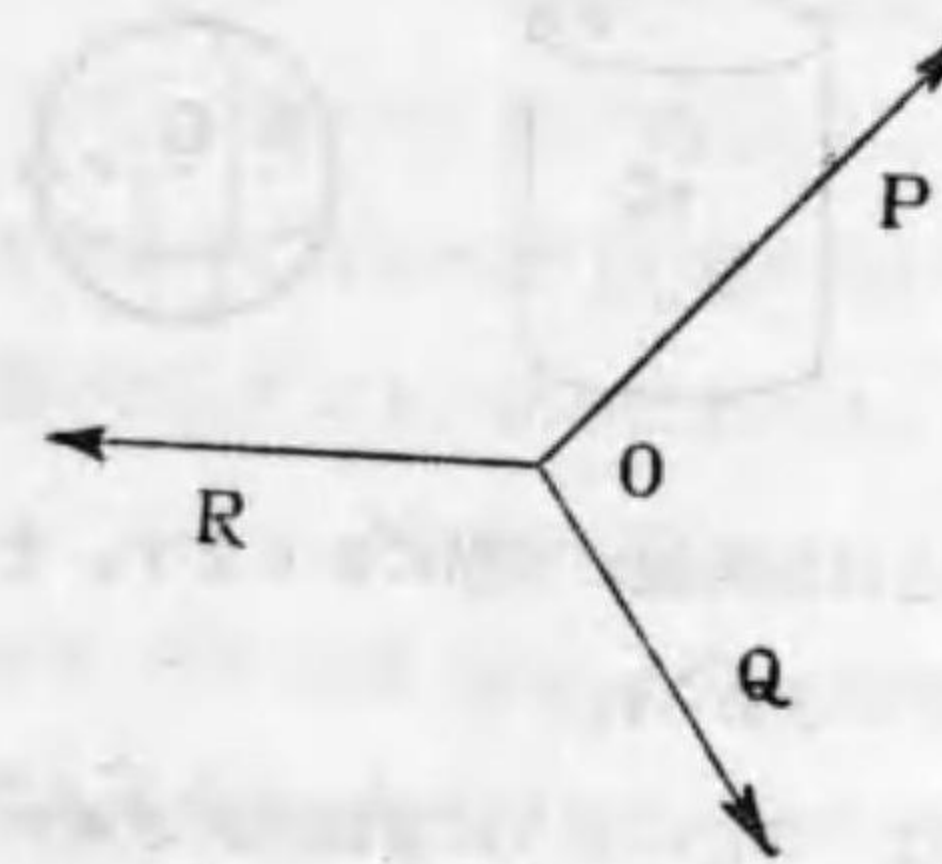
この偶力を  $F$  とし、其垂直距離を  $d$  とすれば ( $d$  はこゝでは直徑になります) 偶力のモーメントは  $Fd$  です。

5. 力の釣合

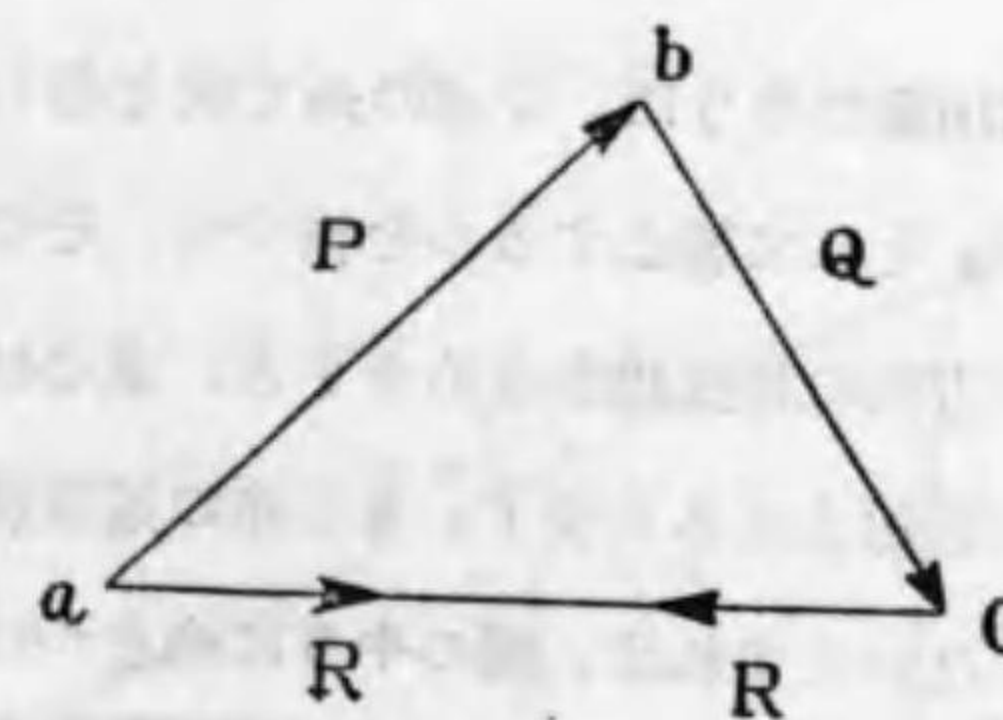
多くの力が、同時に一物體に働いて、その結果物體が何等の運動をも生じない時には、これらの力またはその物體は、釣合 (Equilibrium) の状態にあるといひます。

2力が同一直線上にあつて、大いさ相等しく、方向相反する時に、2力は釣合ひますが、もし2力の大いさが等しく方向相反するも、同一直線上にないならば、この2力は偶力をなします。

第 14 圖



また物體中の一點  $O$  に作用する3力  $P, Q, R$  がお互に釣合ふためには、その中の任意の2力の合力が、残りの1力と同一直線にあつて大いさ相等しく、方向相反することが必要です。即ち、これらの3力を以て畫いた力の三角形が完全に閉ぢたる三角形をなす時、これらの3力は互に釣合ふこととなります。



3力以上の力が、同時に一點に働く場合においてもこれと同じです。即ちこれらの力を以て畫いた力の多角形が閉ぢた時、これらの力は釣合を保つのです。

6. 重 心

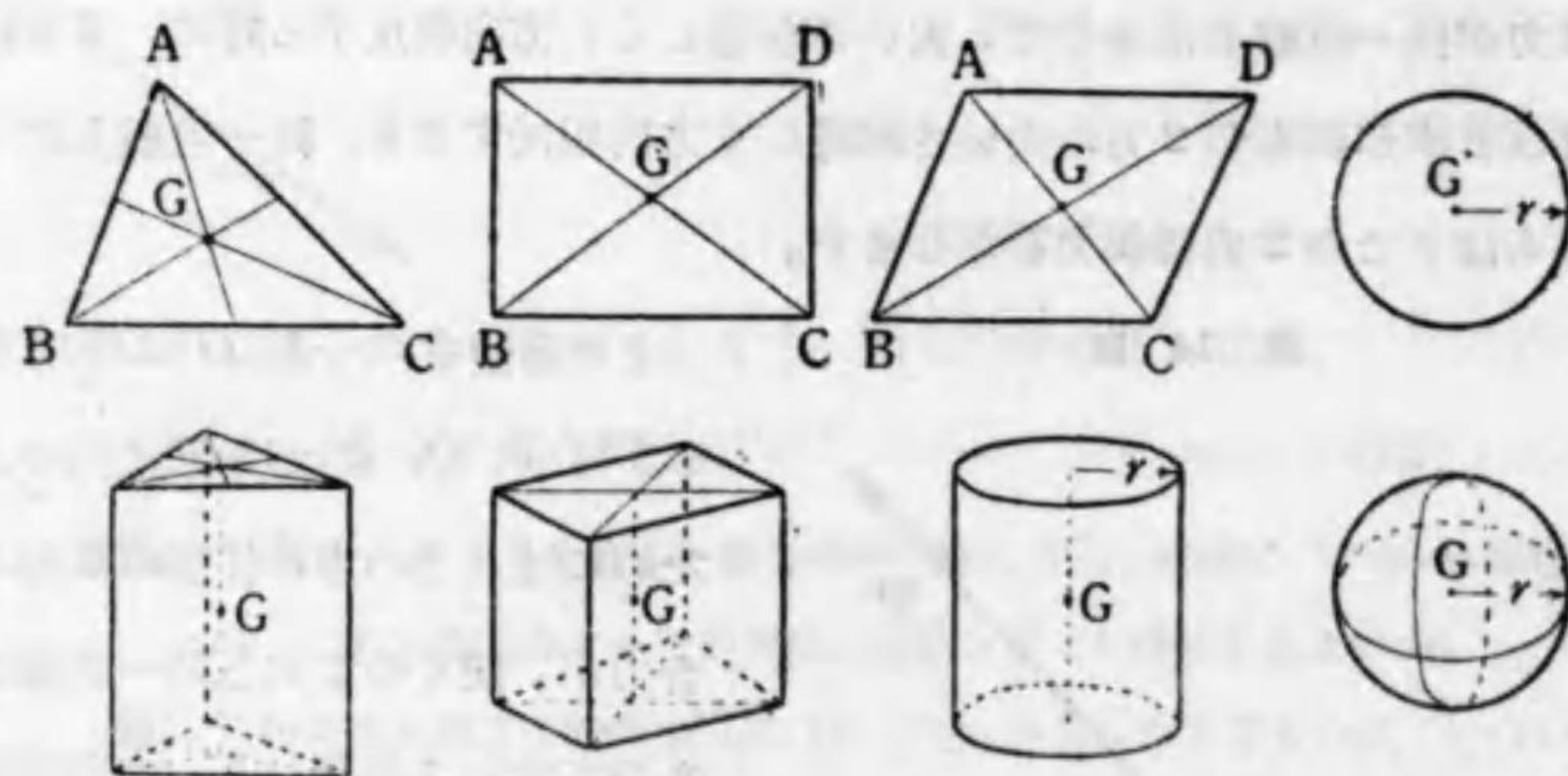
物體といふものは、分子の集合から成るものですから、その重量はこれら各分子に働く地球重力の合力と考へることができます。そして、この重力の



方向は、すべて地球の中心に向ふものですが、その方向を平行と見なし、これら平行力の合力の働く点を物体の重心 (Center of gravity) といいます。

形が規則正しくて、密度が一様な物体の重心は、幾何学によつて、ごく簡単に求めることができます。第15圖で見るやうに、三角形の板の重心は三中

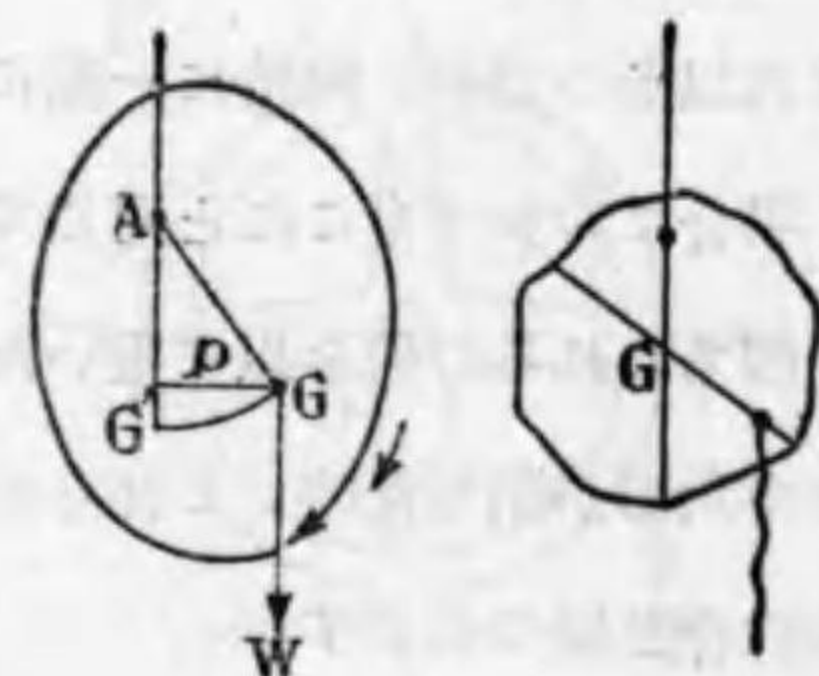
第 15 圖



線の交点にあるし、平行四邊形の板の重心は対角線の交点にあります。また圓筒形の重心は、圓筒の中心線の中点 G に求められます。

また形の不規則な板の重心を求めるには、つぎのやうに實驗的に求めればよいのです。

第 16 圖



第16圖のやうに、1本の糸で板を吊します。そして静止するのを待つて、その糸の方向の延長線を求めますと、重心はその直線上にあります。もし糸の延長線上にないとすれば、圖のやうに糸をつけた点に関する力のモーメントを生じて、

板を廻轉させますから、板は静止することができません。

次に、他の一点で板を吊し、同じやうに鉛直下の方向に糸の延長線を求めますと、この2直線の交点 G が、求める重心になります。

### 第三章 動力と摩擦

#### 1. 仕事

力が働いて、物体をある距離だけ動かした場合、力が**仕事 (Work)**をしたといひます。仕事には力が必要であり、またこれが或る距離動くことが必要です。人が荷物を運んだり、馬が荷車を牽いたりするのは、みな仕事です。仕事の大きさを何で表はすかといへば、働く力の大きさと、動いた距離との積で表はします。式で書けば

$$\text{仕事} = \text{力} \times \text{距離}$$

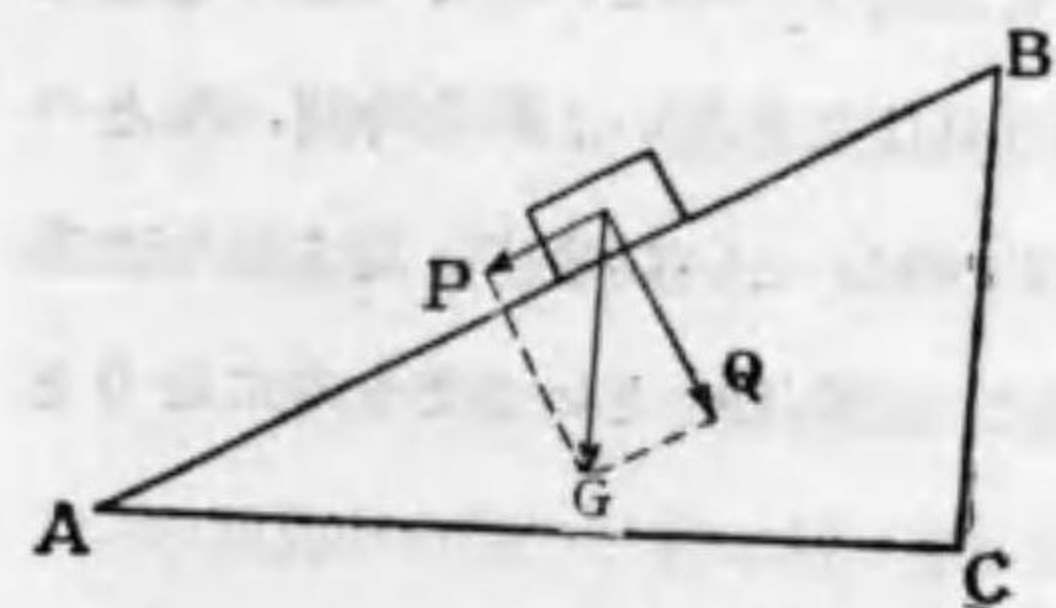
$$\text{即ち } W = F \times S \dots\dots\dots (13)$$

となります。たとへば 20 疋の力が働いて、その力の方向に物体が15メートル動いたとすると、仕事は上の式によつて答を求めれば

$$20 \times 15 = 300$$

となり、300 疋米となります。つまり、仕事の単位は、力の単位と、長さの単位とを組合せたものです。従つて仕事の単位は *kgm* であつて、時間に關係がありません。

第 17 圖



第17圖のやうに、斜面 (坂路)

AB に沿つて、重さ G の品物を上げる場合を考へてみませう。即ち、G を坂路の方向と、これに直角の方向とに分けると P と Q とになるが、P に等しい力で上に引き上げられるわけですから、仕事 W は

$$W = P \times AB$$



又(10)より

$$P = G \times \frac{BC}{AB}$$

$$\begin{aligned} \therefore W &= G \times \frac{BC}{AB} \times AB \\ &= G \times BC \end{aligned}$$

即ち  $G$  だけの重さを垂直に  $BC$  だけ上げるのと同じこととなります。即ち荷物を  $B$  の高さまで掲げるのに、どんな道を選んでも仕事の大きさには変わりがない。エレベーターで荷物を垂直に上げて、エスカレーターで斜めに上げて、高さが同じなら、仕事は同じであるといふわけです。

いま1組の摩擦車において、半径  $r$  なる  $B$  車を  $A$  車が  $F$  なる力を加へつゝ、回転させる時、 $B$  車が毎秒  $n$  回転する間になす仕事は

$$W = FS = F \cdot 2\pi rn$$

$$W = (rF) \cdot 2\pi n$$

この  $rF$  は回転モーメントであつて、特にトルク (Torque) 或は回転力といはれ、その単位は  $mkgy$  です。

## 2. 動力

機械にどれだけの仕事の能力があるかを比較するには、ある一定の時間働かせて、その成し遂げた仕事の量を見なければならぬ。単位時間、たとへば1秒間にする仕事の量を機械の<sup>(16)</sup>動力 (Power) といひます。爲された仕事を時間数で割つたものであるから、単位は 瓦/秒 といつたものになります。

工業上の単位は、一般に馬力 (Horse power) 及びキロワットを用ひます。1馬力 (HP) とは毎秒 75  $kgm$ 、1キロワット (KW) とは毎秒 102  $kgm$  の仕事をなす動力をいひ、1馬力は約  $\frac{3}{4}$  キロワットであることを覚えてお

ると便利です。

## 3. エネルギー

高いところにある水は、落下する時に水車を廻して仕事をし、發射された弾丸は物體に當つてこれを破壊する仕事をします。かやうな能力をエネルギー (Energy) といひます。そしてエネルギーの量は、その物體がすることのできる仕事の量で測ります。

發射された弾丸のやうに、物體が運動してゐるためにもつエネルギーを運動のエネルギー (Kinetic energy) といひ、高いところに在る水のやうに、その位置のためにもつエネルギーを位置のエネルギー (Potential energy) といつてゐます。

いま重量  $W$  の物體が、高さ  $h$  にある時、その物體のもつ位置のエネルギー  $E_1$  は

$$E_1 = Wh$$

また速度  $v$ 、重量  $W$  の物體のもつ運動のエネルギー  $E_2$  は

$$E_2 = \frac{Wv^2}{2g}$$

となります。従つてエネルギーは、重量の大なるほど、また速度の大なるほど大きいのです。

またエネルギーは、變化し移動しますが、 $A$  が失つた量は  $B$  へ移り、 $B$  が失つた量は  $C$  が得るといふやうに、エネルギーの相互の變化の量は相等しくて、増減はないのです。故に「エネルギーは1物體から他物體へ移り、1つの状態から他の状態に變りますが、その總量には變化がなく、つねに一定である」といふことをエネルギー不減の原理といひます。

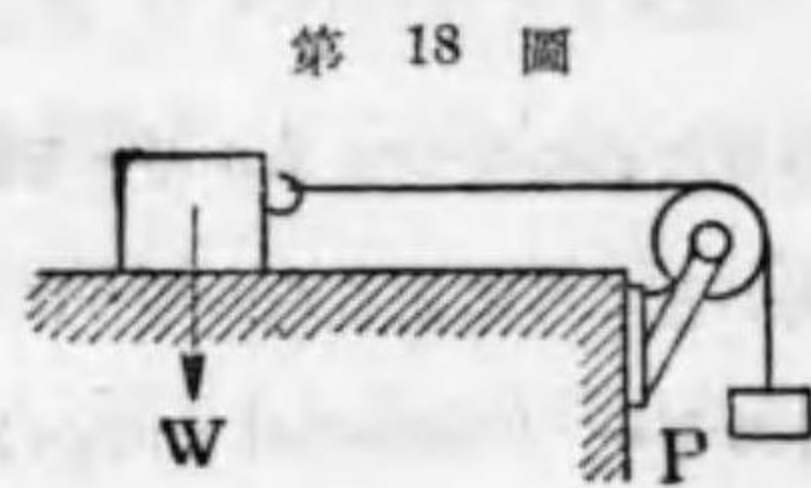
なほエネルギーには、機械的エネルギー、熱エネルギー、電動機を動かす電氣のエネルギー、火薬の爆發による化學エネルギー、そのほか音、光など



があります。

4. 摩擦

相接する物体の2面が、互に押し合ひ動さうとすれば、その接触面間に運動を妨ぐる一種の抵抗力を生じます。この力を摩擦力 (Frictional force) または単に摩擦 (Friction) といひます。



これを圖で示せば、第18圖のやうに平らな面に  $W$  といふ重さの品物を置き、これにつけた糸に滑車を通して重量  $P$  をかけると、 $P$  の重さが小さい中は  $W$  は動きません。これは重さ  $W$  と面との間に、引きつける力  $P$  に抵抗するある力が起るからです。これが即ち摩擦力なのです。

ところが、 $P$  の重さを段々増してゆくと、つひには滑り出します。この滑り出すといふ時の摩擦力を最大摩擦力といつてみますが、 $W$  の重さを増せば、それに比例して  $P$  も増加することになります。

摩擦に関して、今日まで実験の結果から得られた法則を挙げると、つぎのとほりです。

- イ. 摩擦力は、常に運動の方向に反対に作用し、且つ運動を起さんとする力と共に増大して、つひに最大摩擦に達する。
- ロ. 最大摩擦の大いさは、物体が互に接触する表面の性質に關係する。
- ハ. 最大摩擦の大いさは、接觸面に直角に働く全壓力に正比例する。
- ニ. 摩擦力の大いさは、接觸面の大きさには關係しない。

そこで、いま  $P$  を直壓力、 $F$  を最大摩擦力、 $\mu$  を比例常數とすれば

$$F = \mu P$$

といふ式が成り立ちます。 $\mu$  は接觸面の状態によつて變化する係數で、これを摩擦係數 (Coefficient of friction) といひます。

つぎの表は、主なる接觸面の摩擦係數の値を示したのですが、物体の接觸面に油や水を入れると、摩擦係數は非常に變化するものです。

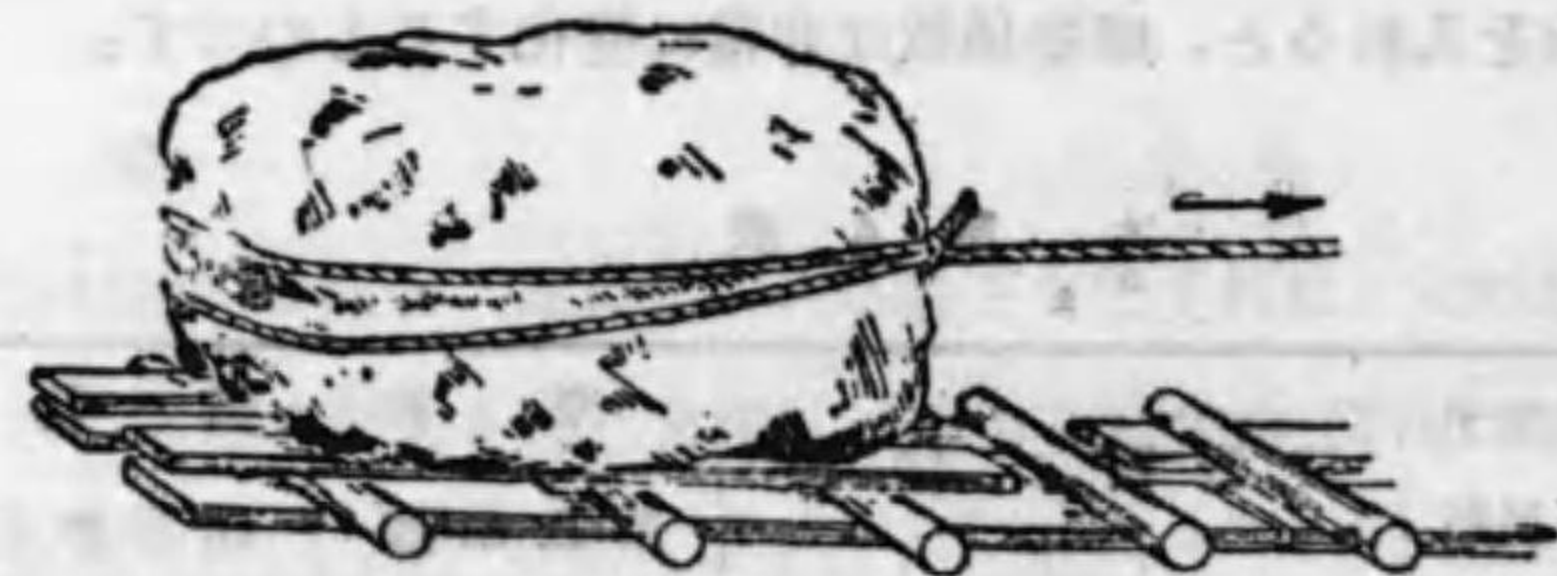
第 4 表

互ひに接觸する材料の種類	接觸面の状況	摩擦係數	
		静止摩擦	運動摩擦
木材と木材	乾燥せる	0.3—0.7	0.20—0.43
	石鹼水を注ぎたる	0.22—0.44	0.14—0.16
	脂肪を塗りたる	0.3—0.4	0.02—0.10
木材と金屬	乾燥せる	0.6	0.20—0.62
	脂肪を塗りたる	0.1	0.10—0.16
木材と革	乾燥せる	0.62	0.3—0.5
	油を注ぎたる	0.13	—
金屬と金屬	乾燥せる	0.15—0.24	0.15—0.24
	時々注油せる	0.11—0.16	0.07—0.03
	絶えず注油せる	—	0.04—0.03
金屬と革	乾燥せる	0.62	0.56
	濕潤せる	0.80	0.36
	脂肪を塗りたる	0.27	0.23
	油を注ぎたる	0.13	0.15
金屬と麻繩	乾燥せる	—	0.2—0.34
	脂肪を塗りたる	—	0.15

物体がころがる時にも摩擦が起ります。これをころがり摩擦といつて摩擦係數は第4表の値よりも更によほど小さいものです。重い荷物なども、圖のやうに丸太のやうなコロを下に入れると、容易に動かせるものであることは誰も知つてゐるとほりです。機關車の場合は、動輪だけが蒸汽の動力を受けてレールの上を、摩擦によつて動くのであつて、ほかの車はどんなに重くて

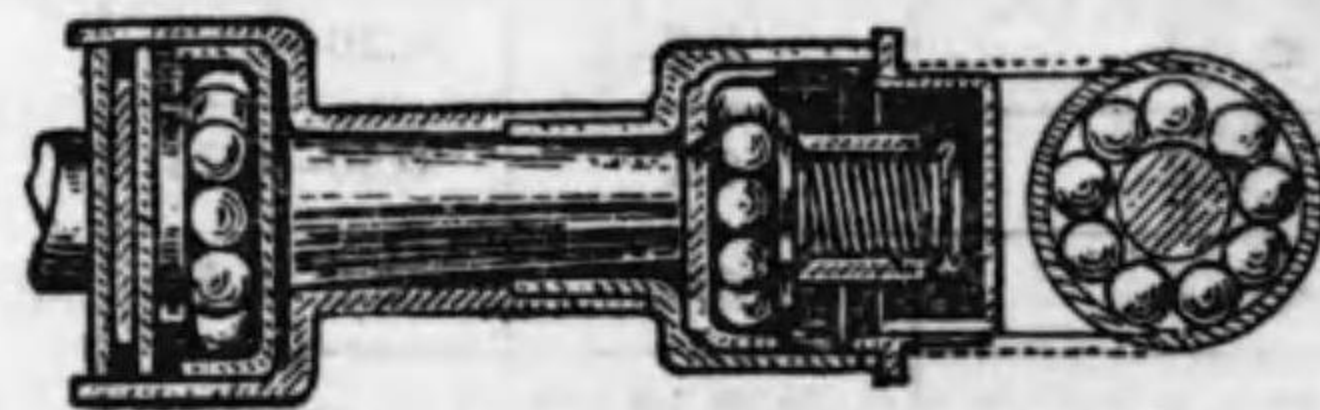


第 19 圖



もみなころがり摩擦を利用して、牽かれてゐるのです。

第 20 圖



ころがり摩擦は、滑り摩擦よりも係数が小ですから、普通の軸受よりも、内部に球を入れた球軸受 (Ball bearing) や、コ

ロを入れたコロ軸受 (Roller bearing) の方が軽く回転します。

### 5. 有効率

機械を運轉するには、實際有効に用ひられる仕事のほかに、各運動部分を組立てゝゐる軸受等の摩擦力に打ち勝つだけの餘分な仕事に相當するエネルギーを供給せねばならない。この際、有効に使用された仕事を**有効働** (Useful work) といひ、摩擦のために費された仕事を**消耗働** (Waste work) といひます。

前者を  $W_1$  後者を  $W_2$  機械に取入れた仕事の總量を  $W$  とすると

$$W = W_1 + W_2$$

摩擦のために費された仕事は、全く消耗となるのみでなく、これが熱に変化して機械故障の原因となることが多いから、出來得る限りこれを少くして有効に働かせるやうにしなければなりません。

機械の効率とは、この有効働と、機械に加へた仕事の總量との比であつて

機械の良否をあらはすに用ひます。そこで機械の効率を  $\eta$  とすると、つぎのやうになります。

$$\eta = \frac{W_1}{W}$$

このやうに、摩擦は運動の邪魔をして困るものですが、一面にはこれをよく利用しさえすれば、私達の生活に必要欠くべからざるものに變ります。家も、車も、織物も摩擦があるから組立てられてゐるのであつて、もし摩擦がなかつたなら、忽ちバラバラになつてしまふでせう。また摩擦があるからこそ、私達は歩くことができるのですし、電車も、汽車も、この摩擦といふものがあるからこそ、走れもするのです。

ベルトによる動力の傳達も、車のブレーキも、みなこれ摩擦によるものであります。

〔4 題〕 機関車の動輪にかゝる重量は  $25,000 \text{ kg}$  で車とレールとの摩擦係数は  $0.09$  である。この機関車が水平に引くことの出来る列車の最大重量は何程か。但列車の抵抗は重量  $1,000 \text{ kg}$  につき  $6 \text{ kg}$  である。

〔解〕 機関車の牽引力は摩擦力に等しくなる迄増すことが出来る。

$$\text{然るに} \quad \text{摩擦力} \quad F = 0.09 \times 25,000 \text{ (kg)}$$

$$\text{この列車の最大重量を } w \text{ とすれば} \quad \text{牽引力} \quad P = 6 \times \frac{w}{1,000} \text{ (kg)}$$

$$\text{故に} \quad 0.09 \times 25,000 = 6 \times \frac{w}{1,000}$$

$$w = 375,000 \text{ (kg)}$$

〔例題〕 平削り盤のテーブルの重量  $950 \text{ kg}$ 、之に置かれた工作物の重量  $2200 \text{ kg}$  なる時、往復運動を起すに要する力何程なるか。

〔解〕 導面の摩擦係数を  $0.1$  とせば、所要の力  $F$  は、

$$F = \mu P = 0.1 \times (2200 + 950)$$

$$= 315 \text{ kg}$$



## 用語解説 I

- (1) 物體 (Matter) 立體とこれを充たす實體、即ち物質とを合せた概念です。
- (2) 平行四邊形 相對する二邊の互に平行する四邊形のこと。
- (3) 1 rad 任意の圓において、その半徑に等しき長さの圓弧が含む中心角に當ります。
- (4) 弧 (Arc) 圓周の一部分の稱。一般に曲線の一部をも弧といひます。
- (5) ベルト (Belt) 調革のこと。原動機軸の運動を他の軸に傳達するために用ふる革、またはゴム、麻で製した帶。
- (6) 抵抗 (Resistance) 運動體の運動を妨げる作用のことです。
- (7) 曲線 (Curve) 直線に對し、たえず方向の變化する線のこと。
- (8) 重力 (Gravity) 普通には地球の引力のことですが、精密には地球の引力と、地球自轉のための遠心力との合力に相當します。
- (9) ベクトル (Vector) 一般には、大いさと、方向とを有する量をいひます。たとえば力、速度などがそれです。
- (10) スパナ (Spanner) 回旋器のことで、ナットの締付用に使用します。
- (11) ピストン (Piston) 活栓のことで、ポンプや、原動機などに用ひられ、圓筒内に嵌められて、往復運動をするものです。
- (12) クランク (Crank) 曲柄とも書き、ピストンの往復運動を車軸の回轉運動に變換するための装置のことです。
- (13) はづみ車 (Fly wheel) 蒸汽機關などに取付けた重い大きい車輪で、ピストンの運動を確實にし、また速度調節運動の助けをするもの。
- (14) 慣性 (Inertia) 詳しくいへば、慣性の法則のことで、ニュートンの運動の第一法則ともいふ。即ち物體は他より力が作用しないかぎり、静止せる物體は静止をつげ、運動しつゝある物體は直線上を等速度運動をつづける性質のこと。
- (15) 分子 (Molecule) 物質を物理的方法によつて細分する時、その性質を失ふことなくして極限の微粒に達したと考へられるものをいひます。この分子を更に科學的方法によつて分割した微粒を原子といつてゐます。
- (16) 動力 (Motive power) 天然に存在するエネルギーの機械的工作をなしうる能力をいひます。

## 第二篇 機 構

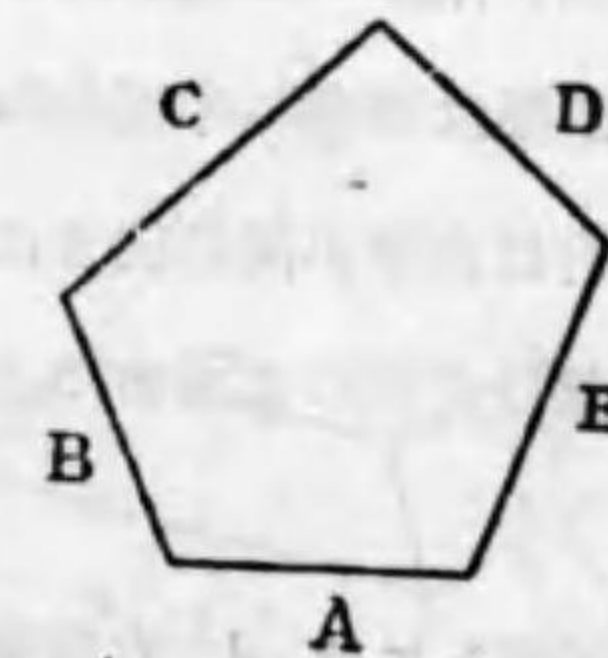
## 第一章 機械と機構

## 1. 機構と傳達

機械 (Machine) とは抵抗力を有する物體の組合せから成り、一定の限られた運動によつて、これにエネルギーを供給して仕事をするものです。この機械の各部に傳達する力を考へずに、たゞその運動が機械と同様に限定されたものを機構といひ、これを研究する學問を機構學 (Mechanics) と名づけてゐます。

機構のつながりを構成する部分を機素 (Machine element) といふ。今  $A, B, C, D, E$  等の多くの機素があつて、 $A$  は  $B, B$  は  $C, C$  は  $D, D$

第 1 圖



は  $E, E$  は  $A$  にピンジョイント<sup>(1)</sup>にてつながつてゐる場合に、これをチェーン (Chain) といひ、これを組合せた機素を、特にリンク (Link) と呼びます。

機構の中、他の部分に運動を與へるものを主動子 (Driver) といひ、主動子より運動を受けるものを受動子 (Follower) といひます。

なほ主動子から受動子に、運動を傳達する方法を大別しますと、これにはつぎの種類があります。

## イ. 直接接觸 (Direct contact)

摩擦車、齒車、カムなど。

## ロ. 間接接觸 (Indirect contact)

ベルト、ロープ、チェーン、リンクなど。

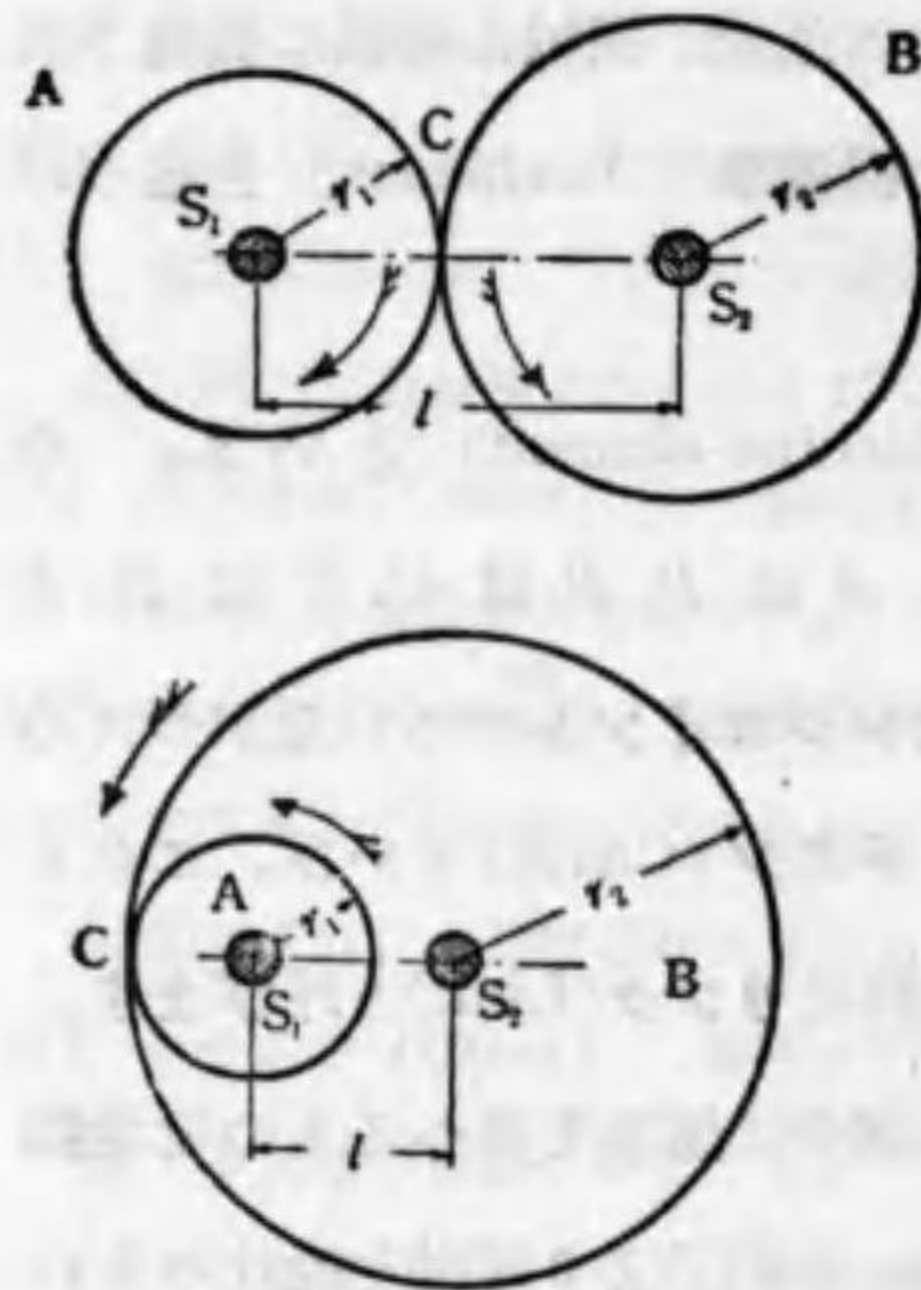


### 第二章 摩擦車

#### 1. 圓板摩擦車

摩擦を利用して、主動車（初めに廻り出す車）から受動車（廻される車）に動力を傳へる場合に、兩方の車が直接に接觸してゐるのを摩擦車（Friction wheel）といふ。

第 2 圖



その中で一番ありふれたものは圓板車(Disc wheel)で、第2圖のやうに、平行な2つの軸  $S_1, S_2$  に、圓板  $A, B$  をつけ、 $A, B$  の接觸面の摩擦により動力を傳へるものです。 $A, B$  が上圖のやうな場合を外接摩擦車、下圖のやうな場合を、内接摩擦車と呼びます。

外接摩擦車の時は、兩車の回轉方向が反對で、中心間の距離は兩車の半径の和ですが、内接の場合は兩車が同じ向きに廻り、中心間の距離は半径の差であるといふことになります。

若し兩車が滑りなく回轉を傳へる時（即ち、ころがり接觸）には  $A, B$  兩車の半径  $r_1, r_2$ 、回轉數  $N_1, N_2$  (rev/mn)、角速度  $\omega_1, \omega_2$  (rad/s) の間の關係は、つぎのやうに表はされます。

また二軸間の距離を  $l$  とすると

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \dots \dots \dots (1)$$

$$l = r_1 \pm r_2 \dots \dots \dots (2)$$

故に  $l$  と  $N_1, N_2$  が與へられる時には、上の兩式によつて  $r_1, r_2$  を算出することができます。

〔例題〕 毎分200回轉する主動軸から 30cm 隔つた他の平行軸に動力を傳へ、毎分400回轉させるには、兩軸に取付くべき圓板車の大きさはいかほどにするか。

〔解〕  $r_1, r_2$  を兩軸に取付くべき圓板車の半径とすると

$$\frac{200}{400} = \frac{r_1}{r_2} \dots \dots \dots (a)$$

$$r_1 + r_2 = 30 \dots \dots \dots (b)$$

(a) 式より

$$r_1 = 2 r_2$$

(b) 式に代入して

$$2 r_2 + r_2 = 30$$

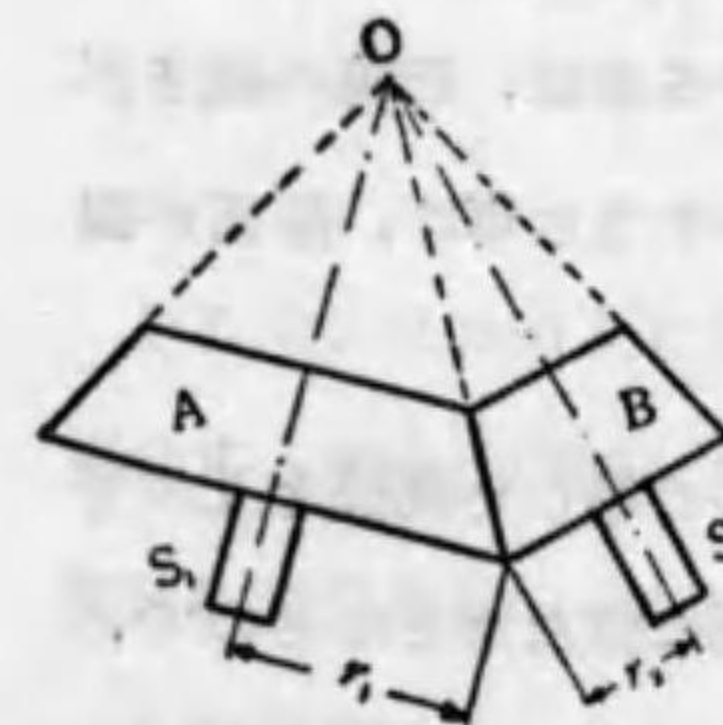
$$\therefore r_2 = 10 \quad r_1 = 30 - 10 = 20$$

$$\text{答} \begin{cases} r_1 = 20 \text{ cm} \\ r_2 = 10 \text{ cm} \end{cases}$$

#### 2. 圓錐摩擦車

圓錐車 (Cone pulley) は2軸の延長が交はる場合に用ひられる摩擦車で、圓錐の一部を以て造られてゐます。

第 3 圖



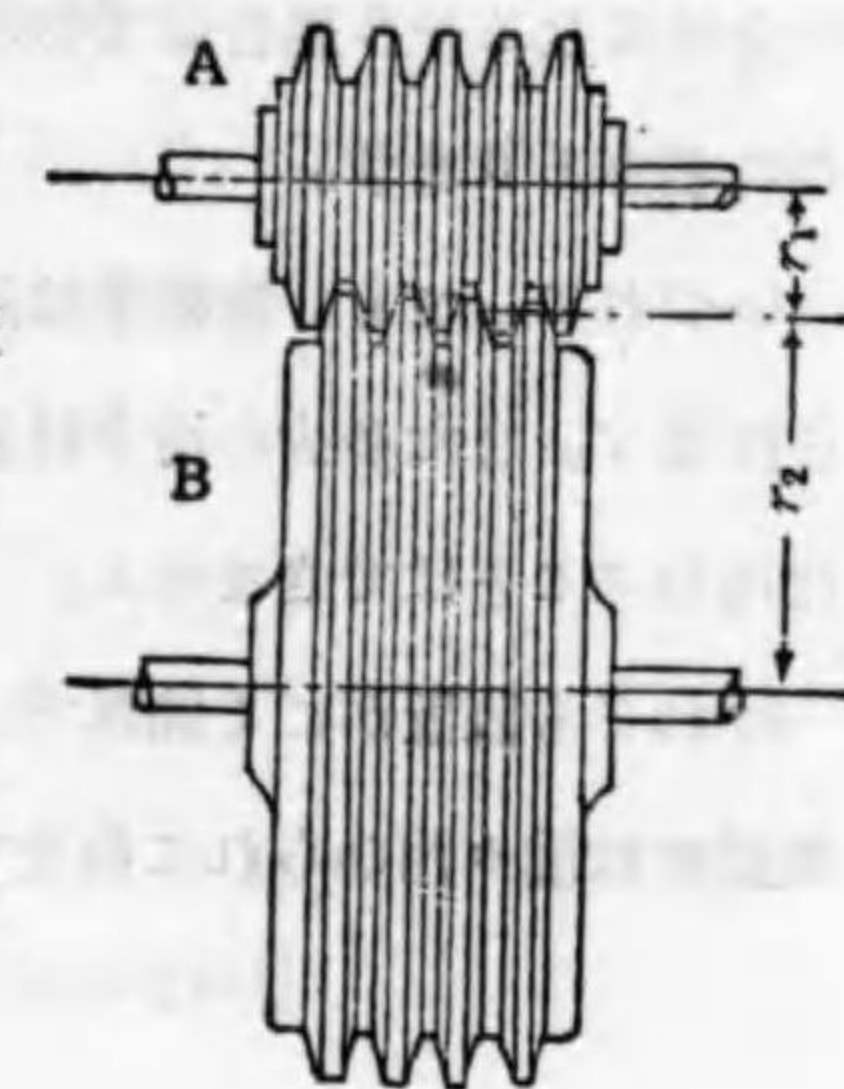
接觸線上のある點で兩車の半径を  $r_1, r_2$  とし、回轉數を  $N_1, N_2$  とすると、つぎの通り。

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

#### 3. 溝付摩擦車

摩擦傳導装置において、摩擦力を大きくし、且つその傳達を確實ならしむるためには、圓板車の接觸面に相當する面を基準として溝をつくつた溝付摩擦車 (Grooved friction gearing) を用ひます。即ち各車の周圍に山形の溝をつくり、互に噛み合しめたもので、溝の傾斜角の小なるほど、大なる動力が傳へられます。

第 4 圖





さて

$\theta$  = 溝の傾斜角 (=  $30^\circ \sim 40^\circ$ )

$Q$  = 軸を押す力

$P$  = 接觸面に加はる全直壓力

とすれば

$$P = \frac{Q}{2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)} \dots\dots\dots (3)$$

A, B 兩車の静止摩擦係数  $\mu$  を假定すれば最大傳達力  $\mu P$  が求められます。

この装置の速度比は、一般に接觸面の中央における各車の半径の反比に依つて表はされるけれども、實際においては多少の差があります。従つて、この車は多少速度比に變動あるも、差支へないところ、たとへば鑛山用の捲揚機械などに多く用ひられてゐます。

4. 其 他

速度比が一定でなく、1回轉中において順次變化する車は、回轉の速さが1回轉中に、或は速く或は遅くなるやうな車で、このやうな車は、断面が圓形でない。たとへば橢圓車の回轉がそれです。

また葉形車といはれるものもあります。これは2つの等しい渦線を互に背中合せになるやう組合せて作つた車で、これは木の葉に似た形となるので、この名があります。

いづれにしても、摩擦車は速度は早くて傳へる力は大ならざる場合に用ひられます。また多少の滑りは避け得ないから、正確な運動を要するところには用ひることはできません。

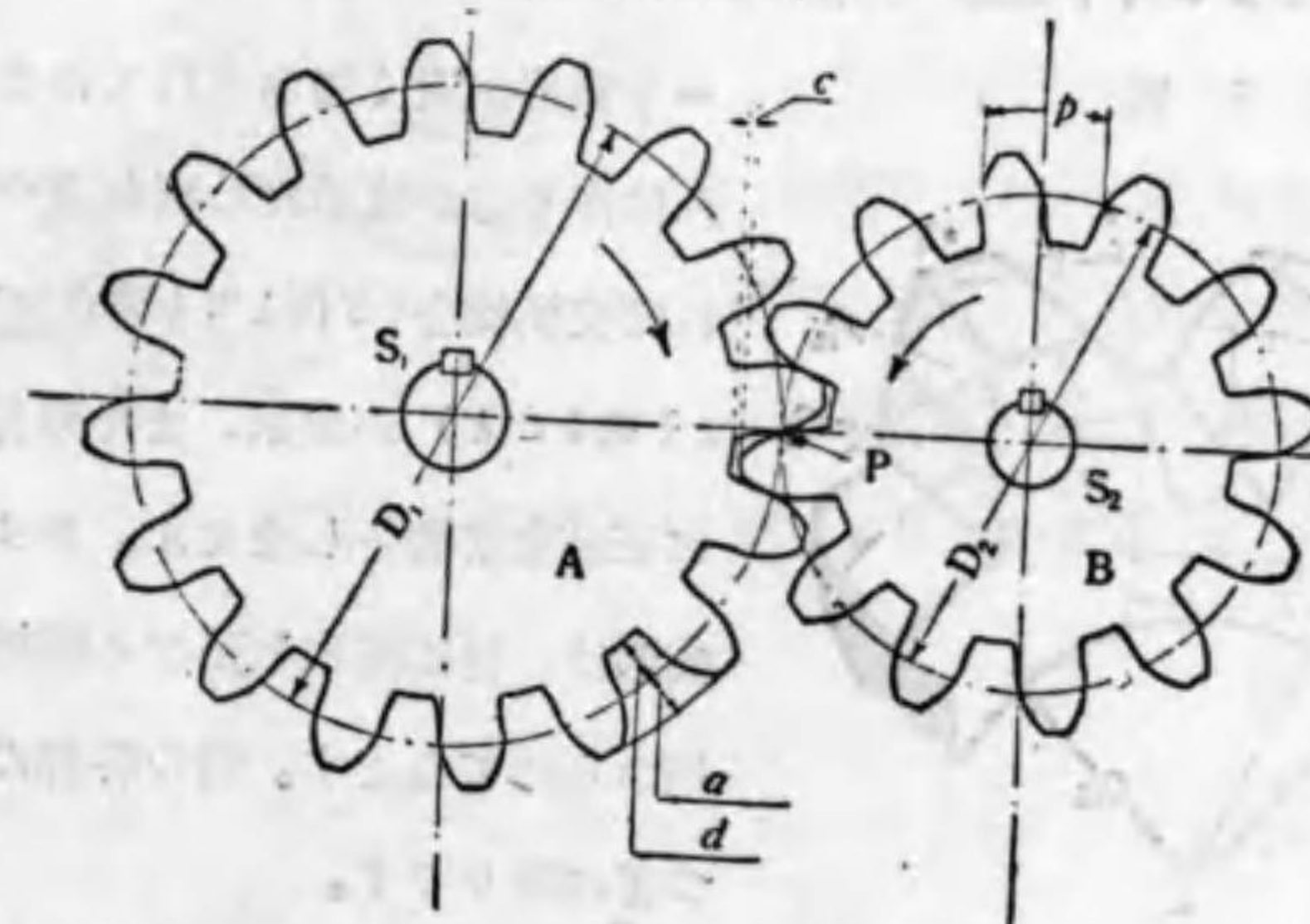
けれども装置がごく簡單で、運動の傳達が非常に靜かですから、小馬力の傳動には屢々用ひられてゐます。

第三章 齒 車

1. 齒車の種類

前に述べた摩擦車は、滑かな車を押つけて廻すのですから、どうしても滑るのを免れない。機械部分の運動は、大抵の場合に正確を要するから、滑るのは困るのです。

第 5 圖



そこで、この滑りをなくするため、第 25 圖のやうに、摩擦車の接觸面に相當する面を基準にして齒をつけて、兩方の車の齒と齒の噛み合ひによつて、確實な運動を傳へるのが齒車 (Toothed wheel) です。

この齒車には、その軸の方向、及び齒形等によつて、つぎのやうな色々な種類があります。

1. 平 齒 車 (Spur gear)
2. 傘 齒 車 (Bevel gear)
3. ハスバ齒車 (Helical gear)
4. ネチ齒車 (Screw gear)
5. 芋蟲及び芋蟲齒車 (Worm and worm gear)

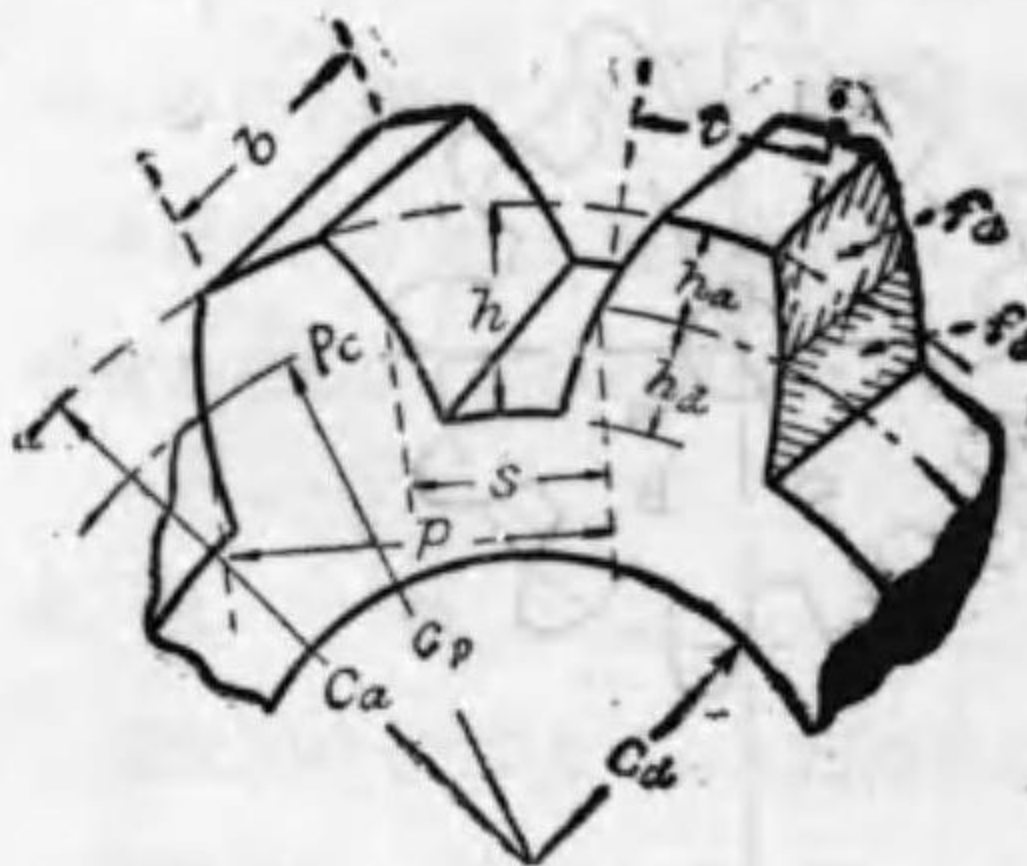


2. 齒車各部の名稱

摩擦車の接觸面に相當する齒車の面を刻み面 (Pitch surface) といひ、隣り合つてゐる2つの齒の相當點(山と山、又は谷と谷)の間の距離を刻み(Pitch)といつてゐます。

齒車において、その齒形は非常に重要な部分です。従つてこの齒形には色々あるが、今日一般に用ひられてゐるものはインボリュート齒形 (Involute teeth) と、シクロイド齒形 (Cycloidal teeth) です。この中、インボリュート齒形が廣く用ひられてゐます。これは作り方が簡單だし刻みさへ等しければ交換嚙合(どれとでも嚙合つて不都合なく廻ること)が出来、また取付も格別に正確を必要としません。シクロイド齒形は、特に精密を要する機械器具に用ひられてゐます。齒の各部の名稱はつぎの通りです。

第 6 圖



- $c_p$  = 刻み圓 (Pitch circle)
- $p$  = 圓周刻み (Circular pitch)
- $t$  = 齒の厚 (Tooth thickness)
- $s$  = 齒の空き (Clearance of teeth)
- $b$  = 齒の幅 (Tooth width)
- $c_a$  = 齒先圓 (Addendum circle)
- $c_d$  = 齒本圓 (Dedendum circle)
- $h_a$  = 齒末の丈 (Addendum)
- $h_d$  = 齒本の丈 (Dedendum)
- $h$  = 齒の高さ或は長さ (Tooth height)

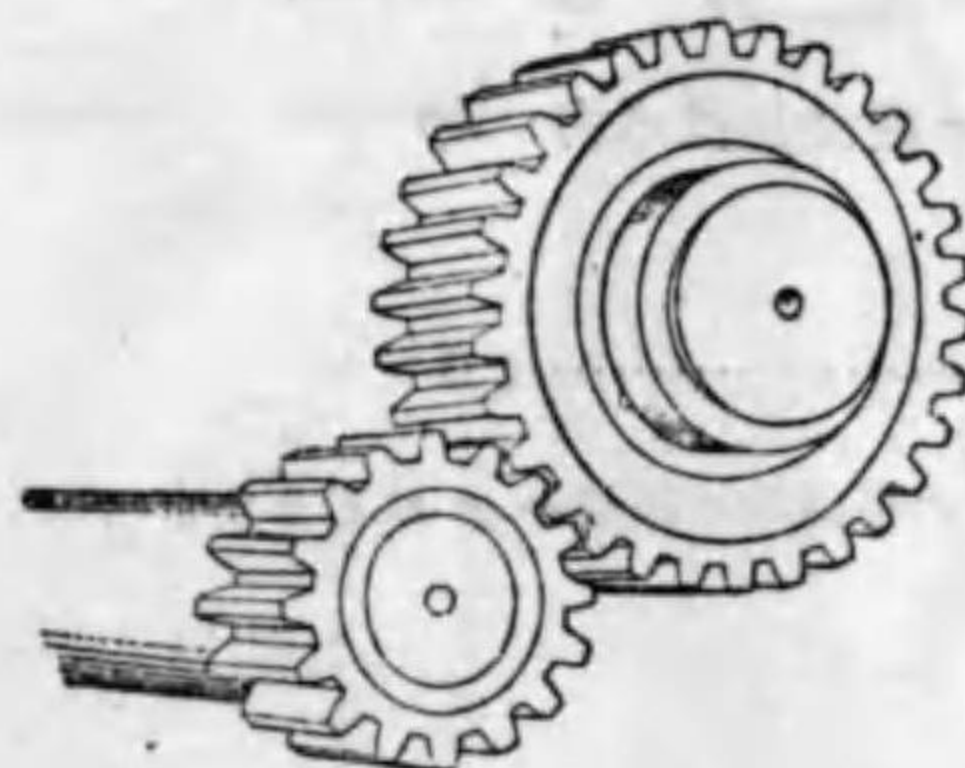
$f_a$  = 齒末の面 (Face)

$f_b$  = 齒本の面 (Flank)

3. 平齒車とラック

平齒車 (Spur gear) は、互に平行な2軸間に用ひられるもので、これを

第 7 圖



圖で示せば第7圖の通りです。

今刻み圓の直徑を  $D$ 、刻みを  $p$ 、齒數を  $T$  とすると、

$$\pi D = pT \dots\dots\dots(4)$$

相嚙み合ふ  $A, B$  兩齒車の刻み圓の直徑、齒數、回轉數を夫々  $D_1, D_2, T_1, T_2, N_1, N_2$  とすれば摩擦車の場

合同じやうに、回轉數は直徑に反比例します。つまり

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

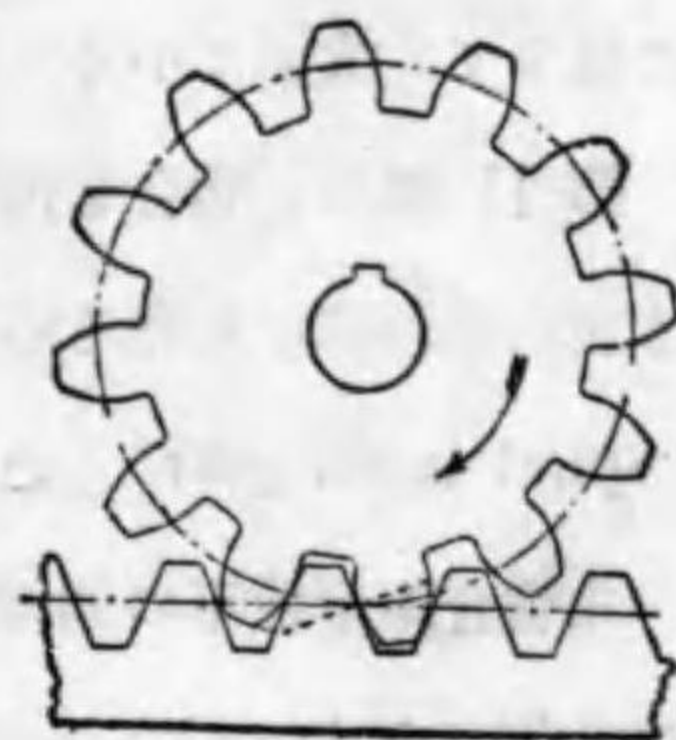
また(4)より  $D_1 = \frac{p}{\pi} T_1, D_2 = \frac{p}{\pi} T_2$  ですから之を上式に代入して

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_2}{T_1} \dots\dots\dots(5)$$

即ち嚙合ふ齒車の回轉數は、齒の數にも反比例します。

一方の齒車の直徑が無限に大きくなると、それは眞直な棒に齒をつけたやうなものになる。この齒棒をラック (Rack) といひます。ラックはこれと嚙合ふ齒車の回轉を受けて直線運動をするものです。このラックと嚙み合ふ齒車をピニオン (Pinion) と呼ぶ。この機構はボール盤等の盤を上下する部分に用ひます。

第 8 圖



平齒車の特別な形に、第9圖のやうに、一方の齒車の内側で、嚙合ふものもあります。これを



第 9 圖



内歯車 (Internal gear) といい、回転数等は、前の場合と全く同じです。

なほ歯車の傳動馬力 (HP) は、つぎのやうにして計算出來ます。

- $D$  = 刻み圓の直徑  $m$
- $N$  = 回 轉 數  $rev/mn$
- $F$  = 齒に加はる力  $kg$

$$(HP) = \frac{\pi DNF}{75 \times 60} \dots\dots\dots (6)$$

〔例題〕 刻み圓の直徑 30 cm, 齒數 30 の平齒車の圓刻み  $\rho$  はどうか。

〔解〕  $\rho = \frac{30 \times \pi}{30} = 3.1416 \text{ (cm)}$   
 $= 31.416 \text{ (mm)}$

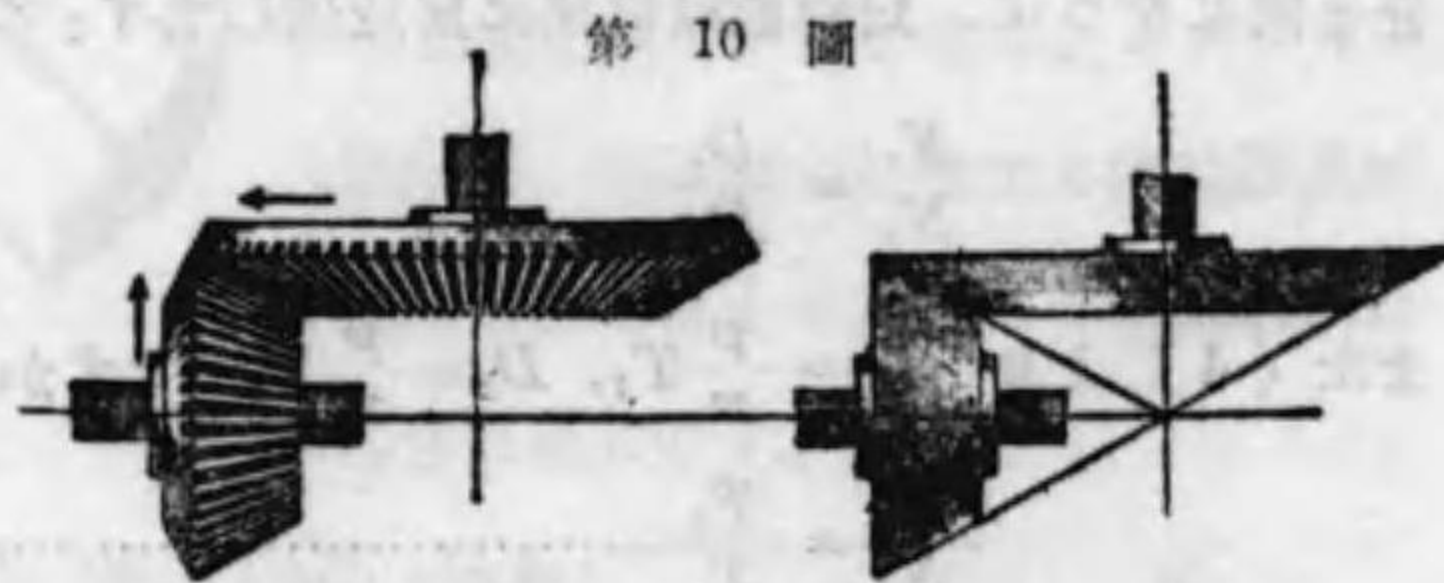
### 4. 傘 齒 車

傘齒車 (Bevel gear) は、二つの圓錐形<sup>(3)</sup>の接觸面を基準として齒を切つたもので、軸が互にある

角度で交る時に用ひられる。中でも直角に交る軸の場合に多くつかひます。第 10 圖のやうに齒形の斷面は圓錐形の頂點に到るに従つて、次第に小さくなつてゐます。

第 11 圖は、嚙合を滑かならしむるために齒形を斜向にしたもので、ねぢれ傘齒車 (Spiral bevel gear) といつてゐます。

相嚙合ふ傘齒車の回転数は、その齒數に反比例します。



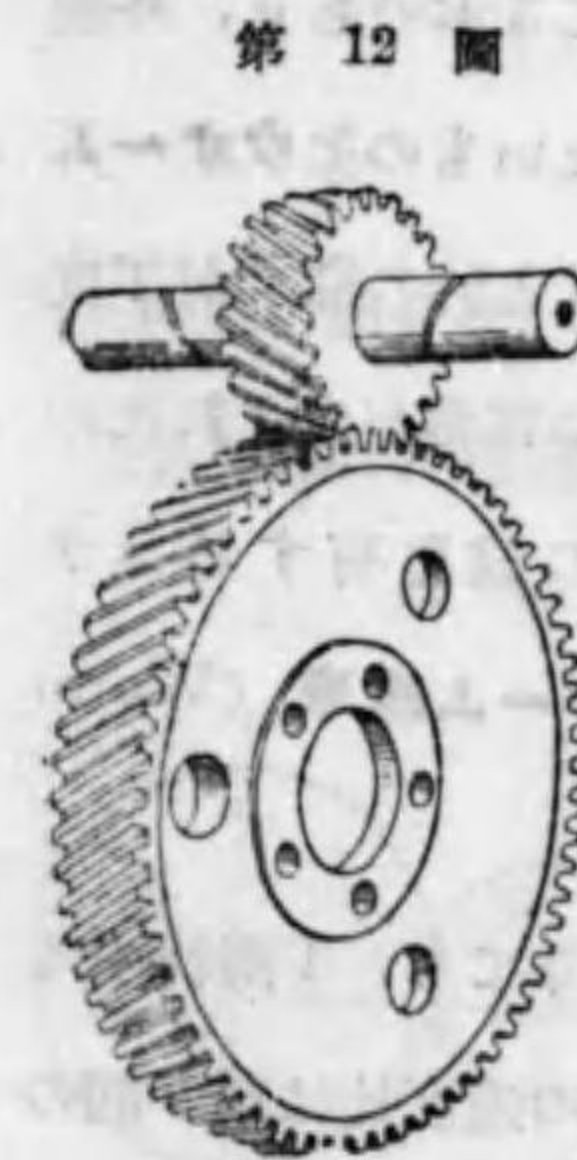
第 10 圖

第 11 圖

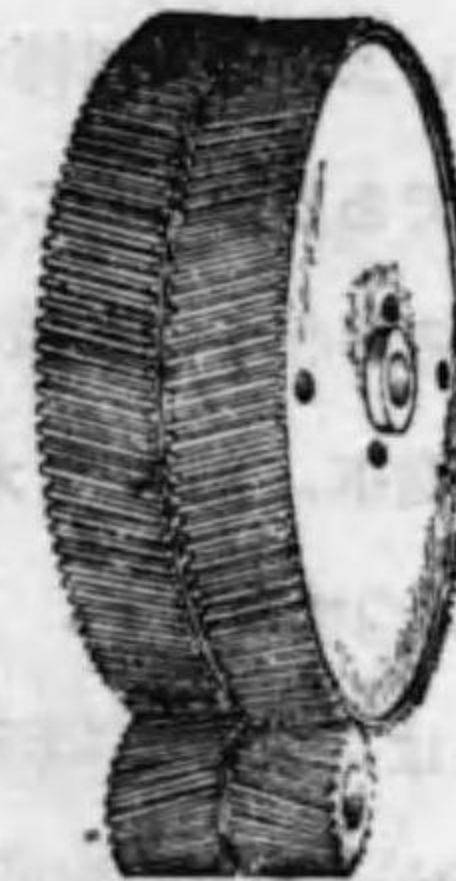
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

### 5. ハ ス バ 齒 車

このハスバ齒車 (Hermal gear) は、平齒車と同じやうに、2軸が平行な



第 12 圖



第 13 圖

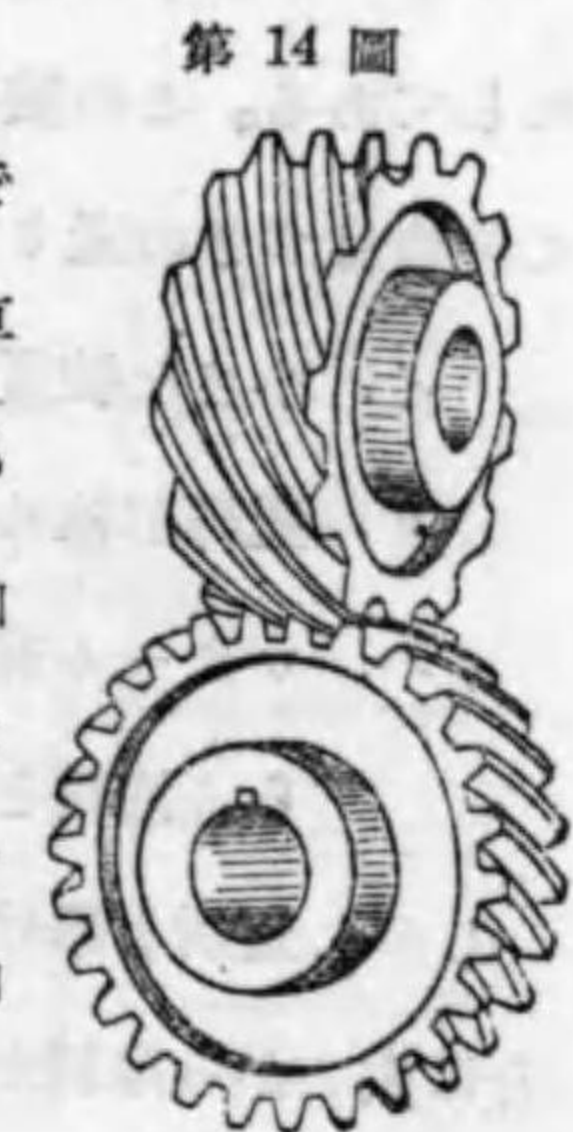
場合に使用し、第 13 圖のやうに齒を斜向きに切つたものです。平齒車に比べて嚙合ひが圓滑で振動騒音を發すること少く、その上齒數を少くすることが出来るので、大動力の傳達及び大きな速度比を得る場合に使用されます。

たゞ齒が斜に傾いてゐるため嚙合ふとき齒車が軸方向に押されるから、互に反對に傾いた第 13 圖のような山形齒車 (Double herical gear) にして、軸方向に押し合ふ 2 つの力を打消します。これは軍艦などのタービン軸の回轉を落す減速齒車に用ひられてゐます。

たゞ齒が斜に傾いてゐるため嚙合ふとき齒車が軸方向に押されるから、互に反對に傾いた第 13 圖のような山形齒車 (Double herical gear) にして、軸方向に押し合ふ 2 つの力を打消します。これは軍艦などのタービン軸の回轉を落す減速齒車に用ひられてゐます。

### 6. ネ ぢ 齒 車

今迄の齒車は其軸が平行な場合か、又は交はる場合でした。今度は 2 軸が平行せず、且交はらない場合の齒車の傳導について考へます。この場合猶 1 つの軸を用ひると今迄の齒車を用ひて傳導する事が出來ます。即第 1 軸に平行で第 2 軸に交はる第 3 の軸を使い、之に正齒車と傘齒車の 2 組を使つて傳導するのです。然し之を 1 組の齒車で行ふにはネヂ齒車を用ひます。之は第 14 圖の如く圓筒にネヂを巻きつけた様な形です。



第 14 圖

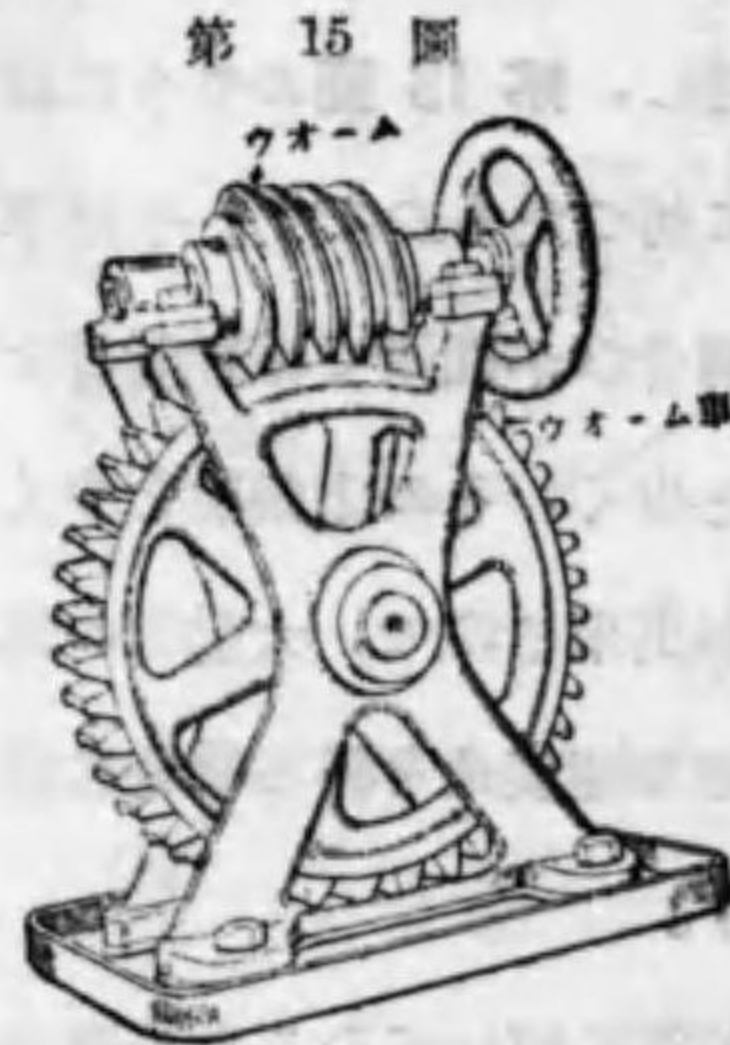
ネヂ齒車の齒は理論上 1 點で接觸する爲、滑り摩擦が多いので大きな動力



の傳達には適しません。

7. 芋蟲及び芋蟲齒車

これはネヂ齒車の特殊なものです。2軸の間の角が直角で、1つのネヂ齒車の齒は、普通1本か多くて3本であり、外觀すこしも普通のネヂと變らないものをウオーム (Worm) といふ。即ち回轉する時の様子が丁度芋蟲のやうであるから、この言葉が生まれたのです。またその相手の多數の齒を有するネヂ齒車を芋蟲齒車、即ちウオーム齒車 (Worm wheel) といつてゐます。



ウオームは、太くても細くても、1回轉すると、その齒數だけウオーム齒車の齒を動かすから、兩車の速度比は刻み圓の徑に關係なく、その齒數にのみ逆比例します。故にウオーム及びウオーム齒車の、齒數及び回轉數を夫々  $T_1, T_2, N_1, N_2$  とすれば、

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

ウオーム齒車の齒は中凹につくられ、ウオーム齒と廣い面で接觸するやうにしてある。この装置では、つねにウオームを主動車とするのであつて、その特徴はつぎの通りです。

- イ. 小さな装置で、大なる速度比が得られること。
- ロ. 運轉が極めて靜肅、圓滑に行はれること。
- ハ. ウオーム齒車の方から、逆にウオームを廻轉することはできないから、逆轉を防ぎ得ること。

しかし短所を挙げれば、齒と齒の接觸は線接觸で、而も接觸面の滑りが割合に大いから摩擦が多いことですが、近來製作上の進歩著しく、耐久力も大になり、速度比の大小に拘らず廣く使用されてゐます。

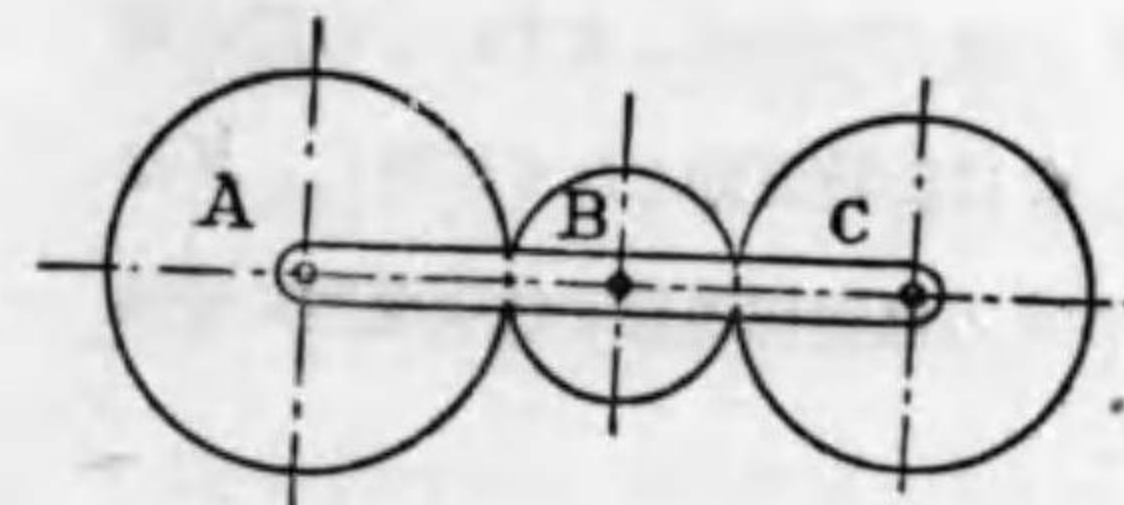
【例題】 1,400 rev/min なる回轉數の主動軸がある。今これをウオーム齒車によつて減速して 70 rev/min とするには、各齒數をどれほどにすればよいか。

【解】  $\frac{1,400}{70} = \frac{T_2}{T_1} \quad \therefore T_2 = 20 T_1$   
 今 (i)  $T_1 = 2$  とすると  $T_2 = 40$   
 (ii)  $T_1 = 3$  とすると  $T_2 = 60$

8. 齒車の組合せ

以上に挙げた各種の齒車は、色々に組合はせて用ひられてゐますが、その

第 16 圖



速度比はつぎのやうにして求められます。

即ち第 16 圖のやうに A, B, C 三つの車の齒數を夫々  $T_a, T_b, T_c$ , 回轉數を夫々  $N_a, N_b, N_c$  とすると

$$\frac{N_a}{N_b} = \frac{T_b}{T_a}, \quad \frac{N_b}{N_c} = \frac{T_c}{T_b}$$

この兩式をかけ合せると

$$\frac{N_a}{N_c} = \frac{T_c}{T_a}$$

であつて、中間の B 車は回轉數の比に變化を與へません。たゞ回轉の方向を變へるだけです。この車を媒介車 (Idie wheel) といひます。

またつぎの第 17 圖のやうにして A, B, C, D, E, F の順に回轉を傳へると

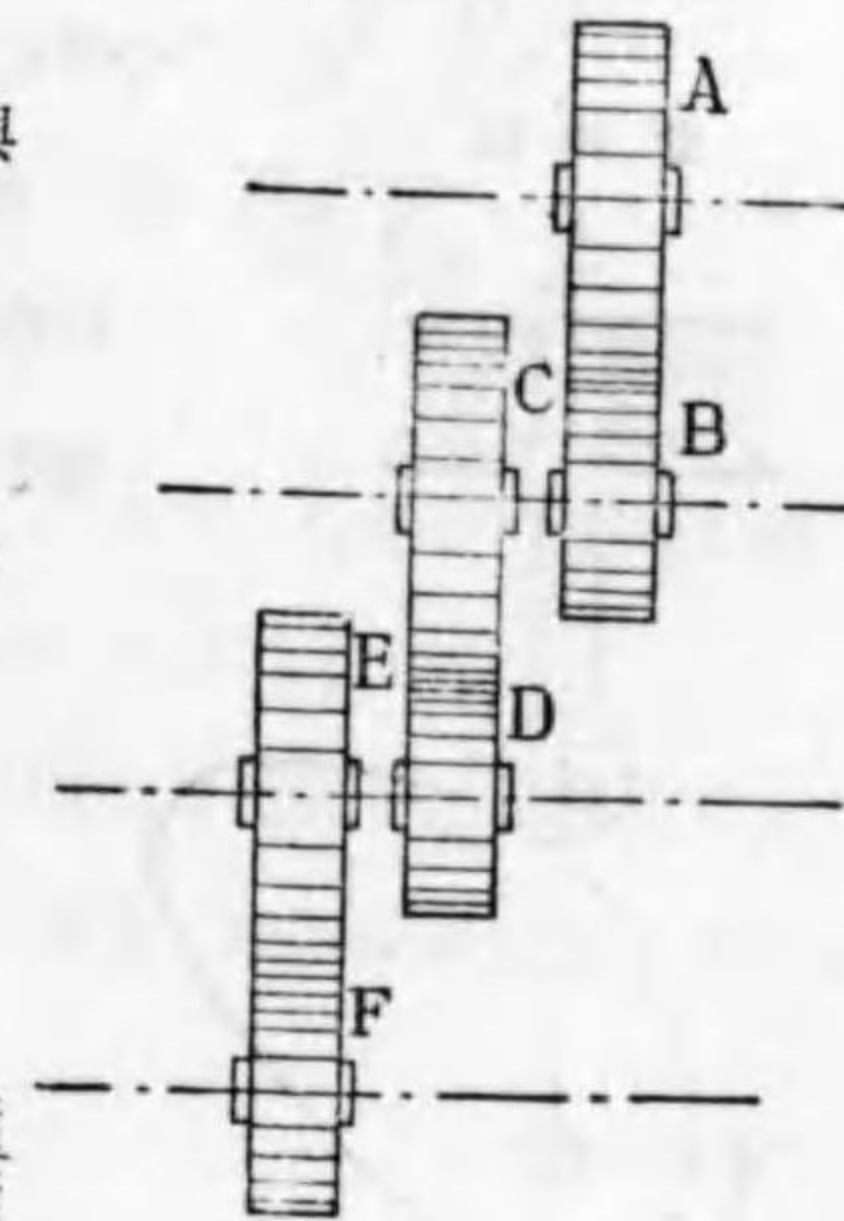
$$\frac{N_a}{N_b} = \frac{T_b}{T_a}, \quad \frac{N_c}{N_d} = \frac{T_d}{T_c}, \quad \frac{N_e}{N_f} = \frac{T_f}{T_e}$$

そして  $N_b = N_c, N_d = N_e$  ですから

$$\frac{N_a}{N_f} = \frac{T_b \times T_d \times T_f}{T_a \times T_c \times T_e} = \frac{\text{受動車の齒の數の積}}{\text{主動車の齒の數の積}}$$

といふことになります。

第 17 圖





第四章 カム

1. カムの種類

カム (Cam) とは、板または圓筒に曲線状の周縁もしくは溝をつくり、その回轉或は往復運動によつてこれと滑り接觸をなす受動子に、特殊の周期的運動を與へるものです。

第 18 圖



たとへば第 18 圖の搗臼の場合ですが、 $F$  は  $C$  の回轉により押し上げられては落ち、また押し上げられては落ちるため、その度ごとに  $W$  が鑛石を破碎します。この際の運動状態を考へてみると、 $C$  は回轉運動をなすに對し、 $F$  は往復運動をなす故、このカムは回轉運動を往復運動に変換する装置です。

この米を搗き、石を碎きなどする機械に用ひられるカムの機構は、その應用範圍は極めて廣く、 $C$  の曲線の形によつて、色々な運動に利用されます。

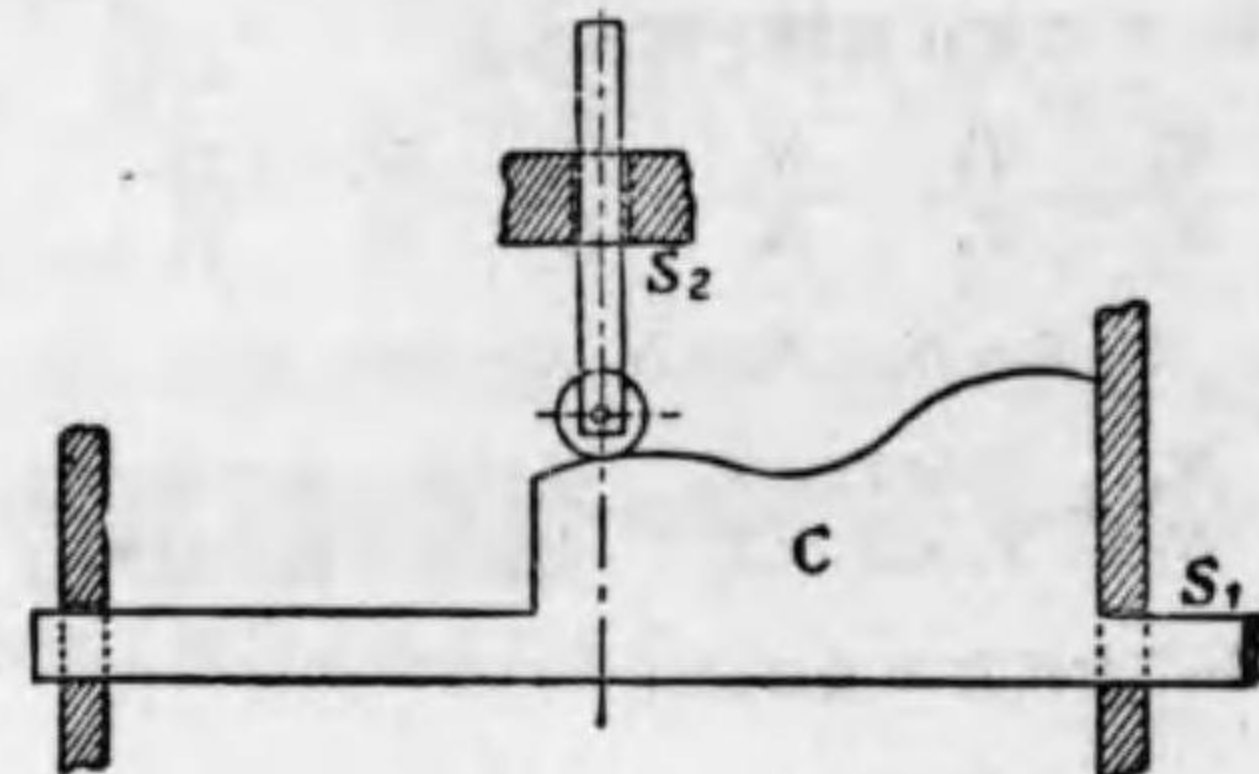
つぎにいくつかのカムを示しませう。

第 19 圖



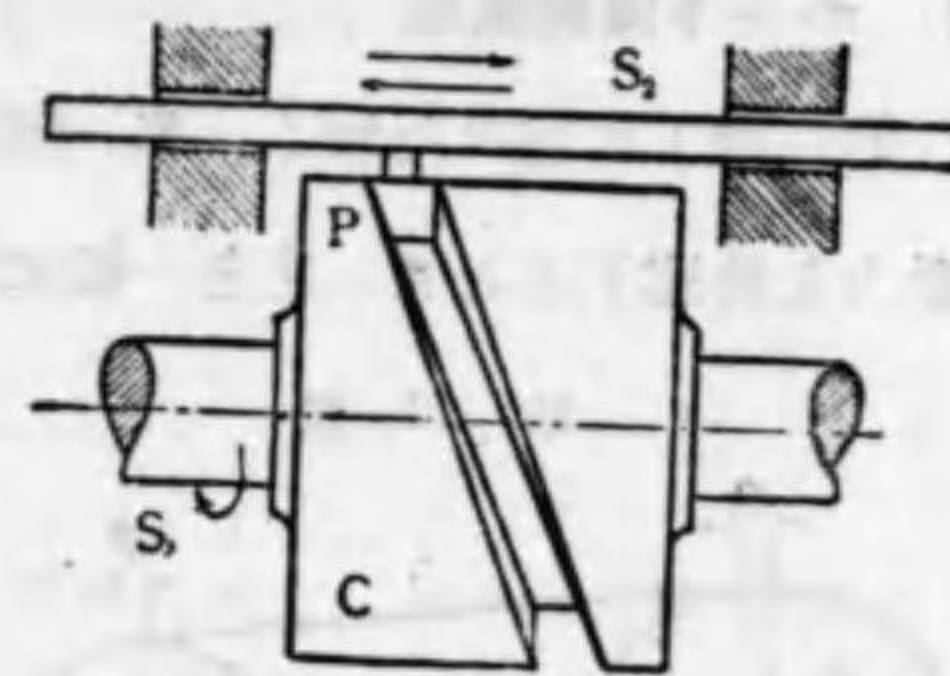
(1) 板カム (Plate cam) 平板の縁を特定の曲線の形に削つたもので、第 19 圖は回轉運動を往復運動にかへる装置です。

第 20 圖



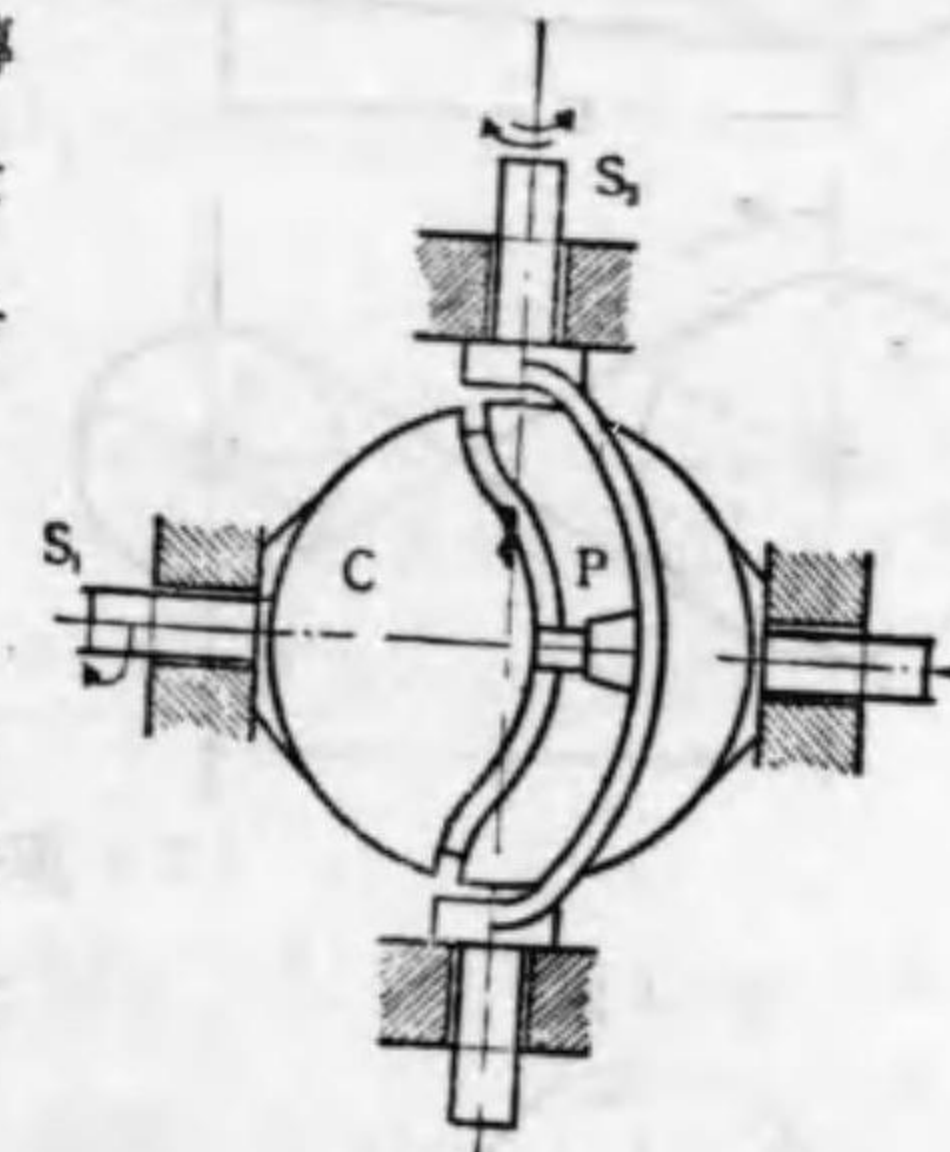
(2) 直動カム (Translation cam) 第 20 圖がそれです。このカムは、往復運動を他の往復運動に変へる装置であつて、カムが左右に動くとき受動子は上下に往復運動をします。

第 21 圖



(3) 圓筒カム (Cylindrical cam) 圓筒の周りに切つた溝と受動子の突起部とがはまり合ふ。従つてカム  $C$  が回轉すると受動子  $S_2$  は左右に往復運動をします。(第 21 圖)

第 22 圖



(4) 球面カム (Spherical cam) これは球面上につくつた溝へ、受動子の弦の突起を入れて置く。すると球の回轉につれて受動子が揺れますから、物を混ぜ合せたり、捏ねたりするのに工合のよい仕掛です。(第 22 圖)

(5) ハートカム (Heart cam) これは特に主動子の等速回轉運動により、受動子に等速往復運動を與へる板カムで、その表面がハート形を呈してゐますから、この名があります。

カムには、以上のやうなものがありますが、この中で、受動子の運動を確實にさせるものを**確動カム (Positive motion cam)**といひます。

カムは、いづれも構造の簡單なる割合に比較的複雑な運動が得られますから、内燃機關の撥機構、碎鑛機、印刷機械の送り装置、裁縫機械など、その他の自動機械に廣く應用されてゐます。

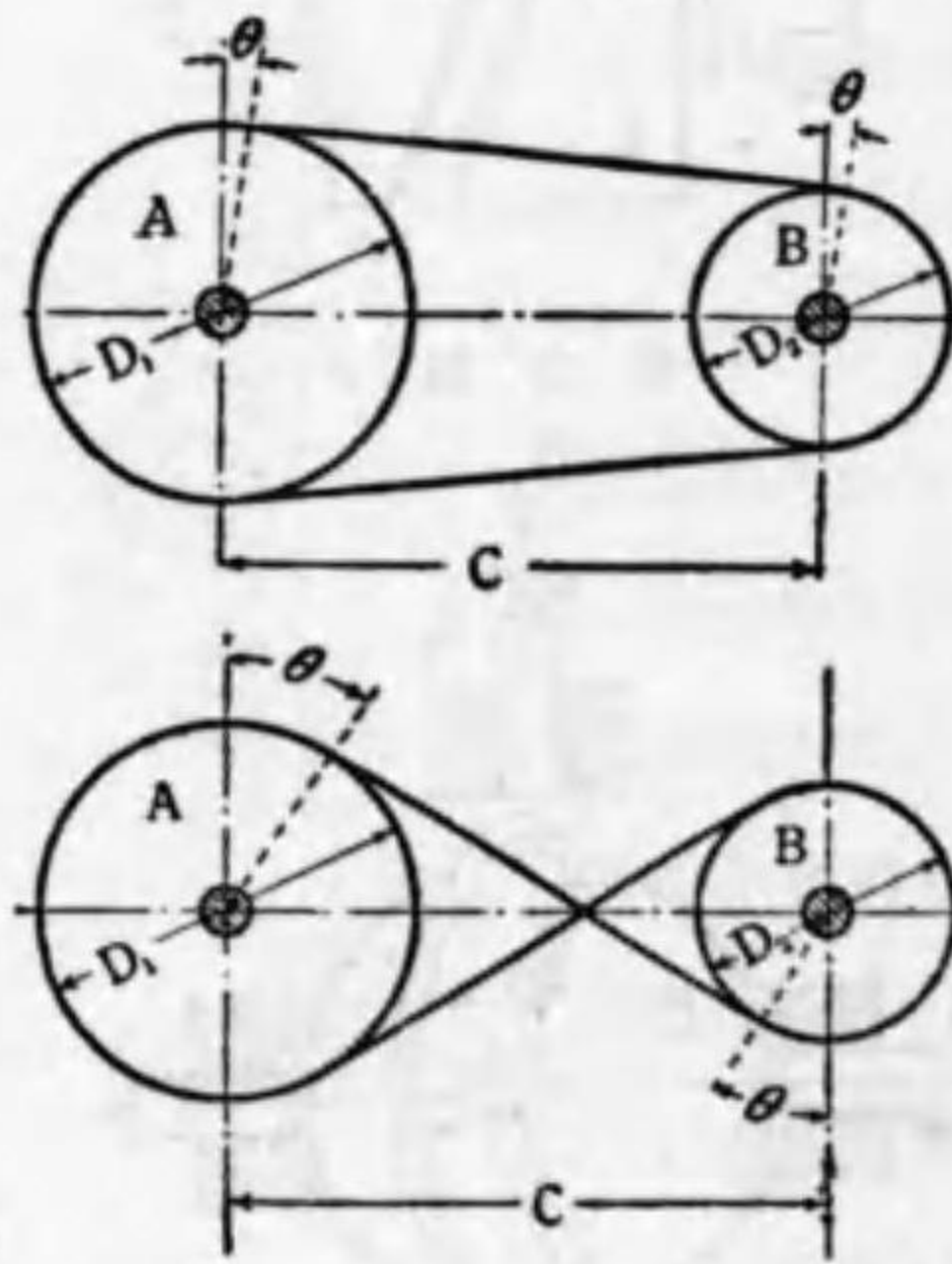


### 第五章 調 車<sup>(5)</sup>

#### 1. ベルト傳動装置

第一章1に述べた如く、革、綱、鎖、ゴム、織物等を伸介物として間接に動力を傳達するとき、之を一般に**ベルト傳動**といひ、それを掛けるための車を

第 23 圖



を**ベルト車**といひます。

第 23 圖のやうにベルトを掛けたものを**開ベルト (Open belt)**といひ、

第 24 圖のやうに掛けたものを**繰ベルト (Crossed belt)**といふ。開ベルトでは、2つの車は同方向に回轉し、繰

ベルトでは互に反對の方向に回轉するほか、他に異なることはありません。な

ほベルトには、つぎの三種類があります。(第4篇「機械設計」参照)

(1) **革ベルト (Leather belt)** 傳達する動力の大

小によつて、1枚革または2枚革のいずれかを用ふ。高價ですが、耐久性があります。

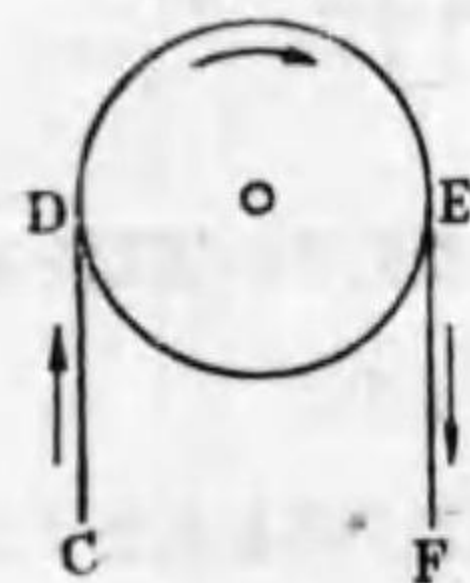
(2) **木綿ベルト (Cotten belt)** 綿布でつくられたもので、強力でその上値段も安いけれども、

擦り切れやすい缺點があります。

(3) **ゴムベルト (Rubber belt)** 木綿ベルトにゴムを張つたもので、防水

性に富んでゐます。

第 24 圖



#### 2. ベルト車の速度比

動力傳達に際して、ベルトが少しも伸びず、また滑りも起さないと假定すれば、兩車の線速度は相等しい。即ち、各車の直径を  $D_1$  及び  $D_2$ 、その回轉數を  $n_1$  及び  $n_2$ 、ベルトの厚みを  $t$  とすれば

$$\pi n_1 (D_1 + t) = \pi n_2 (D_2 + t)$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2 + t}{D_1 + t} \dots\dots\dots (A)$$

しかし實際においては、 $t$  の値は車の直径に比べて、極めて小さいから

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \dots\dots\dots (B)$$

となり回轉數とベルト車の直径とは互に反比例します。然し實際においては受動車は (B) 式で得た値より 2% 位遅れて回轉します。

#### 3. ベルトの長さ

ベルト車に必要なベルトの長さを求めるには、次の式から算出します。 $C$  を2つのベルト車の中心間の距離とし、 $\theta$  を第 23 圖の如き角度を表すとすれば

1. 開ベルト  $L = \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \theta (D_1 - D_2) + 2 C \cos \theta$

2. 繰ベルト  $L = \left( \frac{\pi}{2} + \theta \right) (D_1 + D_2) + 2 C \cos \theta$

$\theta$  の値が餘り大きくない時には

3.  $L = \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + 2 C$

即ち、(3)式から求めた長さに幾分の餘裕をつけて用ひればよいわけです。

#### 4. ベルトの掛け方

ベルト車には、ベルトが車に入り込む點と、車から離れ去る點とがあります。第 24 圖のやうに、 $D$  は車に入り込む點で、 $E$  は車を離れ去る點です。

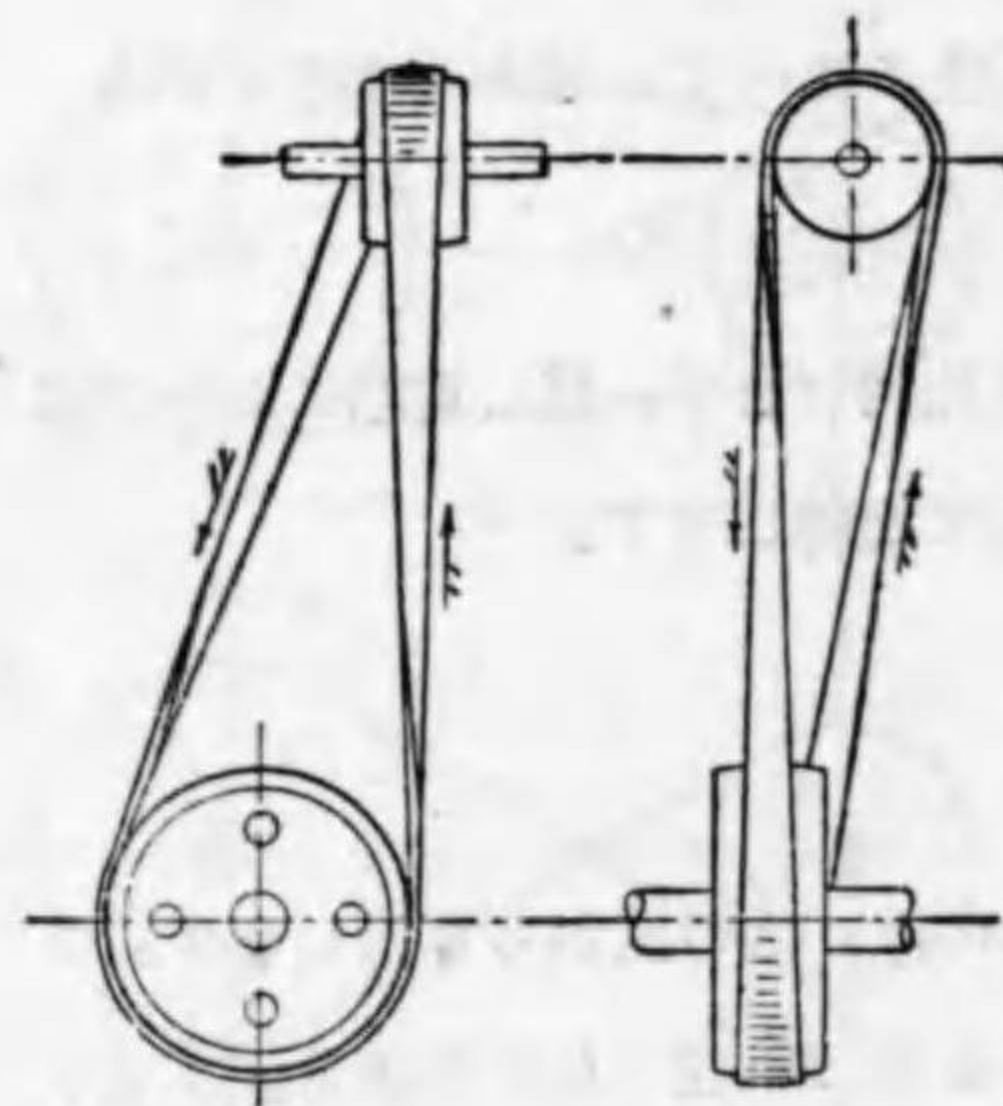


このやうな点  $D$  をベルト車の進入点といひ、 $E$  を退去点といつておきます。

ベルトが、ベルト車の表面を滑らずに、密着してベルト車の圓周速度と同じ速度で走るのは、接着する面の間に働く摩擦によるのです。故に滑らぬだけに十分な摩擦を起させるために、ベルトを張る必要があるわけです。

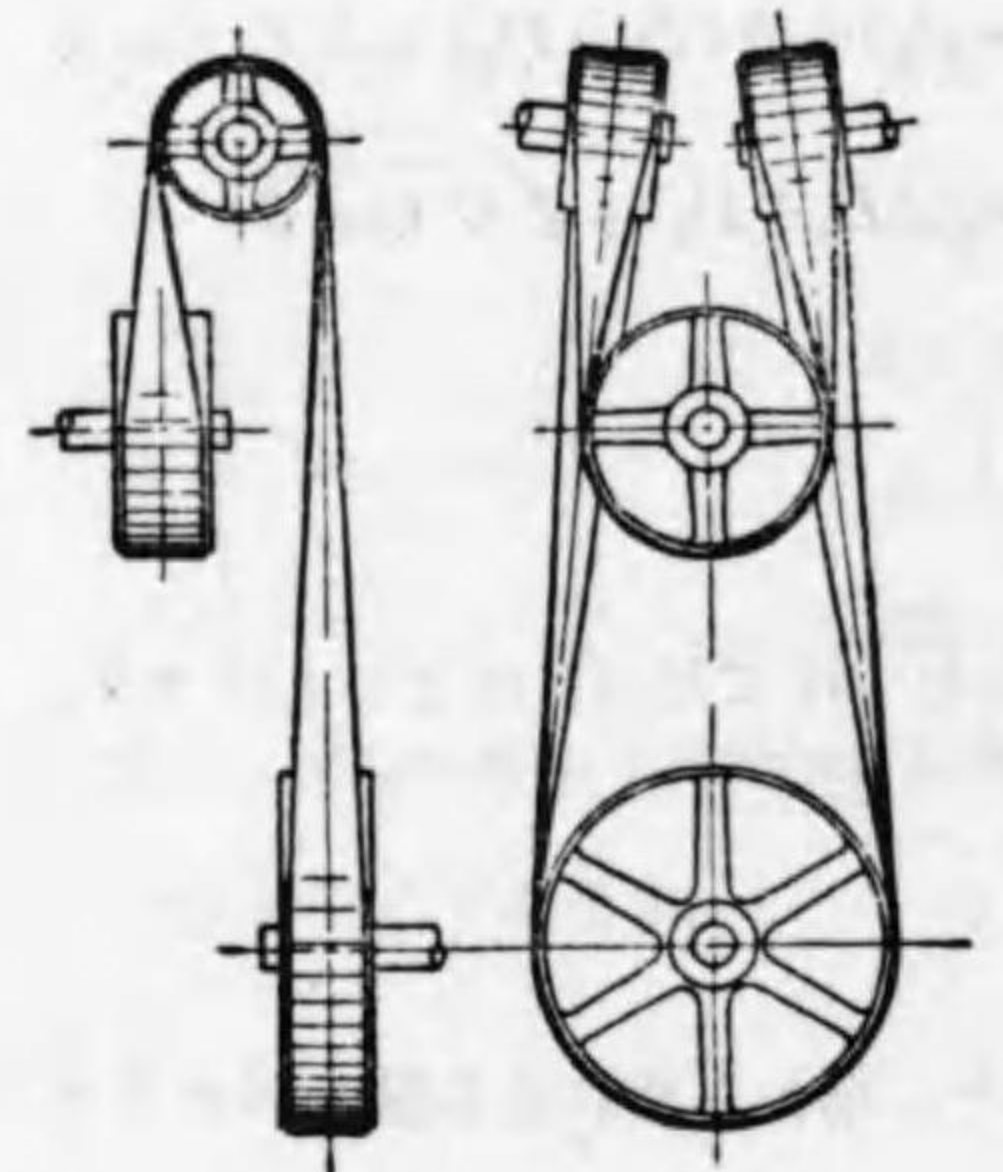
ベルトで運動を傳達させる最も簡単な、且つ最も普通の場合には、軸が平行で、2つのベルト車が一平面上にある場合です。しかし2軸が必ずしも平行で

第 25 圖



なくてもベルト車で動力を傳達する事ができます。それには受動車のベルトの進入点が、主動車のベルトの退去点の直上にある様に、2つのベルト車を取付けると、たとへ2つのベルト車の軸が平行でなくても、動力を傳達する事ができます。但このときには回転が反対になると、ベルトは外れてしまいます。これはベルト車の周囲は中高になつてゐる爲です。第25圖に示したものは2軸が直角の場合で直角掛けベルト (Quarter turn belt) と呼ばれてゐます。

第 26 圖

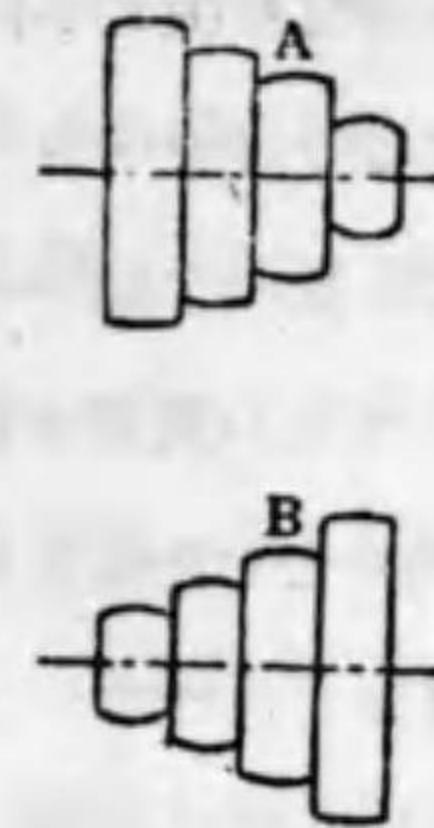


また2軸の関係上、直にこの方法の取り得ない場合には、第26圖のやうに、適宜に案内車 (Guide pulley) を使用します。

### 5. 段車と圓錐車

一定速度で回転せる主動車から受動車に種々異りたる回転速度を傳へるには、

第 27 圖



一般に段車 (Stepped pulley) を用ひます。

半径の與へられた1對のベルト車においては、速度比は一定です。故に主動車の回転速度が一定ならば、それから運動を傳へられる受動車の回転速度もまた一定です。

然るに一定の回転速度を有する主動車を以て、受動車に種々の回転を與へようとする事は實際に屢々起ることで、この場合には速度比の異なる數對のベルト車を並置するか、さうでなければ1對のベルト車に段々をつけ、そ

の段々が與へられた種々の速度比を満足させるやうな半径、又は直徑にすればよいのです。このために用ひられるのが段車なのです。

また極めて小なる速度調整を要する場合には、段数を無限に増加した圓錐車 (Cone pulley) を用ひます。しかしこの車は、ベルトはベルト車の半径の大なる方に自然に移り行かうとし、速度比に變化を生ずるばかりでなく、ベルトは次第に伸張し、車から外に落ちるやうになるのが缺點です。

〔例題〕 直徑 50 cm のベルト車に、幅 10 cm の1枚革ベルトがかゝつてゐる。今ベルト車の軸を 200 rev/min で回転する時は、ベルトの速度は幾何か。

$$\text{〔解〕 } v = \frac{0.5 \times 200 \times \pi}{60} = 5.23 \text{ (m/s)}$$

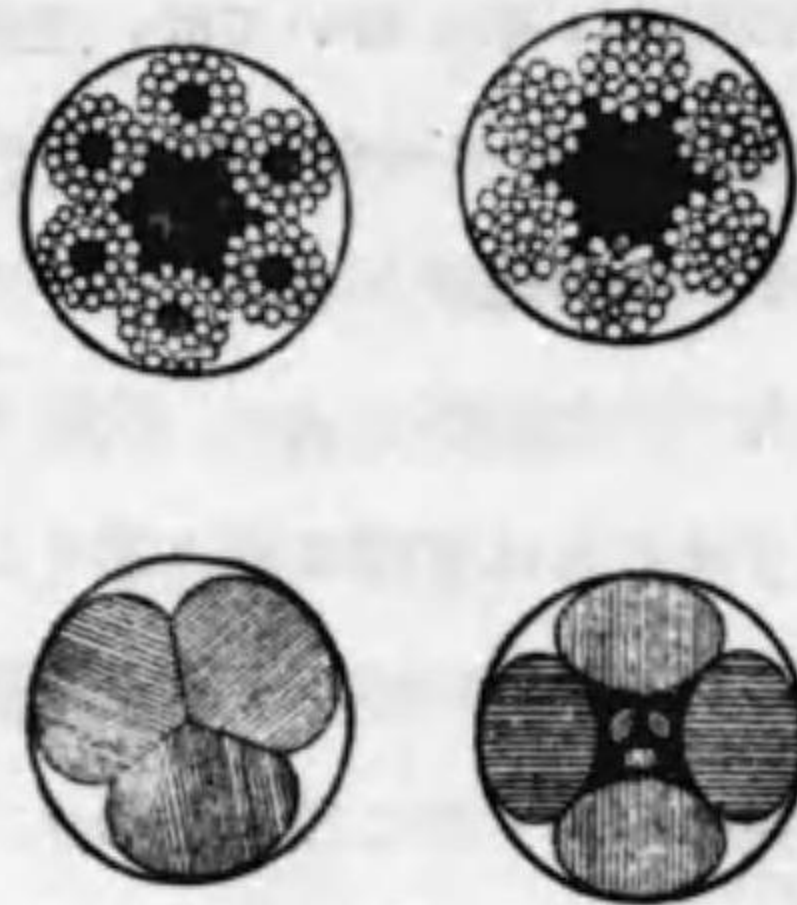
### 6. ロープ傳動装置

兩軸の距離が、8 m 以上の時とか、または動力が相當大きい時に、ベルトの代りに綱 (Rope) を用ひ、現今では専ら起重機<sup>(\*)</sup>その他の荷揚用に應用されてゐます。

綱には木綿ロープ (Cotton rope)、麻ロープ (Hemp rope)、針金ロープ (Wire rope) などの種類があります。木綿ロープと麻ロープは、これらの纖維<sup>(\*)</sup>を撚つて細い綱を作り、更にこの綱を數本撚り合せて作つたもので第28圖の下圖にその断面を示します。麻ロープは木綿ロープに比べて弾性率も高

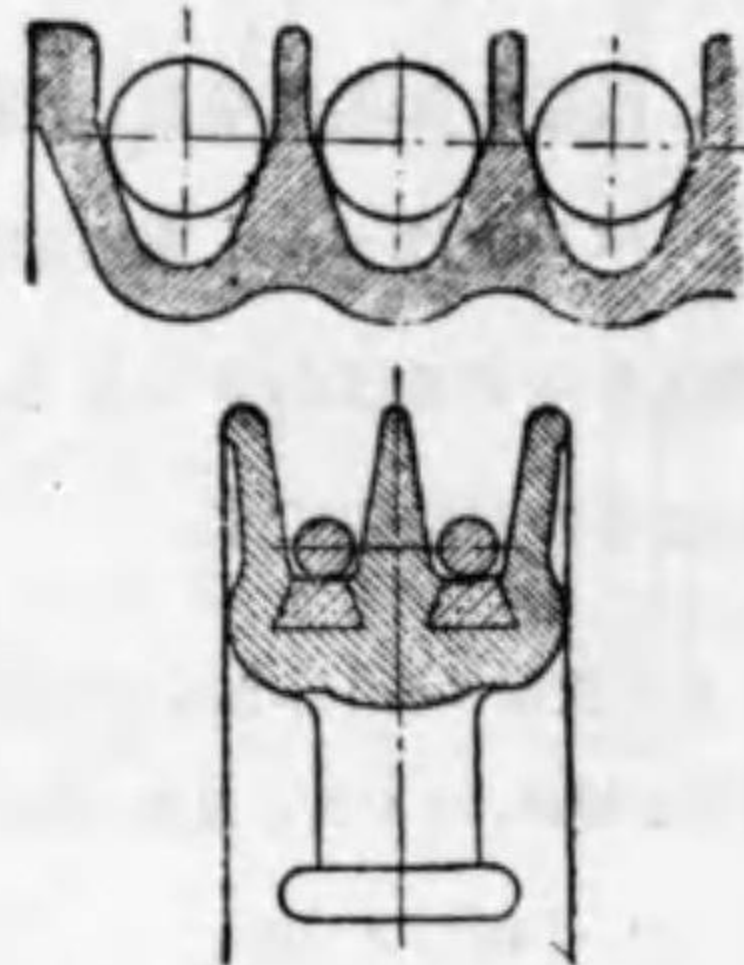


第 28 圖



く強度も大です。この2つは共に屋内の傳動に用ひられます。距離の非常に大きい時とか、大きな力を傳へるにはワイヤ・ロープを用ひます。多くは第 28 圖の上圖のやうに、麻ロープを中心としてその周圍に數本乃至 10 數本の針金を撚り合せた紐を更に數本撚り合せたものです。

第 29 圖



ロープ車 (Rope pulley) の中、木綿ロープと麻ロープ用のものは、第 29 圖(上)のやうに V 字形の溝によつてロープを喰ひ込まして、摩擦力を増大せしめ、またワイヤ・ロープ用のものは第 29 圖(下)のやうに溝の底に、木とか革とかをつめ込んで、針金との摩擦力を増すと共に、針金の摩擦するのを防ぎます。

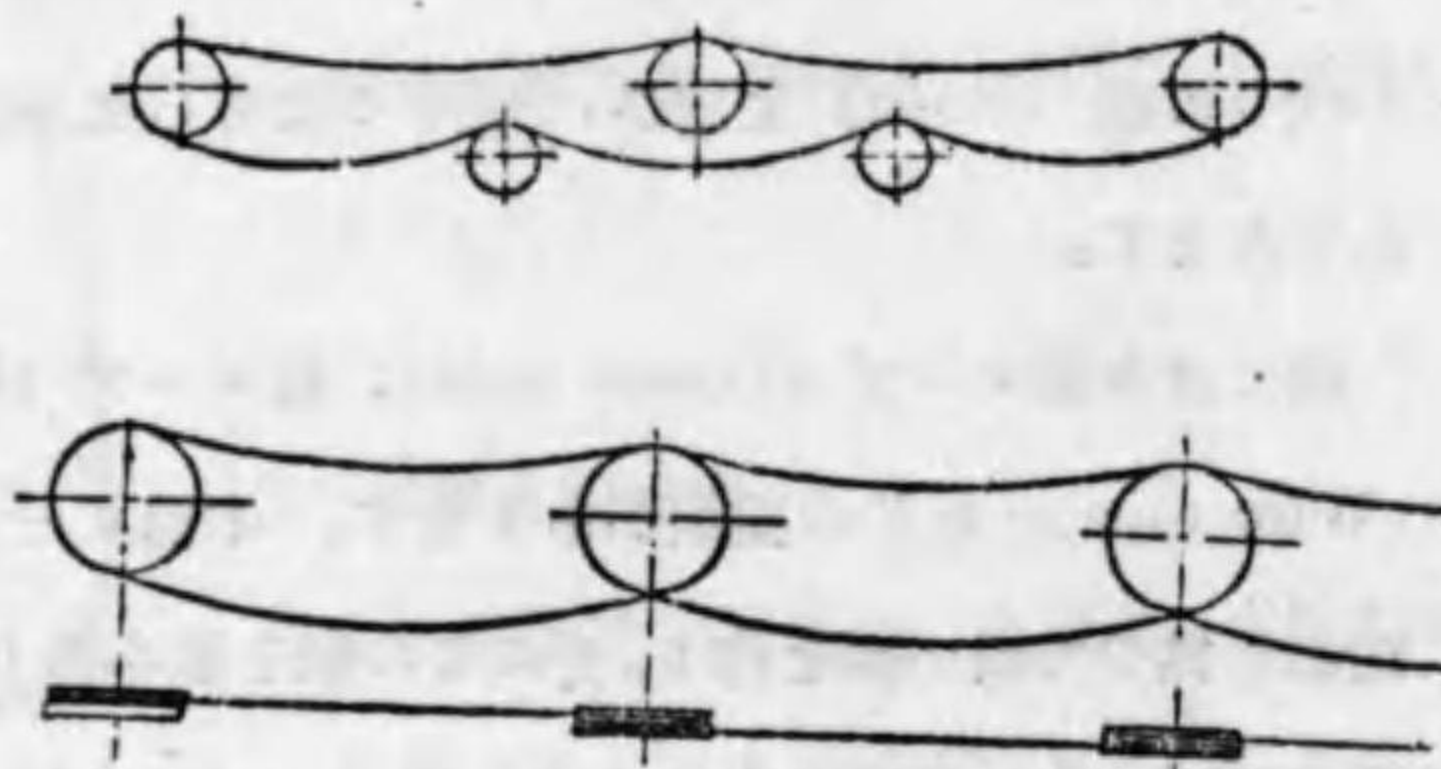
なほワイヤ・ロープによつて長距離傳動を行ふには、第 30 圖のやうな案内車を用

ひるか、中繼車(下)を用ひ 弛みを防止します。

7. 鎖傳動装置

ロープ傳動装置とかベルト傳動装置では、幾分か滑りを生ずることを免れないので、更に確實に傳動させるには、鎖 (Chain) 及び

第 30 圖



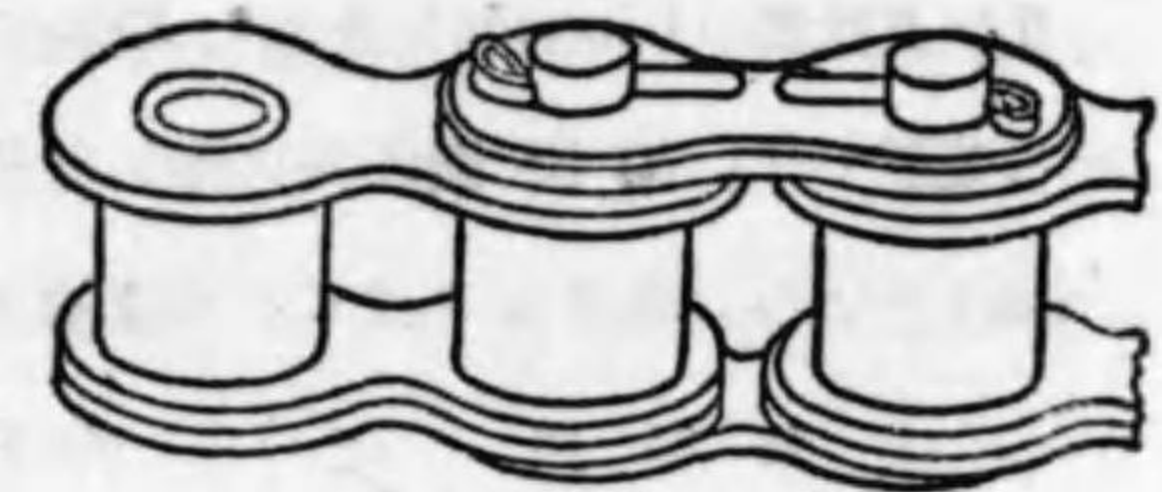
鎖車(Sprocket wheel)を用ひます。

第 31 圖



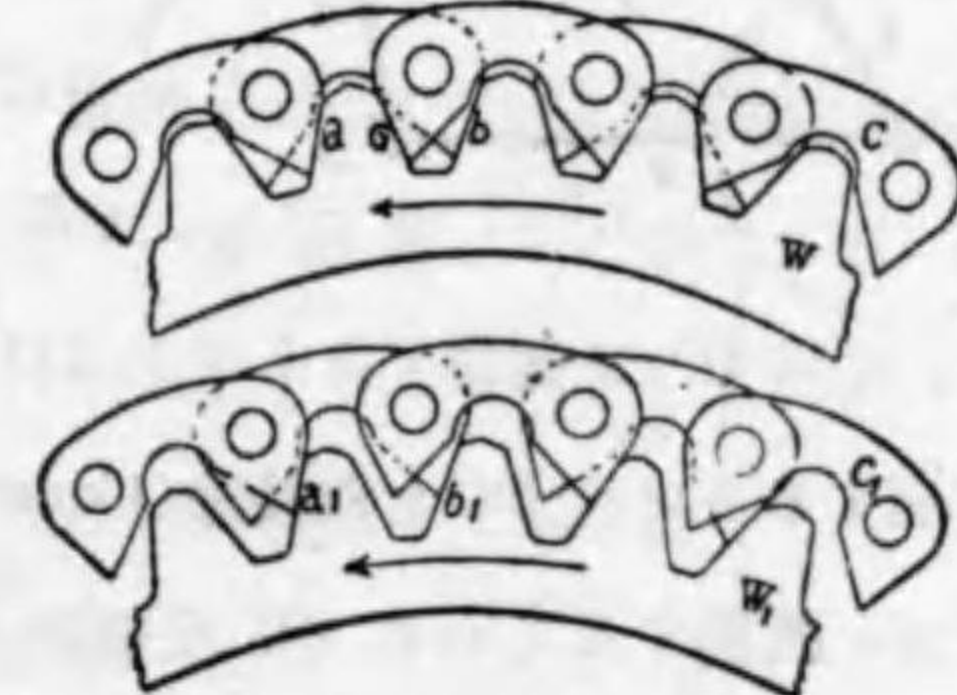
鎖にはブロック鎖 (Block chain), ころ入鎖 (Roller chain), 及び音なし鎖 (Silent chain) などがあります。ブロック鎖は小動力用に、ころ入鎖は、鎖と鎖車の噛み合いによつて、運動を確保するものです。

第 32 圖



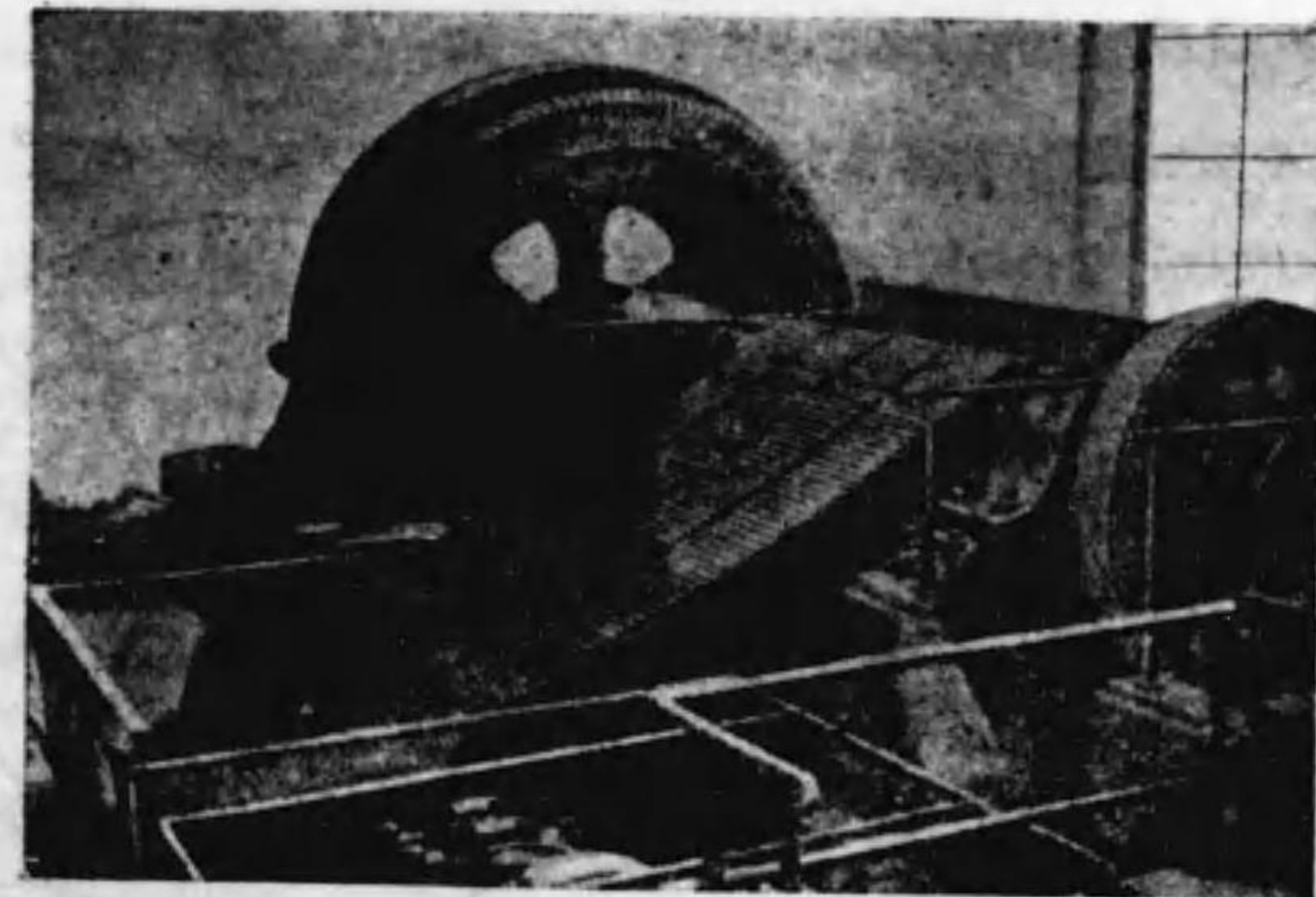
これらのものは、回轉中多少速度比が變化し易く、その上金屬片を組合したものであるから、高速回轉では甚しく騒音を發します。ところが、第 33 圖の音なし鎖は、新品の時は上圖のやうに噛合つても、ピンと孔が摩擦してピッチを増せば下圖

第 33 圖



のやうに、單に齒先で噛合ふことになり、すこしも隙間を生じませんから、騒音を發することもすくなく、傳動効率も極めて良いのです。

第 34 圖

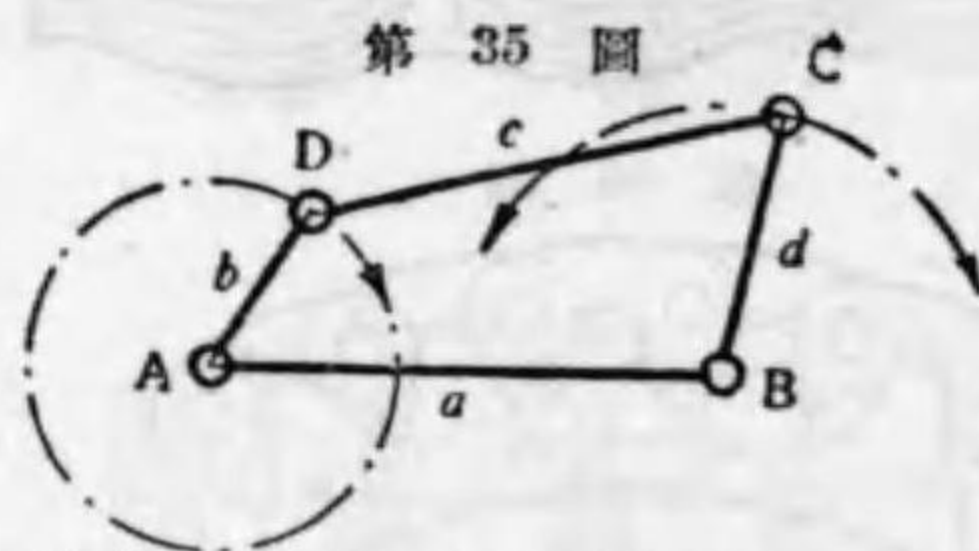




### 第六章 リンク装置

#### 1. 四ツ棒クランク

リンク仕掛 (Linkage) とは、相隔つた2部分に棒によつて運動を傳達させる装置です。第35圖は四ツ棒から成るリンク装置で、各々の棒をリンク (link) といひ、各リンクはピンで連結され、互に動くことが出来ます。



第35圖

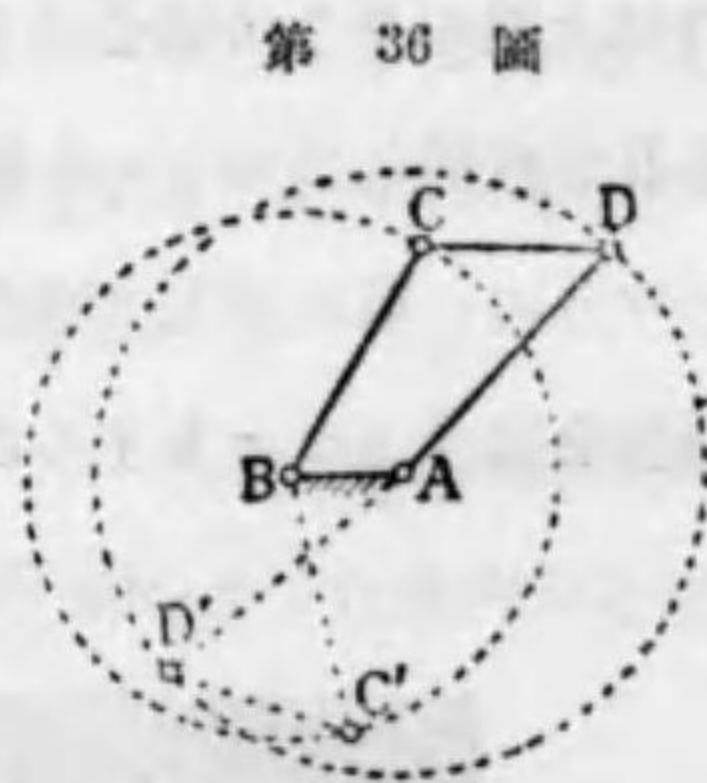
今リンク  $AB$  が固定され、各リンクの長さが圖のやうな割合の時、 $AD$  が  $A$  の周りに回轉すると、その運動は  $DC$  によつて  $CB$  に傳へられ、 $CB$  は  $B$  の周りを搖動します。

このやうに回轉するリンク  $AD$  をクランク (Crank) といひ、單に運動を傳達するリンク  $DC$  を連接棒 (Connecting rod) と呼び、搖動するリンク  $BC$  を挺子 (Lever) と稱し、また固定されたリンク  $AB$  をフレーム (Frame) と名づけます。

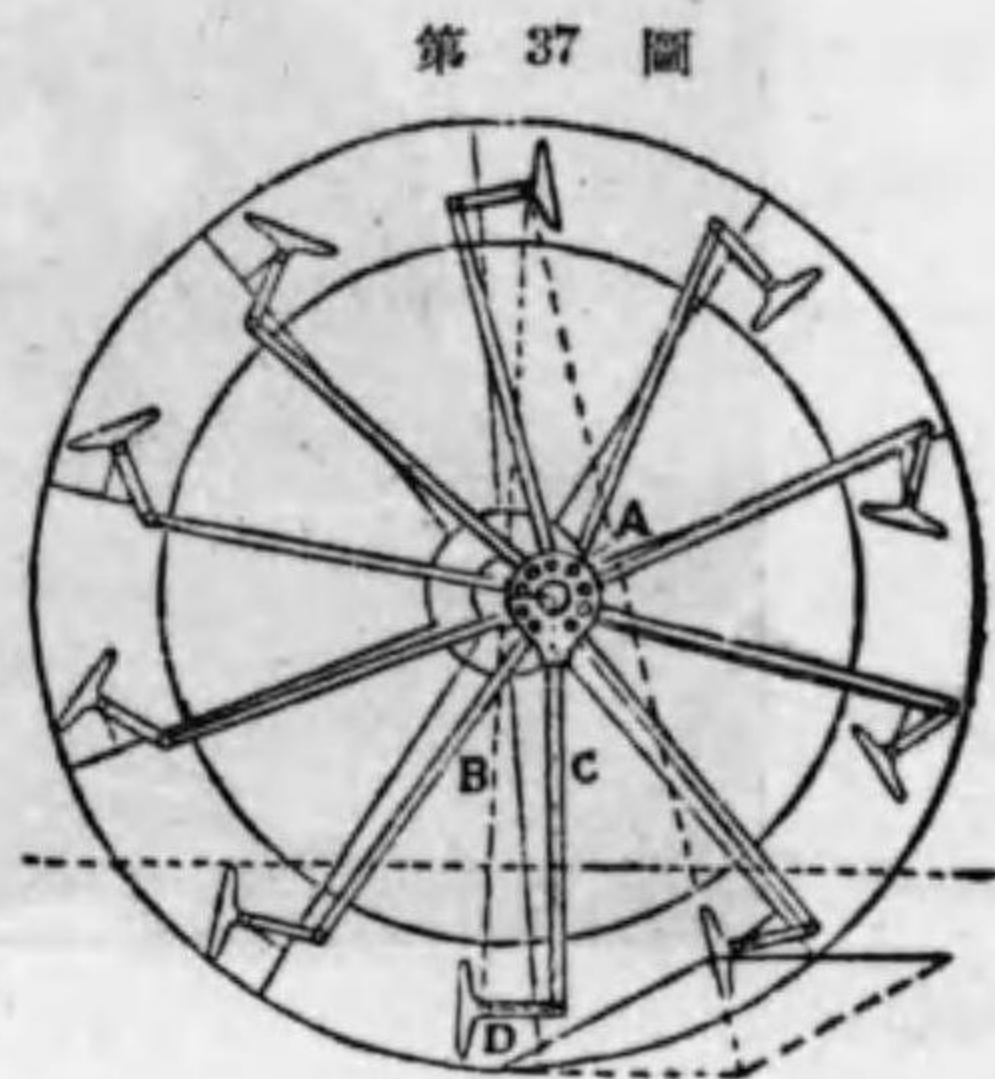
第35圖に示す機構のリンク  $AB$  を固定する代りに、リンク  $AD$  を固定することにすれば、第

36圖に示すやうな機構が出来ます。この機構にあつては、2つの腕  $AD, BC$  が共に全回轉し得るから、これを二組クランク機構 (Double crank mechanism) といひます。この機構は、第37圖のやうな水掻車、その他送風機<sup>(9)</sup>などに利用されてゐます。

四ツ棒クランク機構のリンクが、平行



第36圖



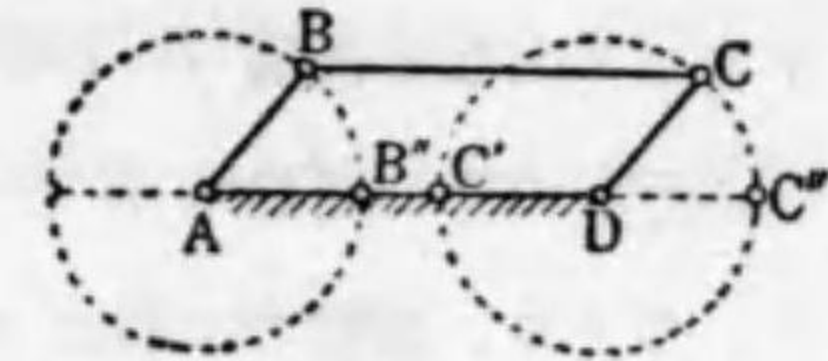
第37圖

四邊形を形づくる時は、それを平行クランク

第38圖

機構 (Parallel crank mechanism) といふ。

第38圖はこの機構で、連接棒  $BC$  はフレーム  $AD$  に対して、いつも平行に運動し、



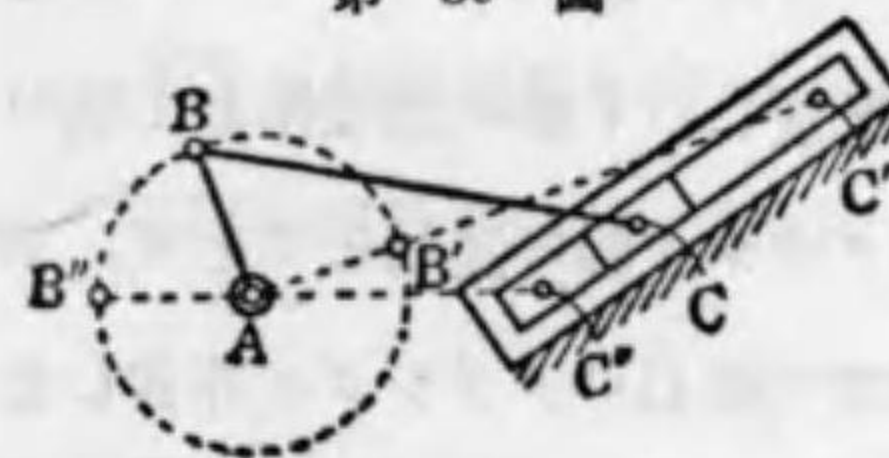
2つの腕  $AB$  及び  $DC$  は、又つねに平行に運動し、共にクランクとなつて全回轉をするものです。

#### 2. 滑り子クランク

四ツ棒クランク機構の2つの腕の1つが滑り機構に代つたものを滑り子ク

第39圖

ランク機構 (Slider crank mechanism) と



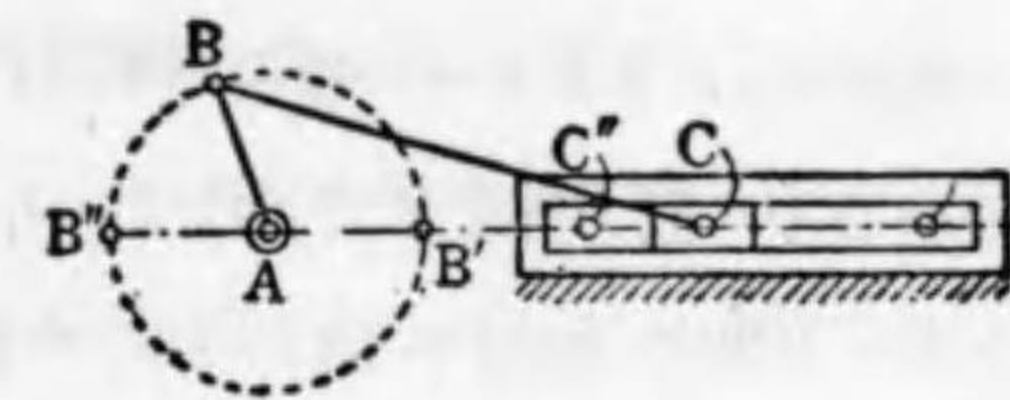
いひます。第39圖がその例で、 $A, B, C$  は3つのピンジョイントで、 $C$  が  $C' C''$  なる直線狀の溝に沿うて滑り動くものです。

この機構の  $A$  と溝とを固定した場合を考へるに、クランク  $AB$  が  $A$  の周りに回轉すれば、滑り子  $C$  は溝に沿うて往復運動をします。

蒸汽機関機構 (Steam-engine mechanism) は、ピストンの往復運動で、クランク  $AB$  に回轉運動を與へる場合に用ひるのです。内燃機関において、ピストンの往復運動で、クランクに回

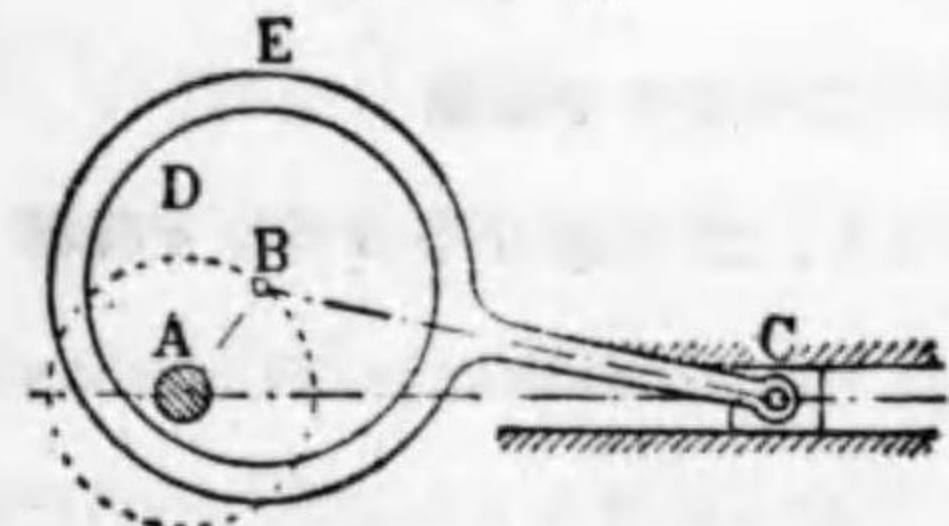
第40圖

轉運動を與へる機構もやはりこれで、この機構は機械學上からいつて、極めて重要なもの一つです。



偏心輪 (Eccentric) は、クランクの變形です。第40圖に示す蒸汽機関機構において、クランクの長さ  $AB$  が甚だしく短い場合には、普通の構造では連接棒  $BC$  を裝置することが出来ませ

第41圖

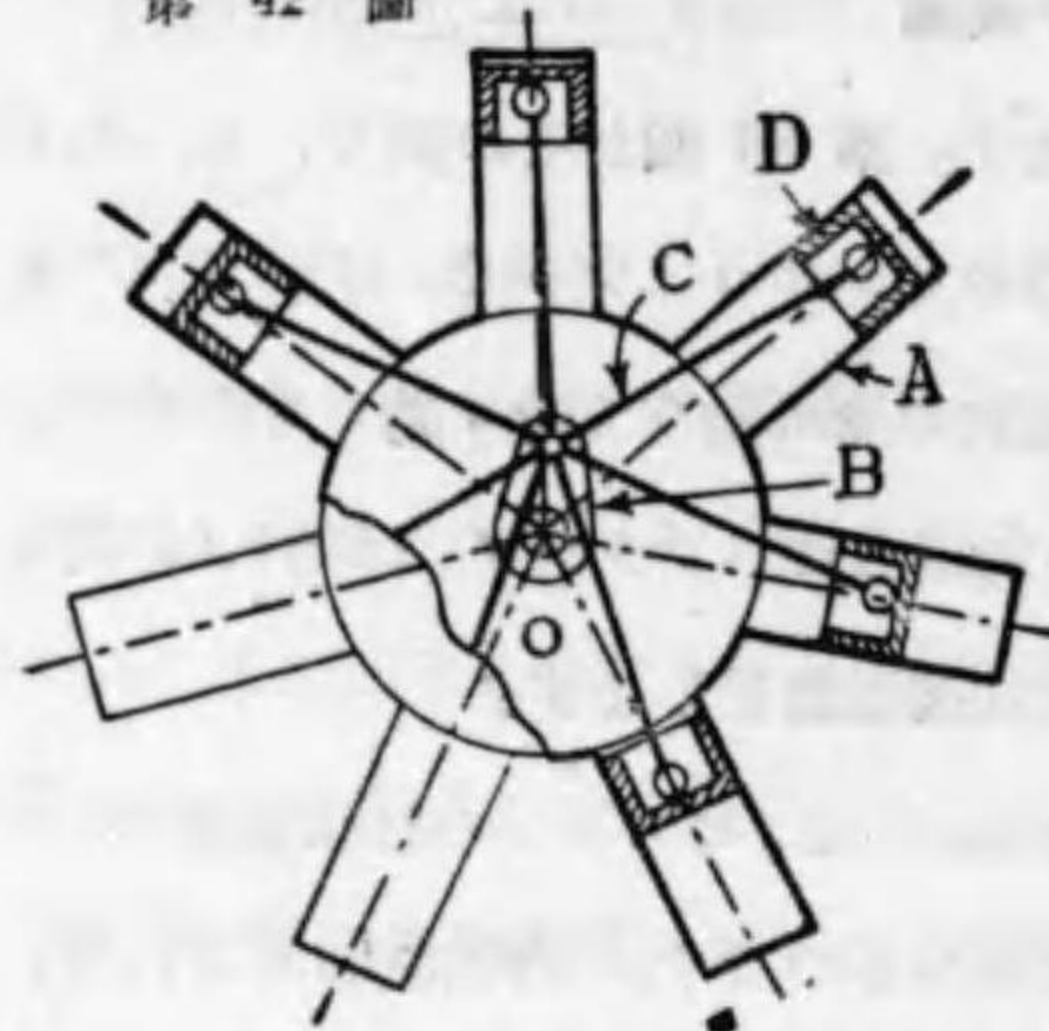




ん。この場合には第 41 圖に示すやうに、連接棒  $BC$  の  $B$  端に  $B$  を中心とするやゝ大なる圓盤  $D$  を附し、それが  $A$  を中心として回轉するやうにし、そしてその周圍に  $E$  といふ圓輪をはめ、それと滑り子  $C$  とを連結します。つまり、圓盤の中心は  $B$  ですが、その回轉の中心は  $A$  であつて、 $B$  は  $A$  を中心とする圓に沿うて運動するのです。このやうな構造の連接棒を用ひれば、 $AB$  の長さがどんなに短くともよいので、圓盤  $D$  とその周圍の圓輪  $E$  との合體したものを偏心輪と呼び、 $E$  と  $C$  とを連結する棒を偏心棒といひます。

有名な飛行機用發動機であるグノーム機關 (Gnome engine) は第 42 圖

第 42 圖



に示すやうに 7 個のシリンダーを後光型に配置し、7 個の連接棒を 1 個の共通のクランク軸に連結してをり、 $B$  は丁度蒸汽機關のクランクに相當します。7 個のシリンダーが、順次に爆發を起すと、普通の機關ではクランクが回轉するが、この機關ではシリンダーの方が後光型の中心  $O$  の周圍に回轉するのです。即ち、グスターピストンを押すと、連接棒に壓力が加はり、その分力のために、シリンダーの横面が壓されて回轉します。故に、7 個のシリンダーの中心  $O$  に動力軸を固定すれば、シリンダーと共に、回轉するわけなのです。

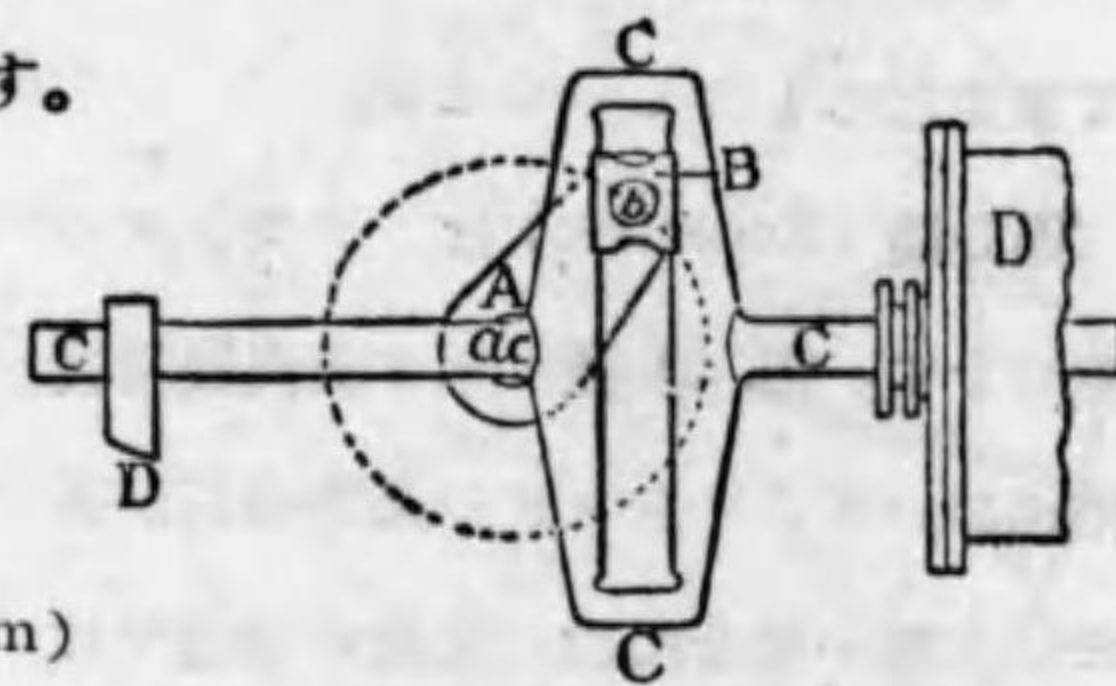
3. ニツ滑り子機構

(1) ニツ滑り子クランク機構

(Double slider crank mechanism)

四ツ棒リンク仕掛の二つの回轉リンクを滑り子で置き換へたもので、第

第 43 圖

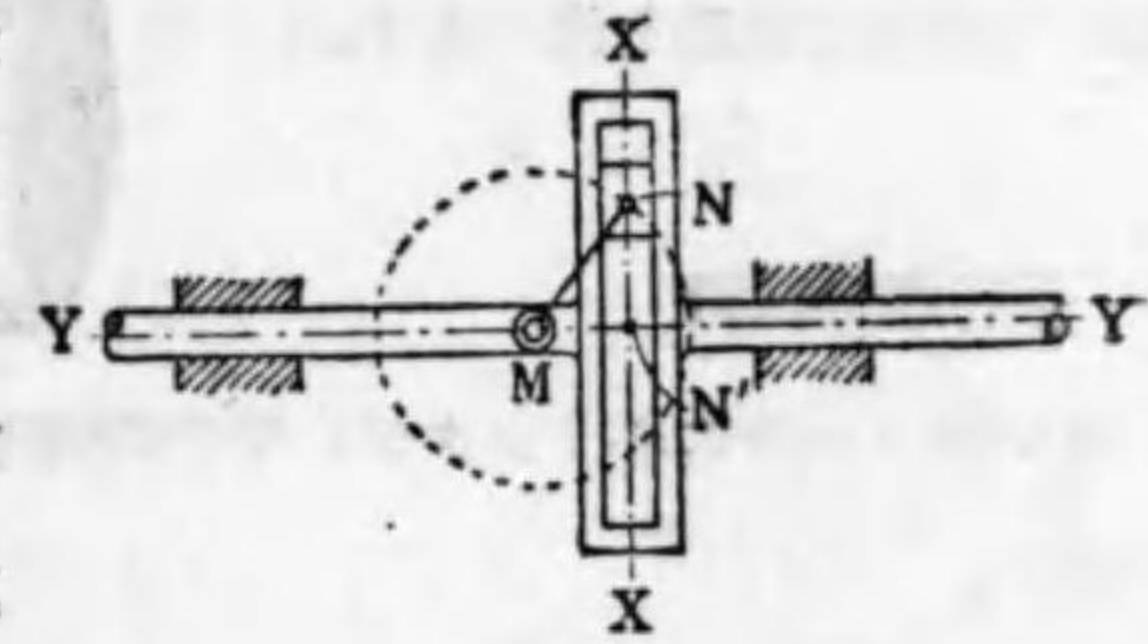


43 圖のやうな直働ポンプに用ひられます。圖中  $D$  が固定リンクで、 $A$  が等速回轉すれば、 $B$  及び  $C$  が夫々特殊の往復運動を行います。

(2) 交叉滑り子クランク機構 (Cross slider crank mechanism) 第 44 圖

に示すやうに、リンク  $MN$  をつけ、 $N$  に滑り子をつけてそれを溝  $XX$  に沿うて滑るやうにして、 $M$  を固定し、リンク  $MN$  を  $M$  の周圍に回轉させれば、 $XX$  は  $YY$  に導かれて左右に往復運

第 44 圖

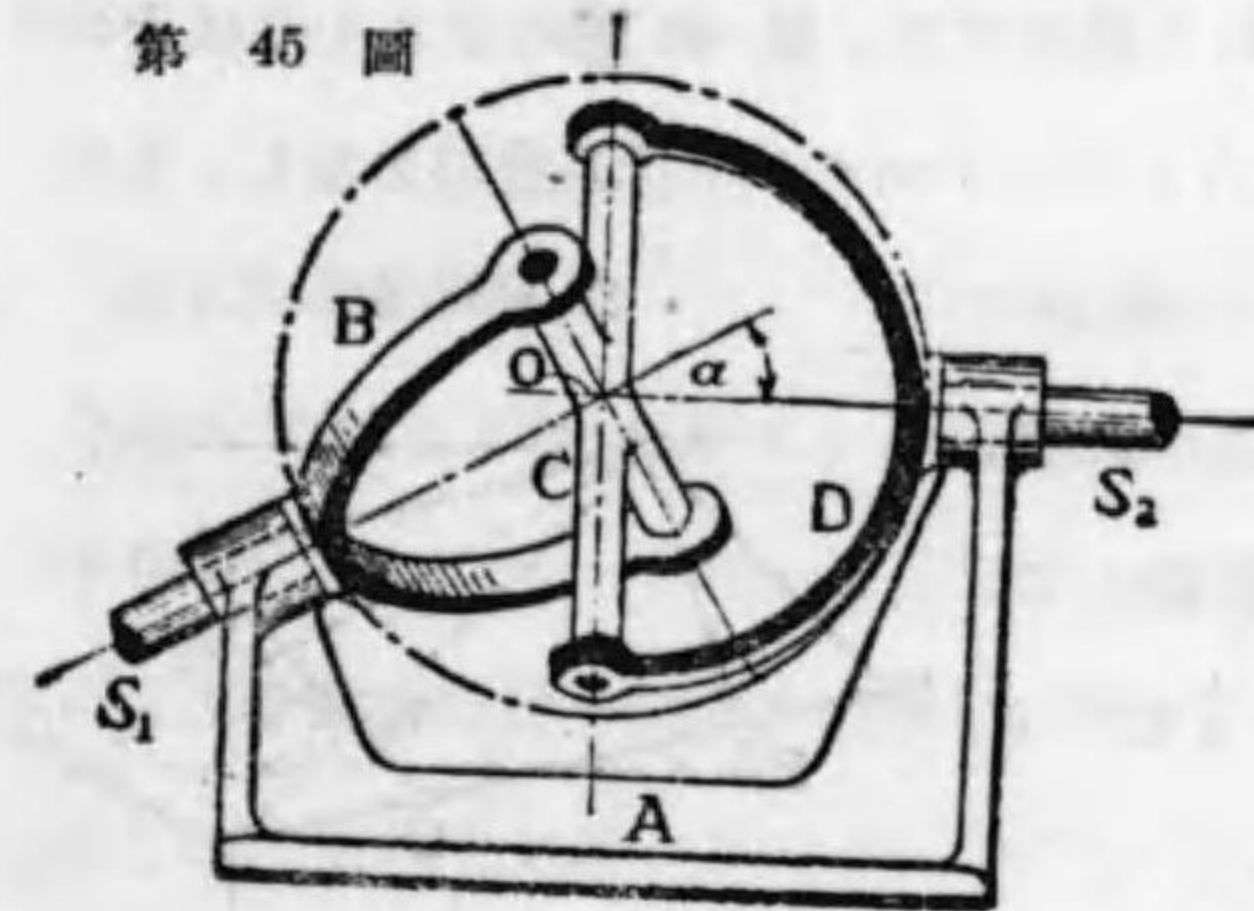


動をやるやうになります。この機構は、クランク  $MN$  の回轉運動を以て  $XX$  に往復運動を與へ、または  $XX$  の往復運動を以て、クランク  $MN$  に回轉運動を與へる目的に用ひる機構です。

4. 球面リンク機構

今迄の四ツ棒クランクでは 4 つのリンクの運動は平面内に限られてゐた。従つて 4 つのピンジョイントの中心線は互に平行であつた。之に對し 4 つの中心線が共通な一點で交るものを球面リンク機構といひます。この機構を用ひれば相交はる二軸間に回轉或ひは搖動を傳へる事が出來ます。フツクの接手 (Hooks joint) がそれです。第 45 圖に於て軸  $S_1, S_2$  の端は二又に分れ、

第 45 圖



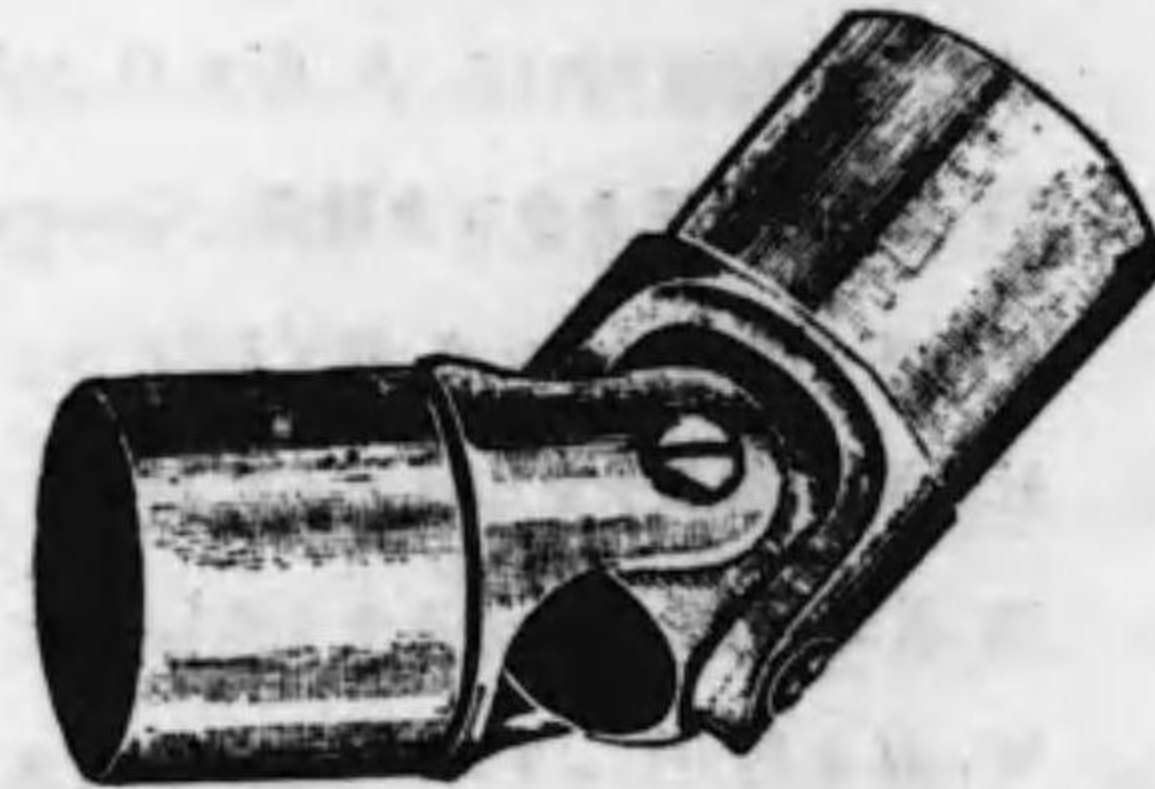
これに十字形の棒の 4 端が連結されてゐます。この機構ではリンク  $A$  はフレームで、リンク  $B$  及び  $D$  のピンジョイントの中心線は夫々無限大の點で交はる特別の場合です。 $A$  は固定してをり、 $S_1$  軸の回轉はリンク  $B, C$  を經て



Dに傳へられS<sub>2</sub>を回轉します。

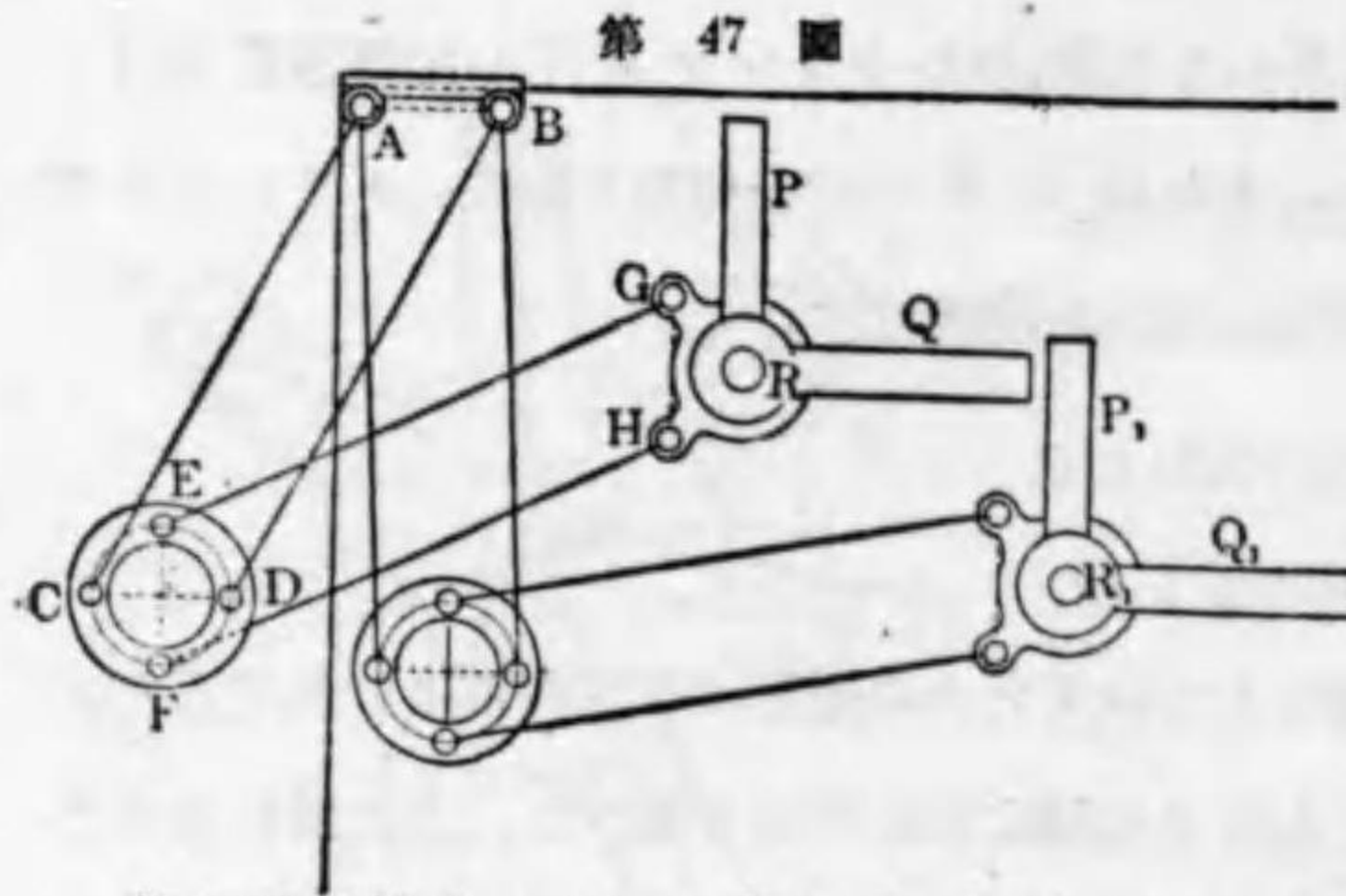
第 46 圖

第 46 圖は、普通に用ひられてゐるフツクの接手です。この接手は軸が交はつてゐるにも拘らず、極めて圓滑に運動を傳へます。



5. 平行運動機構

四ツ棒リンクの各リンクが、平行四邊形をなす特別の場合で、應用は極めて廣い。



第 47 圖

(1) 第 47 圖の平行定規 (Parallel ruler)

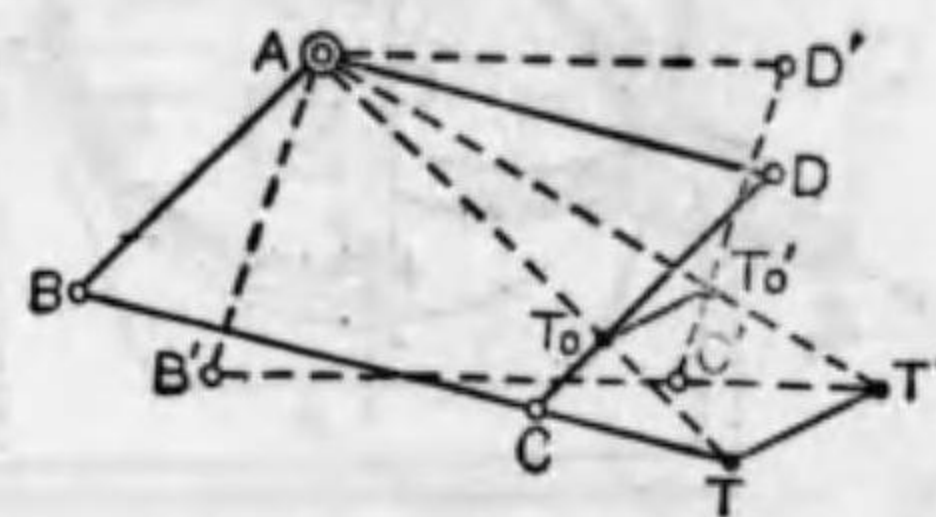
製圖の際、T 定規や三角定規の代りに用

られるもので、AB, BD, DC, CA 及 EF, FH, HG, GE なる 2

組の四ツ棒リンクから成つてゐます。リンク AB を圖板の左肩に固定しておけば、R をどこに動かしても P 及び Q に引いた線は、つね平行です。

(2) <sup>(1)</sup>パントグラフ (Pantograph) 圖面を縮小または擴大する寫圖器、または電車の集電器等に應用される機構です。第 48 圖に示すものはその 1 つで、AB, BC, CD, DA なる 4 つのリンクが平行四邊形をなし、その中の一點 A を固定し、もしこの機構の T<sub>0</sub> を T<sub>0</sub>' の位置に動かしたとすれば、この機構は固定點 A の周りに移動して、A B' C' D' の如き位置に移り、T は T' に移ります。

第 48 圖



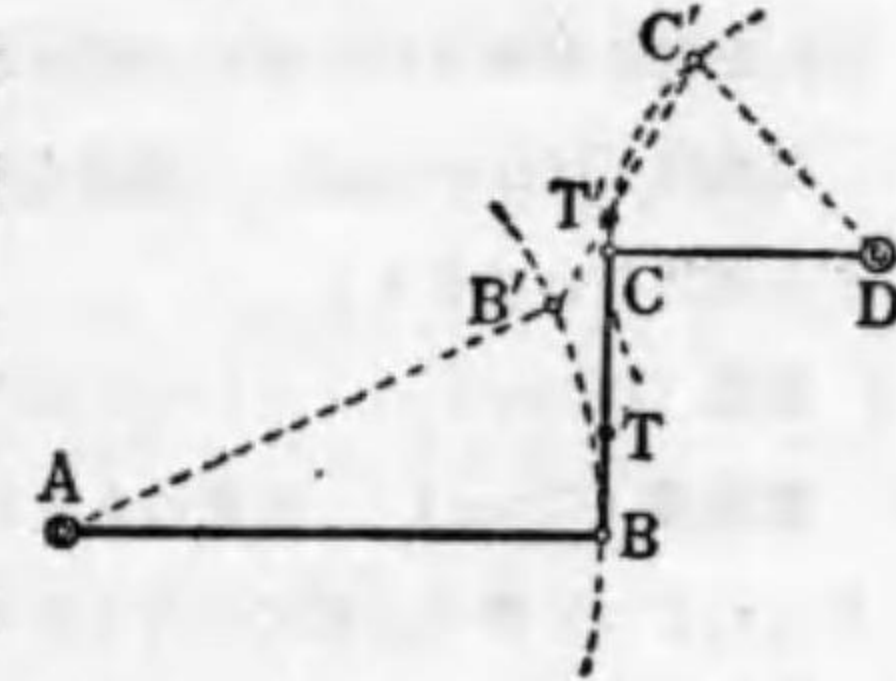
第七章 特殊機構

1. 直線運動機構

機構上の 1 點が、案内なくして直線を描くものを直線運動機構 (Straight line motion mechanism) といひます。最も實用に供されてゐるものに、ワット (Watt) の直線運動があります。

第 49 圖

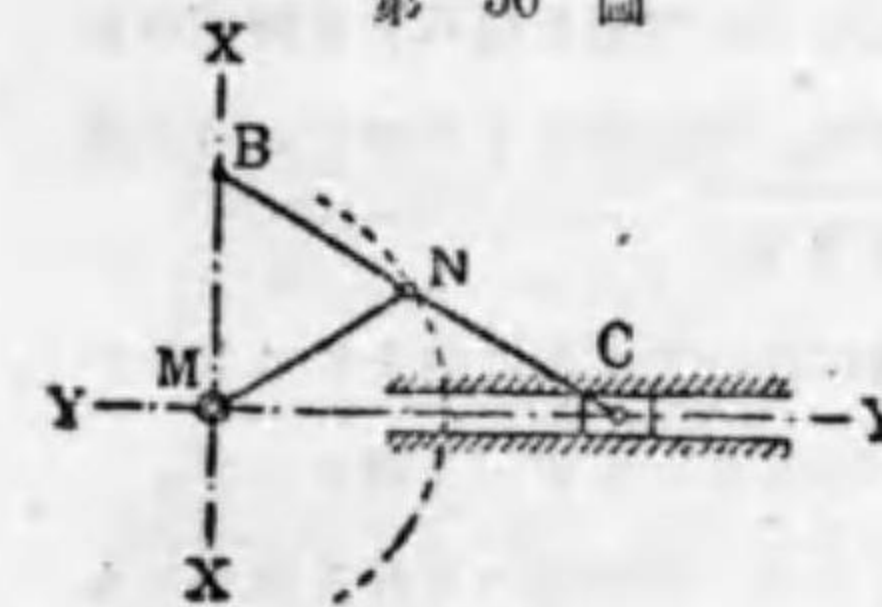
第 49 圖がそれです。AB, BC, CD は A と D とを固定した四ツ棒クランク機構で、AB と CD とは平行で、その時 BC はこれらに直角であるやうにつくります。この機構にあつては、BC 上の任意の點は空



間に 8 字形の曲線を描くが、 $\frac{BT}{CT} = \frac{CD}{AB}$  なる割合にある T 點の描く 8 字形の曲線の一部には、直線に最も近似なところがあります。

スコット・ラッセル (Scott russel) の直線運動機構は第 50 圖に示すもの

第 50 圖

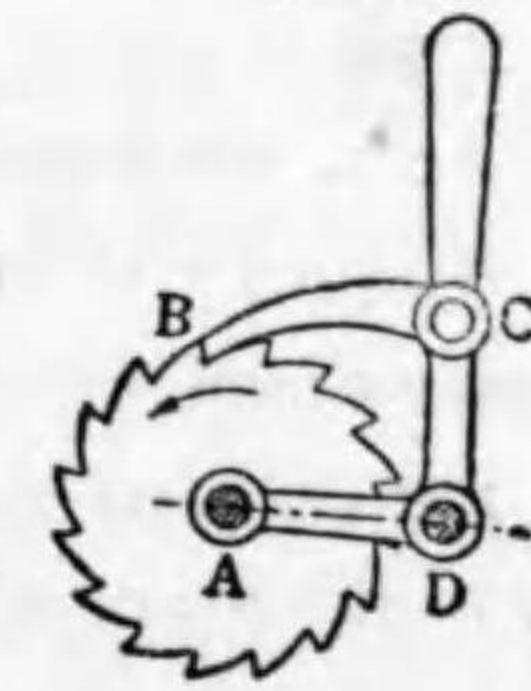


です。リンク BC の中點 N にリンク MN の一端をピンジョイントし、他端 M を溝の中心線 YY 上の一にピンにて固定し、滑り子 C を溝に沿つて動かします。すると B 點は YY に直角な直線 XX の上を直線運動をします。

2. 途切れ運動機構

主動車が等速回轉せる時に、受動車に途切れ運動 (Intermittent motion) を與へるもので、種々なる計器類及び工作機械の送り装置に用ひられます。この目的に造られた齒車を爪車 (Ratchet) <sup>(14)</sup> といひます。

第 51 圖





### 用語解説 II

- (1) **ピンジョイント** 二つのリンクを互に揺動し得る様に、ピンで結合した場合の結合法の事。
- (2) **ボール盤 (Drilling machine)** 孔を穿つ工作機械で、ドリリング・マシンのことです。ある程度まで旋盤の代用をすることが出来ます。(第七篇参照)
- (3) **圓錐 (Cone)** 一定點と、定圓周とを通つて動く直線によつて作られた曲面と、これを切る平面とで出来た立體のこと。
- (4) **双曲線 (Hyperbola)** 圓錐をその軸に平行な平面で切つた場合、この断面に生ずる曲線をいひます。
- (5) **調車 (Pulley)** ベルトを掛けて回轉する車の事でベルト車ともいひます。
- (6) **起重機 (Crane)** 重量のある荷物の揚げ降り、又は移動するに用ふる機械で、用途によつて多くの型式があります。
- (7) **纖維** 衣服の材料などに用ひる木綿、麻などを植物纖維といひ、絹や毛などを動物纖維といつてゐます。こゝでは勿論植物纖維を指してゐます。
- (8) **槓子 (Lever)** 槓杆ともいふ。小さい力で重い物體を動かし、大きい力と釣合を保たせるに用ひます。
- (9) **送風機** 熔鑄爐、鑛山の坑道、室内の換氣装置などに空氣を送入する機械のことである。この最も簡単なものは竈 (ファイゴ) ですが、大仕掛なものはプロペラ式送風機、渦卷式送風機、ルーツ式送風機などがあります。
- (10) **シリンダー (Cylinder)** 圓筒のことで、原動機においてはこの中をピストンが往復運動をする。なほ圓筒は圓筒とも書くが、いづれもシリンダーと讀みます。
- (11) **後光型** 後光といふのは佛像の背後の光明のことで、佛菩薩のそれを象つたものであつて、光背ともいつてゐますが、こゝの後光型といふのはシリンダーの配置がそれに似てゐるからいふのです。
- (12) **T 定規 (T square)** 製圖板に用ひるもので、定規板の端面と互に正しく直角となるやう、即ち T 字型に、ねぢ止めをしたものです。
- (13) **パントグラフ (Pantograph)** 製圖器具の一種で、圖形を一定の比に擴大、または縮小する際に用ふるもの。だから寫圖器、縮圖器と譯します。
- (14) **爪車 (Ratchet)** ラチエットは、爪車の譯のほかには棘齒、追齒とも謂ひ、棘齒は爪に噛み合つて、逆戻りを防止します。捲換機とか、時計のゼンマイなどの箇所にも用ひられてゐます。

## 第三篇 材料強弱

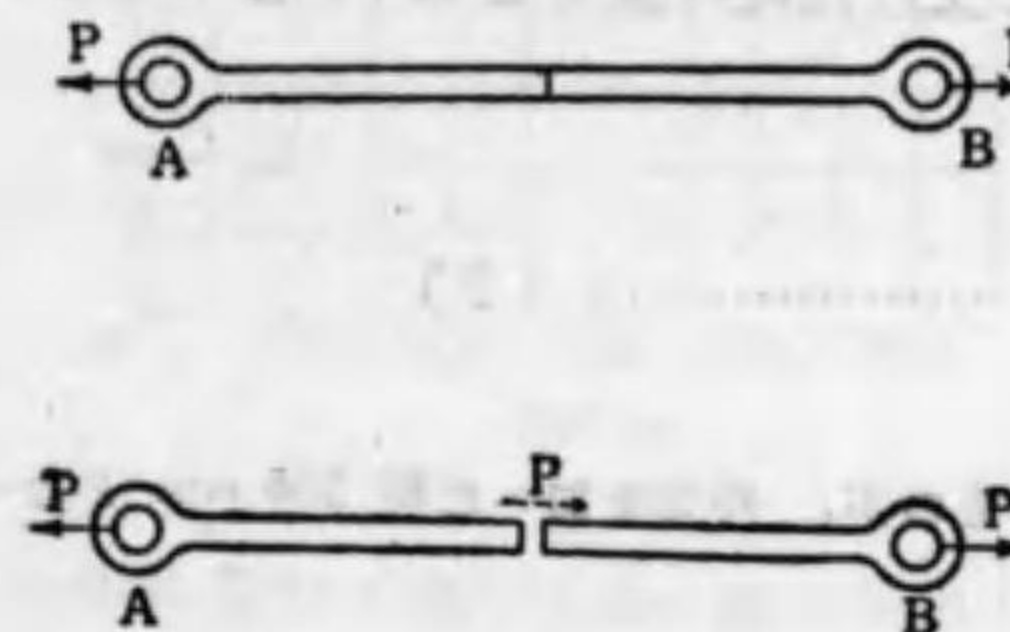
### 第一章 内力と歪

#### 1. 内力と歪

物體が外部からある力を受けた時、その力を**外力 (External force)** または**荷重 (Load)** といふ。外力を受けた物體は、その内部に、釣合を保つべきある抵抗力を發現するが、これを**内力**又は**應力 (Stress)** といひます。

この内力は、外力が作用したため物體の内部に誘發される力であつて、外力に對してつねに等しく、且つ反對に働き、外力が作用すると同時に作用し、外力の作用が消滅すると同時に消滅する物體内部に働く力です。

第 1 圖



分り易いために例を挙げれば、**第 1 圖**のやうな棒を左右に引張るとすれば、棒の眞直の部分に、一つの**假想横断面**を考へます (尤もこれは只頭の中で假りに考へるだけのこと、實際には断面があるわけではない)。この**假想横断面**によつて、

下圖のやうに 2 つに分けたとします。今棒の左の部分について考へてみるに、棒の A 部では、左向きの力 P が働くのみで、他の力は働いてゐません。だから、棒が釣合ふためには、どうしても**假想断面**に左向きの力が働くと考へられます。で、この**假想断面**に働く力を**内力**といふのです。式に表はすには、定義によつて荷重を P、断面積を A とすると、内力の強さ f は

$$f = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

内力の強さを表はす場合に、普通に用ひられる單位は  $kg/cm^2$  ですが、之を  $mm$  で表す場合も屢々あります。この時は  $1kg/mm^2 = 100kg/cm^2$  で換算します。



【例題】 直径 25 mm 軟鋼丸棒に 17,000 kg の引張荷重を加へた時、切れたとする  
と、この場合の最大内力の強さは、どれほどか。

【解】 棒の断面積  $25^2 \times \frac{\pi}{4} = 491 \text{ (mm}^2\text{)}$

内力の強さは  $f = \frac{17,000}{491} = 34.8 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

答 34.8 kg/mm<sup>2</sup>

すべての材料は、外力を受ければ必ず変化する。たとへば引張力を受けると、伸びて変形します。この伸 (Elongation) の量は、引張られる材料の長さに比例します。故に単に伸びた量だけをいつたのでは、他の場合と比較しにくいので、伸びた量を元の長さで割つた商を歪 (Strain) と呼び、内力の強さと同じやうな意味に用ひられてゐます。

歪には單位がなくて、これを小數で表はしたり、あるひは%で表します。定義によつて、元の長さを  $L$ 、引張りを受けた時の長さを  $L+l$  とすると、歪  $\epsilon$  はつぎの式で表はされます。

$$\epsilon = \frac{l}{L} \dots\dots\dots(2)$$

【例題】 材料の標點間の距離 200 mm のものが、外力を加へた時 205 mm となつたとすれば、歪はどれ位か。

【解】  $l = 205 - 200 = 5 \text{ (mm)}$

$\epsilon = \frac{5}{200} = 0.025 = 2.5\%$  答 2.5%

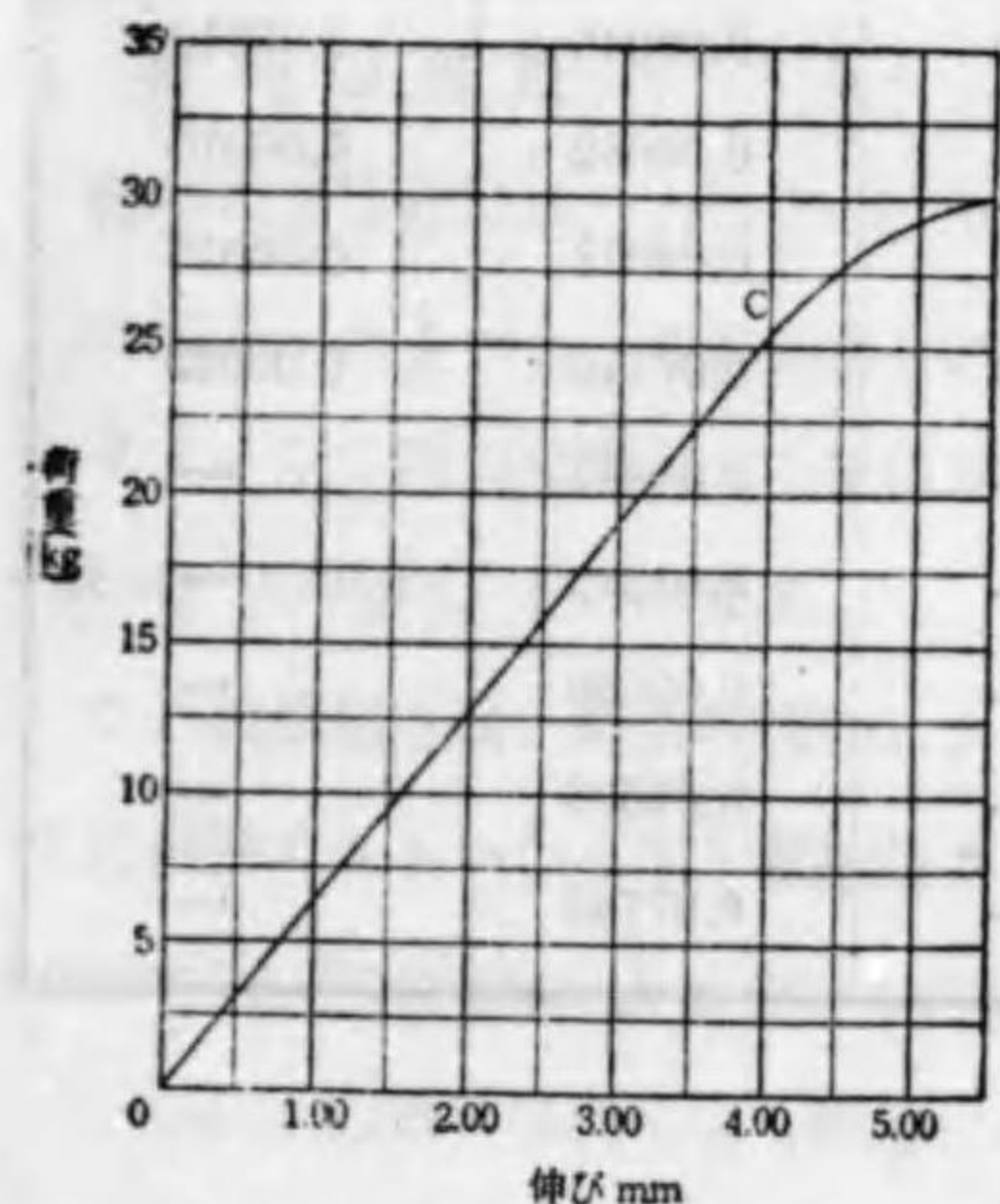
## 2. 弾性限界

物體に加へられた外力を取り去ると、内力は直に消滅しますが、歪は多くの場合多少なりとも残り、完全には元の状態にかへりません。之を永久歪 (Permanent set) といつてゐます。又外力を取り去つたとき、實用上歪も無くなつたと考へられる場合、この物體は弾性 (Elasticity) を有すといひ、弾性を有する物體を弾性體 (Elastic body) といひます。

外力が、ある限度を超えない間は物體は弾性を有し、その限度を超えると非弾性となるとき、その限界を弾性限界 (Elastic limit) と名づけます。弾性限界を定めるには、弾性から非弾性に移るその時の外力、またはそれに該当する内力を以てします。

例へば、今径 1.39 mm、断面積 1.52 mm<sup>2</sup>、長さ 5 m の鐵線に就て引張試験

第 2 圖



(Tension test) をすると、第1表の如き數字が得られます。この表によると荷重が 25 kg 迄は荷重 5 kg 増す毎に、伸の量が大体 0.8 mm づつになつてゐますが、荷重が 25 kg から 30 kg に増す間は著しく伸びてゐます。つまり、内力の強さと、歪との正比例する最大限度がこゝにあることを想像することができます。第 2 圖のグラフに示した C 點がこれで、これが即ち弾性限界なのです。

一般に設計に當つては、生ずる内力を少くとも弾性限界以下ならしむることが大切です。

弾性限界を超えて、更に荷重を加へてゆくと、伸が次第に大になり、A 點を越すと、更に一層伸びてゆきます。この A 點を降伏點 (Yielding point) といひます。降伏點を越えて猶荷重を加へて行きますと材料は遂に破壊します。(詳しくは133頁参照)

## 3. 材料の諸性質

外力を作用させたために生じた歪が、外力を取り去ると同時に消滅する性質は弾性ですが、これが外力を取り去つた後にも残る性質を塑性 (Plastici-



第 1 表

荷 重	内力の強さ kg/mm <sup>2</sup>	伸 mm	荷重 5 kg 増 すために伸 びる量 mm	歪 = 伸び 5000	荷重 5 kg 増 すための歪
0	0	0		0	
5	3.29	.8	.8	0.00016	0.00016
10	6.58	1.5	.7	0.00030	0.00014
15	9.85	2.3	.8	0.00046	0.00016
20	13.10	3.1	.8	0.00062	0.00016
25	16.40	3.9	.8	0.00078	0.00016
30	19.70	5.5	1.6	0.00110	0.00032
40	26.30	22.1	—	0.00442	—
50	32.90	64.1	—	0.01282	—
60	39.40	154.0	—	0.03080	—
65	42.80	225.3	—	0.04506	—
70	46.00	337.0	—	0.07740	—

ty) といひ、その變形を塑性變形 (Plastic deformation) といひます。

弾性限界を超えて、外力の作用をうけた材料は悉く塑性變形をうけてをり、又鑄鐵や銅の如きものは、弾性限界をもたぬ材料ですから、少しでも外力が働けばすぐ塑性變形をうけます。

常温では弾性であるが赤熱すると塑性を有する様になるものに鍊鐵や鋼があります。これらつまり塑性變形を利用して色々な形に打伸されるのです。

槌で打てば平に廣がつて板となり、引けば伸びて棒となるやうな性質を可鍛性 (Malleability) といひます。つまり鍛え得られる性質のことで、鍊鐵、鋼、銅、ニッケルなどにはこの性質があります。可鍛性のない材料は、折れやすく砕けやすい。鑄鐵、硝子、石材、コンクリートなどがそれで、これには脆さ (Brittleness) といふ語があり、脆き材料といはれます。

硬いとか軟いとかは、もとより比較的の語で、その度合を表はす實際的方法は、數値を以て硬さを表はすことです。たとへば標準となるべき或る材料の硬さを 1 とし、これと比較して 2 倍の硬さをもつ材料はその硬さを 2 とするやうに、硬さを數値で表はします。この數値を材料の硬度 (Hardness) と呼びます。

#### 4. 材料強弱表

材料の強さは破壊内力によつて知ることが出来ます。材料の耐へ得る内力には限りがあるから、この範圍を越えて尙荷重を加へて行くと、材料は破壊します。この時の荷重を元の斷面積で割つた商を、その材料の破壊強さ (Breaking strength) といひます。

この破壊強さは、荷重の種類によつて、引張強さ (Tensile Strength)、(之は又抗張力ともいひます) 壓縮強さ (Compressive Strength) と、剪斷強さ (Shearing Strength) とに分けられます。

しかし、引張には弱くとも壓縮には強き材料もあり、引張には強くとも剪斷には弱い材料もあつて、みな材料そのもの、本來の性質によつて種々雑多であります。

また同じ材料にしても、質の良いものと悪いものがあつて、強さを一律に定めることが出来ません。同じ材料試験を以て、同じ材料の強さを測るにしても、一々異なる結果を得るのが通例ですから、或る材料の強さを定めるには、同じ材料に對して、何回となく同じ試験を繰り返して、その得たる平均値を以て、その材料の強さとするのです。

以上のごとき材料の機械的諸性質、即ち材料が種々異なる状態の外力に抵抗し得る強さや、變形を試験するにも種々な方法があります。その中で、引張試験は最も簡單で確實ですから、一般に行はれます。壓縮試験は、引張試験の結果を以て、ある程度まで推斷することが出来ます。また紙材などには剪



断試験を行ひます。これらの諸試験は、普通1臺の材料試験機によつて行ふ事ができます。

下表は、金属及び非金属材料の強さですが、これらは多数試験して得た結果の平均値を示したもので、大體において、この材料はこの位の強さがあるといふ標準を示したものです。

第2表(a) 材料強弱表(金属材料の部)

材 料	破壊内力 $kg/cm^2$ にて			弾性係数 $kg/cm^2$ にて		
	引 張	圧 縮	剪 断	縦弾性係数 $E$	横弾性係数 $G$	
錬鐵	纖維に沿ひ	3,650	3,650	2,950	2,000,000	770,000
	纖維を横切り	3,150	3,150	2,300		
軟鋼	軟 き	3,900	3,900	3,350	2,100,000	800,000
	やゝ硬き	4,500	4,500	4,000	2,200,000	870,000
鑄 鋼		5,250	5,250	—	2,150,000	830,000
ニッケル鋼	軟 き	6,000	6,000	—	2,100,000	830,000
	やゝ硬き	7,000	6,000	—		
ばね鋼	焼入れざる	10,000	10,000	—	2,200,000	865,000
用鋼	焼入れたる	17,000	17,000	—		
鑄 鐵		1,800	7,250	1,950	950,000	345,000
銅	鑄 銅	1,400	3,200	—	1,000,000	395,000
	錬 銅	3,200	—	—		
眞 鍮		1,300	780	1,400	845,000	395,000
砲 金		2,450	—	2,400	845,000	395,000
青銅	磷 青銅	4,000	—	3,800	990,000	370,000
	マンガン青銅	5,500	—	—		
アルミニウム	鑄 造	620	—	—	700,000	—
	錬 造	1,330	—	920		

第2表(b) 材料強弱表(非金属材料の部)

材 料	破壊内力 $kg/cm^2$ にて			弾性係数 $kg/cm^2$ にて		
	引 張	圧 縮	剪 断	縦弾性係数 $E$	横弾性係数 $G$	
木 材 (纖維に沿ひ)	松	1,000	500	78	88,000	—
	杉	500	230	56	70,000	—
	檜	900	420	70	85,000	—
	栗	1,000	500	78	70,000	—
	樺	1,000	700	160	120,000	5,800
	竹	3,450	650	—	210,000	—
硝 子	250	1,500	—	750,000	—	
石 材	花崗岩	—	725	—	140,000	—
	砂 岩	—	250	—	100,000	—
	石灰岩	—	400	—	120,000	—
セメント	—	110	—	140,000	—	
コンクリート	18	215	23	140,000	—	
煉 瓦	—	90	—	84,000	—	
良質の土地	—	50	—	—	—	

5. 安全率, 及び許容内力

材料が構造物の一部として用ひられ、荷重を受けるときに、各部分が破壊強さの内力を受けたのでは、構造物は破壊しないまでも變形してしまいますから、決して斯くの如き大なる外力が作用する事のない様になつてゐなければなりません。普通には構成材料のどの部分にもその材料の弾性限界を越える程の内力が起らない様に設計します。(實際には弾性限界を超えた内力がかゝつてもすぐ壊れるものではない。) この時許し得る最大の内力をその材料の許容内力 (Allowable stress) といひます。

又破壊内力を許容内力で割つた商を安全率 (Safety factor) といひます。



$$\text{安全率} = \frac{\text{破壊内力}}{\text{許容内力}} \dots\dots\dots(3)$$

安全率の値は、荷重の種類によつて異なるものです。荷重が一定不變の時には之を死荷重 (Dead load) といひ、それが時々大きさを變へる時には之を活荷重 (Live load) といひます。活荷重の内には反復荷重 (Repeated load) と交互荷重 (Alternate load) とがあり、前者は荷重がかゝつたり零になつたりする場合をいひ、後者は最初荷重が+の方からかゝり、次に零になり次に荷重が-の方からかゝり、之を繰返す場合をいひます。例へば物體に張力が働く場合に、張力の大きさが變化する場合は反復荷重であるし、張力と壓力とが互に交互に働く場合には之を交互荷重といひます。

第4表に各種の材料に死荷重、反復荷重、交互荷重がかゝる時に取るべき安全率の値を掲げました。許容内力は第2表(a)(b)より求めた材料の破壊内力を、第3表の安全率で割つて求められます。斯くして求めた値を一括したのが第4表です。設計に當つては構造物の内部に生ずる内力がこの許容内力以下である様にすればよい。許容内力は又許容應力ともいひ、許容引張應力、許容壓縮應力、許容剪斷應力等といふ詞があつて、夫々  $f_t, f_c, f_s$  で表します。

活荷重には以上の外衝撃をうける場合があります、衝撃をうけると材料は著しく弱くなり、許容内力は交互荷重の場合の  $1/2$  以下となるものです。

第3表 安全率

材料の種類	死荷重	活荷重		
		反復荷重	交互荷重	烈しき交互荷重 (振動の如き)
鑄鐵その他一般の脆き金屬	4	6	10	15
鍊鐵及び軟鋼	3	5	8	12
鑄鋼	3	5	8	15
鋼その他一般の軟き金屬	5	6	9	15
木材	7	10	15	20
煉瓦及び石材の類	20	30	-	-

6. 弾性係數

第4表 鐵鋼の許容内力

弾性體に關してはフックの法則「弾性限界内では常に内力と歪とは互に正比例する」が成立します。この内力を  $f$ 、 $kg/cm^2$ 、歪を  $\epsilon$  とすれば比例定數  $E$  は  $kg/cm^2$  で表される事になり

$$E = \frac{f}{\epsilon} \dots\dots\dots(4)$$

内力と荷重の種類	軟鋼 $kg/cm^2$	中軟鋼 $kg/cm^2$	鑄鋼 $kg/cm^2$	鑄鐵 $kg/cm^2$
引張 $f_t$	I 900~1200	1200~1800	600~1200	300
	II 540~700	700~1080	360~720	180
	III 480~600	600~900	300~600	150
壓縮 $f_c$	I 900~1200	1200~1800	900~1500	900
	II 540~700	700~1080	540~900	500
	III 450~600	600~900	375~600	190
曲げ $f_b$	I 900~1200	1200~1800	750~1200	450
	II 540~700	700~1080	450~720	270
	III 450~600	600~900	375~600	190
剪斷 $f_s$	I 720~1000	1000~1440	480~960	300
	II 430~560	600~860	290~580	180
	III 360~480	480~720	240~480	180
振り $f_v$	I 600~1000	1000~1440	480~960	300
	II 360~560	600~860	290~580	180
	III 300~480	480~720	240~480	154

備考 荷重の種類に於て I は死荷重、II は反復荷重、III は交互荷重を表す。

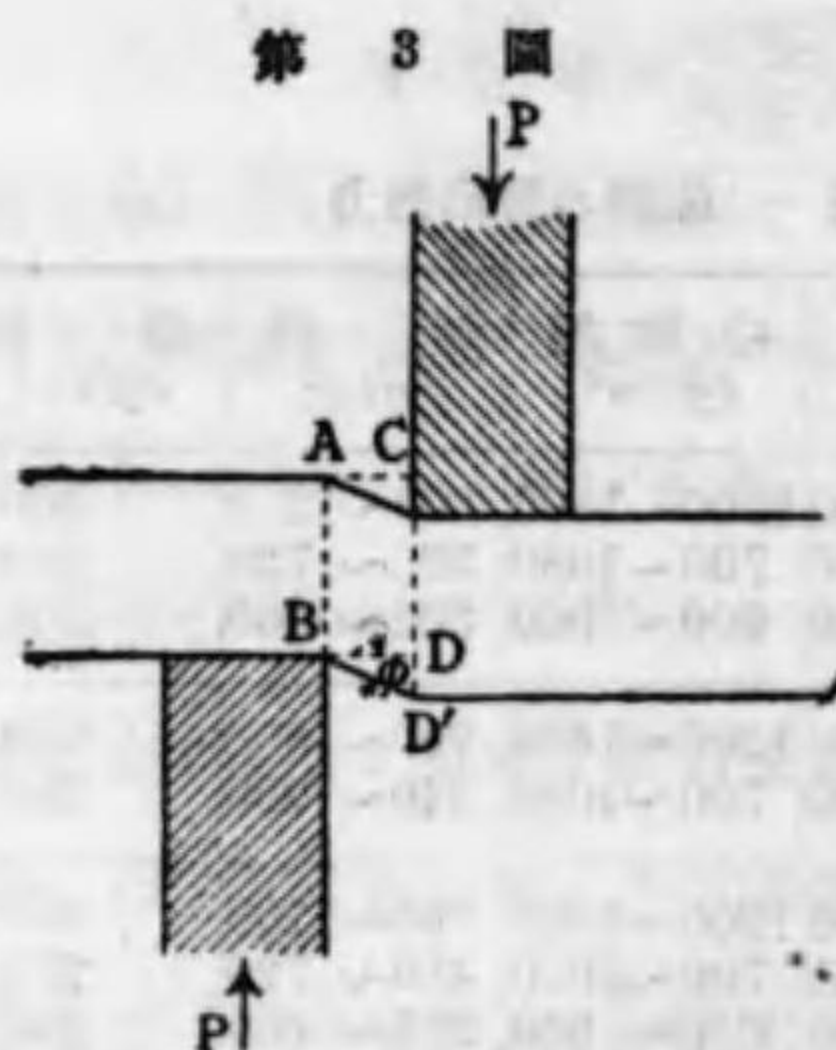
この  $E$  の事を弾性係數 (Modulus of elasticity) といひます。又次に述べる横弾性係數と區別する爲に縦斷性係數といふ事もあります。

鉄で紙を切る時や、打貫盤 (Punching machine) で鐵板に孔をあける時は、切斷せんとする面に直角に力を加へます。この力を剪斷力 (Shearing force) といつてゐます。剪斷内力の強さ  $f_s$  を表はすには、剪斷力  $P$  を剪斷力を受ける斷面積  $A$  で割つた商を用ひます。即ち

$$f_s = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(5)$$

第3圖のやうに、剪斷力  $P$  が働きますと、材料に歪を生じます。これまで説明した引張及び壓縮の際に歪を考へたやうに、剪斷の場合にも歪を考へ、その値として角  $\phi$  をとります。但し角  $\phi$  は  $< DBD'$  をラヂアンにて表した値で、 $BD$  は剪斷力を受けない前の位置で、 $BD'$  は剪斷力を受けてゐる時の位置であります。





第3圖 剪断内力の強さが弾性限界を越えない範囲では荷重を去ると歪もなくなります。縦弾性係数  $E$  を規定したのと同様に、剪断の時の弾性係数  $G$  を定義し、これを横弾性係数 (Modulus of rigidity) と呼びます。  $G$  を又剛性率と呼ぶ事もあります。

$$G = \frac{f_s}{\phi} \dots \dots \dots (6)$$

【例題】 10 ton の引張反復荷重に耐へ得る軟鋼丸棒の直径を求め。又 10 ton の剪断反復荷重が丸棒の軸に直角に作用するときの丸棒の直径を求め。

【解】 (1)より  $f_t = \frac{P}{\frac{\pi}{4}d^2}$   $\therefore d = \sqrt{\frac{4P}{\pi f_t}}$  第4表より  $f_t = 540 \text{ kg/cm}^2$

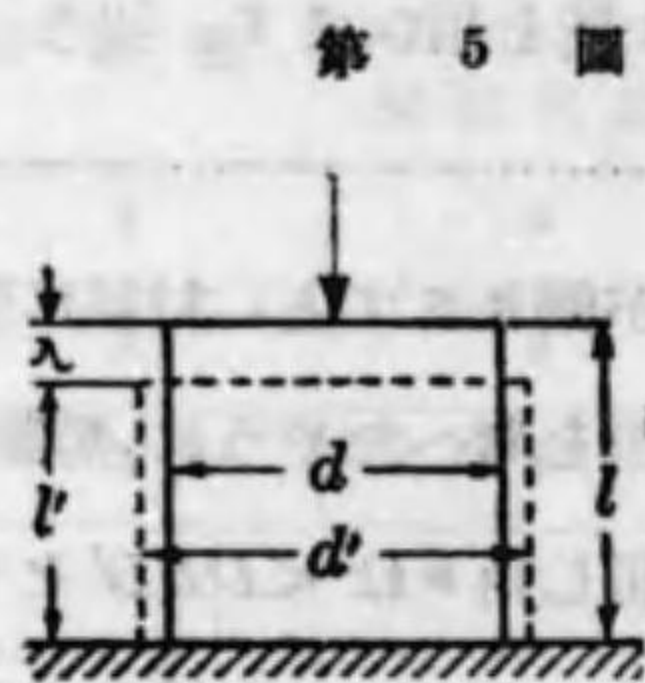
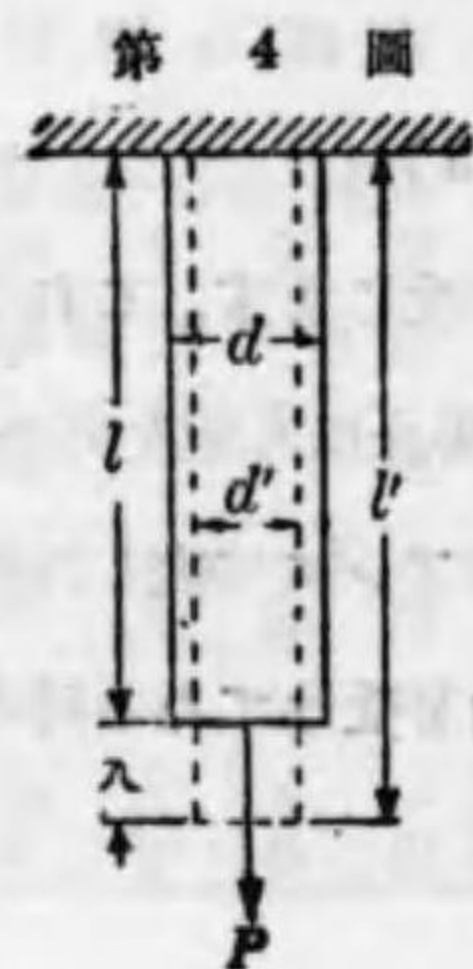
$$d = \sqrt{\frac{4 \times 10000}{\pi \times 540}} = 4.85 \approx 5 \text{ cm}$$

(5)より  $f_s = \frac{P}{\frac{\pi}{4}d^2}$   $\therefore d = \sqrt{\frac{4P}{\pi f_s}}$  第4表より  $f_s = 430 \text{ kg/cm}^2$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 10000}{\pi \times 430}} = 5.45 \approx 5.5 \text{ cm}$$

7. ポアツソンの比

物体が張力や圧縮力を受けると、物体は外力の働く方向に伸縮すると共にそれに直角の横の方向にも伸縮するものです。



たとへば第4圖に示す様に長さ  $l$  なる丸棒が張力  $P$  を受けると、長さは  $l'$  に伸張すると同時に直径は  $d'$  に収縮します。之と反対に、丸棒が第5圖の様に圧縮力  $P$  を受けると、長さ  $l$  は収縮して  $l'$  となり、直径  $d$  は伸

張して  $d'$  となります。前の場合の長さの変化を特に縦の歪 (Longitudinal strain) といひ、後者を横の歪 (Transversal or lateral strain) といひます。

実験の結果によれば、この両歪の比は、材料の種類によつて一定なる値をもつもので、これをポアツソンの比 (Poisson's ratio) と呼んでゐます。式で表はしますと、即ち

$$\text{ポアツソンの比} = \frac{\text{横の歪}}{\text{縦の歪}} = \frac{\frac{d-d}{d}}{\frac{l-l}{l}} = \frac{d-d}{l \cdot d \epsilon}$$

このポアツソンの比は、常に 1 より小であるから、この逆数をポアツソンの逆比 (Reciprocal of poisson's ratio) といつて、廣く使用されてゐます。今この値を  $m$  で表はせば

$$m = \frac{1}{\text{ポアツソンの比}} = \frac{\text{縦の歪}}{\text{横の歪}} = \frac{l \cdot d \epsilon}{d-d} \dots \dots (7)$$

$m$  は 2~4 で、軟鋼のそれは  $\frac{10}{3}$  です。今各種の材料に対する逆比の値を示すと、つぎの通りです。

第5表

材	料	$m$ の 値	材	料	$m$ の 値
硝	子	4.1	銅		3.0
鉛	鐵	3.7	セ	ル	ロ
軟	鋼	3.3	イ	ド	
眞	鍮	3.0	護	膜	2.0

8. 温度の變化による内力

鐵棒を熱して、その両端を固着した後、これを再び元の温度に冷却すれば棒は収縮せんとし、その内部に引張内力を生じます。即ち、物体はその温度の變化によつて、長さの膨脹または収縮を伴ふもので、その量は異常ならざる温度の範圍内においては、温度の差に比例するものであります。言ひ換へれば、 $t_0$  に対する長さ  $l$  と  $t$  に対する長さ  $l'$  との間には、つぎの關



係があります。

$$l' = l(1 \pm \alpha(l \sim t)) \dots \dots \dots (8)$$

この  $\alpha$  を線膨脹係數 (Coefficient of linear expansion) といひ、 $100^\circ\text{C}$  内外までにおけるこの値はつぎの通りです。

第 6 表

物 質	$\alpha$ の 値	物 質	$\alpha$ の 値
鋳 鉄	0.000011	セ メ ン ト	0.000014
軟 鋼	0.000012	白 金	0.000009
硬 鋼	0.000013	硝 子	0.000006~9
銅	0.000017	陶 器	0.000003
砲 金	0.000018	大 理 石	0.000002
眞 鍍	0.000019	ア ン ザ -	0.0000008
ニ ッ ケ ル	0.000013	超 ア ン ザ -	0.0000008

これと反対に、温度の變化に基く物體の膨脹收縮を外力を以て阻止する時は、壓縮内力を生じます。今こゝに長さ  $l$  といふ物體の兩端を固定して、その膨脹するのを阻止し、そして加熱するとすれば、自由に膨脹して保存すべき長さ  $l'$  のものを  $l$  にまで壓縮した時と、同一の内力を誘發することになります。

故に 内力  $f = E\alpha(l' - l) \dots \dots \dots (9)$

熱膨脹に基く内力は、燒嵌 (Shrinkage fit) などとして、これが利用せらるゝ場合もあるけれども、熱機關、汽罐その他熱を受ける機械は、部分的加熱度の差によつて、多大の内力を誘發し、そのために豫期しない損傷を起すことがありますから、注意しなければなりません。

〔例題〕 兩端が固定された軟鋼が、温度  $25^\circ\text{C}$  の變化に伴ふて生ずる内力如何。

但し  $E = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$  とす。

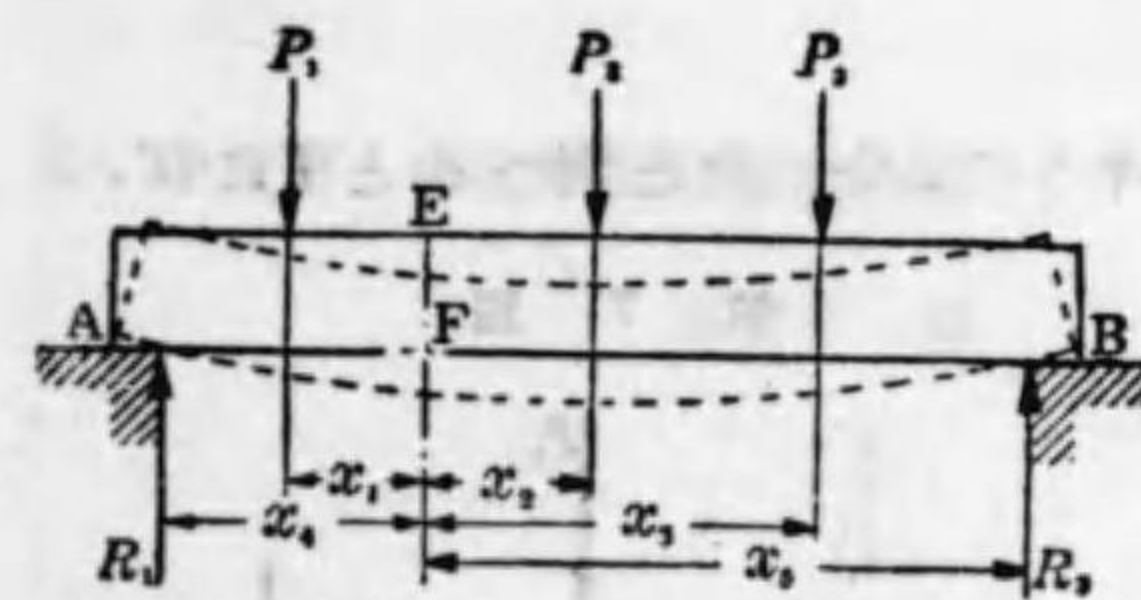
〔解〕  $f = 2,100,000 \times 0.000012 \times 25 = 630 \text{ kg/cm}^2$

第二章 梁

1. 梁に働く外力の釣合

梁 (Beam) とは、普通水平に置かれ、垂直方向から働く外力を支へる目的に使用される構造物の一部であつて、第 6 圖の  $AB$  がそれです。この

第 6 圖



梁は、軸に直角なる外力のために、曲げ (Bend) を起します。

梁に加はる荷重を  $P_1, P_2, P_3$  とし、兩端の支持部における反動力を  $R_1, R_2$  とすれば、梁が釣合を保つには、つぎの條件が必要であります。

- 第一、外力即ち荷重と、反動力とが釣合ふべきこと
  - 第二、任意の點に關する外力のモーメントが釣合を保つべきこと
- 以上の物體釣合の第一條件に照して、その合力が零であるべきことから

$$P_1 + P_2 + P_3 - R_1 - R_2 = 0 \dots \dots \dots (10)$$

$$\therefore P_1 - R_1 = -(P_2 + P_3 - R_2)$$

この式の左邊は断面  $EF$  の左側に働く外力の代數和<sup>(4)</sup>です。また右邊は断面の右側に働く外力の代數和で、しかもその全項に符號を附けたものです。この梁の任意の断面の左右いづれか 1 側に働く剪斷力を、その断面に働く剪斷力 (Shearing force) といひます。

つぎに物體釣合の第二條件に照して、この梁に働く外力のモーメントの代數和が零であるべきですから、断面  $EF$  の、力のモーメントは

$$P_1x_1 - P_2x_2 - P_3x_3 - R_1x_4 + R_2x_5 = 0$$

$$\therefore P_1x_1 - R_1x_4 = -(-P_2x_2 - P_3x_3 + R_2x_5)$$



されば、この式によつて、つぎの定理を得ることが出来ます。

梁の任意の断面の左右両側に働く外力のモーメントの代数和は相等しい。但し符號は相反する。

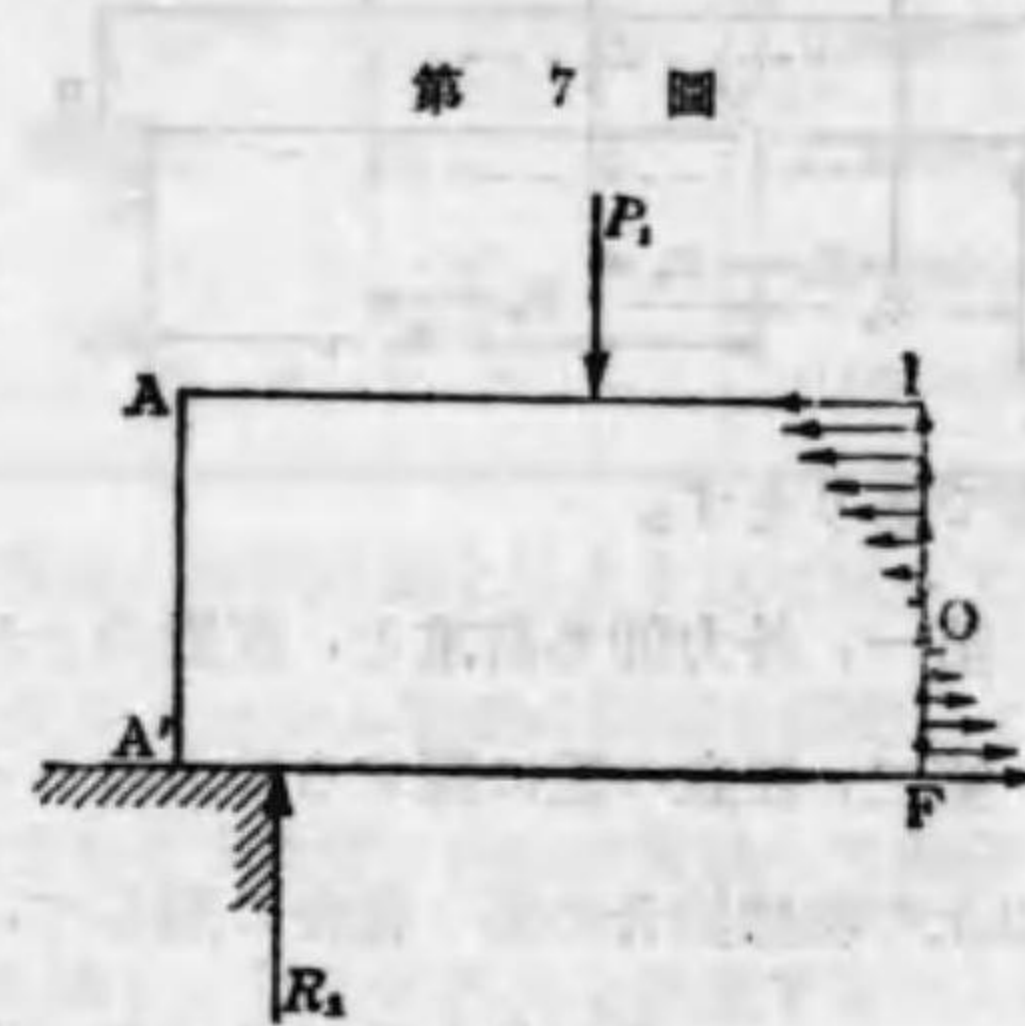
これを**曲げモーメント** (Bending moment) といふ。故に梁のある断面に働く曲げモーメントを求めるには、左右いずれか1側に働く外力のモーメントの代数和を得ればよいのです。

## 2. 梁に働く内力

今假りに、第6圖の梁を第7圖のやうに2分したと考へるとすれば、この部は $P_1$  及び  $R_1$  なる外力と、断面  $EF$  に働く内力とで釣合にあることとなります。しかし前述のやうに、断面  $EF$  に働く外力の影響は、剪断力と曲げモーメントとであつて、剪断力は断面  $EF$  に沿うて働くから、この断面に剪断内力を與へ、曲げモーメントは、この断面に回轉を與へるやうに働くので、その結果は、断面  $EF$  に直角に働く直働内力を與へます。

斯くの如く梁の任意の断面に働く内力は、1つはその断面に沿うて働く剪断内力と、1つはこれに直角に働く直働内力とで、この2種の内力の合成したる合内力が、その断面に働く力です。断面  $EF$  に働く直働内力は、その断面上のある點  $O$  に於ては零で、これより  $O$  を遠ざかるに従つて次第に大きくなります。

そこで、 $EF$  は外力の働く方向に平行であるから、これに働く内力と外力との釣合を考へれば、つぎの定理を得ることが出来ます。



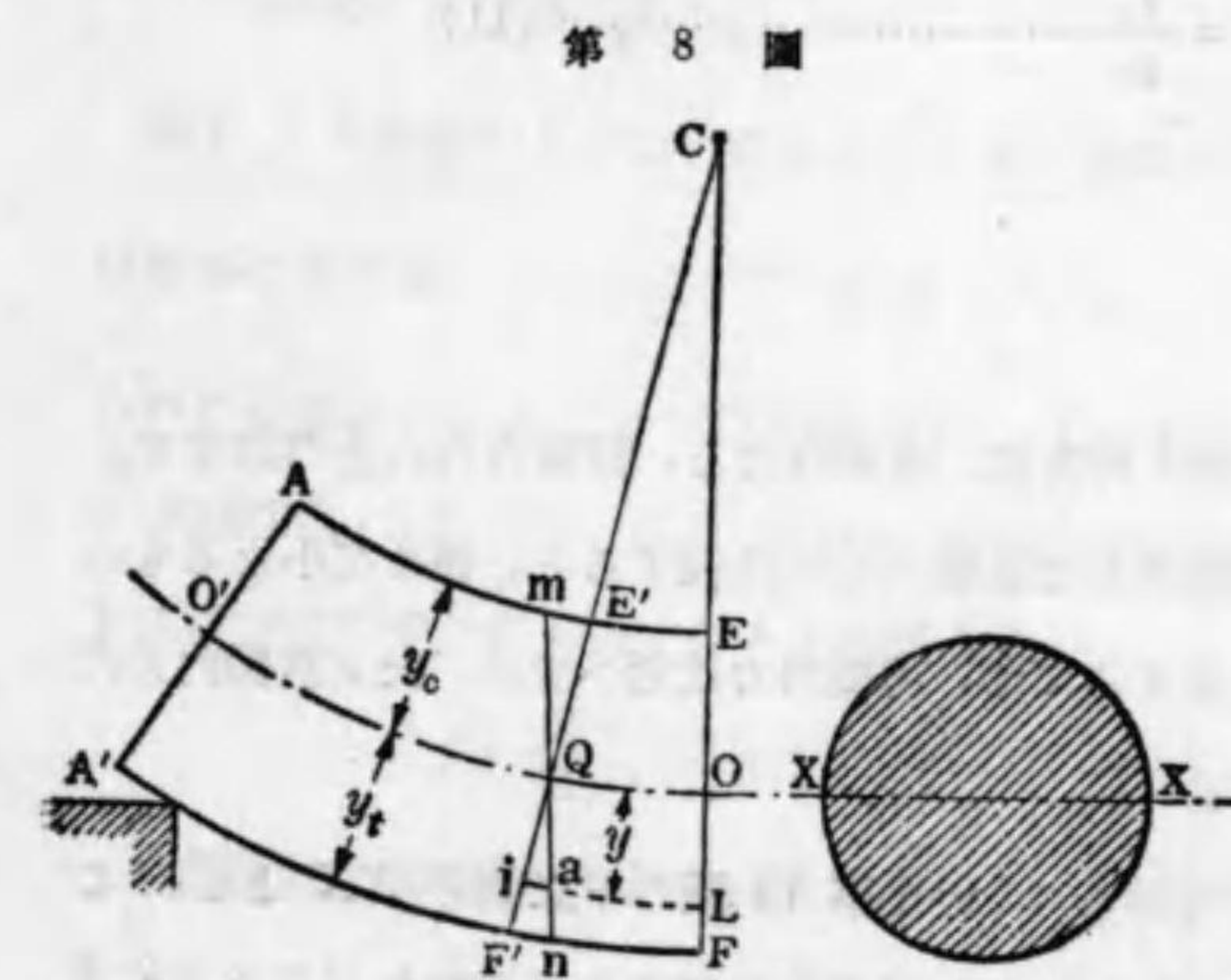
第7圖

梁の任意の断面に働く剪断内力の總和は、その断面に働く剪断力に等しい。つぎに梁の任意の断面に直角に働く直働内力モーメントの代数和は、その断面に働く曲げモーメントに等しい。

更に、外力はすべて断面  $EF$  に平行に働き、これに對して、直角なる方向に外力の働きはないのですから、つぎの定理を得る。

梁の任意の断面に直角に働く直働内力の代数和は零である。

## 3. 中立面、中立軸及び弾性曲線



第8圖

第8圖は第9圖に示した梁が外力のために彎曲した状態ですが、この2つの圖を比較する時は、彎曲のために梁の上面  $A$   $E$  は、元の長さよりも收縮し、下面  $A'F$  は元の長さよりも伸張し、この上下兩面に平行なる梁の各断面もまた夫々梁の上部に於て收縮し、下部に於て伸張したことが認められます。

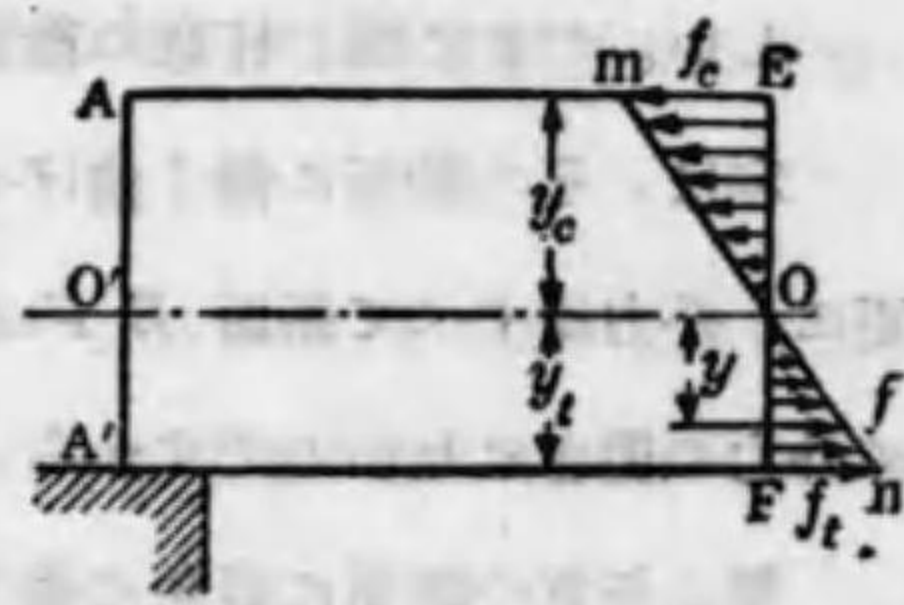
梁の上部が收縮して下部が伸張すれば、それらの中間に、收縮も伸張もしない断面の存在することは考へられる。で、 $OO'$  はこのやうな断面だとしてこれを**中立面** (Neutral surface) といひ、中立面と横断面との交り  $XX$  を**中立軸** (Neutral axis) といひます。又この面が外力を含む平面と交つて現す曲線を**弾性曲線** (Elastic curve) と呼びます。



いま材料の弾性限界を超えない範囲内の彎曲を考へるならば、フックの定律に従つて、内力は歪に正比例するからして断面  $E.F$  に直角に働く直働内力の大きさは、 $O$  からの距離に比例することになります。故に第 9 圖のやうに梁の上面に働く最大の壓縮内力を  $f_c$ 、 $F$  面に働く最大の引張内力を  $f_t$  とし、 $O$  より任意の距離  $y$  に働く直働内力を  $f$  とすれば、つぎの比例式が成り立つ。

$$\frac{f}{y} = \frac{f_t}{y_t} = \frac{f_c}{y_c} \dots\dots\dots(11)$$

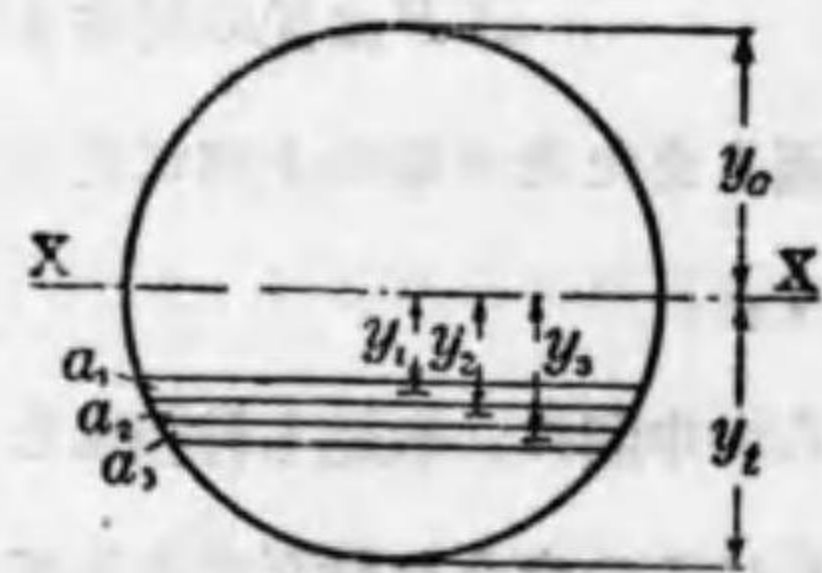
第 9 圖



### 4. 梁の強さ

梁のすべての横断面に働く内力は、直働内力と、剪断内力の合内力です。しかるに實際梁に働く剪断内力は直働内力に比較すると、極めて小なるものですから、梁の強さを計算するには、剪断内力は考へずに、たゞ直働内力だけを考へればよいのです。

第 10 圖



いま第 10 圖の中立軸を  $XX$  とし、これに平行して細分した面積を  $a_1, a_2, a_3$  とし、 $XX$  よりこの面積の各重心に到る距離を  $y_1, y_2, y_3$  とし、面積上に働く直働内力を  $f_1, f_2, f_3$  とすれば、面積上に働く内力の全量は  $f_1 a_1, f_2 a_2, f_3 a_3$  となります。

そこで、曲げモーメントを  $M$  とすれば

$$M = f_1 a_1 y_1 + f_2 a_2 y_2 + f_3 a_3 y_3 + \dots\dots\dots$$

となります。また中立軸  $XX$  に對するこの断面の慣性モーメントを  $I$  で

表はせば

$$M = f_t \frac{I}{y_t} \dots\dots\dots(12)$$

となる。即ち  $XX$  の片側は引張側であり、他側は壓縮側であり、 $f_t$  は引張側の最外側  $y_t$  の位置に働く最大の引張内力ですから、梁の引張側の強さをこの式を以て計算すれば安全です。

更にこの式を引張及び壓縮の區別を廢して、つぎの一般式に書き表はすことが出来ます。

$$\left. \begin{aligned} M &= f \frac{I}{y} \\ \text{従つて} \quad f &= \frac{My}{I} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13)$$

但し  $f$  は断面の上下いづれかの面に働く最大の引張或は壓縮内力、 $y$  は断面の中立軸よりその面までの距離ですから、 $\frac{I}{y}$  なる値は断面形の與へられたる梁については一つの定數です。この定數を断面係數 (Modulus of section) と名づけ、 $Z$  なる符號で表はすことになつてゐます。されば、上式はつぎのやうにも書くことが出来ます。

$$f = \frac{M}{Z} \dots\dots\dots(14)$$

断面圓形の梁に生ずる最大の曲げモーメントが  $M$  のとき、この梁の大きさを求めるには、14) 式にて  $f$  を許容内力  $f_0$  にとり  $Z$  を第 7 表より求めて

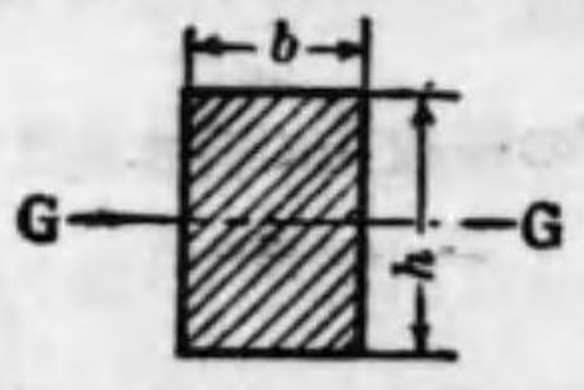
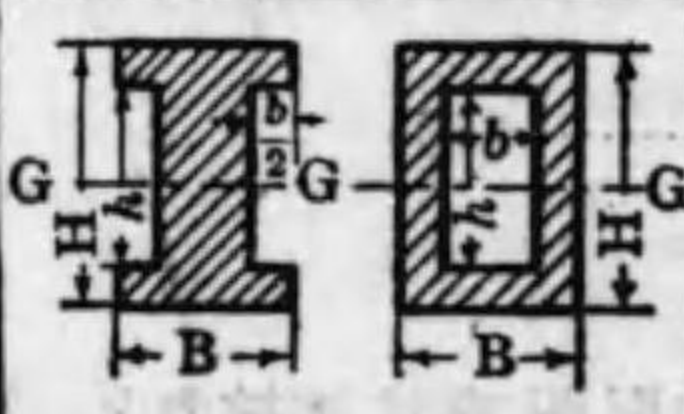
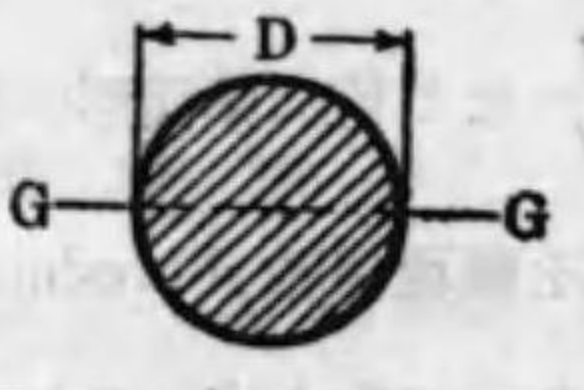
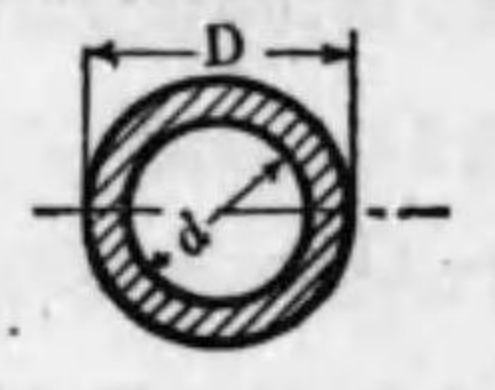
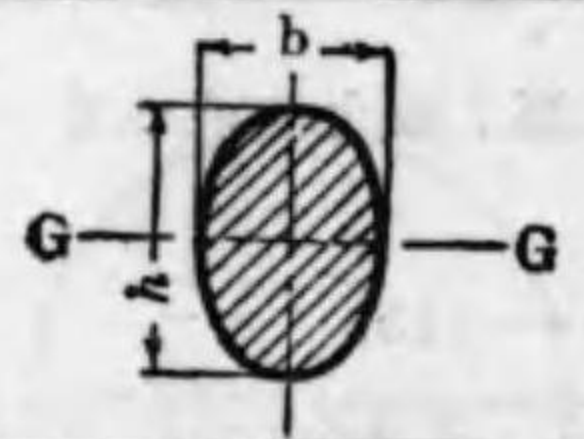
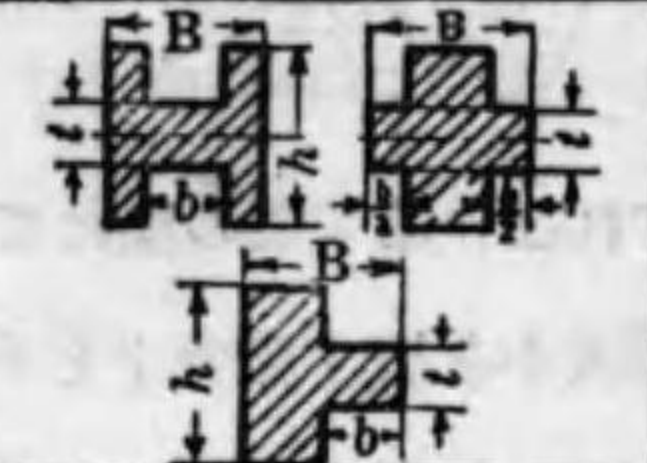
$$f_0 = \frac{M}{\frac{\pi}{32} D^3} \dots\dots\dots(15)$$

より  $D$  を求めればよい。

次に断面の慣性モーメントとは之を簡単に説明すれば、第 7 表の圖にて  $G$  を回轉軸としてこの断面を回轉するときの慣性の大小を表す數で之を  $I$  で表し、第 7 表の如き値を有するものであり、又その單位は  $cm^4$  で表はされます。(説明略す)



第7表 断面係数

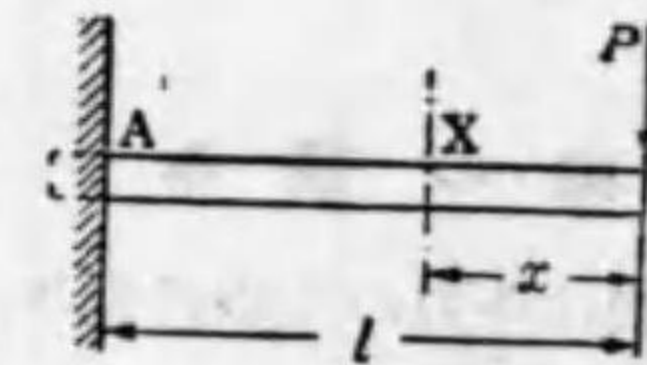
断面の形状	慣性モーメント I	断面係数 $Z = \frac{I}{y}$	断面積 A
	$\frac{1}{12}bh^3$	$\frac{1}{6}bh^2$	$bh$
	$\frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$	$\frac{1}{6}\left(\frac{BH^3 - bh^3}{H}\right)$	$BH - bh$
	$\frac{\pi}{64}D^4$	$\frac{\pi}{32}D^3$	$\frac{\pi}{4}D^2$
	$\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{32}\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right)$	$\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$
	$\frac{\pi}{64}bh^3$	$\frac{\pi}{32}bh^2$	$\frac{\pi}{4}bh$
	$\frac{1}{12}\{(B-b)h^3 + bh^3\}$	$\frac{1}{6}\left\{\frac{(B-b)h^3 + bh^3}{h}\right\}$	$Bh - b(h-t)$

5. 平等の強さの梁

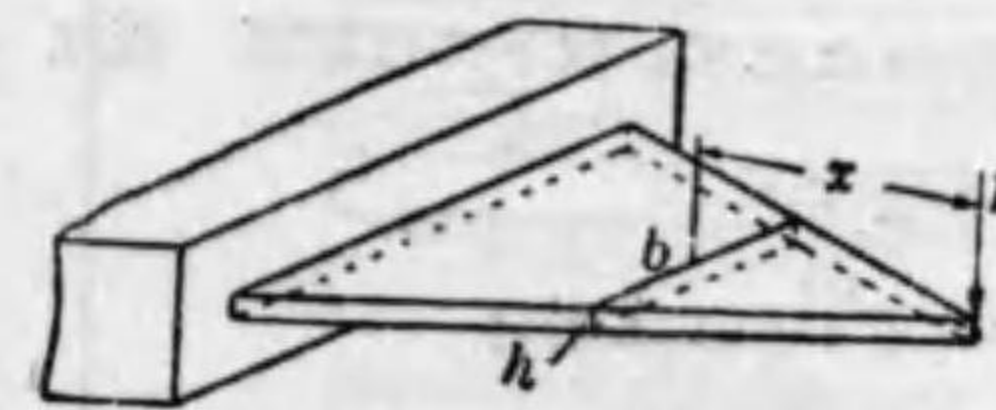
危険断面とは、曲げモーメントの最大に働く断面のことですが、いま梁のすべての断面を危険断面と同じ大きさに造る時は、危険断面以外の断面においては、梁は強すぎるわけでありませう。

最も理想的な梁は、梁の各断面に働く内力  $f$  が悉く等しいものでなければならない。いま梁の強さの公式 (14) について考へれば、各断面において  $\frac{M}{Z}$  なる値を一定値  $f$  に等しくすればよい。つまり  $M$  は各断面ごとに異なるものですから、それに伴つて  $Z$  もまた断面ごとに異ならしめればよいのです。

第 11 圖



第 12 圖



このやうな  $f$  の一定なる梁を平等の強さの梁 (Beam of uniform strength) といひます。

たとへば第 12 圖に示した 1 個の集中荷重  $P$  を有する片持梁<sup>(5)</sup>では、任意の断面  $X$  に働く曲げモーメント  $M$  は、 $M = Px$  であり、その断面の幅を  $b$ 、厚さを  $h$  とすれば、断面係数  $Z$  は第 7 表より、 $Z = \frac{bh^2}{6}$  ですから、 $\frac{M}{Z}$  を一定値に等しからしめるには

$$f = \frac{M}{Z} = \frac{6Px}{bh^2}$$

$$\therefore bh^2 = \frac{6P}{f} x \dots \dots \dots (16)$$

即ち、断面の幅  $b$  と、厚さ  $h$  とを  $x$  に関してこの關係に造れば、平等強さの片持梁になります。第 12 圖は、厚さを一定ならしめた場合の平等の強



さの片持梁で、上式から計算し得たものであります。

また第 13 圖は、板「ばね」を、兩端 支へられた梁として用ひ各断面に於ける強さを平等にした場合です。



第 13 圖

6. 梁の撓み

梁は外力のために歪み、中立軸は弾性曲線に沿うて彎曲し、外力を加へない前の中立軸と、これを加へた後の中立軸との間に位置の變化が起ります。この時、兩中立軸の距離を梁の撓み (Deflection) と呼びます。



第 14 圖

梁は其固定の仕方と荷重のかゝり方によつて種々の場合が考へられます。以下には断面一樣な梁について考へます。

- (イ) 梁が一端を固定され他端に集中荷重がかゝる場合
- (ロ) 梁が一端を固定され全體に一樣な荷重がかゝる場合
- (ハ) 梁が兩端を支へられて、真中に集中荷重がかゝる場合
- (ニ) 梁が兩端を支へられて、全體に一樣な荷重がかゝる場合
- (ホ) 梁が兩端を固定され真中に集中荷重がかゝる場合
- (ヘ) 梁が兩端を固定され全體に一樣な荷重がかゝる場合

以上の各々の場合を第 8 表に示しました。表中梁の全長を  $l$ 、集中荷重を  $W$ 、一樣な荷重がかゝるときには單位長につきての荷重を  $w$ 、梁の撓みを  $\delta$ 、梁の弾性係數及断面の慣性モーメントを、夫々  $E, I$  としました。第 8 表には又同時に起る最大曲げモーメント  $M$ 、及最大剪斷力  $F$  の値をも示しました。

第 8 表 梁に生ずる内力及最大撓み

梁の種類	最大曲げモーメント $M$	最大剪斷力 $F$	最大撓み $\delta$
	$lW$	$W$	$\frac{Wl^3}{3EI}$
	$\frac{lW}{2}$ ( $W = wl$ )	$W$	$\frac{Wl^3}{8EI}$ ( $W = wl$ )
	$\frac{lW}{4}$	$\frac{W}{2}$	$\frac{Wl^3}{48EI}$
	$\frac{lW}{8}$ ( $W = wl$ )	$\frac{W}{2}$	$\frac{5Wl^3}{384EI}$ ( $W = wl$ )
	$\frac{lW}{8}$	$\frac{W}{2}$	$\frac{Wl^3}{192EI}$
	$\frac{lW}{12}$ ( $W = wl$ )	$\frac{W}{2}$	$\frac{Wl^3}{384EI}$ ( $W = wl$ )



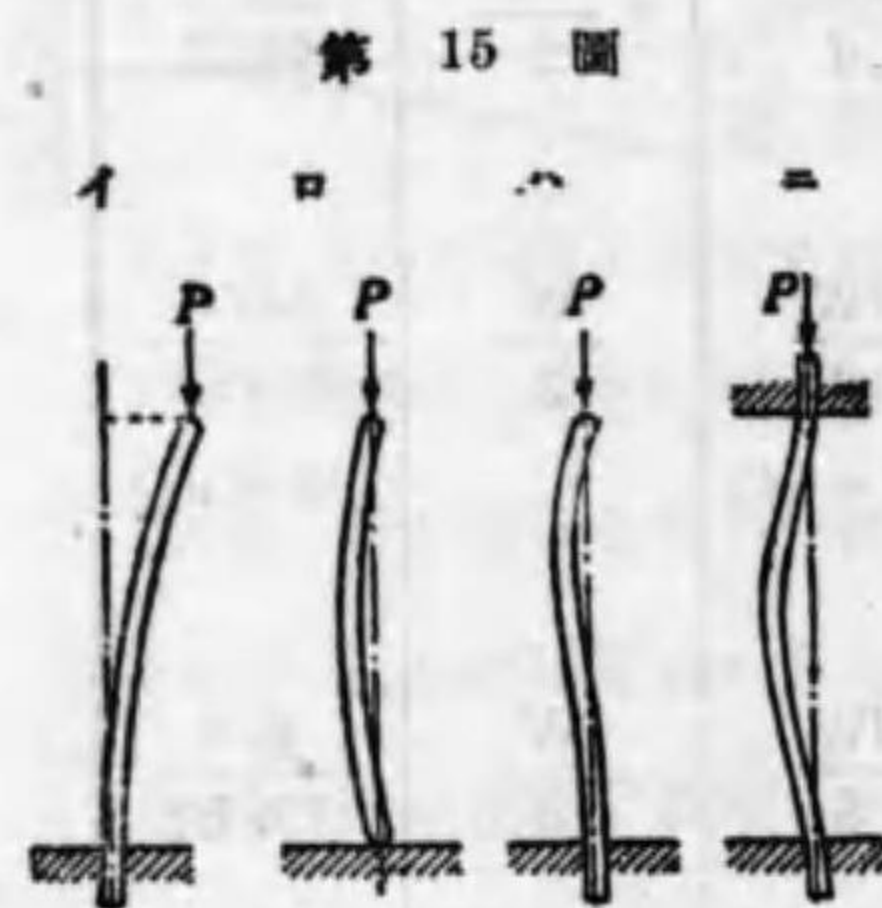
### 第三章 柱

#### 1. 柱

細長い棒は張力に対しては安定ですが、圧力に対しては不安定で、圧力を受ければ彎曲しやすい。そして力を増すに従つて、彎曲度が急に増加して、ついに破壊してしまいます。

圧力を受けて彎曲すれば、壓縮内力と同時に彎曲内力をも誘發します故、單に壓縮内力のみを生ずる場合に比べて、著しく弱くなる道理であります。鐵橋や、鐵骨建築物の組子が、太く丈夫に出來てゐるのは、これがためであります。このやうに、圧力を受ける細長い棒を柱 (Column) または突張り (Strut) といひます。

柱は、その兩端の状況によつて、第 15 圖のやうに 4 種に區別されます。



第 15 圖

- イ、一端が固定され、他端が自由に動き得る柱
- ロ、兩端が支へられた柱
- ハ、一端が固定され、他端が柱の軸方向にのみ動く柱
- ニ、兩端が固定された柱

#### 2. オイレルの公式

第 16 圖は、第 15 圖の(イ)に相當する柱で、長さ  $l$  なる長い柱の一端  $A$  を固定し、自由端  $B$  に荷重  $P$  を加へ、これを段々増加して行く場合を考へるに、 $P$  が或限度を越えると棒は荷重に耐えられなくなつて左圖の如く曲つてしまいます。之を屈身 (Buckling) といつてゐます。



第 16 圖

この曲るときの荷重  $P$  は次の式で表はされます。

$$\text{イ, } P = \frac{\pi^2}{4} \frac{EI}{l^2} \dots\dots\dots(17)$$

この式をオイレルの公式 (Euler's formula) といひます。式中  $E$  は柱の彈性係數、 $I$  は柱の斷面の最小の慣性モーメントであります。

第 15 圖の他の場合に関しては夫々次の公式があります。

$$\text{ロ, } P = \pi^2 \frac{EI}{l^2} \dots\dots\dots(18)$$

$$\text{ハ, } P = 2\pi^2 \frac{EI}{l^2} \dots\dots\dots(19)$$

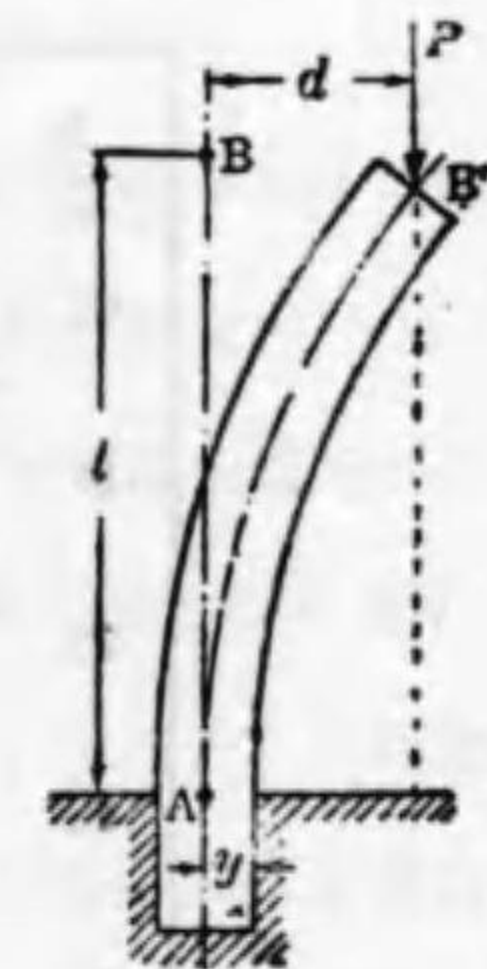
$$\text{ニ, } P = 4\pi^2 \frac{EI}{l^2} \dots\dots\dots(20)$$

#### 3. ゴルドン・ランキンの公式

オイレルの公式は、柱を極めて細長いものとして、彎曲作用のみを考へて作つたものですから、ごく細長いものでなければ應用が出來ません。柱の眞の強さは壓縮と彎曲との兩作用を同時に考へて計算しなければならない。

第 17 圖は、第 16 圖と同じ柱であるとすれば、長さ  $l$  なる柱の彈性曲線が初め  $AB$  であつて、それが  $P$  なる壓力を受けて彎曲し、 $AB'$  のやうになつたとします。 $P$  を壓力、 $E$  を彈性係數、 $I$  を慣性モーメント、 $l$  を長さ、 $k$  を回轉半徑とすれば、上述の 4 つの式は次の様に表はされます。

この式はゴルドンによつて導かれ、ランキンによつて補正されたので、これをゴルドン・ランキンの公式 (Gordon Rankine's formula) といはれてゐます。



第 17 圖



$$\text{イ, } P = \frac{fA}{1 + 4a\left(\frac{l}{k}\right)^2} \dots\dots\dots(21)$$

$$\text{ロ, } P = \frac{fA}{1 + a\left(\frac{l}{k}\right)^2} \dots\dots\dots(22)$$

$$\text{ハ, } P = \frac{fA}{1 + \frac{a}{2}\left(\frac{l}{k}\right)^2} \dots\dots\dots(23)$$

$$\text{ニ, } P = \frac{fA}{1 + \frac{a}{4}\left(\frac{l}{k}\right)^2} \dots\dots\dots(24)$$

以上兩式の選定について一言すれば、オイレルの式は、柱が彎曲内力のみを生じ、壓縮内力を伴はないとの假定のもとに誘導されたので  $\frac{l}{k}$  の値が 150 以上の場合に適合し、ランキンの式は彎曲及び壓縮兩内力が、同時に存在するものと考慮して誘導したもので、前者に比べて短く  $\frac{l}{k}$  が 150 以下の場合に適合するものであります。而して  $\frac{l}{k} > 150$  なることは、實際上稀なことですから、後の方がはるかに實用的の公式であります。

つぎに實驗上から求めた諸材料の破壊内力  $f$  と、定數との値を示す。

第 9 表

材 料	破壊壓縮内力 $f$ $kg/cm^2$	$a$ の 値
鋳 鉄	2530	$\frac{1}{9000}$
軟 鋼	3380	$\frac{1}{7500}$
硬 鋼	4920	$\frac{1}{5000}$
鋳 鉛	5620	$\frac{1}{1600}$
木 材	506	$\frac{1}{750}$

## 第四章 振 れ

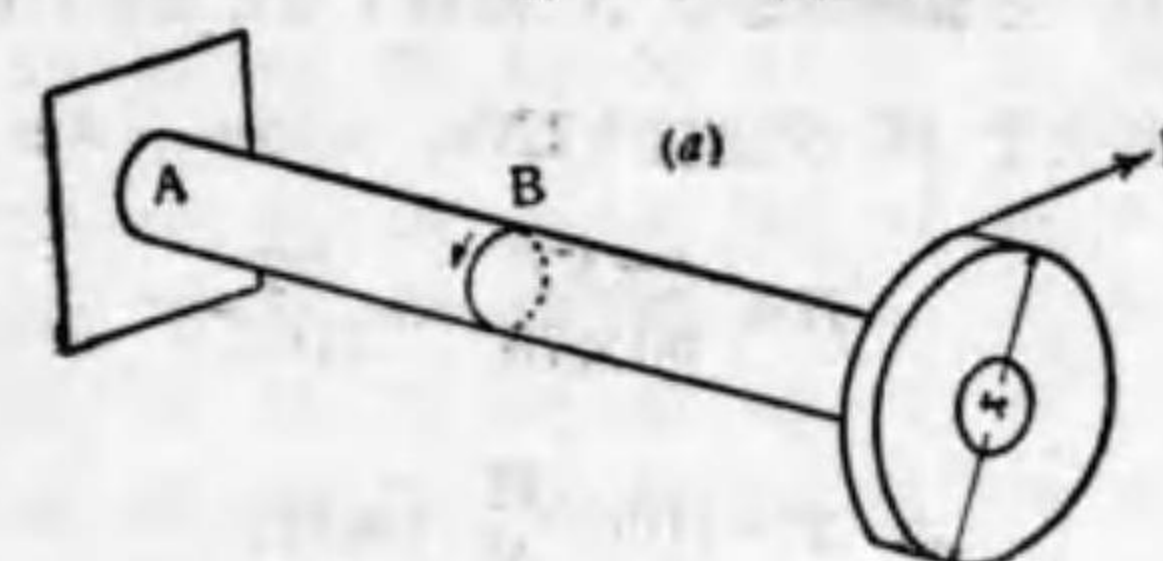
### 1. 振 れ

第 18 圖のやうに、丸棒の一端を固定して、他端に回轉力  $P$  を加へますと、棒が振れ (Torsion) を受けます。傳動軸や、機關の主軸などは、これと同じ理で、軸線を中心として振れ作用を受けます。

第 18 圖(a) は、回轉力

第 18 圖

$P$  を直径  $x$  の調車に加へて丸棒を振る場合であつて、モーメント  $\frac{x}{2} P$  を振



りモーメント (Twisting

moment) またはトルク (Torque) といつてゐます。



また同圖の (b) は、丸

棒上の一母線  $AB$  が振れて  $AC$  の位置をとつた場合を示し、軸心に對して振れた角  $\theta$  を振れ角 (Angle of twist) といひます。

弾性限界内においては、角  $\phi$  及び振れ角  $\theta$  は、共に振りモーメントに正比例し、且つ振れ角は棒の長さ  $AB$  に比例します。

振れにおける單位の歪とは、弧  $BC$  を長さ  $l$  で割つた値、即ち  $\phi rad$  をいひます。材料が振りモーメントを受ける際に誘起せる内力は、軸を中心とした圓周方向に働く剪斷内力であつて、その強さは中心において最小値零を示し、中心を離れるに従つて次第に増大し、最外周に至つて最大値となります。

これらの内力は、中心に對して夫々モーメントを形成し、モーメントの總和は、外力による振りモーメントに抵抗して釣合ふのであつて、これを抵抗モーメントと稱へます。



今この軸の直径を  $d$  cm 捩りモーメントを  $T$  cmkg, この軸の剪断内力を  $f_s$  kg/cm<sup>2</sup> とすれば軸の強さに関しては次の公式があります。(説明略す)

$$T = f_s \cdot \frac{\pi d^3}{16} \quad \dots\dots\dots (25)$$

但  $T = \frac{x}{2} P$

2. 捩りを受ける傳導軸の直径の定め方

前節の傳導軸が毎分  $N$  回轉するとき、其直径の大きさを求めます。  
傳達馬力を  $H$ , 角速度を  $2N\pi$ , 力のモーメントを  $T$  mkg とすれば

$$H = \frac{2\pi NT}{60 \times 75} = \frac{NT}{716.3}$$

$$\therefore T = 716.3 \frac{H}{N} \text{ (mkg)}$$

$$\therefore T = 71,630 \frac{H}{N} \text{ (cmkg)} \quad \dots\dots\dots (26)$$

(25 式と(26)式を等置して  $d$  を求めるのですが、この際  $T$  の単位を必ず等しきものにする事を忘れてはいけません。

$$f_s \cdot \frac{\pi d^3}{16} = 71,630 \frac{H}{N}$$

$$\therefore d = 71.5 \sqrt[3]{\frac{H}{f_s N}} \text{ (cm)} \quad \dots\dots\dots (27)$$

軸の毎分回轉数は同一工場でも可成りの相違があるが、大體の値を示すと、機械工場で 150~300, 紡績工場で 300~400 であります。

上には剪断内力を使つて軸の大きさを求めましたが、軸の剛さを使つて軸の大きさを求める事があります。例へば傳導軸の長さ 1m に付 0.25 度の捩れを許すとして軸の大きさを求めたのが第10表の値です。(27)式より求めた値と大した相違はありません。例へば100馬力を傳へる傳導軸、毎分200回轉するときの軸の直径はこの表より 105mm あればよい事になります。(軸が捩りと曲げの兩方を受けるときの計算は第100頁参照)

第 10 表 傳動軸の馬力、回轉數及直径

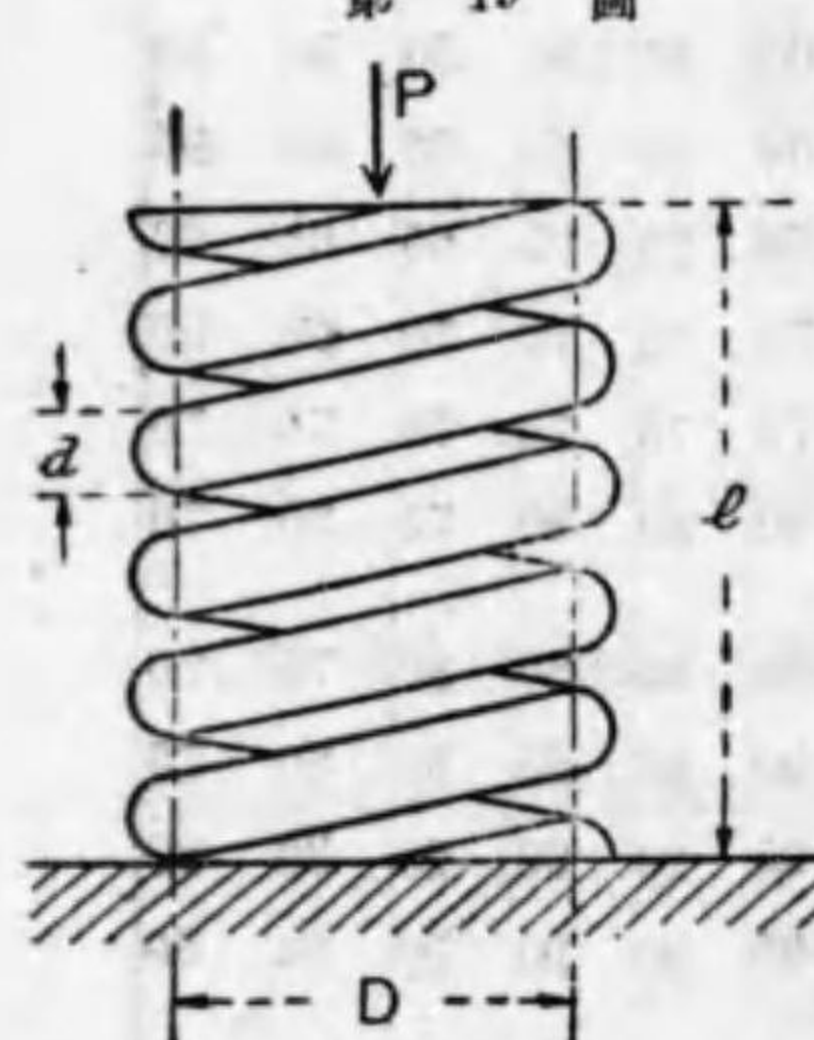
馬力數	毎分の回轉數 $N$														
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	225	250	275	300	350	400
1-2	55	50	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	35	35	30
2-3	60	55	55	50	45	45	45	40	40	40	40	40	40	40	35
3-4	65	60	60	55	50	50	45	45	45	40	40	40	40	40	40
4-6	75	70	60	60	60	55	50	50	50	50	45	45	45	45	40
6-8	80	70	70	65	60	60	50	50	50	50	50	50	50	50	45
8-10	85	75	70	70	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	45
10-14	90	80	75	70	70	65	60	60	60	55	55	50	50	50	50
14-18	95	80	75	75	70	70	65	60	60	60	55	50	50	50	50
18-20	100	90	85	80	75	75	70	70	70	65	65	60	60	55	55
20-25	105	95	90	85	80	75	70	70	70	70	70	65	65	60	60
25-30	110	100	95	90	80	75	75	75	75	70	70	70	70	65	60
30-40	120	110	100	95	90	80	80	80	80	75	75	75	70	70	70
40-50	130	110	105	100	95	85	85	85	85	80	80	80	75	70	70
50-60	130	115	105	105	100	90	90	85	85	80	80	80	80	75	70
60-70	140	125	115	110	105	95	90	90	90	90	85	85	80	80	75
70-90	150	135	120	115	110	105	95	95	95	95	90	90	90	80	80
90-120	160	145	135	125	120	115	110	105	105	95	90	90	90	90	80
120-150	170	150	135	135	120	120	115	110	110	110	105	100	100	95	90
150-175	175	155	145	140	130	120	120	115	115	110	110	105	105	100	95
175-200	180	165	150	140	135	130	130	125	120	115	110	110	110	105	100
200-225	185	170	150	145	140	135	135	130	125	120	115	115	110	110	105
225-250	190	175	160	150	145	140	135	135	125	125	120	115	115	110	105
250-275	195	180	165	155	150	145	140	135	130	130	125	120	115	115	110
275-300	200	180	170	160	155	145	140	140	135	130	130	125	120	115	110
300-350	205	185	175	165	160	150	145	140	140	135	130	130	125	120	115
350-400	215	195	180	170	165	155	150	145	140	140	135	130	130	125	120
400-450	220	200	185	175	170	160	155	150	145	140	140	135	130	130	125
450-500	225	205	190	180	170	165	160	155	150	145	140	140	135	130	125



3. 巻巻バネ

弾力の強い鋼の丸又は角線を圓筒形に巻いたものを巻巻バネ (Coil Spring) といひ、汽車や電車の車臺を支持し、安全弁や調速機に取付けて作動させるものです。第 19 圖に於て線の直径を  $d$  耗、コイルの平均直径を  $D$  耗、有効巻数を  $m$ 、取付荷重を  $P$  耗、取付寸法を  $l$  耗、バネの壓縮量を  $\delta$  耗、このバネの製造寸法を  $l_0$  耗、ロードスケール(取付荷重を壓縮量で割つたもの)を  $f$  耗/耗バネの横弾性係数を  $G$  耗/耗<sup>2</sup>とすれば、次の公式があります。

第 19 圖



$$\delta = \frac{8mD^3P}{d^4G} \dots\dots(2)$$

普通には  $G=8000\text{kg/mm}^2$  です。

$$\text{又 } f = \frac{P}{\delta} \dots\dots(29)$$

$$\therefore f = \frac{1000d^4}{mD^3} \dots\dots(30)$$

(30 式で  $d, D, m$  を適當に選んで  $f$  を求める事が出来ます。又製造寸法  $l_0$  を定めるには (29) 式に  $f, P$  を代入して  $\delta$  を求め

$$l_0 = l + \delta \dots\dots(31)$$

バネは普通密着した時其内部に生ずる剪断内力  $f$  が、 $60\text{kg/mm}^2$  以下である様に設計します。而してバネが密着した時の全荷重  $P$  がコイルの中心に作用するとすればバネの條線にかかるトルク  $T \text{ kg/mm}^2$  は(25)より

$$T = P \cdot \frac{D}{2} = \frac{\pi}{16} d^3 f_s$$

$$\therefore f_s = \frac{P \cdot \frac{D}{2}}{\frac{\pi}{16} d^3} \leq 60 \dots\dots(32)$$

バネの密着寸法を求める時の全巻数  $m_0$  は

$$m_0 = m + 1 \dots\dots(33)$$

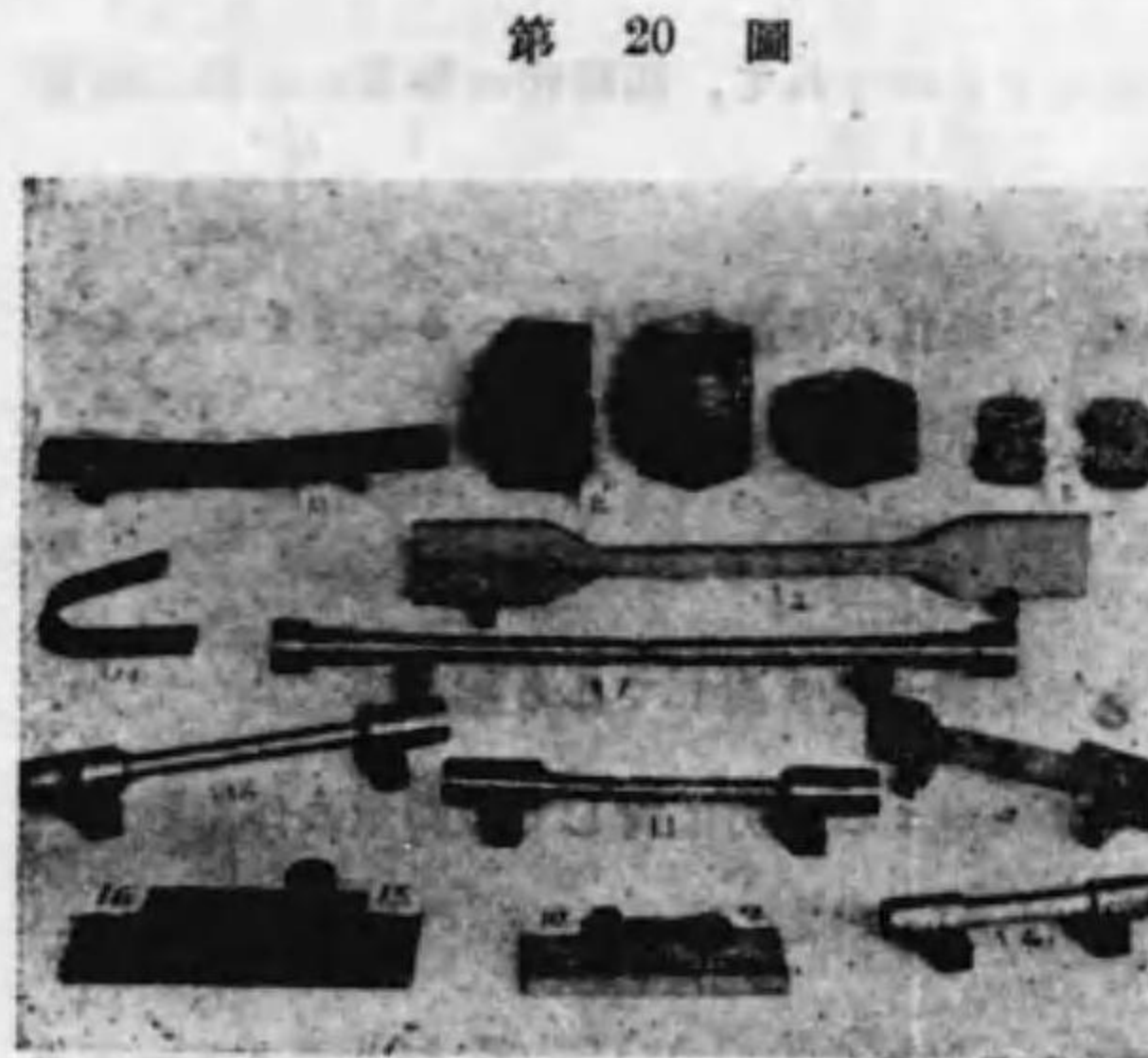
とするのが普通です。

第五章 材料試験

工業諸材料は、その種類、形状、大小、温度などによつて種々の内力を誘發し、それに應じて種々の歪を起し、或は弾性を保有し、或は弾性を失つて永久變形を起し、または疲れを生ずることもあり、時には破砕するやうになることもあります。そこで、與へられた材料の試験を行ふ必要があります。これが材料試験です。

たとへば引張試験をするには、一定の形状の試験片 (Test piece) をつく

各種材料試験片



1. 軟鋼, 引張り試験片
2. 杉材, 同上.
3. アルミニウム板, 同上.
4. 輕合金 (アルミニウム 88, 12) 鋼 同上.
5. セメント, 同上.
6. セメント, 壓縮試験片.
7. 檜材, 同上.
8. 樺, 同上.
9. 軟鋼, 同上.
10. 鑄鐵, 同上.
11. 鑄鐵, 捻り試験片.
12. 軟鋼, 同上.
13. チーク材, 彎曲試験片.
14. 軟鋼平鐵, 屈曲試験片.
15. 眞鍮, 硬度試験片.
16. 銅, 同上.

り、それに張力を與へ、同時にその延長量を測定して、外力と變化、内力と歪との關係を測定するもので、この試験 (Test) はあらゆる材料試験の最も根本的なものです。

試験に外力を與へる方法には、水壓力を以てするもの、ねちを以てするもの、振子を以てするもの、挺子を以てするものなど、種々雑多です。



## 用語解説

- (1) **材料試験機** 材料の強さを試験する機械で、松村式萬能試験機が知られてゐます。
- (2) **フック (Robert hooke)** 弾性に関して名高い法則を唱へたこの人は、イギリスの實驗物理學者で、光や天體の運動を研究し、晴雨計を發明し、時計を改良しました。(1635—1703)
- (3) **焼嵌め** 齒車其他の回轉體を心棒に固く確實に取付けるには、回轉體の孔と心棒を共に圓錐形に切削して押し込み、キーで止めればよい。然しこの押し込む爲には普通大變な力と大變な装置とを必要とする。焼嵌めは孔のある方を熱して孔を大きくして心棒に嵌め込む方法で、温度が下るにつれて、回轉體は簡単に心棒に確實に固着するものである。
- (4) **代數和** 力の向きの異なるに従つて、正負の符號を附け加へることをいふのです。即ち、假に下向きの力を正號の力とすれば、上向きの力は負號の力であつて、かくして加へることを意味します。
- (5) **片持梁** 一端が固定せられたのみで他端が張り出してゐる梁の事
- (6) **集中荷重** 水壓等の如く平面に一樣にかゝる壓力に對して、荷重の作用點が一點である場合の荷重の事。
- (7) **オイレル (Leonard Euler)** スキスの數學者で、1741—66年までフリードリヒ大王に聘せられて、ベルリンに駐在した。微分學、積分學に權威ある著書を遺し、また物理學、天文學方面にも大きな業績をのこしました。晩年、兩眼とも失明しましたが、生涯研究と著述に精進したといはれます。

## 第四篇 機械設計

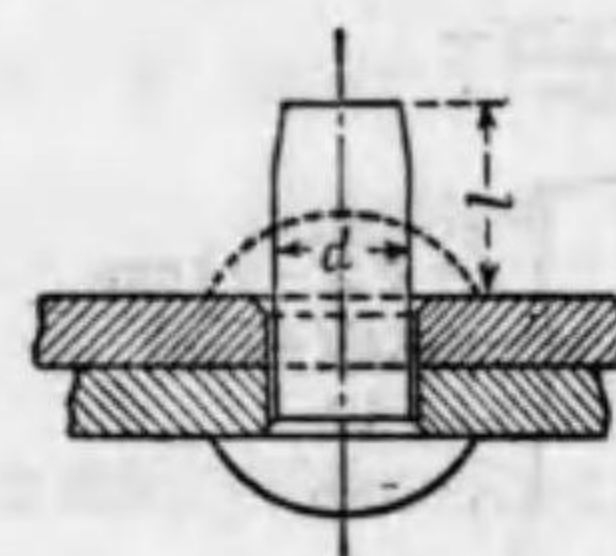
## 第一章 鈔

## 1. 鈔と其の種類

橋梁とか瓦斯タンク、蒸氣罐、建築骨格などのやうな構造物は、單一のものではない。みな鋼板を鈔 (Rivet) で接ぎ合せたものであります。このやうに、鈔で鋼板を接ぎ合せた時、その接手を鈔接手 (Rivet joint) といひ、その操作を鈔を打つといつてゐます。

この鈔接手の特長は、一旦接合した以上、永久に分離されないことです。

第 1 圖

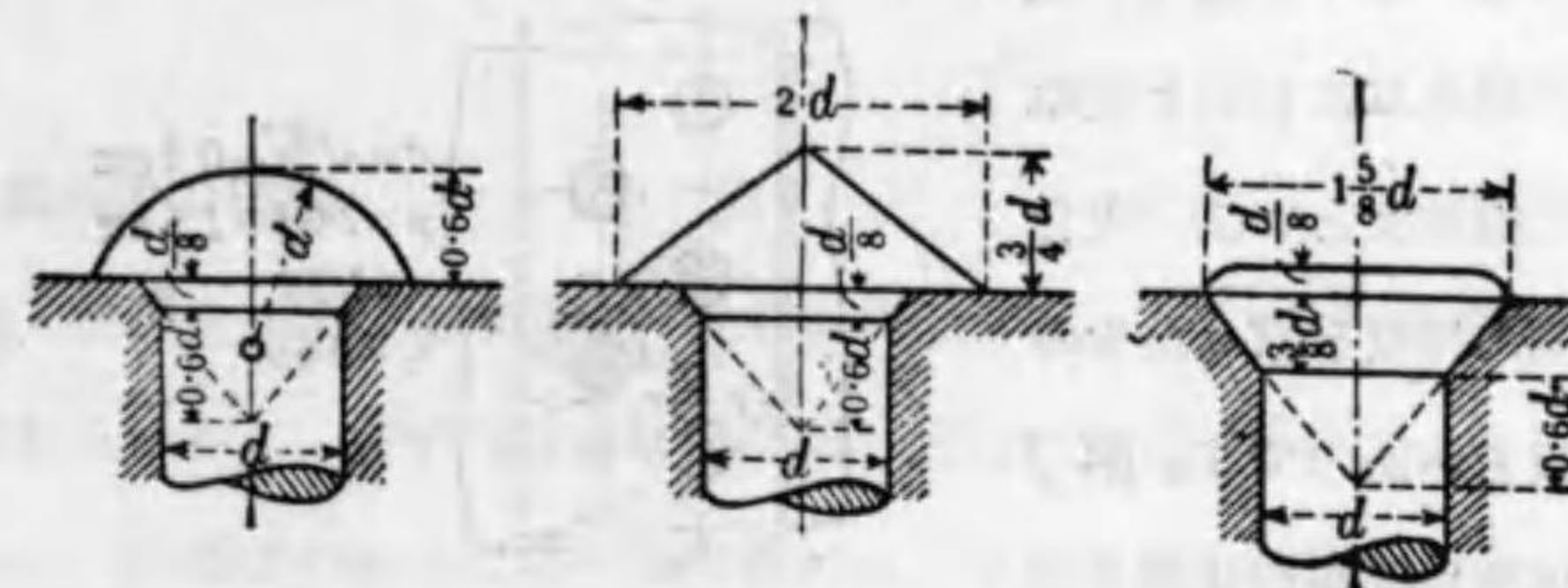


第 1 圖は、鈔接手の一例で、板を重ねて、それに鈔身の直径  $d$  より  $1\text{mm}$  ばかり大きな直径の孔をあけ、鈔を差し込み、板から長さ  $l$  だけ突き出たところを點線で示したやうにつぶして孔をふさぎ、同時に片一方の頭を作ります。

$l$  は大體直径  $d$  の  $0.25 \sim 0.75$  倍とすればよろしい。鈔を打つには、銅や眞鍮、または直径  $8\text{mm}$  以下の鋼鈔は常溫のまゝで打ちますが、それ以上の鋼鈔は、赤熱したものを打ちつけます。

鈔は板と同じものか、またはそれ以上の良質の材料を用ひます。また鈔の種類は使用する場所によつて違ひますが、最も普通に用ひられるものは、第

第 2 圖

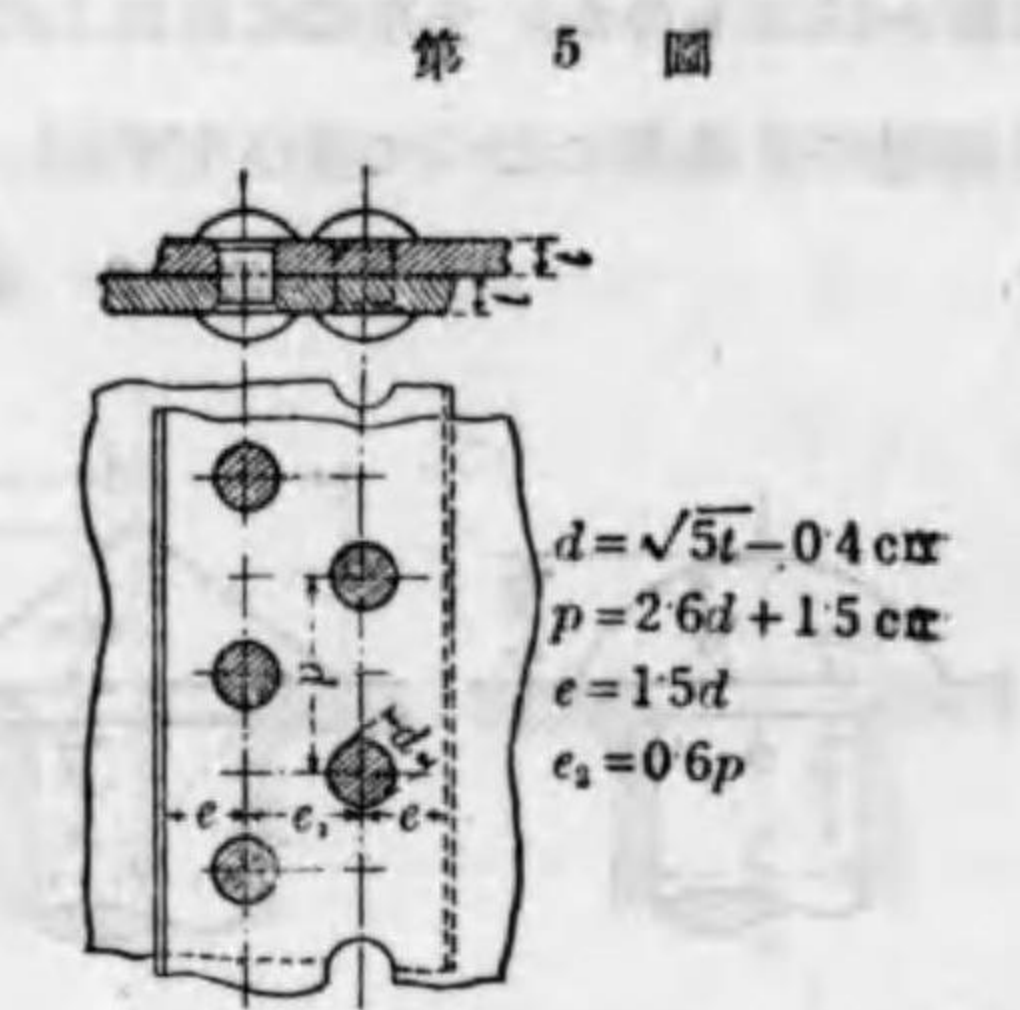
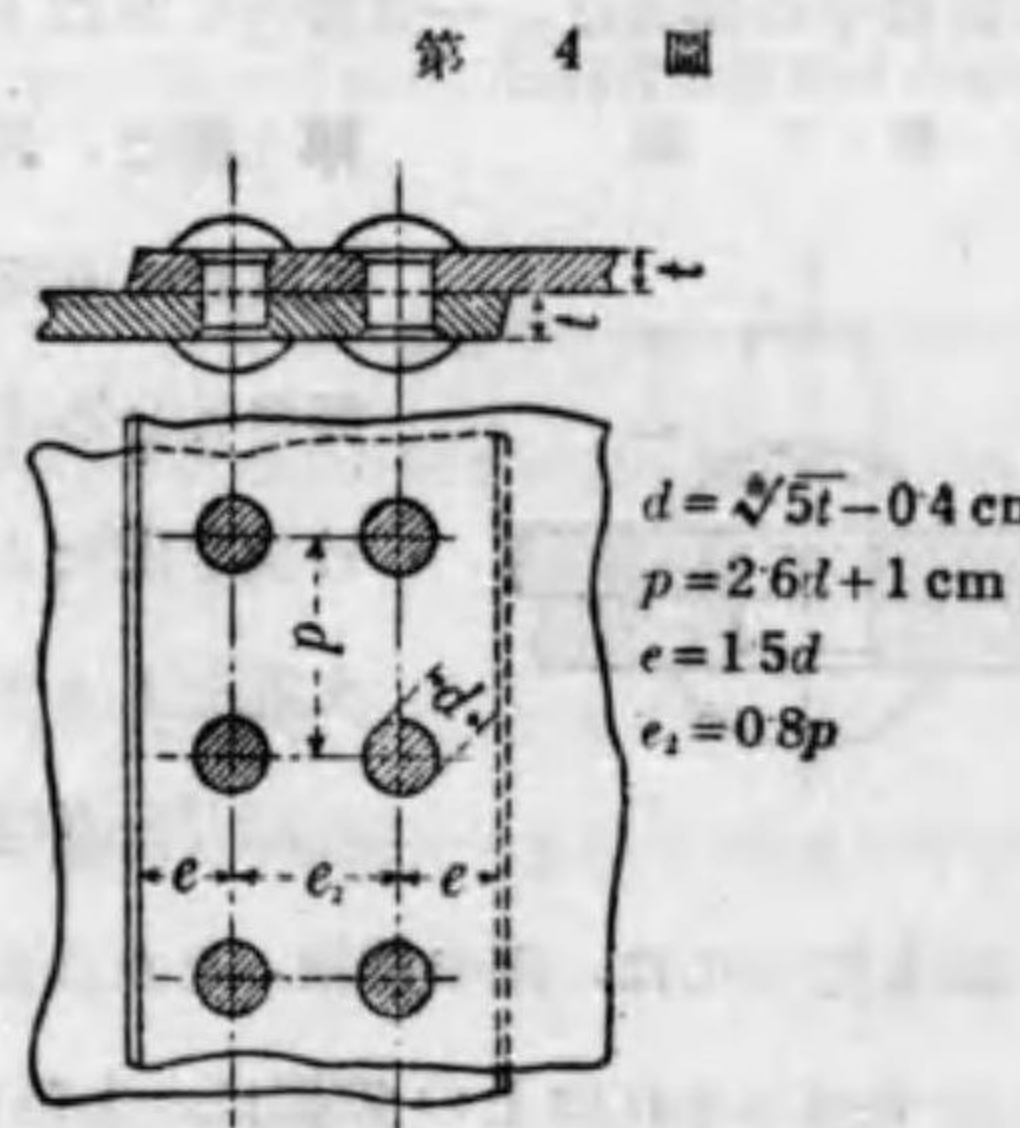
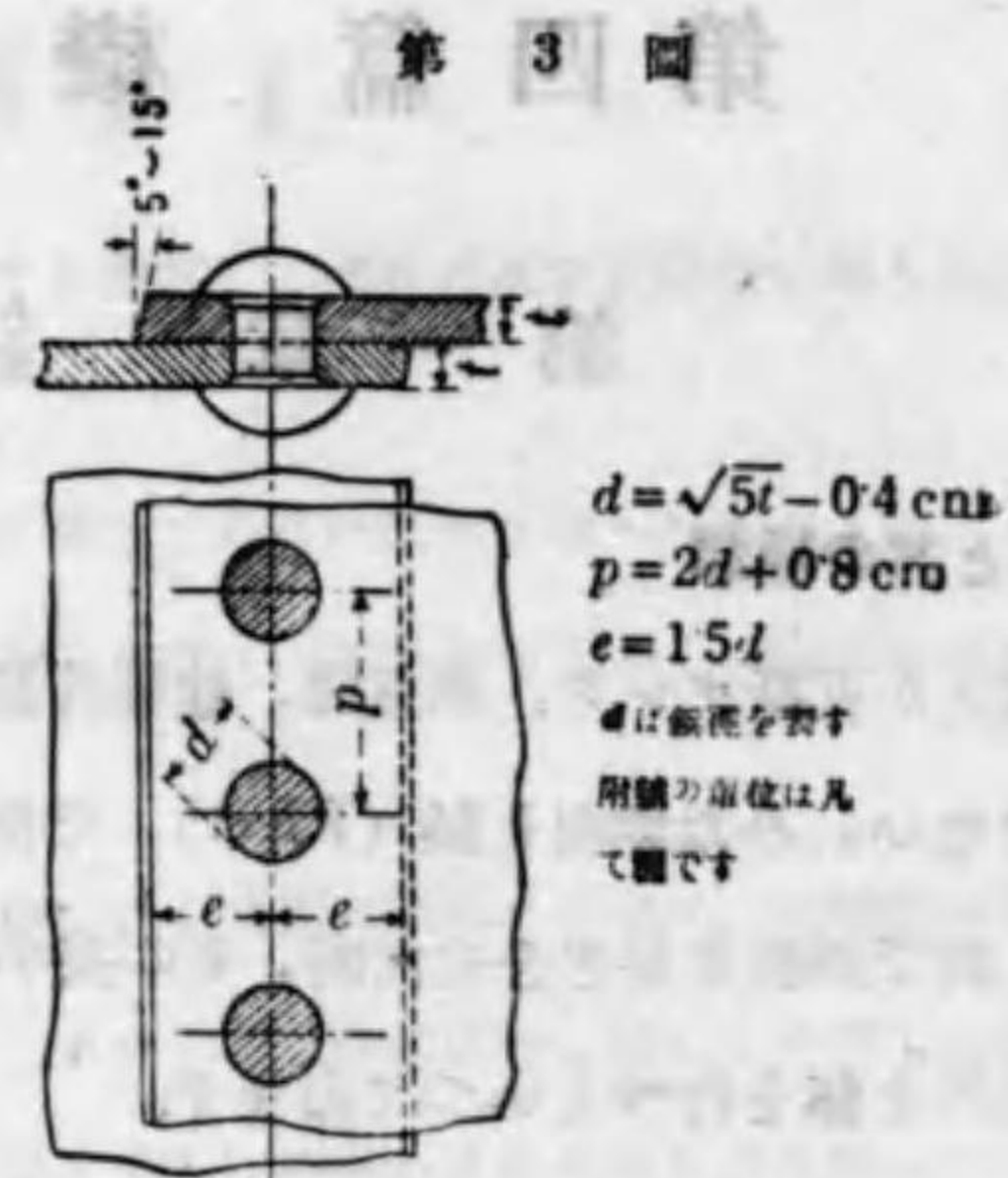




2圖の如きものです。このほかに工場鉄、現場鉄といふ區別があります。たとへば大きな橋梁などは、工場で組立て、持つてゆくわけにはゆかないので、細かく分けて現場へ輸送し、そこで組立てるため、工場もの、現場もの、別があるわけです。

2. 鉄接手の実際

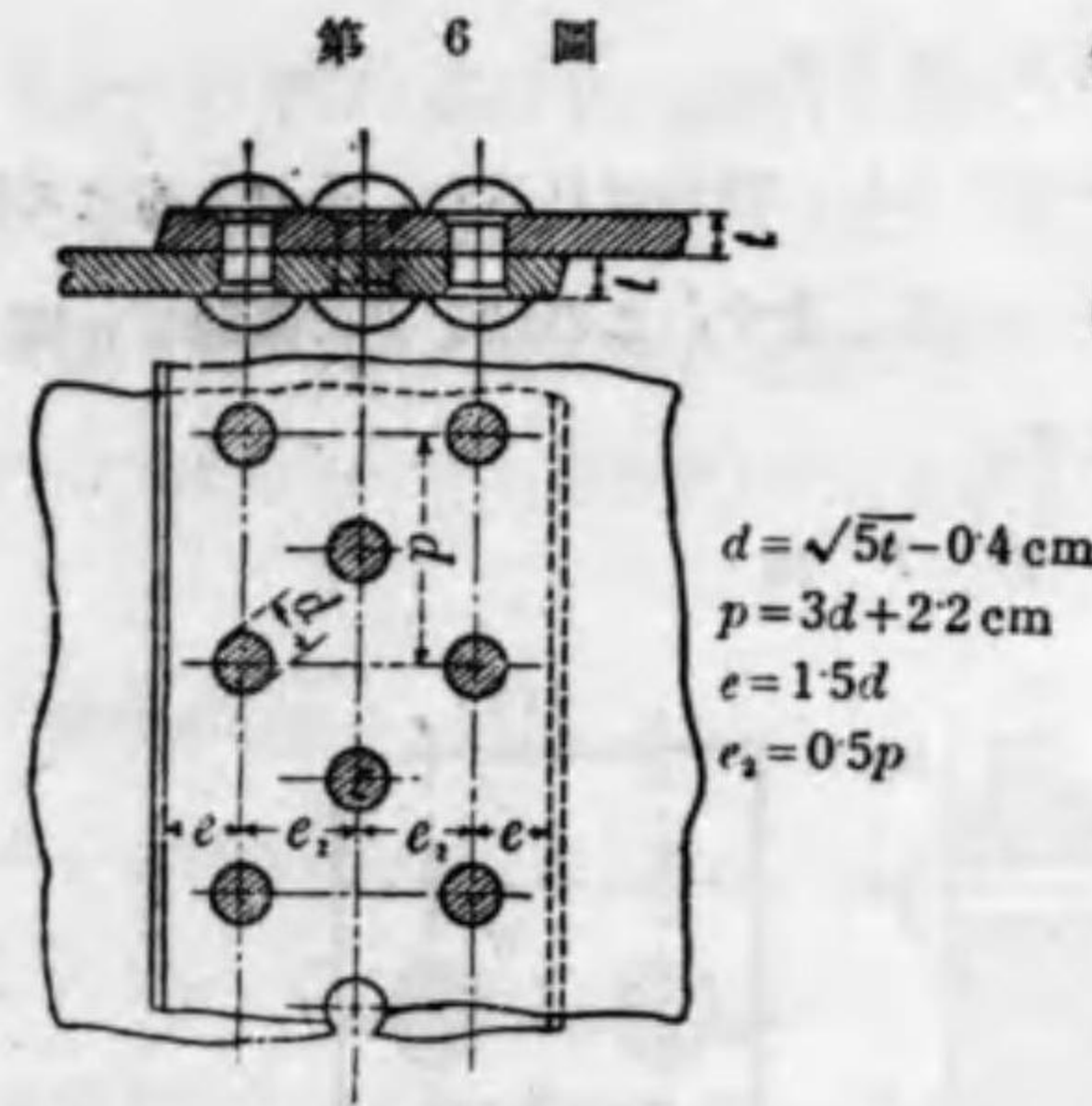
鉄を打つには、板の合せ方によつて2種に區別されます。一つは重ね接手といひ、板の端を重ね合せて鉄で接ぎ合せたもので、第3圖~第6圖までがそれです。もう一つは突合せ接手といひます。これは板の端を突き合せ、その合せ目に目板を重ね、この目板と板とを鉄で接ぎ合せた接手で、目板の数によつて2種類になります。即ち、突合せ目の片側のみに目板を重ねたものを片側目板といひ、突合せ目の両側に目板を重ねたものを両側目板といふのです。第7圖(B)は両側目板突合せ接手の



例です。

つぎに鉄の配列ですが、これには3種類があります。即ち

- (1) 一列鉄接手 第3圖に見るごとく、一列の鉄によつて板を接ぎ合せたものです。
- (2) 二列鉄接手 二列並べて鉄を接ぎ合せたもので



す。これには第5圖のやうに、一方の列の鉄が他方の列の鉄の間にあるものと、第4圖のやうに二列の鉄が並んでゐるものとの2種類があります。前者を千鳥型鉄締、後者を平行型鉄締といひます。

- (3) 三列鉄接手 鉄を三列に並べて板を接ぎ合せたものです。これにも千鳥型と、平行型の別があります。

なほ鉄の接手の各部には、つぎのやうな名がついてゐます。

- (1) ビツチ (Pitch) 相隣る二列の鉄の中心間の距離のこと。
- (2) 横ビツチ 一つの列の鉄の中心線と、隣の列の鉄の中心線との距離
- (3) 筋違ビツチ 一つの鉄の中心から、筋違にある鉄の中心までの距離
- (4) ラップ 板を重ね合せた時、一方の板の縁と他の板の縁との距離、つまり板の重なりをいふ。
- (5) マージン 板の縁から最初の列の鉄の中心線までの距離をいふ。

3. 鉄接手の破壊

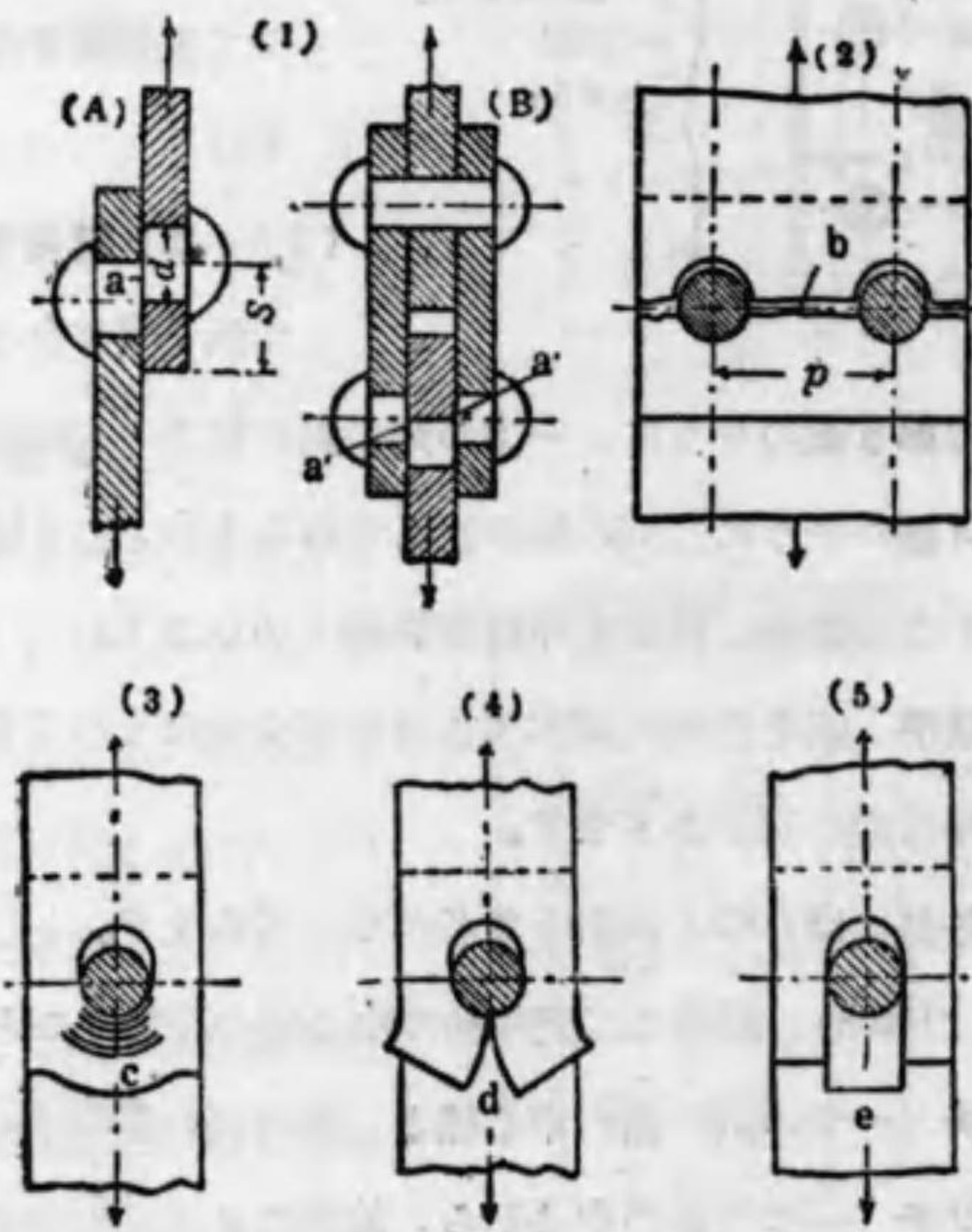
鉄で接ぎ合せた2枚の板の、最も弱い部分といふものは、接手の部分です。なぜかといふと、接手の部分は鉄を差し込むため孔があけてあるからです。だから、鉄接手の強さを考へる場合には、孔をあけた部分の強さが、板を引



張る力に勝つやうに設計すればよいのです。

接手が破壊されるのは、鉄が切れるか、板が破れるか、それともこの両方が同時に破壊した場合のどれかに相当します。この点を更に區別し、圖で示せばつぎの五つの場合があります。

第 7 圖



- (1) 鉄が板の合せ目で切断される。これを鉄が剪断されたといひます。これには二つの場合がある。一つは (A) のやうに一ヶ所 a で切れる場合で、これを単一剪断といひ、他の一つは (B) のやうに二ヶ所 a' で切れる場合で、これを二重剪断といひます。
- (2) 板が鉄と鉄との間で b のやうに引き破られます。
- (3) 鉄または鉄に接する部分が c のやうに押しつぶされます。
- (4) 板の縁が d のやうに裂けます。
- (5) 板の縁が e のやうに剪断されて押し出されます。

しかし、実際に鉄接手が破壊する時は、このやうに判然と區別されるものではなく、非常に複雑なものですから、設計するには鉄と鉄との間の板の部分、鉄と板の縁との間の部分、筋違になつてゐる鉄の間の板の部分の強さが、接手に加はる力に打ち勝つやうにすればよいわけです。

#### 4. 鉄接手の割合と効率

鉄の直径は板の厚さから算出され、鉄のピッチは鉄の直径から定められます。だから、鉄の直径が大きければピッチが大となり、鉄の間が廣くなつて、蒸気罐や壓力空氣溜のやうな場合には、其漏洩を完全に防ぐことは困難です。

故に、鉄の直径やピッチを定める場合には、單に接手を丈夫にするといふことだけでなく、漏洩のことも考へなければなりません。

$d$  (鉄の直径),  $t$  (板の厚さ),  $p$  (ピッチ),  $f_t$  (板の引張強さ)

$f_s$  (鉄の剪断強さ),  $f_c$  (板及び鉄の壓縮強さ) (54頁参照)

とすれば、重ね接手の鉄の直径は

$$\frac{\pi}{4} d^2 f_s = dt f_t$$

$$d = 1.27 \frac{f_t}{f_s} t$$

となります。又  $f_c$  は  $f_s$  の略2倍ですから

$$d = 1.27 t \times \frac{2}{1} = 2.54 t$$

鉄は、重ね接手の場合は一ヶ所、突合せ接手の場合は二ヶ所で剪断されますから、後者の鉄の直径は前者の半分でよい。そこで、突合せ接手の鉄の直径は

$$d = 2.54 t \times \frac{1}{2} = 1.27 t$$

となります。しかし、これらの算式から得た鉄の直径は、最大の場合であつ



て、單に板を接ぎ合せさへすればよいといふ場合には、そのまま用ひます。

このやうに、鉄接手を施した板の最も弱い部分は、鉄孔をあけた部分ですが、この弱い部分の強さと、完全な部分の板の強さとの比を**接手の効率** (Efficiency of rivet joint) といつてゐます。

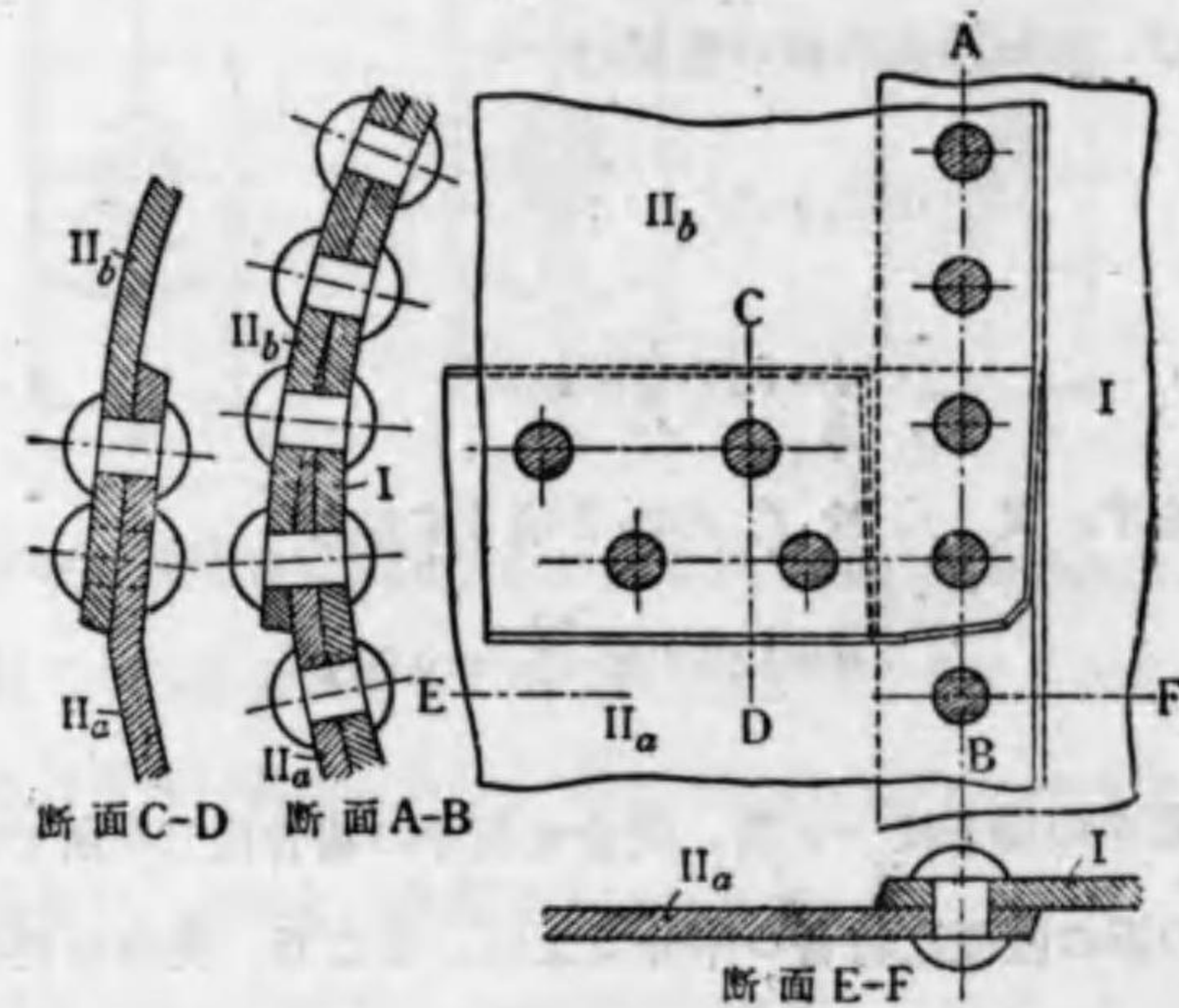
第7圖(2)において、鉄の間の板の強さは  $(p-d)lf_i$  であり、これに對して完全な板の強さは  $plf_i$  ですから、接手の効率は、つぎのやうな式で表はすことが出来ます。

$$\text{接手の効率} = \frac{100(p-d)lf_i}{plf_i} = \frac{100(p-d)}{p} \%$$

5. 複雑な鉄接手と熔接

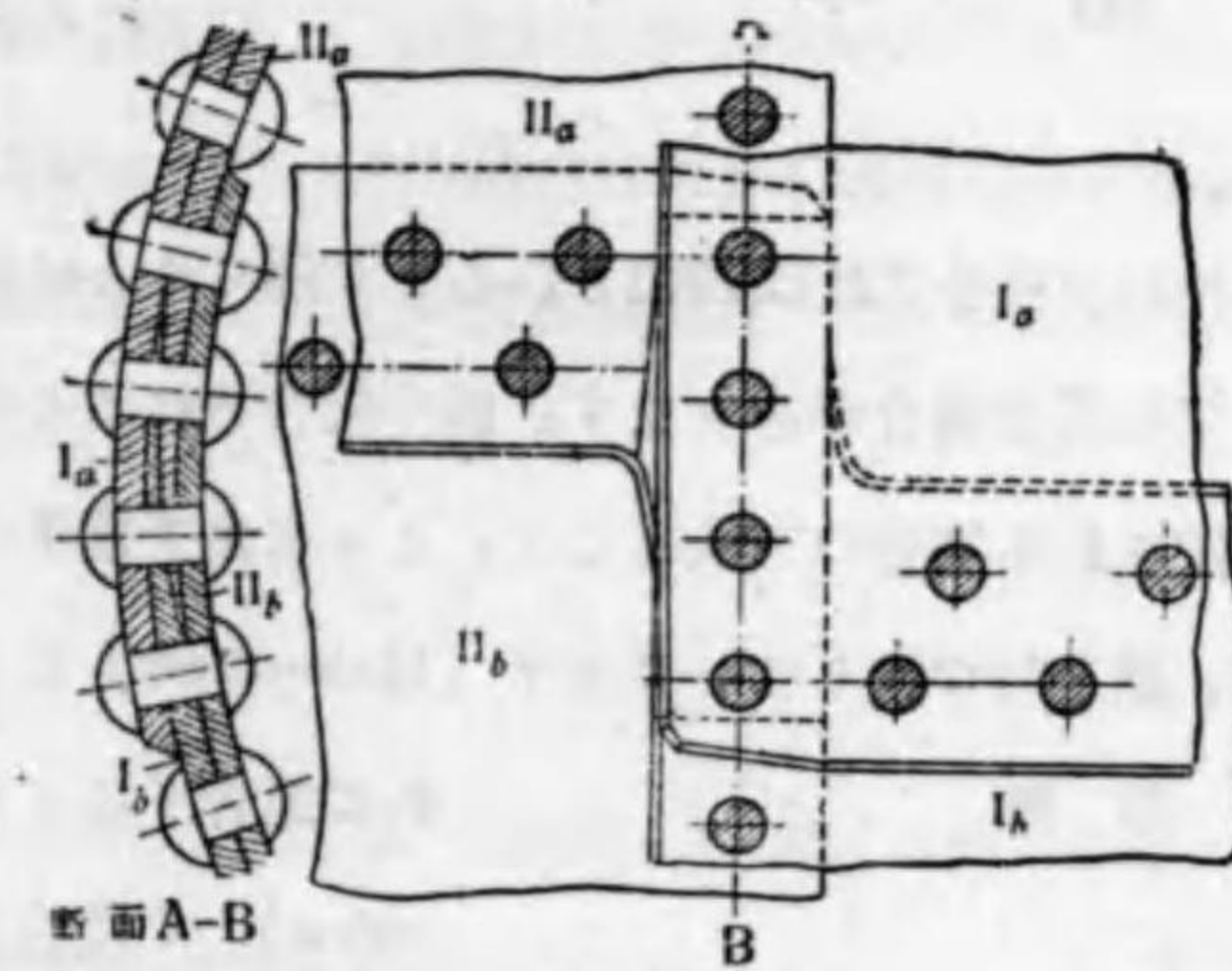
鉄の基本的な打ち方は以上の通りですが、接合するものゝ形状とか、位置とか、または目的などによつて、多種多様です。

第 8 圖



最も複雑なものゝ一二を挙げれば、第8圖、第9圖に示す通りです。即ち第8圖は罐胴の縦横の3枚重ねの所、第9圖はそれの4枚重ねのところですが、鉄打ちをする形状、その應用の範圍の複雑さといふものは、これによつ

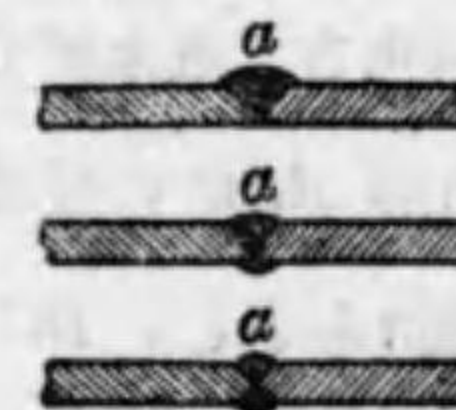
第 9 圖



ても一斑を知ることが出来ませう。

つぎに鉄接に關聯して、**熔接**(Welding)のことにも一言觸れておきます。熔接とは、金屬の2片を赤熱し、其間に熔融した他の金屬を流し込んで接合する事です。

第 10 圖



第 10 圖に、板の熔接3種を示

しました。第 11 圖は (A) が管端に山形鋼を、(B) は管端にフランジ (Frangle) 即ち鋤を、(C) は

板に板を丁字形に熔接した場合は。

熔接は鉄接のやうに、接合部の表面に凹凸が出来ず、板を重ねたまゝの厚みにして置くところがないので、材料の使用量は少く、そのために軽い。しかし、缺點としては鉄接手のやうに計算することが出来ないから、熔接部に、いつもある不安を感じる事です。

熔接に似た接合法に、鐵付けまたは半田付があり、金、銀、銅、ブリキ板などを接合するものです。

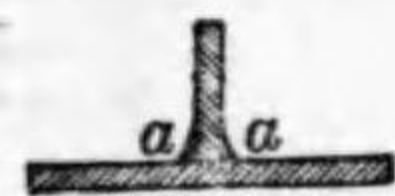
第 11 圖



(A)



(B)



(C)

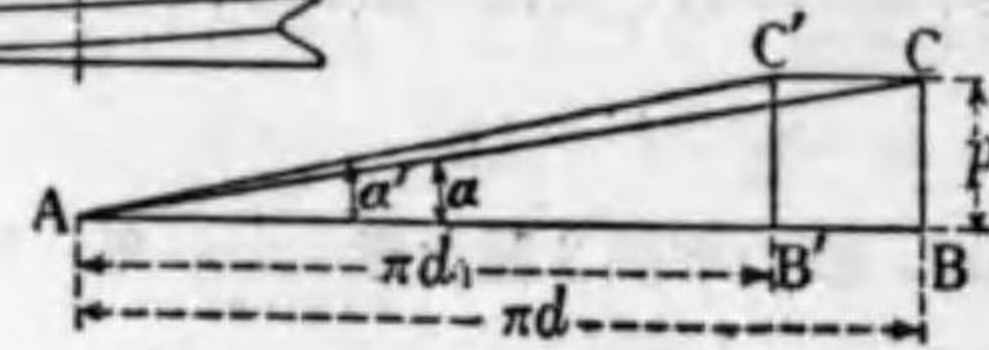
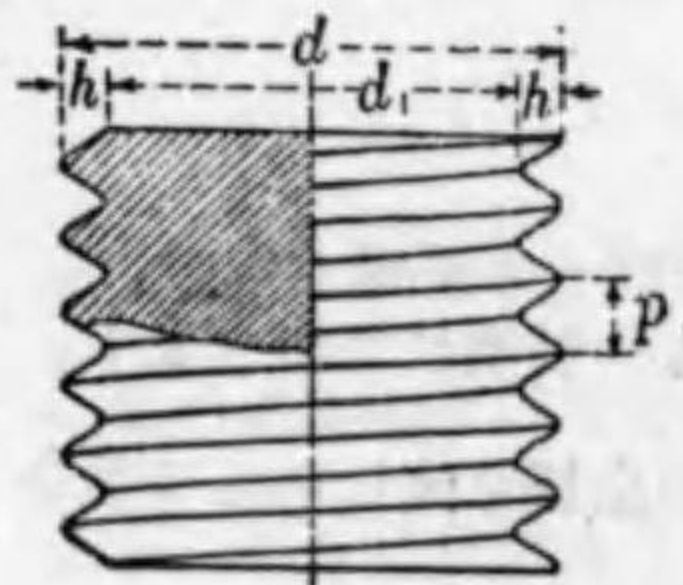


## 第二章 ネヂ

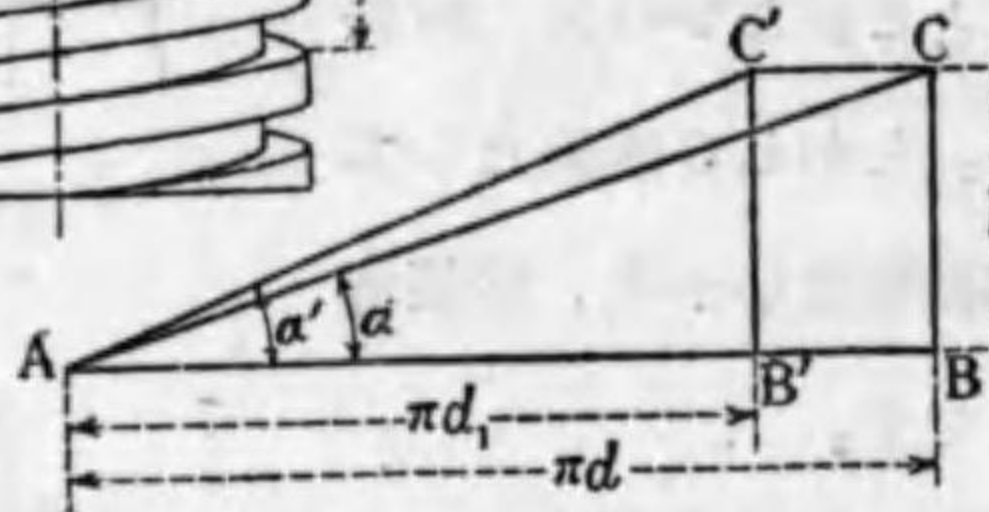
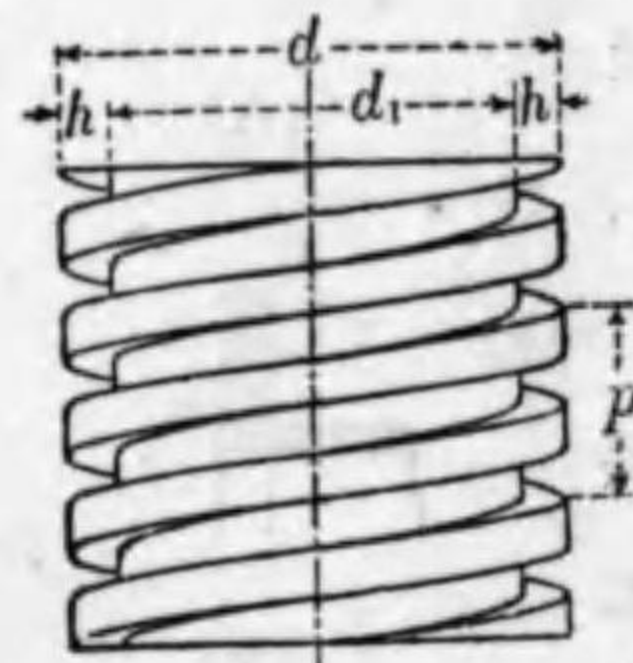
### 1. ネヂの構造

鋸接と熔接は、一たび接合すれば破壊されるまで解くことは出来ないが、それでは物によつては困る場合があります。固く接合されると共に、いつでも必要の場合に解離される接合の方法として、こゝにネヂ接手(Screw joint)があります。即ち、鋸を打つ代りに、マネヂ (Male-screw) をもつ棒と、そ

第 12 圖



第 13 圖



谷と谷の距離ですから、ピッチは山で測つたものと、谷で測つたものとはひとしい。だから、直径  $d$  なるネヂの山一卷を展開すれば  $ABC$  となり、又

それに適合するメネヂ (Female-screw) とで接合するのですが、この棒ネヂをボルト (Bolt)、またメネヂをナット (Nut) といいます。

分りやすくネヂを圖で示せば、第 12 圖は三角右ネヂ、第 13 圖は四角右二重ネヂです。直角三角形  $ABC$  の底邊をネヂの外周  $\pi d$  とし、 $BC$  をピッチ (Pitch)  $p$  とすれば、 $AC$  は一卷のネヂを平面上に展開した事となり、 $\alpha$  はネヂ山における傾斜角を表示します。

ところで、ピッチは軸線に平行に測つた山と山、または

谷一卷を展開すれば  $AB'C'$  となり、且  $B'C' = BC = p$  であるから、山の斜面角  $\alpha$  は、谷の斜面角  $\alpha'$  よりも大きいのです。

なほ右ネヂといふのは、ネヂ線が右上りに圓柱に捲きついてゐるもの、左ネヂといふのは反対に左上りに圓柱に捲きついてゐるもので、一般には右ネヂ<sup>(1)</sup>が用ひられてゐます。

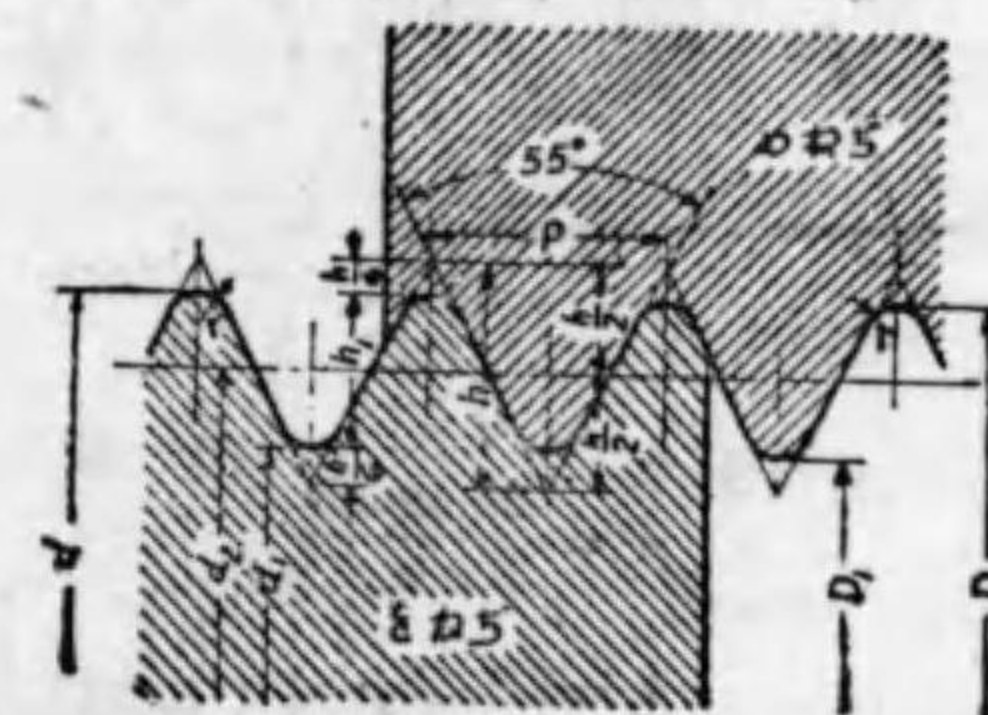
### 2. ネヂ山の形

またネヂ山の断面に三角形、四角形、梯形などがあるが、種類によつて三角ネヂ、四角ネヂ、梯形ネヂといつてゐます。

(1) 三角ネヂ (Triangular screw) 締付用として廣く用ひられるものであるから、製作所が違つてゐても一定の標準がなければならぬので、日本標準規格<sup>(2)</sup>には、つぎの2方式が制定されてゐます。

(A) ウィット・ウォース・ネヂ (Whit worth's screw) 英國の基本的ネヂで、わが國でもこれを外徑 9 mm 以上のボルトネヂに採用してゐます。

第 14 圖



$$p = \text{ピッチ} = \frac{25.40095}{n}$$

$$r = \text{丸味} = 0.13733 p$$

$$h = \text{假想山の高さ} = 0.96049 p$$

$$h_1 = \text{山の高さ} = 0.64033 p$$

$$D = \text{メネヂの谷の径} = d = \text{マネヂの外徑}$$

$$D_1 = \text{メネヂの内徑} = d_1 = \text{マネヂの谷の径}$$

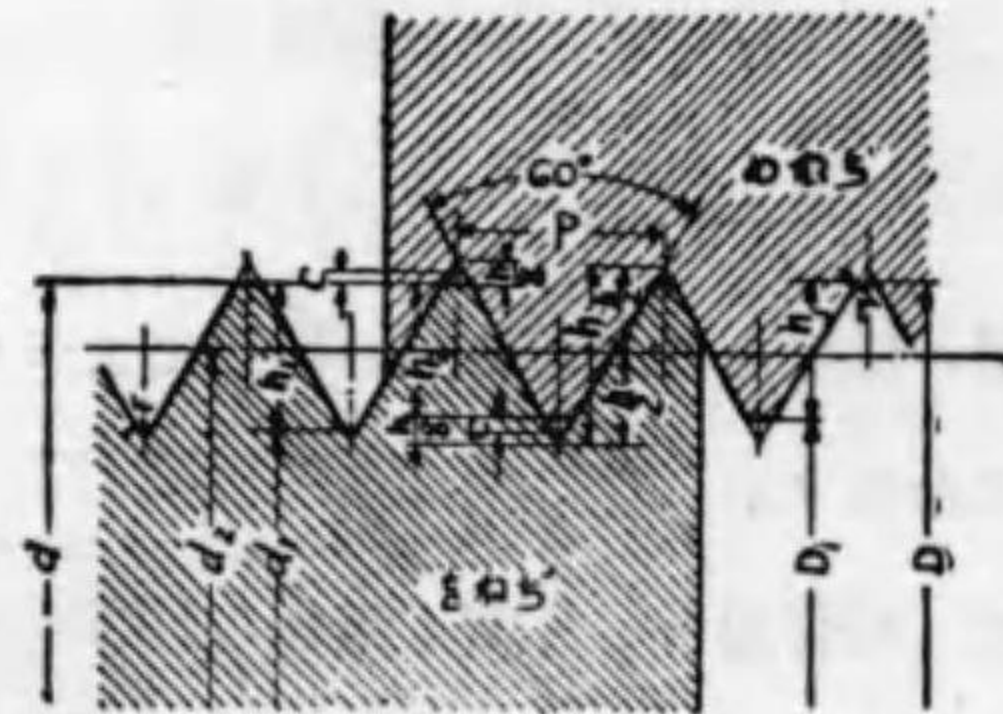
なほこのネヂの適用範圍はつぎの通りです。

- イ. 日本標準規格 36號 管用ネヂ
- ロ. 同 68號 ホイツト・ウォース・ネヂ第1號
- ハ. 同 115號 ホイツト・ウォース・細目ネヂ(第1號~第4號)



(B) メートル・ネジ (Meter screw) 外径 9mm 以下のネジ並に航空機や、自動車に用ひるネジに適用されてゐます。ウィット・ウオース・ネジと異るところは、山の頂角が 60° であること、ヲネジの山及び谷に、第 15 圖のやうに  $C$  なる隙間があることなどです。

第 15 圖



$h = \text{假想山の高さ} = 0.8660 \rho$   
 $h = \text{山の高さ} = 0.6945 \rho$   
 $h_2 = \text{接面の深さ} = 0.6495 \rho$   
 $C = \text{隙} = 0.045 \rho$   
 $r = \text{谷の丸味} = 0.0633 \rho$

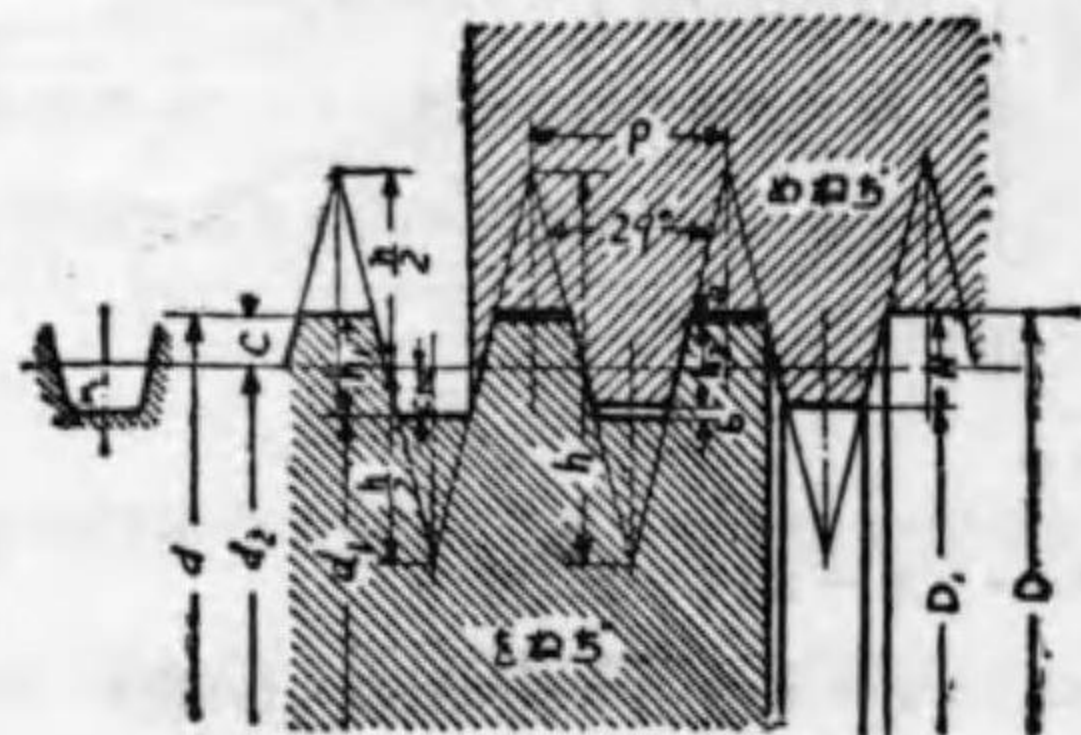
なほ日本におけるメートル・ネジの適用範囲はつぎの通りです。

- イ. 日本標準規格 第13號 メートル・ネジ第1號
- ロ. 同 第114號 メートル細目ネジ(第1號~第4號)

(2) 梯形ネジ (Trapezoid screw) これは機械構成部分の位置の調整用、或は動力の傳達用にも使用されるもので、わが國においては標準規格として 29° 梯形ネジと、30° 梯形ネジの 2 種があり、前者は主としてウィット・ウオース・ネジ系の部分品に用ひられ、後者はメートル・ネジ系の部分品に用ひられてゐます。

(A) 29° 梯形ネジ (日本標準規格第103號)

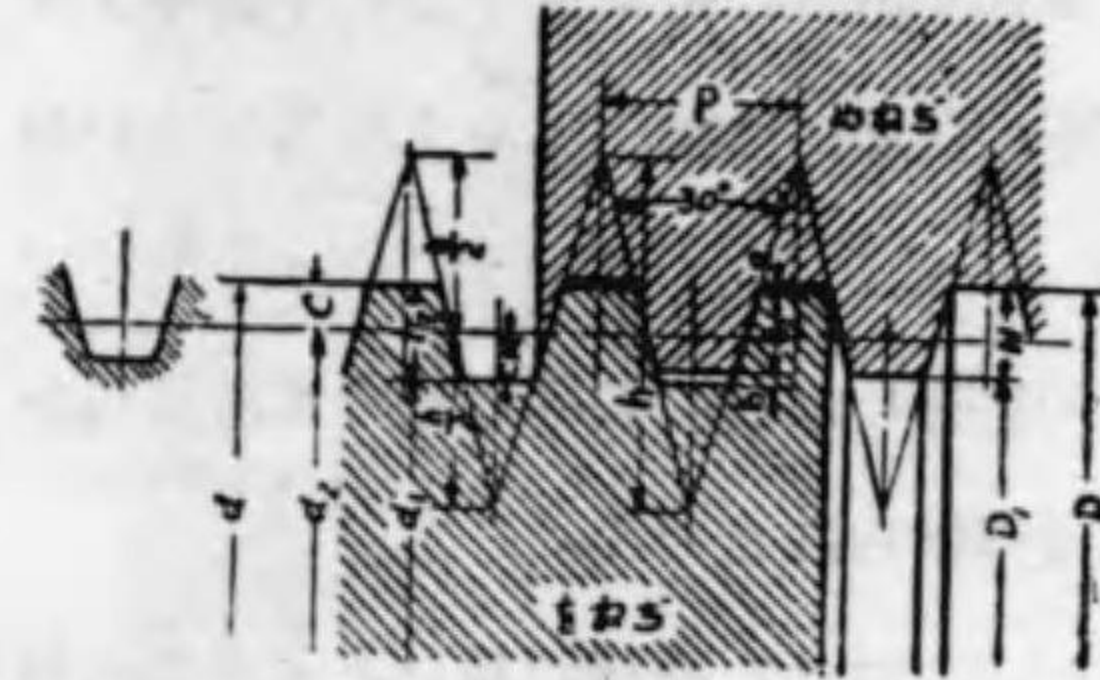
第 16 圖



$\rho = \frac{25.40695}{n}$   
 $h = 1.9335 \rho$   
 $h_1 = 0.5 \rho + a$   
 $h_2 = 0.5 \rho + a - b$   
 $c = 0.25 \rho$   
 $H = 0.5 \rho + 2a - b$

(B) 30° 梯形ネジ (日本標準規格第102號)

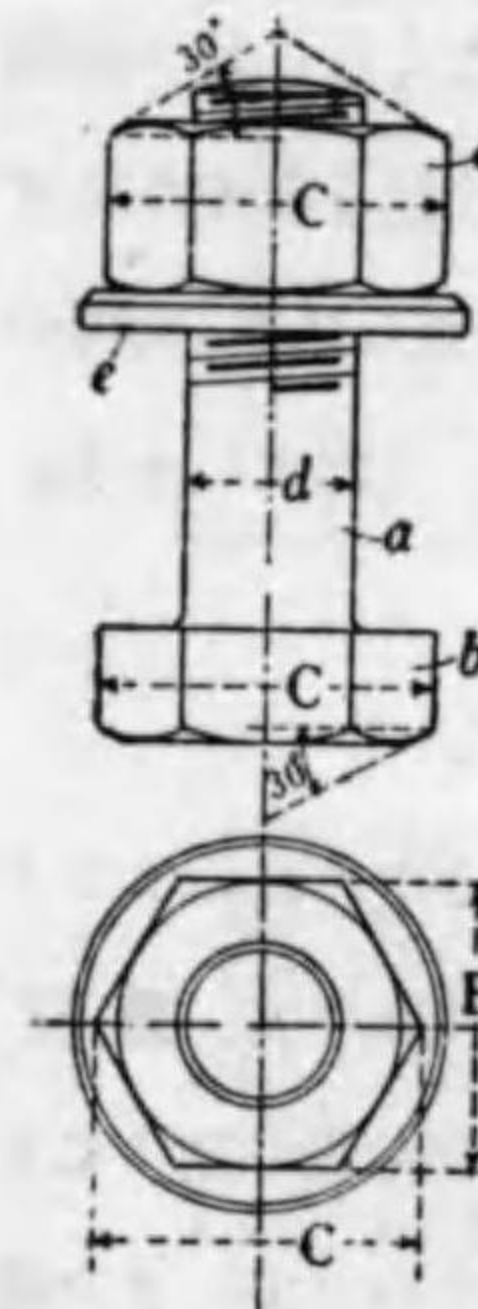
第 17 圖



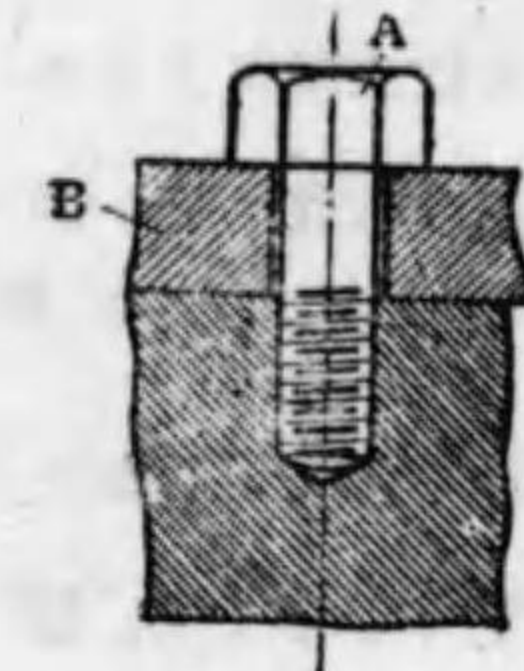
$h = 1.866 \rho$   
 $h_1 = 0.5 \rho + a$   
 $h_2 = 0.5 \rho + a - b$   
 $c = 0.25 \rho$   
 $H = 0.5 \rho + 2a - b$

3. ボルトの種類

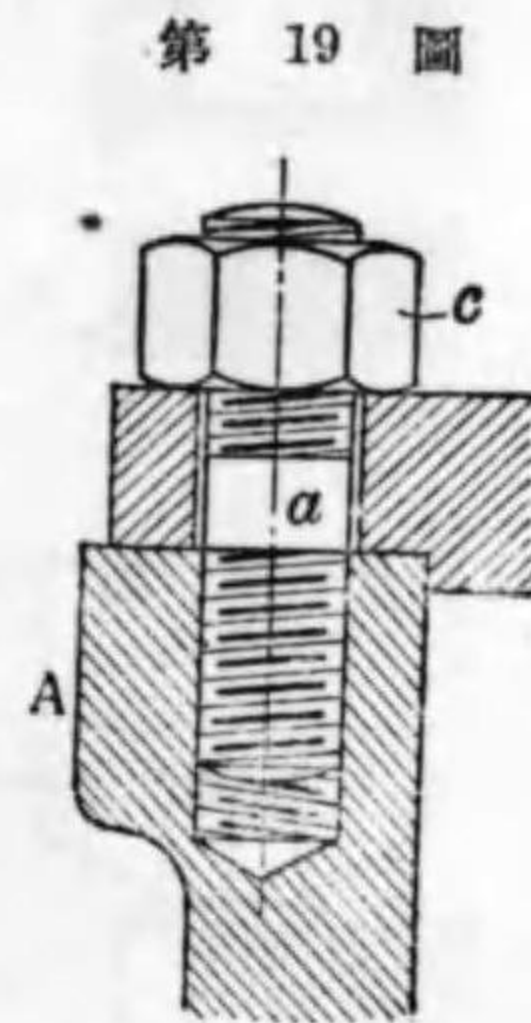
第 18 圖



第 20 圖



第 18 圖は、ボルト及びナットの一組です。圖の  $a$  と  $b$  とは一體をなし、そのうち  $a$  はボルト本体、 $b$  はその頭、 $c$  はナット、 $e$  は座金 (Washer) であります。ナットは六角形であるが、それはスパナ (Spanner) をかけて、ねぢるのに都合よくするためのものです。



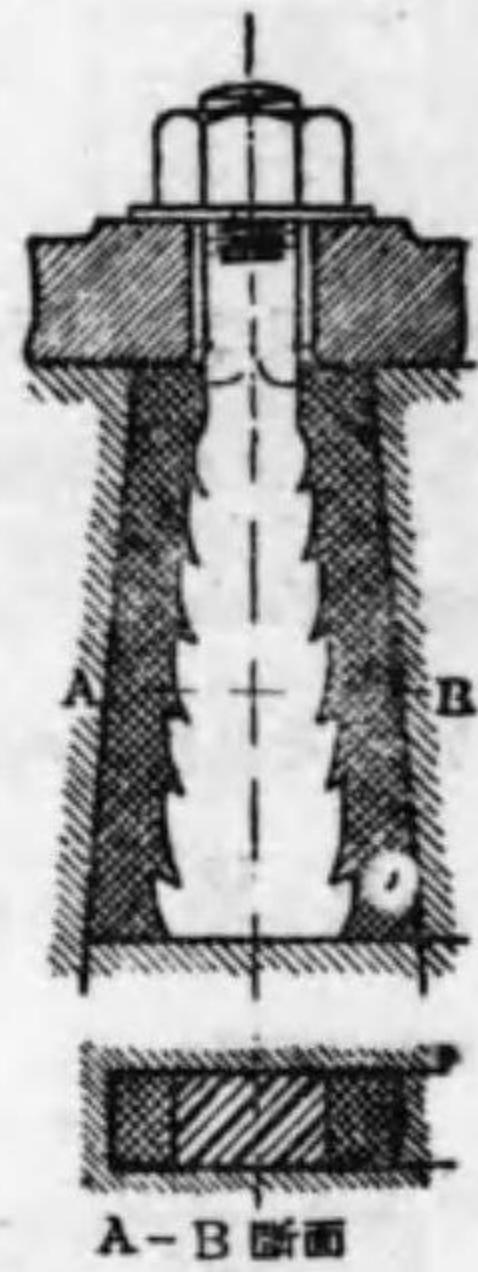
元來、ボルトは、第 18 圖のやうに、本体  $a$  に頭  $b$  を具へるものであるが、第 19 圖に示すものは、ボルト本体  $a$  に頭がなく、その代りネジを具へて、それを豫め機體  $d$  にねぢ込み置き、それにナット  $c$  をかけます。このやうなものを植込ボルトといつてゐます。植込ボルトをねぢ込むには、機械を用ひるが、ネジの長さは直径の約 1.5 倍です。

押ボルトといふのは、第 20 圖に示すごとく、一



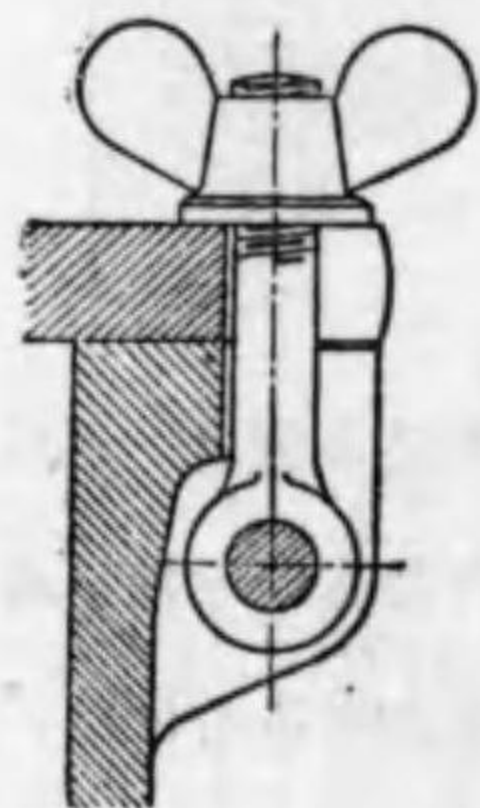
端に頭部をもつてゐるもので、ナットを使はない。従つて取りはづしの場合には、ボルト自身を抜くことになり、これを屢々くりかへすと、ネヂ山が摩滅して、締付けることがむづかしくなりますから、押ボルトはごく簡単な蓋の取付等に用ひられ、壓力の加はるやうな個所には植込ボルトを用ひるのが普通です。

止めネヂは、止めビスともいひナットを有しない。簡単な廻り止等に用ひ  
第 21 圖 堅固な接合には用ひられません。



A-B 断面

第 22 圖



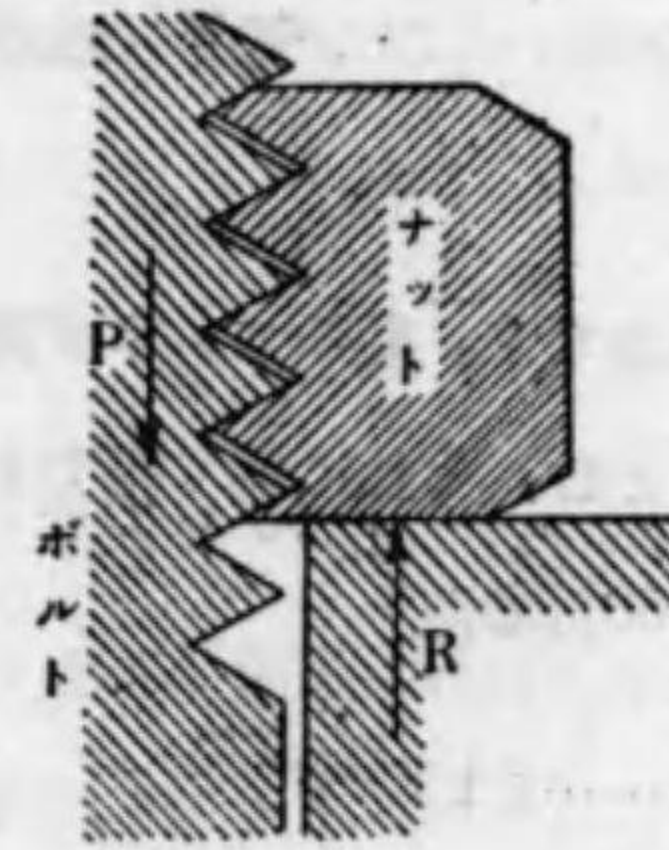
基礎ボルトといふのは、機械の足などを基礎に取付けるために用ひるもので、第 21 圖がその一例です。これは俗に鬼ボルトといひ、ボルトの一方を矩形断面とし、末端にゆくに従つて太くし、且つ鋸齒状の「めくれ」を作り、基礎から抜け出さぬやうにする、基礎に大きな孔を穿けボルトを差し込み、周囲の隙間にモルタルまたは鉛を流し込んで固定します。

4 ナットの働き

ボルトに種々の形状のものがあるやうに、ナットにも種々の形状のものが用ひられてゐます。第 22 圖は蝶ナットといひ、小形のネヂで指先で廻すことのできるやうに「つまみ」を作つたものです。また袋ナットといふのは、ボルトとナットの間から蒸氣、或は水が洩れる心配がある場合、又は火熱によりネヂ山が焼け損するのを防ぐ場合に用ひられナットが袋形になつてをります。

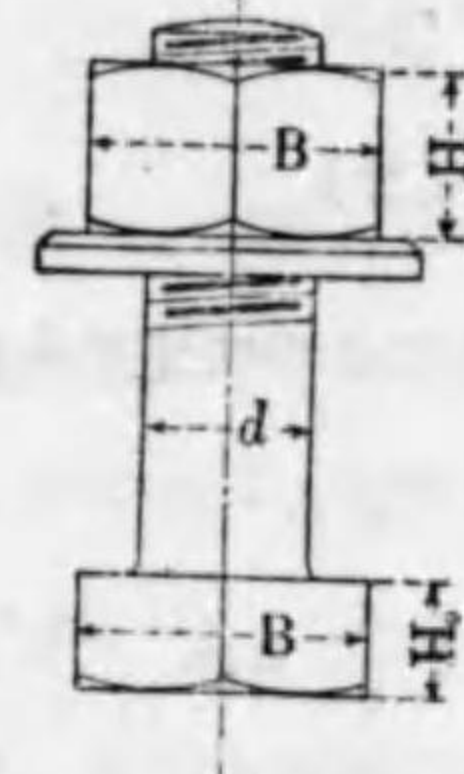
元來、ナットがボルトにねぢつけられて、しかと締められるのは、ネヂの面に強い摩擦が生じて、逆廻りを防ぐからです。即

第 23 圖



ち、第 23 圖に見る通り、ナットは  $R$  なる反動力を下の臺座から受け、その結果ボルトは  $P$  なる張力を受け、 $P$  と  $R$  とは等しく、且つ反対で、この力がネヂの接觸面間に摩擦力を發生せしめ、逆廻りに抵抗します。

第 24 圖

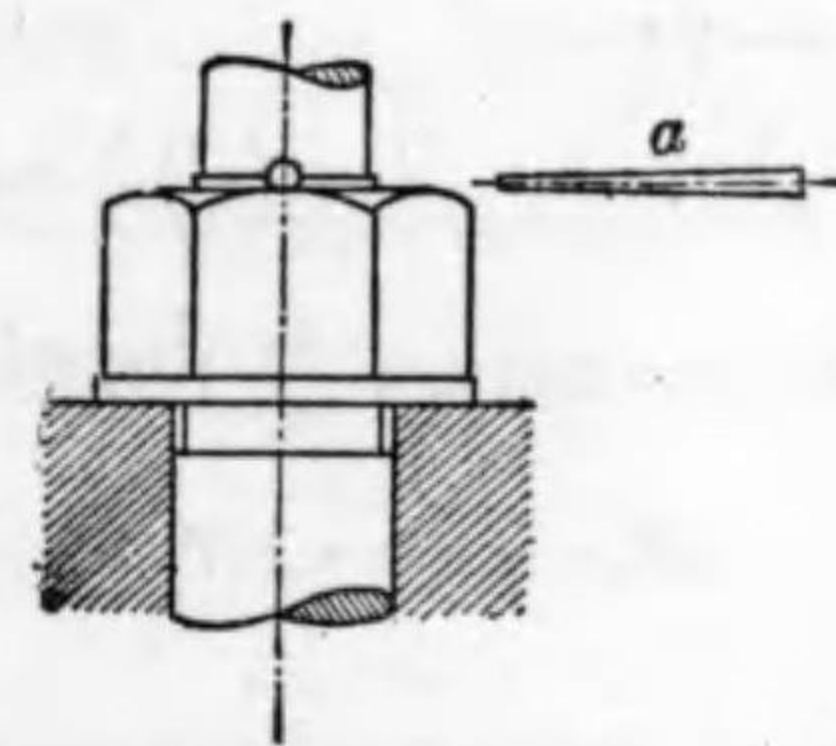


運動の烈しいところに用ひるナットは、締付が次第に緩んで、ガタつく虞れがありますから、そのやうなところに用ひるナットは、それが緩まないやうな仕掛けを施さなければなりません。第 24 圖の止めナットは、その一方法です。2つのナットは互に反動力  $R$ ,  $R$  を生じて押し合ふのは第 25 圖の通りで、ボルトは張力  $P$ ,  $P$  を現し、ネヂの接觸面間が圖に示すやうに喰ひ合ひ、つよい摩擦力を生じて、逆廻りが止められるのであります。

第 25 圖



第 26 圖



ナットの逆廻りを止めるには、その他にも種々な方法が講ぜられてゐます。第 26 圖は最も簡単なもので、ナット頂部のボルトに横に孔をあけ、それに  $a$  といふピン (Pin) を挿し込みます。または頂部に切目のあるものにピンを挿すものもあります。更に頸輪のあるナットの輪の窪みに止ネヂを挿した



り、ボルトもナットの境目にネジをねち込むものもあります。

5. ボルトの強さ

ボルトの強さは、ネジ底で測つた直径の丸棒の強さです。従つて、ネジ底で測つたボルトの直径、つまりボルトの内径を  $d_1$  とし、それに働く張力を  $Q$  とし、更に材料の許容引張内力を  $f_t$  とすれば (56頁参照)

$$Q = \frac{\pi}{4} d_1^2 f_t \dots\dots\dots (1)$$

となります。ところが、ボルトの太さは内径  $d_1$  で測るよりは、ネジ山の直径、即ち外径  $d$  で測る方がずつと便利でありますから、

$$Q = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1}{d}\right)^2 d^2 f_t \dots\dots\dots (2)$$

然るにネジでは、 $d$  と  $d_1$  との関係は、日本標準規格によつて定められておます。たとへば

ウィット・ウォース・ネジ	$d = \frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$1 \frac{1}{8}$	$1 \frac{5}{8}$ inch
	$\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 = 0.62$	0.66	0.70	0.77
メートル・ネジ	$d = 12$	16	28	40 mm
	$\left(\frac{d_1}{d}\right) = 0.63$	0.66	0.69	0.70

$d$  の異ると同時に  $\left(\frac{d_1}{d}\right)^2$  の値は、このやうに異なるけれども、安全のために、この内メートル・ネジの最小の値をとつて  $\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 = 0.63$  とすれば、上式は

$$Q = \frac{\pi}{4} 0.63 d^2 f_t \approx 0.5 d^2 f_t \dots\dots\dots (3)$$

ナットが、スパナを以てねぢられて締付けられる時、ボルトは引張内力のほかに剪断内力を受けますから、この式の  $f_t$  は實は引張内力ではなく、引張内力と剪断内力との合内力でなければなりません。

この事實を考慮して、 $f_t$  は通例可なり小さな値をとります。即ち普通の軟鋼材に対して  $f_t = 600 \text{ kg/cm}^2$  またはこれ以下をとります。従つて上式は

$$Q \approx 300 d^2$$

$$\text{あるひは } d \approx \sqrt{\frac{Q}{300}} \dots\dots\dots (4)$$

ここに  $d$  は、ボルトの外径 (cm)、 $Q$  はボルトに働く外力 ( $\text{kg/cm}^2$ ) であります。運動のはげしいところに用ひるボルトは  $f_t = 400 \text{ kg/cm}^2$  またはそれ以下にとらなければならぬから、その場合には、つぎのやうになります。

$$d \approx \sqrt{\frac{Q}{200}} \dots\dots\dots (5)$$

6. 座 金 (Washer)

座金は、ナットと締め付けるべき部分品との間に敷く薄い板金のことで、ウオツシャーとも呼ばれ、これを使用するのは、つぎのごとき目的があるからです。

- イ. ナットの載る臺が滑かでない、締付けにくい場合に用ひる。
- ロ. ホルト穴が大きく、ナットと臺との接觸面が少い時、その面積を増すために用ひます。
- ハ. 木材などでナットを用ひる場合は、木材が柔かいために、ナットがメリ込む恐れがある場合に、大型のものを用ひます。

7. スパナ (Spanner)

ナットの締付に用ひる回旋器のことで、日本標準規格で定められたものは片口、両口、共口の3種類があります。この材料は、軟鋼で、ナットに接する面は、表面焼入をして摩擦に堪へるやうにしてあります。なほ表面に露出してゐないナットを締付けるには、箱形スパナを用ひることになつてゐます。



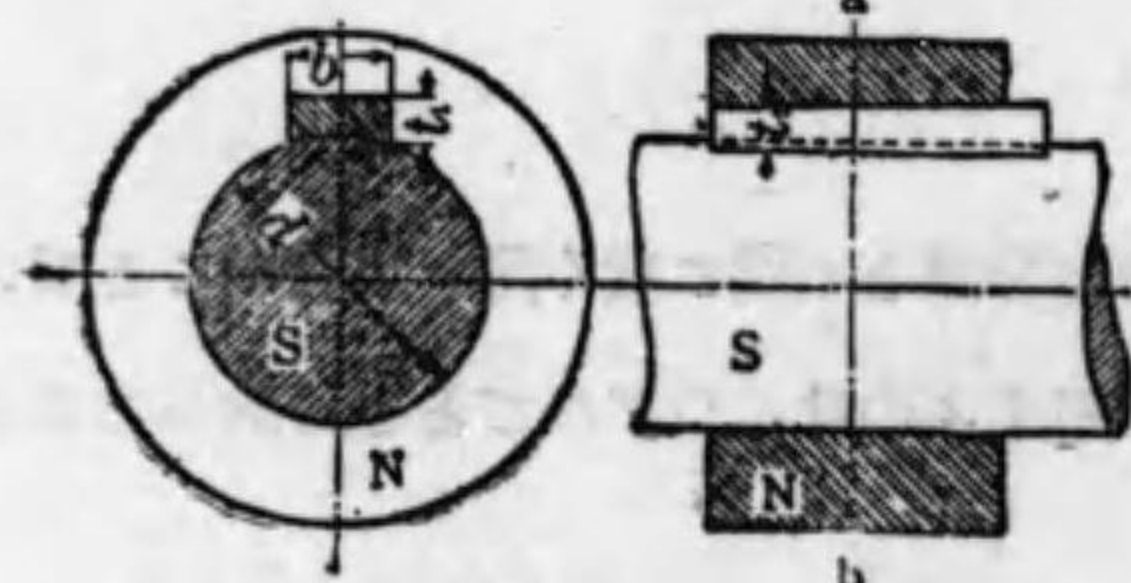
第三章 キ

1. キーの種類

キー (Key) とは、いはゆる楔のことで、車輪、調車、齒車、滑車、クランクなどを軸と固定する時に用ひる細長い楔です。また楔のはまる溝道をキーウエー (Key way) といひます。キーにはつぎのやうな種類があります。

(1) 鞍形キー 第 27 圖に示すやうに、キーの下面を回轉軸  $S$  の周面

第 27 圖



と同じ弧面に削つたもので、ボス  $N$  と回轉軸  $S$  との摩擦抵抗で保たれてゐるもの。従つて、このキーは、軸の大きさに相當する大きな動力を傳へるのには不適當です。但しこの種のキーは回轉軸にキー溝を切る必要がないから簡便です。各部の割合はつぎの通りですが、キーの長さはボスの長さに應じて定めます。キーの上面の勾配は、一般に 100 分ノ 1 です。

$$b = \frac{1}{4}d + 3$$

$$t_1 = \frac{1}{3}b$$

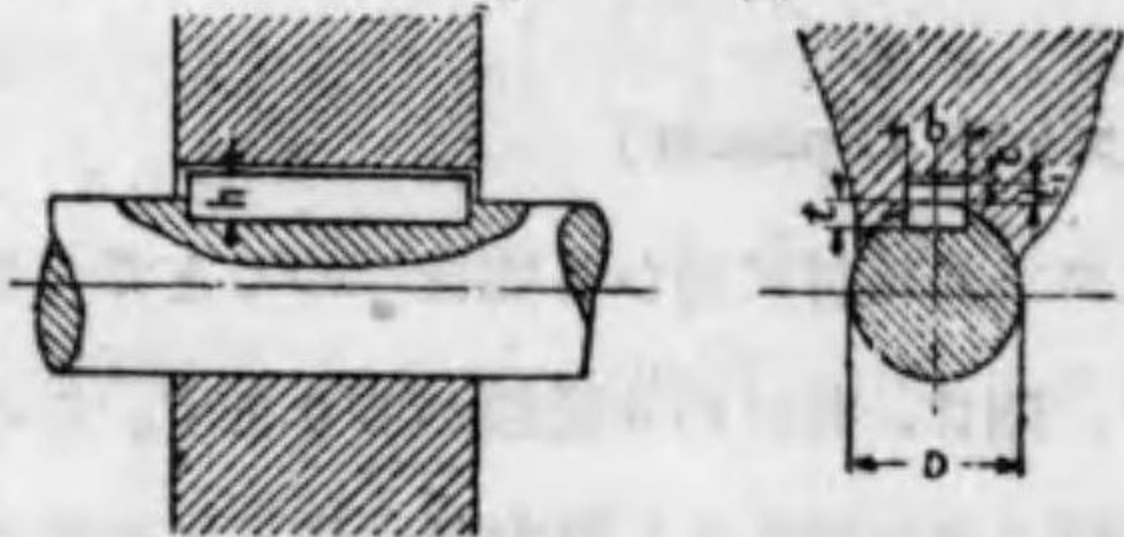
但し  $d$  = 軸の直徑 mm

$b$  = キーの幅 mm

$t_1$  = キーの厚さ

(側面にて測る) mm

第 28 圖



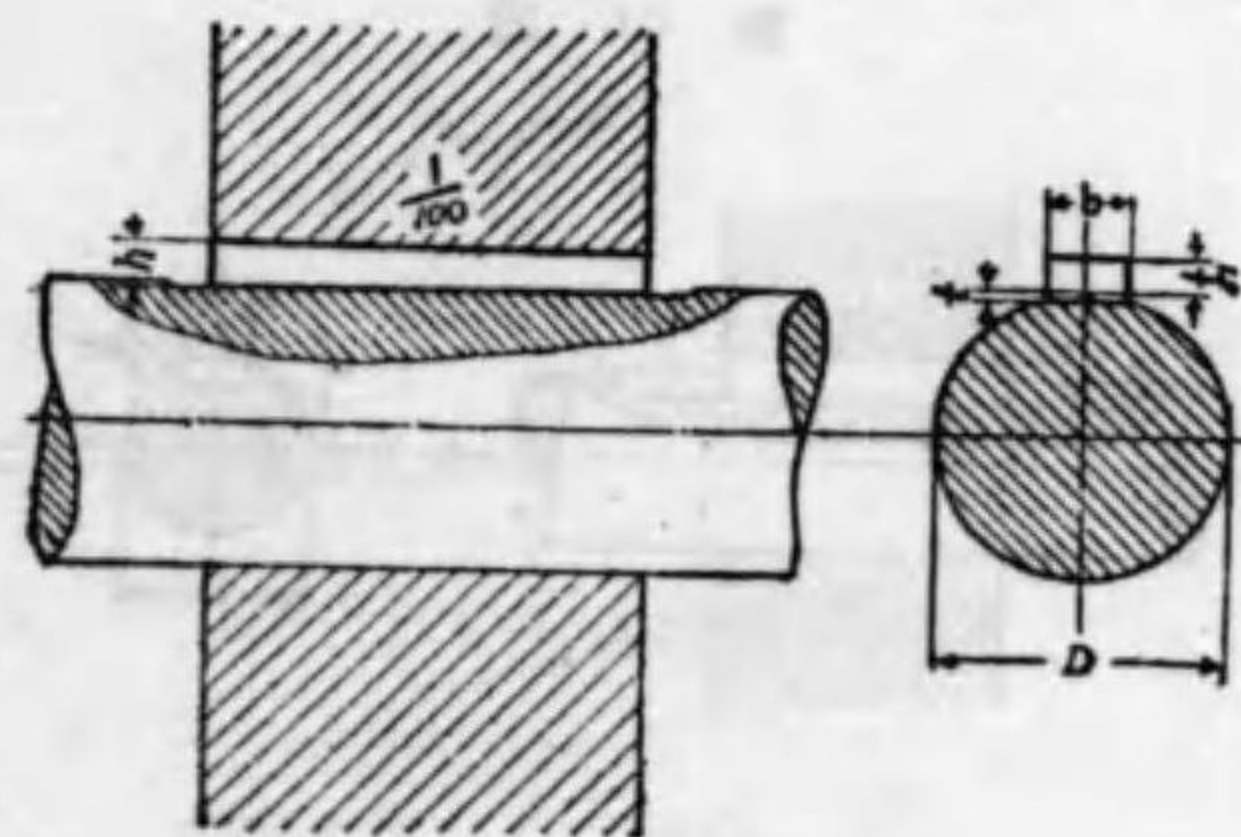
(2) フェザーキー たとへば

齒車の噛合せを變更する場合

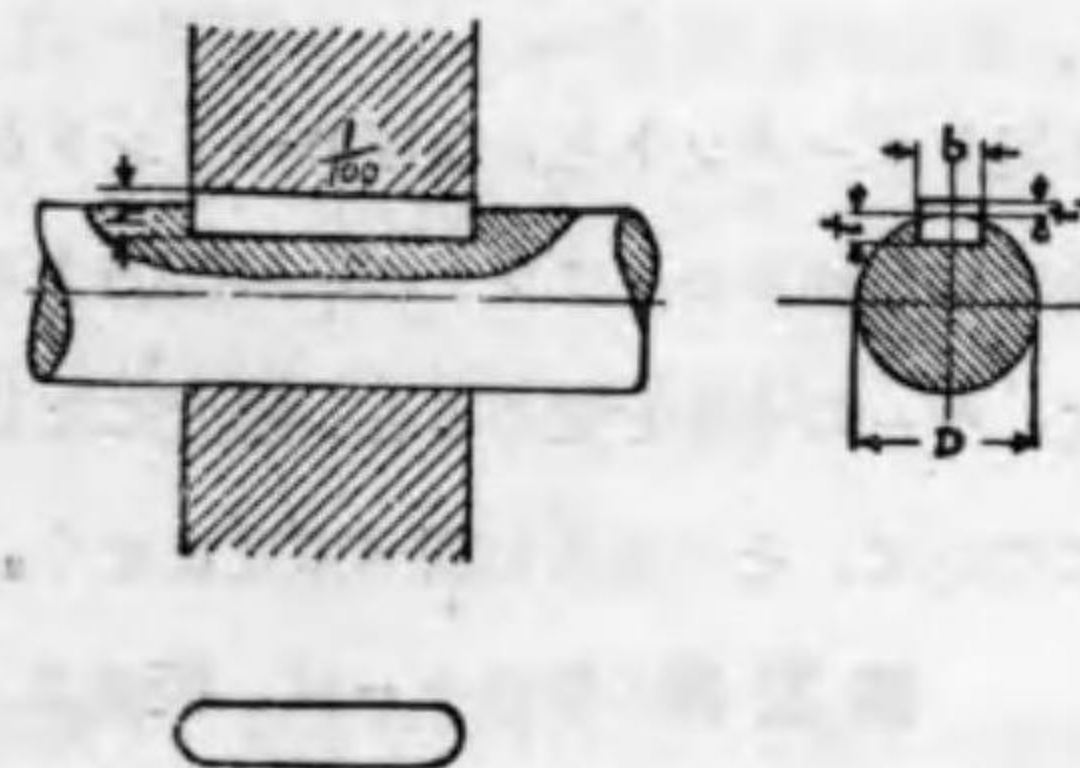
の様に常に齒車を取換へる様なときには、このフェザーキーを用ひます

第 28 圖のやうにキーは回轉軸に固定され、ボスがキーに対して移動するやうになつてゐる。だからキーは上面に勾配を有せず同一の厚さです。キーの上面とボスとの間隙  $C$  はキーの幅 24 mm 以下は 0.5mm 以下、幅 24 mm を超ゆるものは 1 mm 以下です。

第 29 圖



第 30 圖



(3) 平形キー 回轉軸

の表面を少し削つて、丁度キーの載る平な面を作り、この面でキーを支へたもの。前記の鞍形キーに比べると、はるかに大きな動力を傳へることが出来ますが、しかし軸の大きさに相當する動力は傳へることが出来ません。キーの上面には 1/100 の勾配をつけます。

(4) 植込キー これは回轉軸に、丁度キーのはまるだけの大きさのキーウエーを作り、豫めキーをこれにはめて置き、ボスには同様

キーに適合する溝を切つて、ボスを軸に押し込むものです。キー溝の深さは、キーの側面において測つて回轉軸並にボスとも殆ど同一であるため、兩者の取付は頗る堅固であり、その上軸の大きさに相當する動力を傳へ得るため、一般に廣く用ひられてゐます。第 30 圖がそれです。

(5) 丸キー この使用法は、軸方向に使用するものと、軸に直角方向に使用する場合があります。普通には小形或は軽く力を受ける場合の

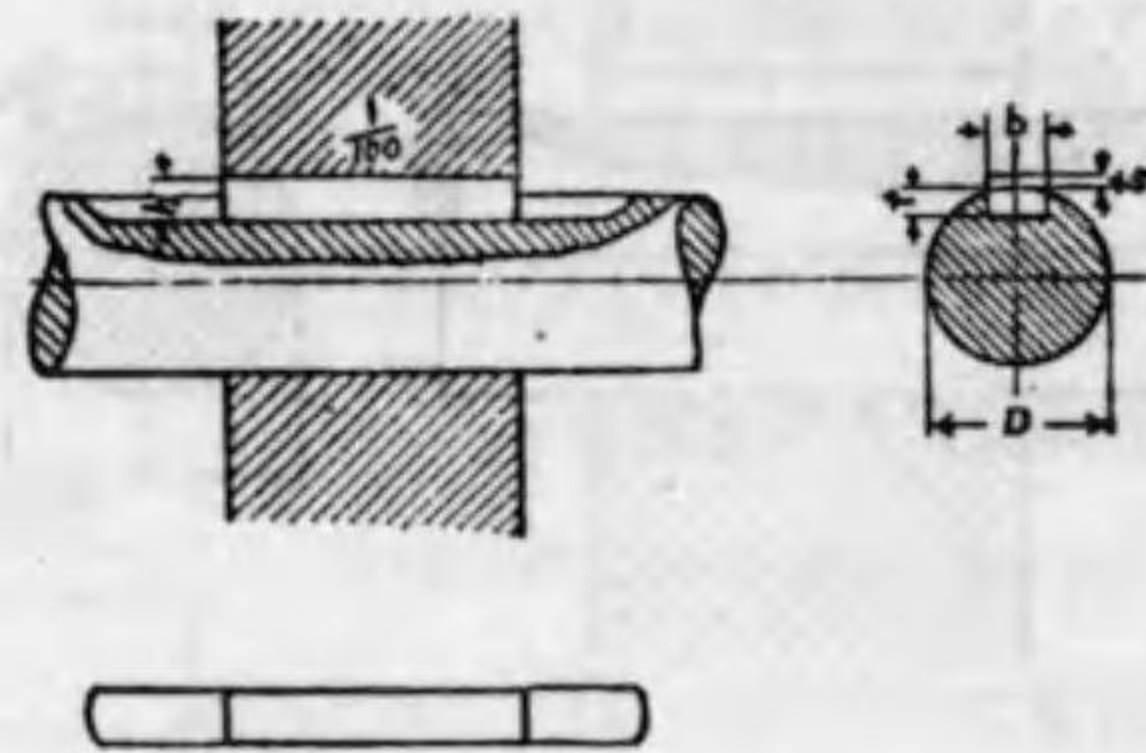


み使用するものですが、適当に使用すれば可なり大形のものまで使用されます。丸ピンに勾配をつける場合には、約1/15としてゐるが、丸ピンの平均の直径は軸の直径の  $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{4}$  の間にとつてゐます。

(6) 打込キー これが植込キーと異なるところは、回転軸にキーウェーを長く切り、軸にボスをはめ込んでから、キーを打込みます。キー各部の寸法は、植込キーと同一で

異なる點は、軸におけるキーウェーの長さのみです。

第31圖は打込キーの圖です。

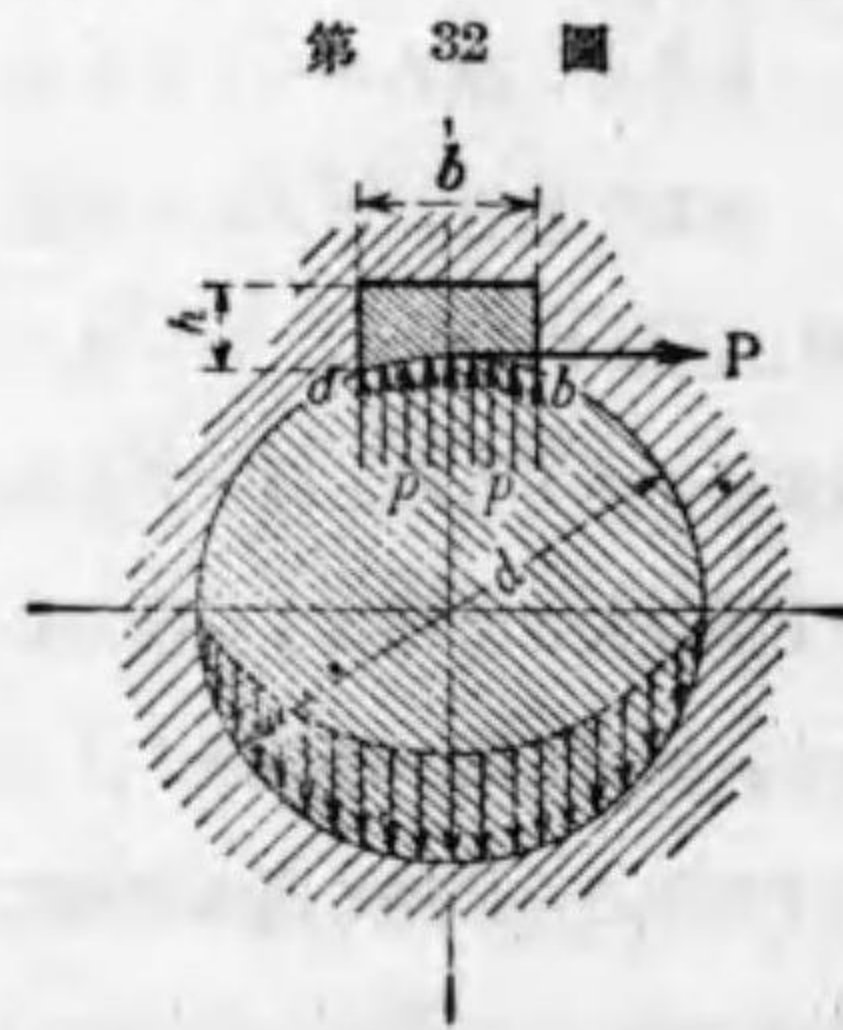


第 31 圖

2. キーの強さ

キーの寸法は、軸の直径と關聯して定められるのが普通

ですが、軸の直径は、軸に加はる振りモーメントと、曲げモーメントから定まるものです。而してキーの寸法には、振りモーメントのみが關聯するので、軸の直径のみに關聯して、キーの寸法を定めると、過大なる場合があります。そこで、鞍形キーについて、その強さを調べて見ませう。



第 32 圖

第32圖の鞍形キーは、接觸面 *ab* に働く摩擦が接合を成就するので、従つてキーを軸面に押しつける必要があります。そのために、軸の下面がその反動で車を下方に押し、そこにもまた壓力を生じます。

さて、圖によつて *ab* 面に働く壓力は均等と考へ、この壓力の強さを *p* とし、

キーの幅を *b*、長さを *l*、摩擦係数を  $\mu$  とすれば、軸面に働く總摩擦力は、上下合せて  $2\mu \cdot p \cdot bl$  です。

軸の振りモーメントを *T* とし、軸の直径を *d*、軸の表面において軸を回転させる外力を *P* とするならば、 $T = P \frac{d}{2}$  です。軸表面に誘發する剪斷内力を *f* とすれば、 $T = f \cdot \frac{\pi d^3}{16}$  です。故にこの2式から

$$P = f \cdot \frac{\pi d^3}{8}$$

しかるに、キーがその役目を果すためには、摩擦力が *P* よりも大でなければなりませんから

$$2\mu p bl \geq f \cdot \frac{\pi d^3}{8}$$

これから 
$$p \geq f \cdot \frac{\pi d^3}{16\mu bl} \dots\dots\dots (6)$$

即接觸面間には(6)式で示すやうな壓力を與へることが必要であります。なほ  $f_s = 200 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\mu = 0.15$  とすれば、この結果は

$$p \geq 260 \frac{d^3}{bl} \dots\dots\dots (7)$$

それに普通割合  $l = 1.3d$  とすれば

$$p \geq 200 \frac{d}{b}$$

となります。なほ平形キーは、大體この鞍形キーと同じですが、鞍形キーのやうに接觸面のずれる恐れがなく、接合力が強くなります。



### 第四章 コッター

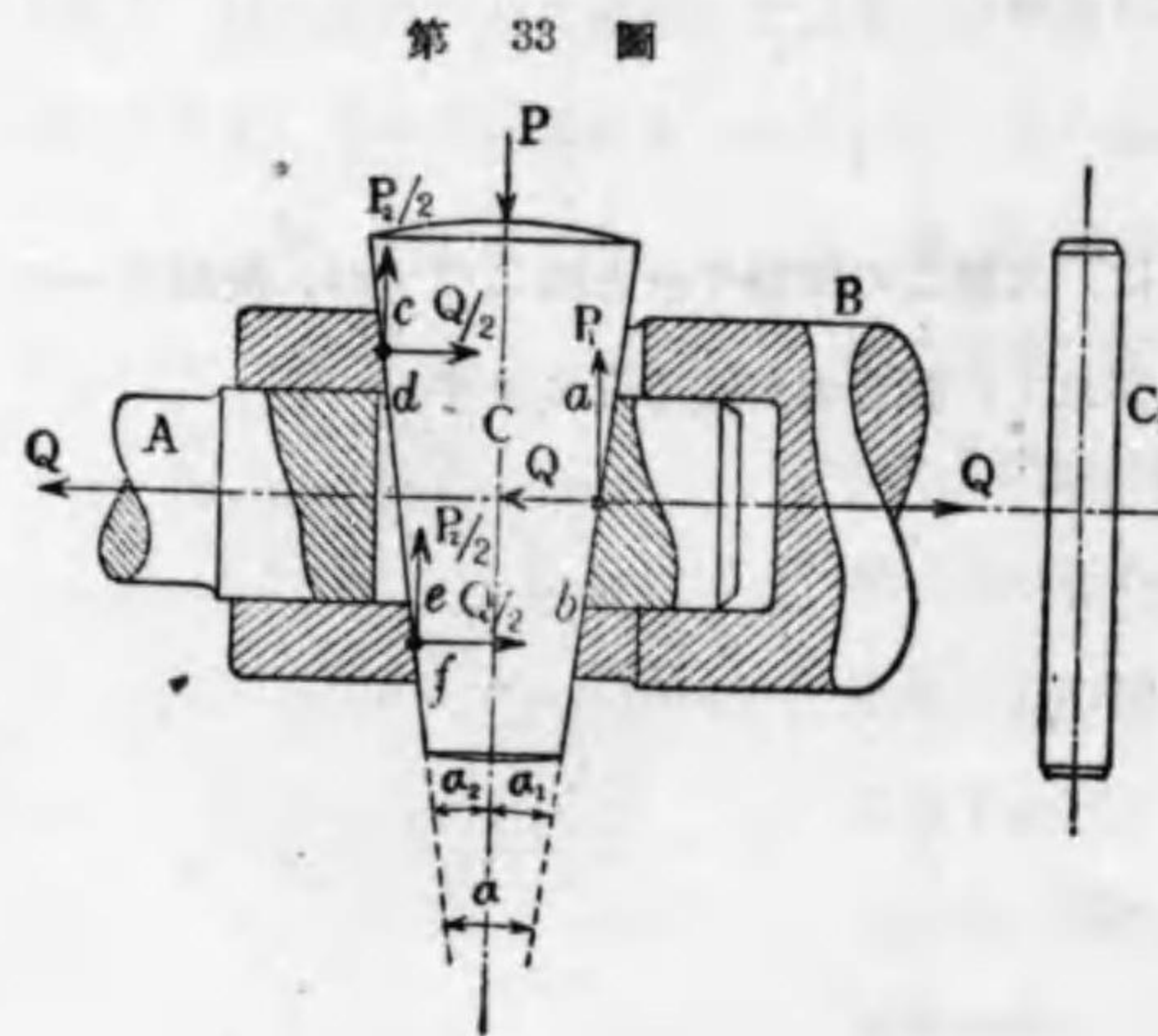
#### 1. コッターの作用

A, B の2物體をすこしの緩みもなく、しつかりと接合し、しかも取付け取外しが容易に出来ることを主眼とする場合には、A と B の両端を通して両側から楔孔をつくり、それに勾配の緩い板形の楔 C を打ち込みます。これがコッター (Cotter) です。

キーは、回轉する2つの部分を一體に取付けるもので、主として剪斷内力を受けるものですが、このコッターは主に往復運動をする2つの部分を一體に取付けるもので、曲げ内力、並に剪斷内力を受けるものです。

コッターを利用した最もよい例は、蒸氣機關のピストン (Piston) と、クロスヘッド (Crosshead) との取付であつて、この部に関する限り、コッターに優る他の取付方法はないといはれてゐます。

第 33 圖によつて、コッターを挿し込む力を P とし、それによつて A, B の締付けられる力を Q とすれば、A に対しては ab が接觸面で、この面



第 33 圖

には P 方向の力  $P_1$  と、Q 方向の力 Q とを生じ、また B に対しては cd, ef の2面が接觸面で、それらの面には、両面合せて P 方向の力  $P_2$  と Q 方向の力 Q とを生じて釣合を保ち、而してコッター兩面の傾斜角を  $\alpha_1$ ,

$\alpha_2$  とし、頂角を  $\alpha$ 、接觸と面間の摩擦係数  $\mu$  に相當する摩擦角を  $\rho$  とし、P 方向の力の釣合を考へれば

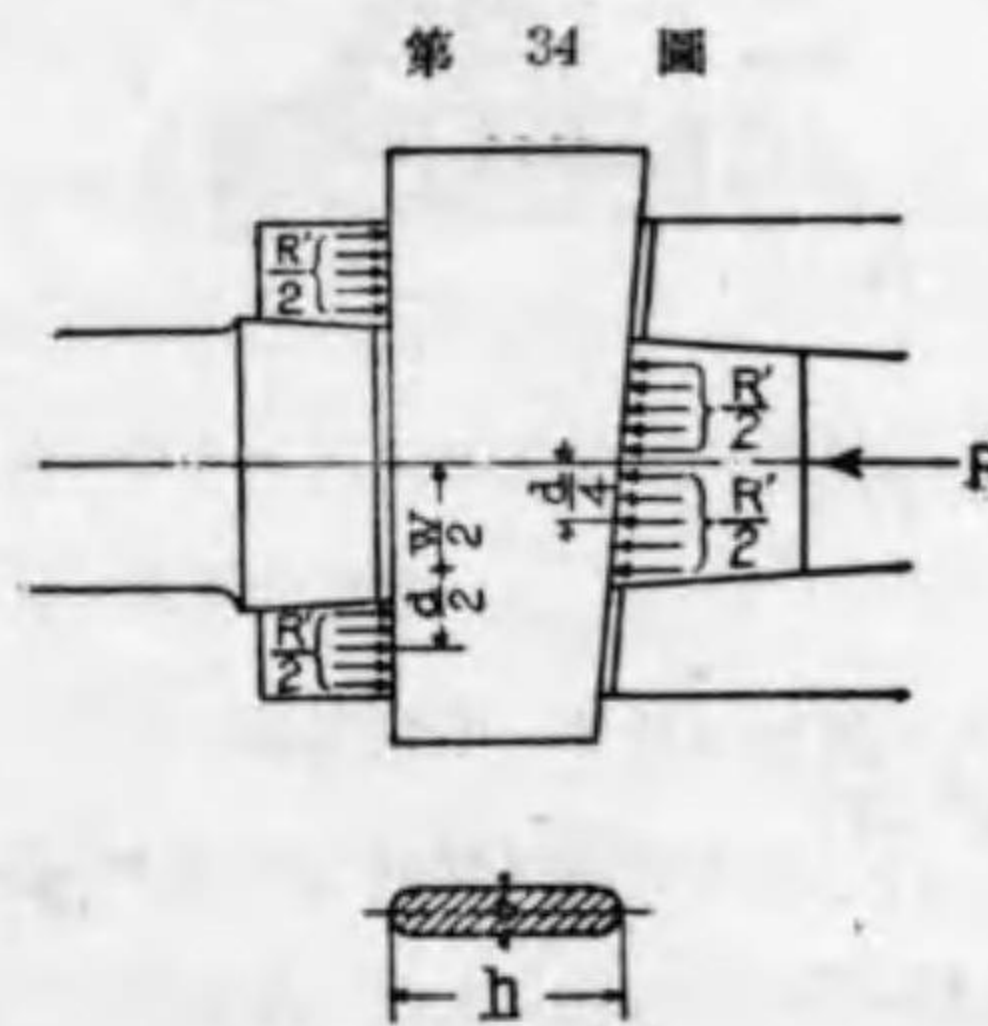
$$P = Q [\tan(\rho + \alpha_1) + \tan(\rho + \alpha_2)] \dots \dots \dots (8)$$

即ち、P なる力を以てコッターを打込めば、この式によつて表される力 Q が2物體 A, B を締付けます。もしコッターが二等邊三角形であるなら、 $\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\alpha}{2}$  ですから、この式はつぎのやうになります。

$$P = 2Q \tan\left(\rho + \frac{\alpha}{2}\right) \dots \dots \dots (9)$$

#### 2. コッターの使用

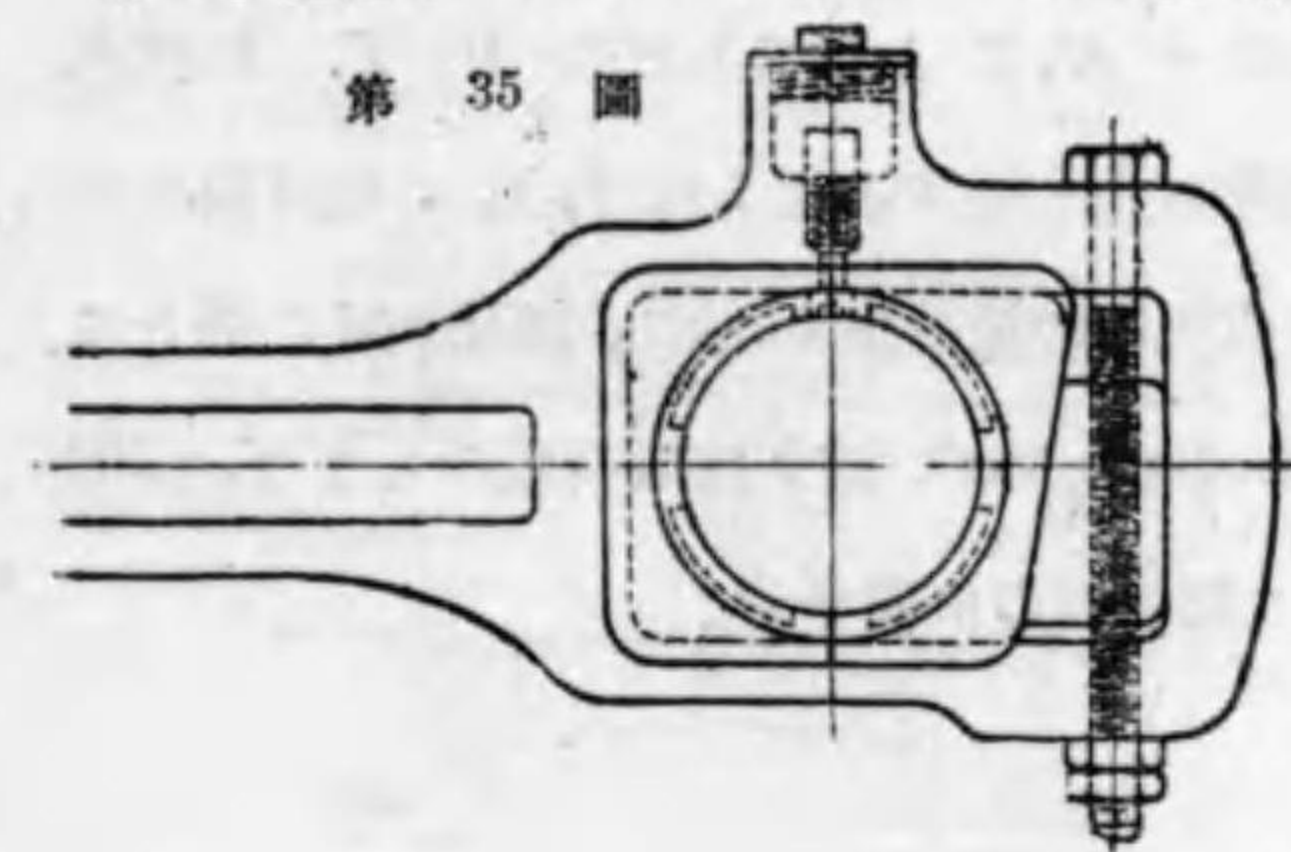
コッターの最も普通に用ひられるものは、第 34 圖に示したやうなピストン



第 34 圖

ン棒と、クロスヘッドとの取付方法であつて、ピストン棒の先を緩き圓錐形とし、クロスヘッドの圓筒部を之と適合する圓錐形とし、約 1/20 の勾配のついたコッターをハンマーで打込み、兩者を堅固に取り付けるので、今のところ、これ以上の方法はありません。

第 35 圖は、コネクティングロッドの太い端で、受金が次第に磨耗して、ク



第 35 圖

ランクピンとの間の隙間が出来た時に、受金の合口を削つて受金をつめ寄せるために、コッターを使用します。

この場合のコッターの勾配は 1/10 前後であります。



## 第五章 軸と軸受

## 1. 軸の設計

軸 (Shaft) とは回転を傳へるものです。軸が單に回転を傳へる傳導軸の場合には殆んど振り丈をうけるのみですが、軸が回轉體の心棒をなす場合、例へば齒車傳導や調車による傳導、又はクランクによる傳導等は皆振りの外に曲げ作用をうけます。

曲げ又は振りのみを受ける傳導軸の計算は夫々 65 頁の(15)式 74 頁の(25)式によつて計算出來ます。又振り丈をうける場合の軸の大きさは 75 頁の表により求められますが、次には曲げと振りとを同時にうける一般の回轉軸の計算法を簡単に述べます。

$$65 \text{ 頁の(15)式より} \quad M = \frac{\pi d^3}{32} f_b$$

$$74 \text{ 頁の(25)式より} \quad T = \frac{\pi d^3}{16} f_s$$

次に

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$M_e = \frac{1}{2}(M + T_e)$$

なる如き  $M_e$ ,  $T_e$  を求め、これを夫々  $M$ ,  $T$  として上式の  $M$ ,  $T$  に代入して  $d$  を求め、その大なる方の値を採用します。こゝに  $f_b$ ,  $f_s$  の値は前述の如く第 57 頁の第 4 表より求めた許容内力の値であります。即軟鋼軸の場合には曲げの反復荷重のとき  $f_b = 540 \sim 700 \text{ kg/cm}^2$ , 振り反復荷重のとき  $f_s = 360 \sim 560 \text{ kg/cm}^2$  を採用すればよい。(第 58 頁の例題参照)

## 2. 軸接手

1 本 材料から、長い軸を求めることは、工作、仕上等からいつでも不可能で、かゝる場合には 2 本か 3 本の軸を接ぎ合せて使用します。これには軸接手 (Coupling) を用ひます。軸接手にはつぎの種類があります。

- (1) 撓み接手 弾性接手といはれるもので、兩軸の中心線が正確に一致しない場合に用ひます。主として革やゴム、または金屬薄板などの弾性あるものを中間物とした軸接手です。第 36 圖は撓み接手の一種である

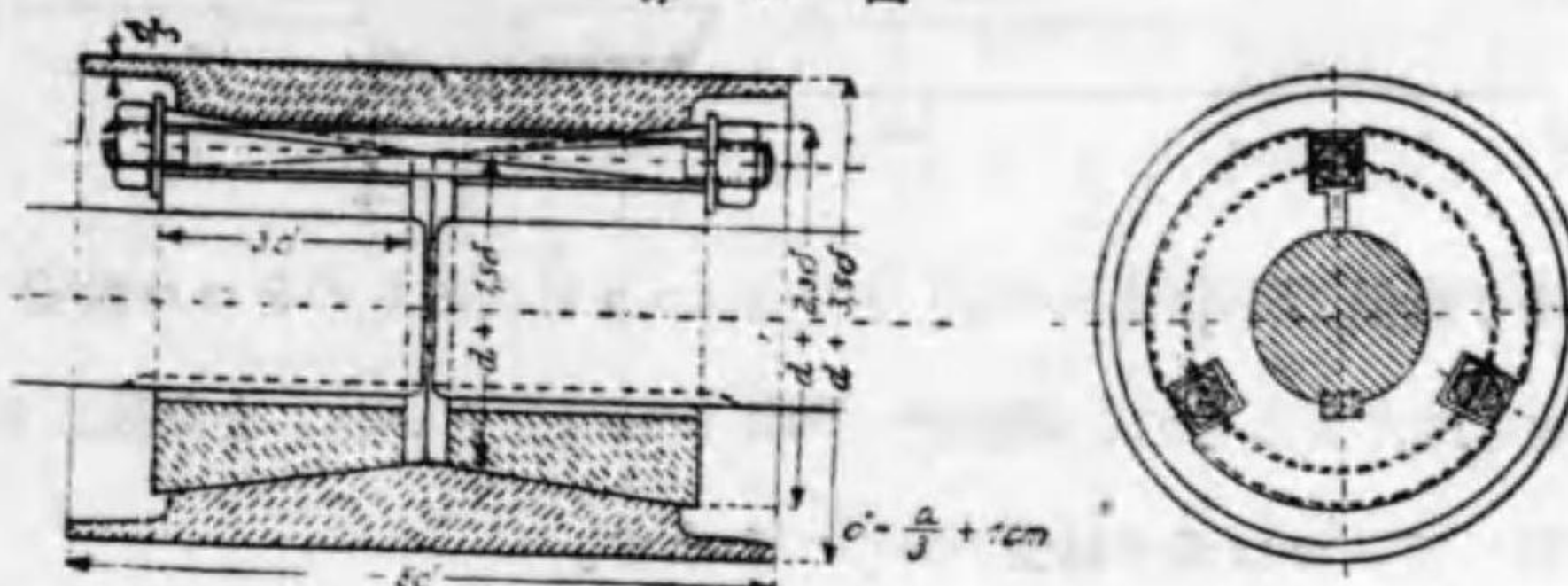
第 36 圖



ツオーデル・ヴァイト式接手 (Zedel-voith) で、弾性中間物として革を使用します。

- (2) 固定接手 これには種々の方式があつて、突合筒形接手といはれるものは、軸端を圓筒に挿し込んでその兩端面を突合せ、1 本のキーによつて夫々圓筒を軸に固定したものです。セラー式軸接手は第 37 圖に示したもので、最外側の圓筒の内面が兩端に向つて約  $\frac{1}{8}$  の勾配で別々に

第 37 圖





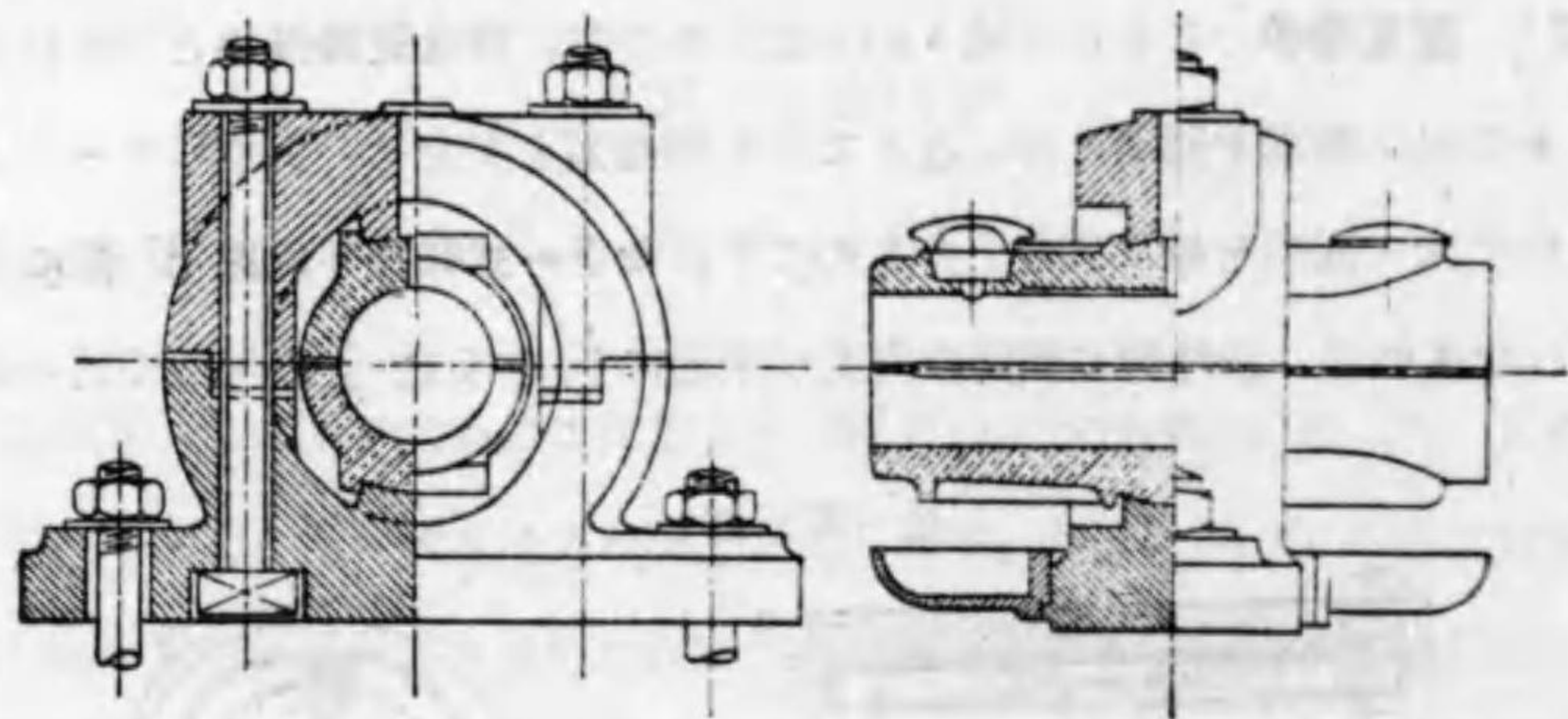
圓錐體に削られてゐます。別に、二つの圓堆キーとも言ふべき圓堆體が3本のボルトによつて、この筒の中に両端から押し込められ、接觸面に摩擦抵抗を生ぜしめるものです。この爲に圓堆體は鑄鐵製で一ヶ所で割つてある。又ボルトの幹は断面が四角であるからナットを捻る時に共に廻る恐れはない。兩圓堆體共に安全の爲に案内キーを打つてある。次に**フランジ接手**は最も普通に用ひられるもので、フランジ (Flange) を軸端に取付け、兩フランジを合せ、ボルトで締付けて結合し、軸と軸を接合させるものです。

(3) **自在接手** これは2個の回轉軸がある角度で交叉してゐる場合、または2つの軸が平行で中心が一致してゐない場合に用ひられます。

### 3. 軸 受

軸を支へて、その回轉を極めて圓滑にするものを軸受 (Bearing) といひ、その支へ方には平面または圓筒面で受けるものと、コロまたは球のコロガリによつて受けるものとの種類があります。平面または圓筒面によつて受ける

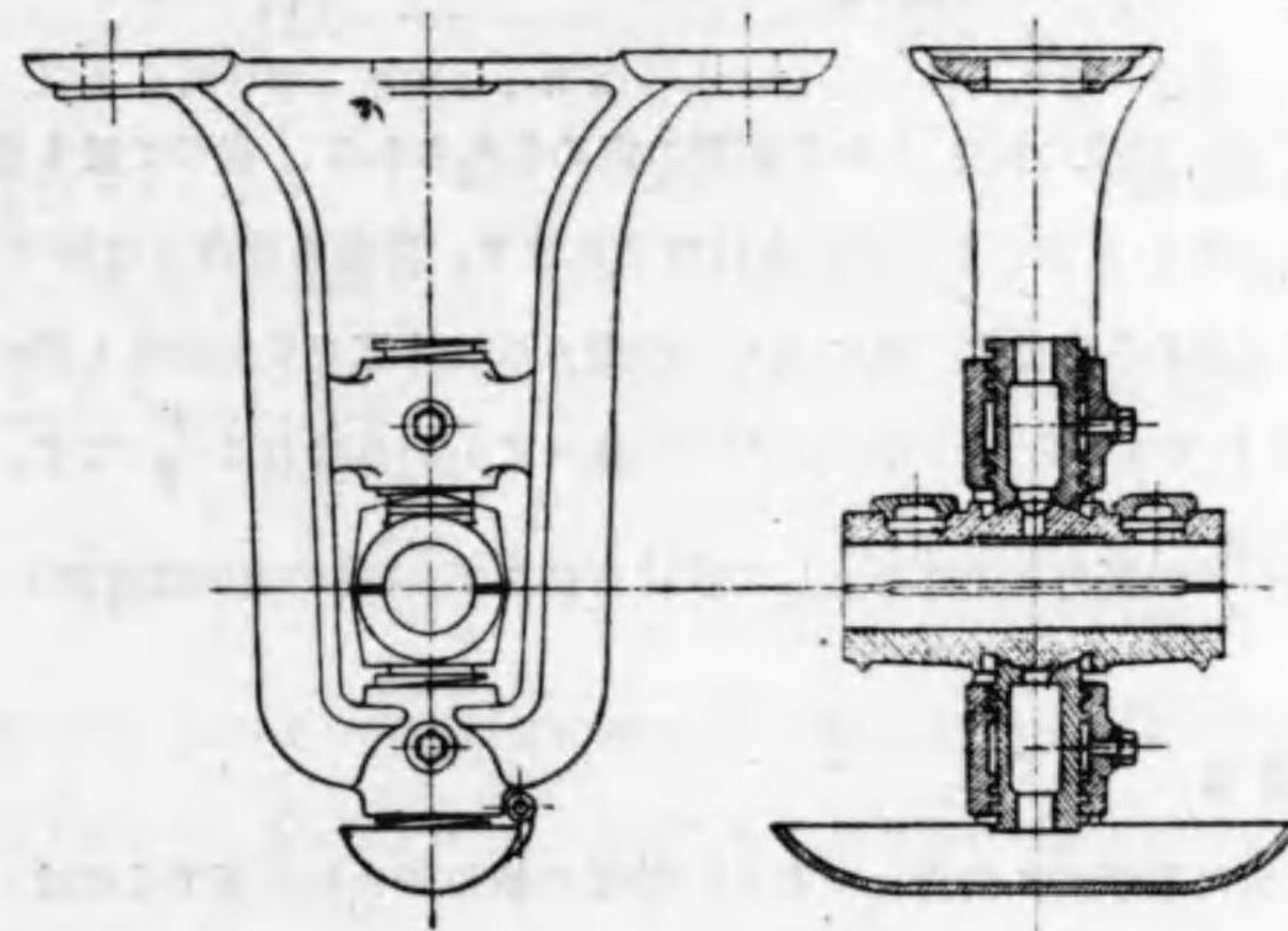
第 38 圖



ものを滑り軸受 (Slide bearing) といふ。コロによるものをコロ軸受 (Roller bearing), 球によるものを球軸受 (Ball bearing) といひ、また後二者を滑り軸受に對して、コロガリ軸受といつてゐます。

軸受は、蒸氣機關、内燃機關などのクランク・ピンや、クロスヘッドのや

第 39 圖

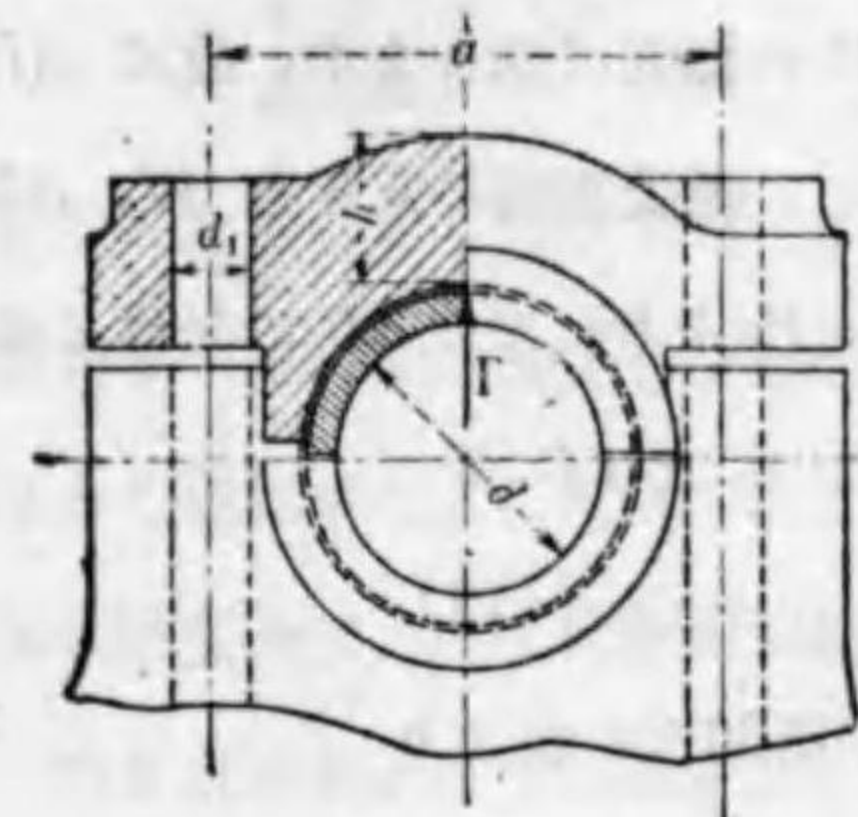


うな回轉しつゝ運動する軸のほかは、土臺の上に堅固に支へなければならぬもので、多くは第 38 圖のやうに、土臺の上に直立するやうにつくられてゐます。しかし機械工場の天井軸のやうに頭上を通す軸を支へるには、第 39 圖のやうに懸垂型につくつて、天井に固定させてゐます。

### 4. 蓋の強さ

軸受の蓋は、第 40 圖のやうに、普通に2個のボルトで止めます。従つて

第 40 圖



それは中央に  $P$  なる集中荷重を受ける長さ  $a$  の両端が支へられた梁と考へられますから、最大曲げモーメントは  $M = \frac{Pa}{4}$  で、それは  $a$  の中點に働き、その蓋の厚さを  $h$ 、幅を  $b$  とすれば、断面係数は  $Z = \frac{bh^2}{6}$  であります。故に材料の許容曲げ内力を  $f_b$  とすれば



$$\frac{Pa}{4} = f_b \frac{bh^2}{6}$$

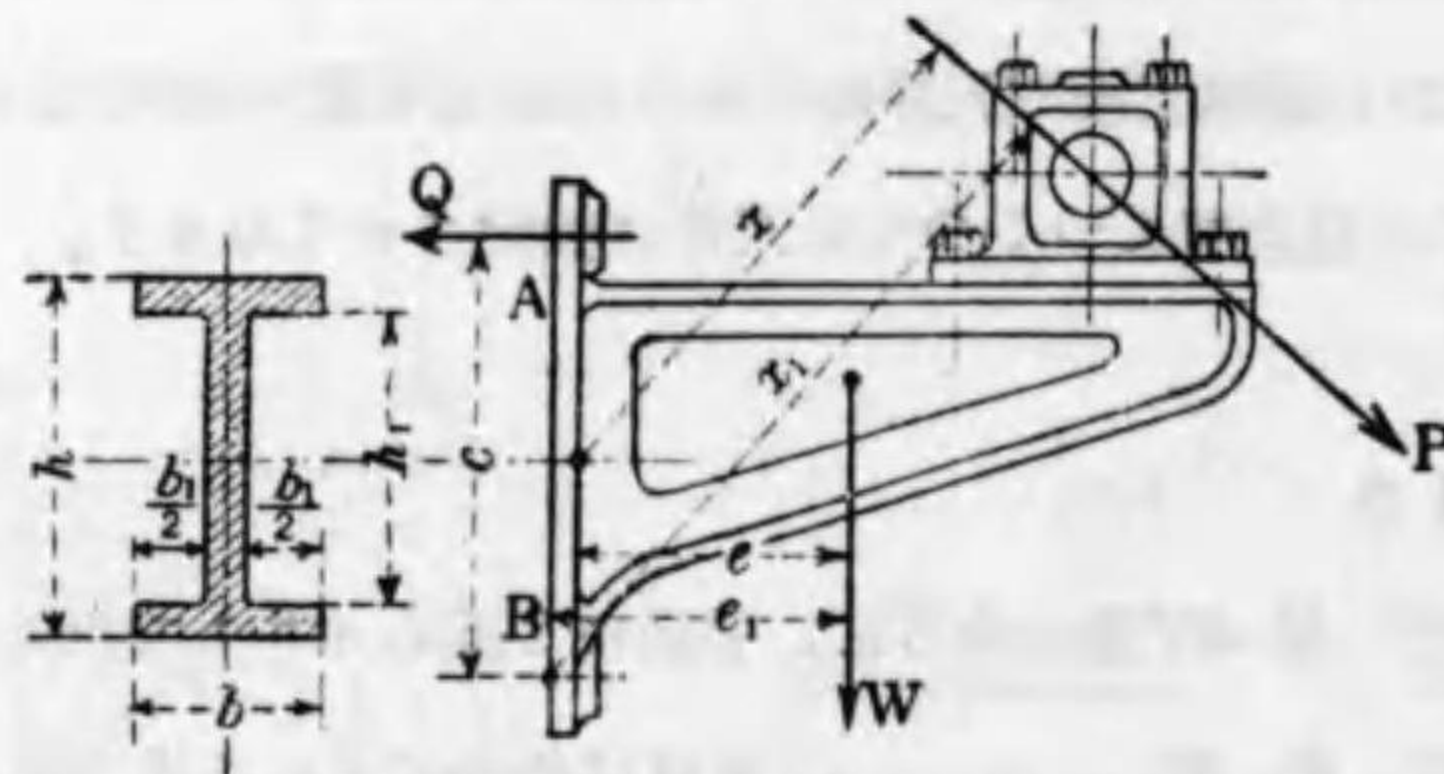
故に 
$$h = \sqrt{\frac{3Pa}{2f_b b}} \dots\dots\dots(11)$$

蓋の幅  $b$  は、軸受の長さ  $l$  から適當に定められるから、従つて最も危険なその中央の厚さ  $h$  が、この式から計算されます。許容曲げ内力は第 57 頁の第 4 表から求められます。次にボルトの大きさの計算ですが軸受 1 個にかかる外力が  $P$  ですから、2 本のボルトの各々にかかる張力は  $\frac{P}{2}$  です。故にボルトは  $\frac{P}{2}$  の張力を受けるとして設計されます。(第 58 頁例題参照)

5. 臺の強さ

たとへば壁に懸垂型に固着してゐる肘軸受の臺の強さを計算するには、第 41 圖に示したやうに、自由端に  $P$  なる集中荷重を受ける片持梁であるか

第 41 圖



ら、最大曲げモーメント  $M$  は、固定端  $AB$  の断面に働きます。故に  $AB$  の中点から  $P$  に下した垂直線の長さを  $x$  とし、軸受全體の重量を  $W$ 、 $AB$  からその重心までの距離を  $e$  とすれば、 $M = Px + We$  で、 $AB$  における臺の断面係数を  $Z$  とし、材料の許容曲げ内力を  $f_b$  とすれば

$$Px + We = f_b Z \dots\dots\dots(12)$$

$AB$  の断面が圖に示すやうな I 形であれば第 66 頁の表より

$$Z = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{6h} \dots\dots\dots(13)$$

これを上式に代入すれば、その断面の寸法が算出されるわけです。

それから臺を壁に固定するための上下のボルトはつぎのやうに計算すればよいのです。即ち、下のボルトの中心から  $P$  に下した垂直線の長さを  $x_1$  とし、 $W$  までの距離を  $e_1$ 、ボルトの中心距離を  $c$ 、上のボルトに働く張力を  $Q$  とし、下のボルトの中心に関する力のモーメントをとれば

$$Qc = Px_1 + We_1$$

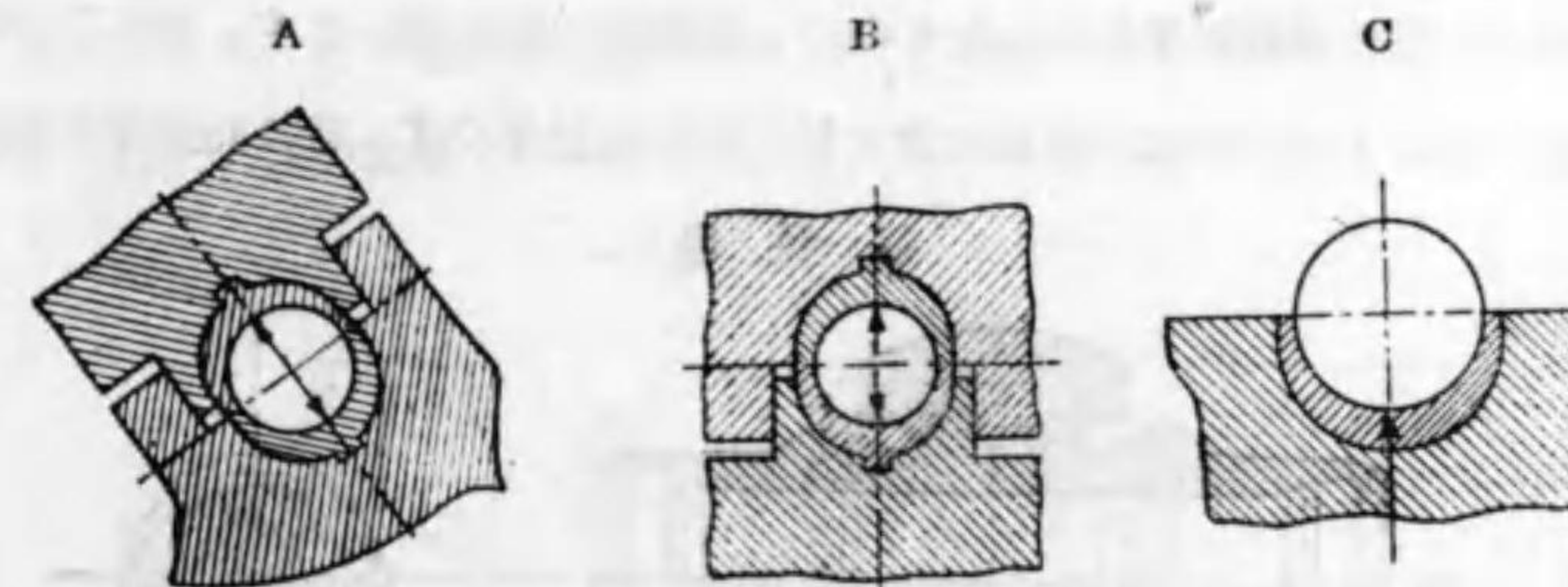
故に 
$$Q = \frac{Px_1 + We_1}{c} \dots\dots\dots(14)$$

かくて、上のボルトは、この張力  $Q$  に対して設計されるのであります。また下のボルトは、上のボルトと同じものを用ひればよいのです。

6. 軸受金

軸受金は二つに分割されてゐます。第 42 圖に示したのは、その分割方向

第 42 圖

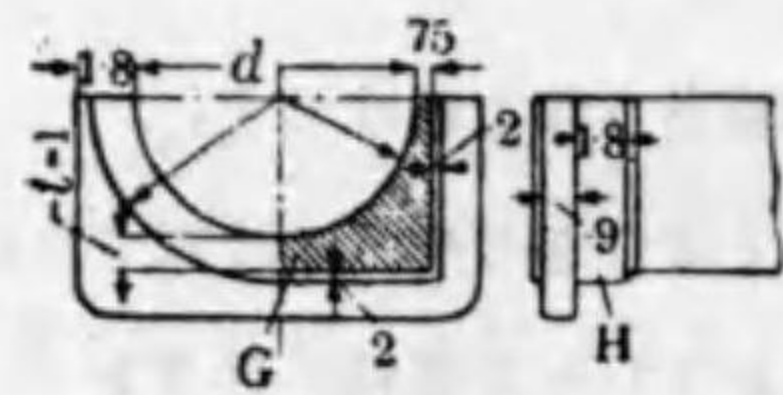


を示したもので、(A) に示した軸受金は矢の方向に壓力が加はつた場合に使用するもので、軸受金は軸の約半分を包むほどにつくつてあります。これは多く機關車などに用ひてゐます。(B) は壓力が上下方向に加はる場合に用ひる軸受金で、(C) は壓力が斜め方向に加はる場合に用ひる軸受金です。

つぎは軸受金の形状ですが、第 43 圖は黄銅または青銅の軸受金を示した



第 43 圖



もので、垂直の部分  $G$  は、最も壓力を受けるから肉を厚くしてあります。また軸受臺に載る部分  $H$  を四角に作つてあり、大なる軸を支へる軸受の受金に用ひられてゐます。

受金としては、軸と同じ材料を避け常に之より軟かいものを選び、前述の青銅や黄銅の外にホワイトメタル、鑄鐵等が用ひられます。殊に回転数の高いものや、大型の軸受に対してはホワイトメタルが一般に用ひられてゐます。

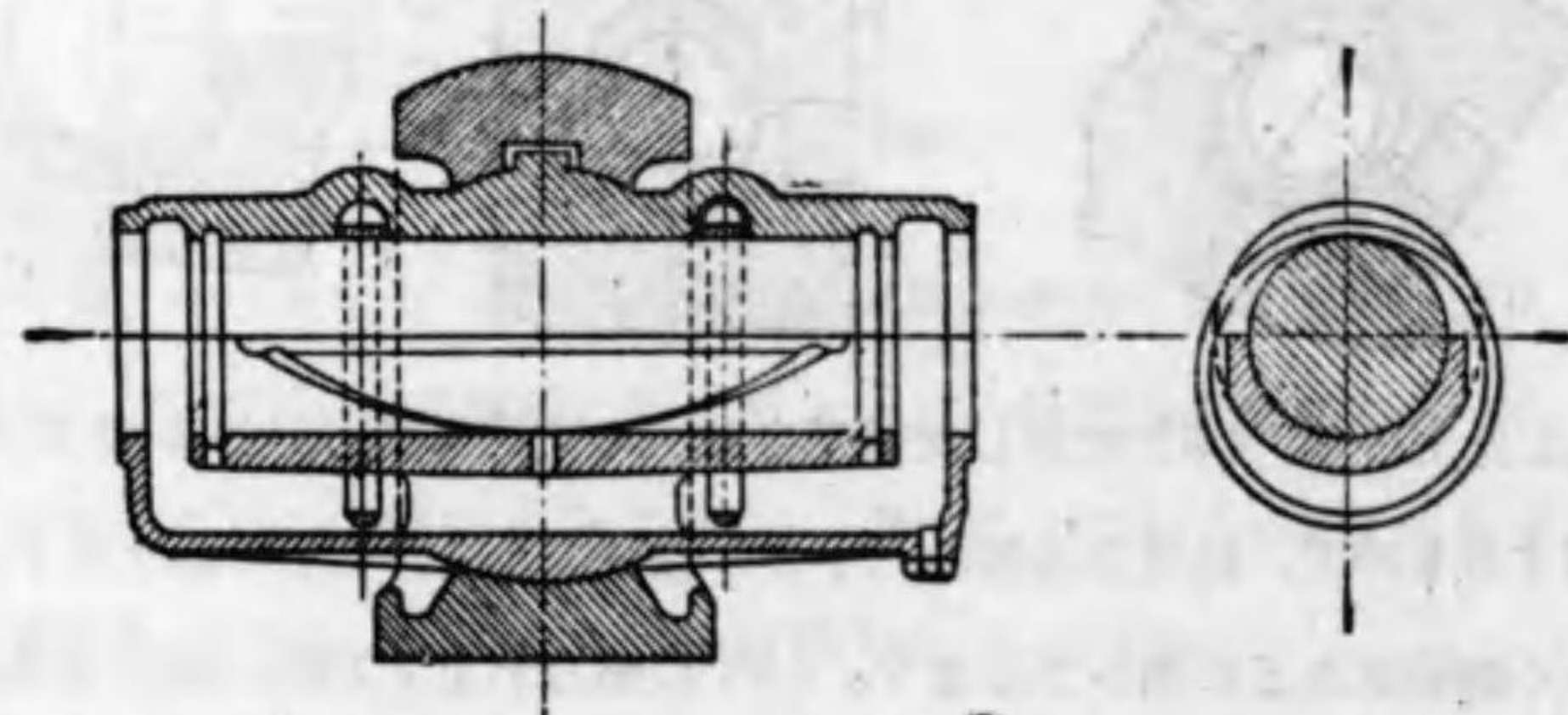
表 1

材 料	長さ mm	厚さ mm
青 銅 合 金	$1.5d \sim 2d$	$0.09d + 4$
白メタル(鑄込の場合)	$2d + 50$	$0.05d \sim 0.05d + 3$
鑄 鐵	$4d$	$1.25d + 2.5$

7. 油輪軸受と臼軸受

第 44 圖は油輪軸受を示したもので、高速度の軸に用ひます。軸に二つの油輪を懸け、油がたえず軸面に塗り付くやうな軸受です。特に高速度の軸に

第 44 圖

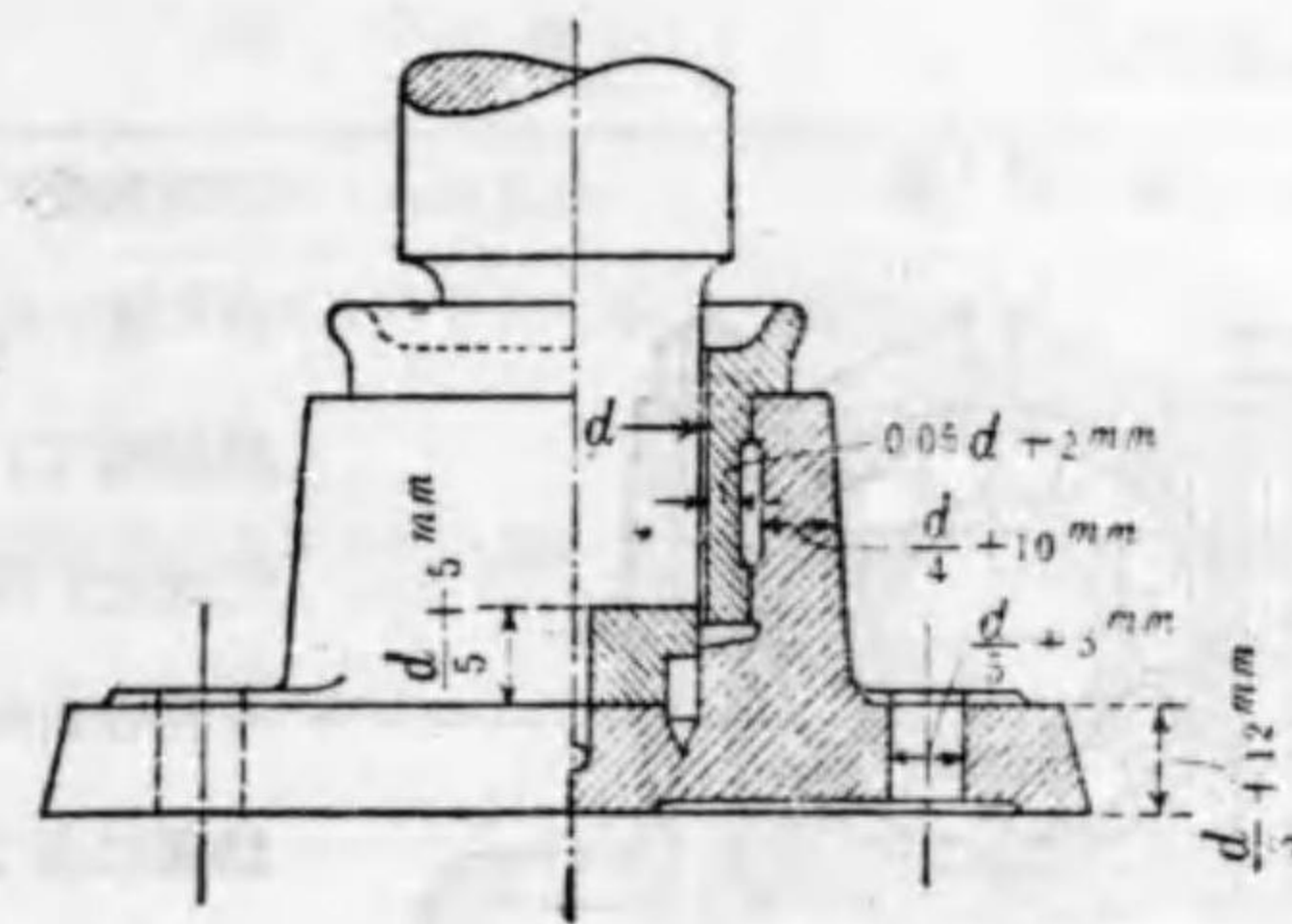


はポンプ (Pump) を用ひて滑油を強制循環させ、また甚しく熱をもつ個所へは、ポンプを以て冷水を循環させて、その個所を冷します。従つて、軸が

高速度に回転しても、軸受の焼けるやうなことはありません。

第 45 圖は臼軸受 (Footstep bearing) を示したもので、受金は青銅製ですから、軸受面が摩滅した時は取換へればよいのです。軸端は摩滅を少くするために、表面を浸炭焼入をするか、または軸材として硬鋼を用ひるかしてゐます。

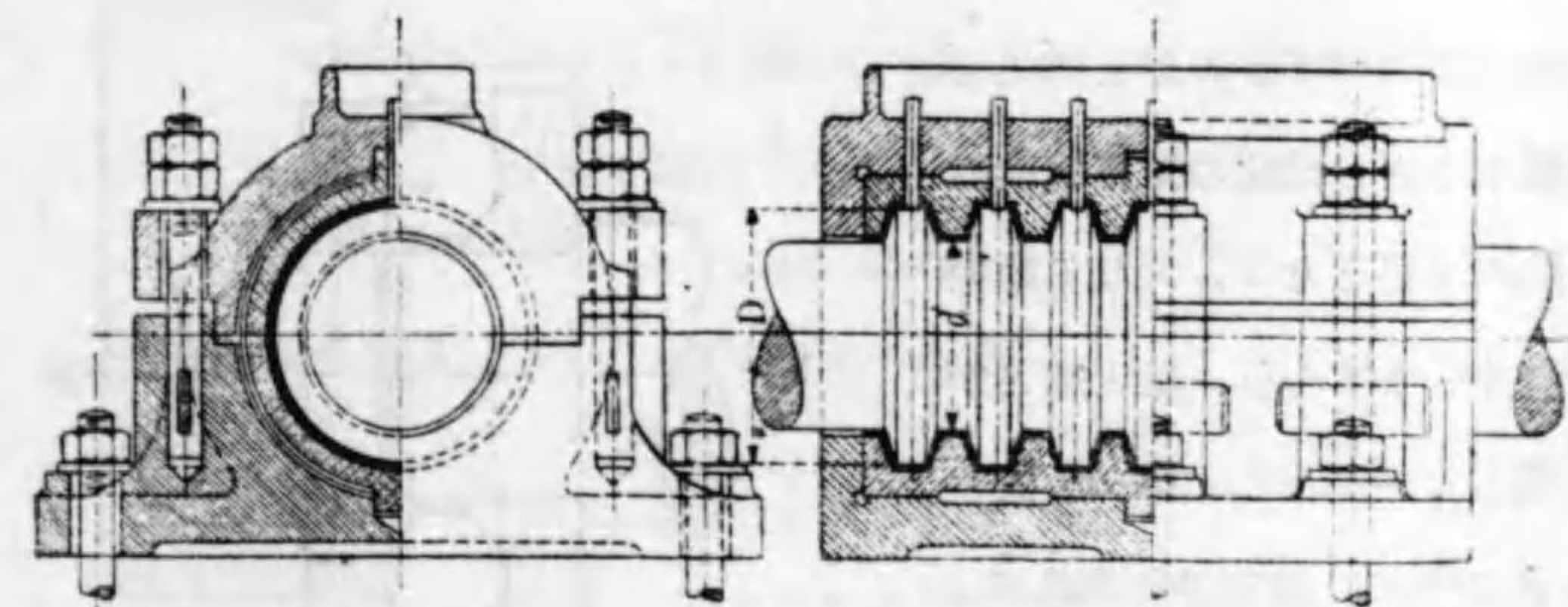
第 45 圖



8. 推力軸受

推力といふのは、軸が中心線の方に押される時の力で、この推力を支へるための軸受を推力軸受 (Thrust bearing) と呼んでゐます。プロペラ、渦巻

第 46 圖



ポンプ、水車などの軸は推力を受けつゝ回転するものです。この場合、推力のために、軸は中心線の方に押しやられますから、これを支へるために、

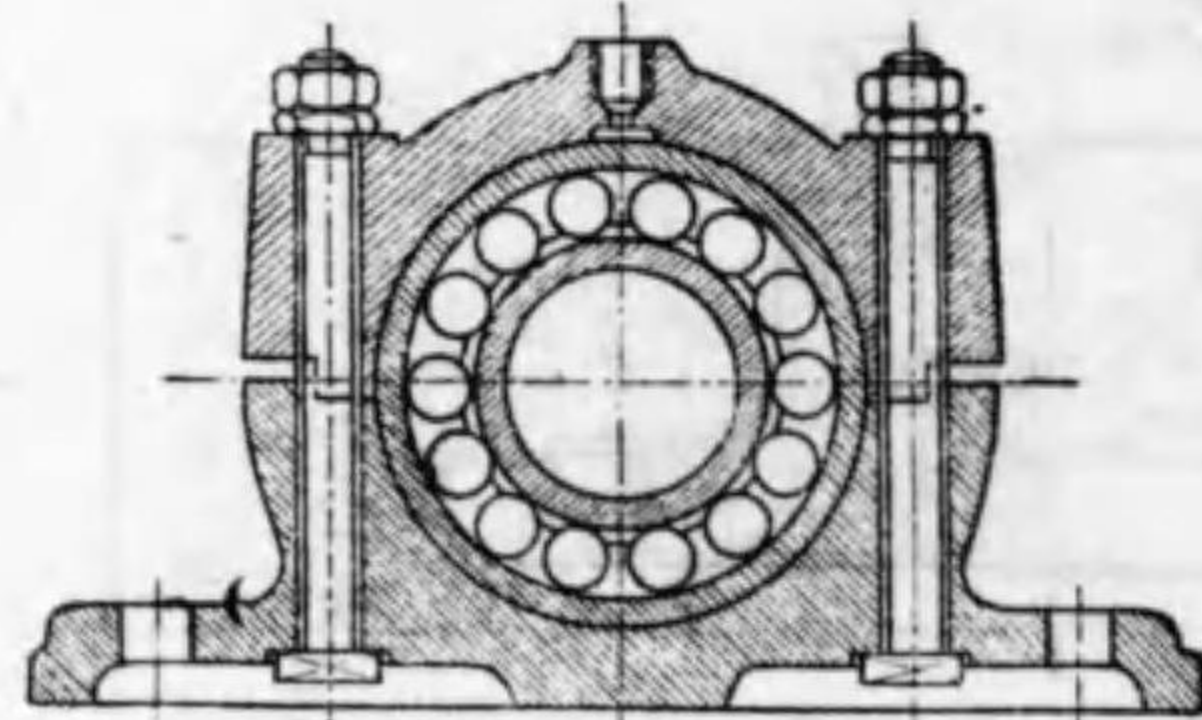


第 46 圖で示すやうに、軸には數個の環を備へ、それを同じ形の溝を具へる軸受で抱かせます。

9. 球 軸 受

軸の回轉の速いものは、摩擦抵抗のために軸受が焼けやすく、またそのために動力の損失を大にするので、球軸受 (Ball bearing) を用ひてこれを防ぐことにしてゐます。

第 47 圖



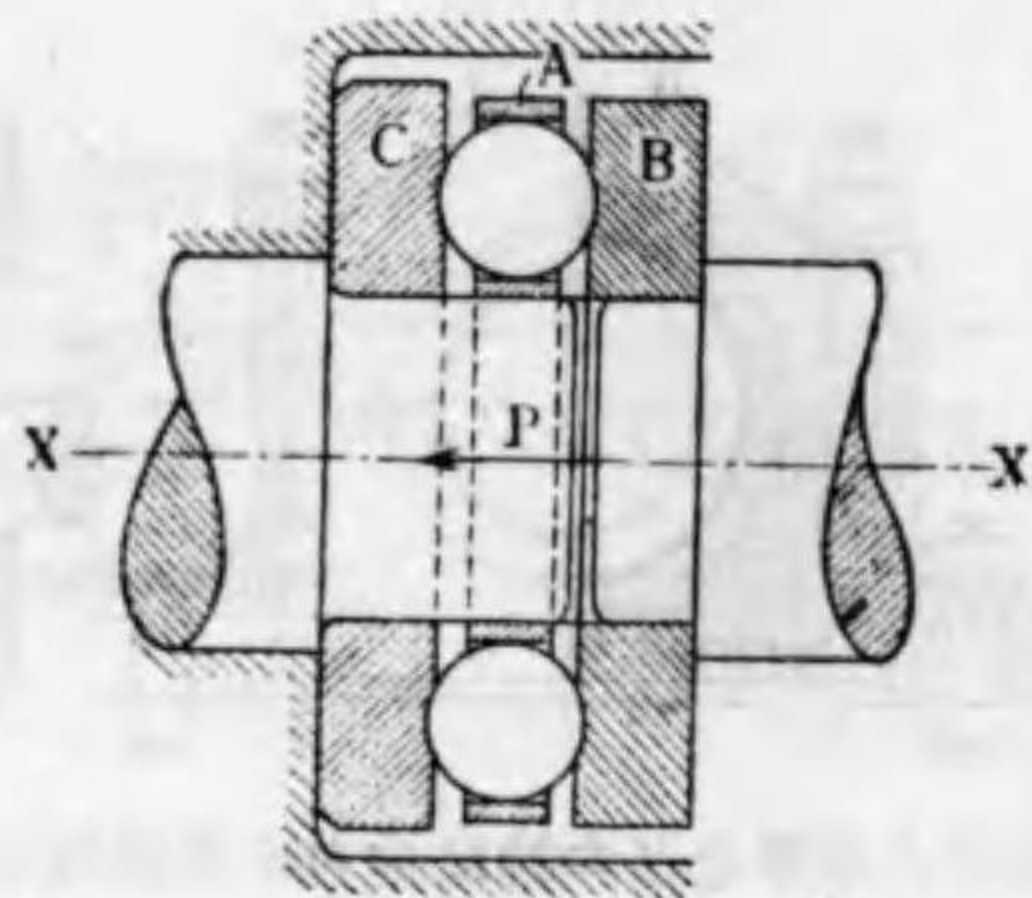
球軸受の特長を、詳しくいへば、球と軸との接觸が點接觸で、軸の回轉によつて球はころがり、滑油がよく行きわたるために、軸受摩擦は面で接觸する普通の軸受の約15%にすぎないこ

とから、これを用ひることによつて、機械の効率が著しく大となるのです。應用範圍は廣く、自轉車、自動車、工作機械などに使用されてゐます。

第 47 圖は、最も普通に用ひられてゐる球軸受で、第 48 圖は球推力軸受の要部です。球は軸に接觸して

ころがるのですが、球と球とが接觸すると、球間の摩擦速度は軸間の2倍となり、大なる摩擦が発生しますから、球と球とが接觸しないやうに、第 48 圖の A のやうに、籠で離れ離れに、ゆるやかに球を支へしめるものもあります。

第 48 圖



つぎに球軸受が、安全に堪へ得る最大荷重  $P \text{ kg}$  は、つぎの式から算出できます。

$$P=0.2Knd^3$$

$n$ =球の總數

$d$ =球の直徑  $\text{cm}$

$K$ =球に対する許し單位壓力  $\text{kg/cm}^2$  で次表の通りです。特に材料が優秀の場合  $K$  の値は次表のものより50%まで増加することが出来る。

第 2 表

鑄鐵球が二平面間に支持された場合		$K \leq 2.5$
鋼球が平面又は圓筒面に支持された場合	連續使用	$K \leq 50$
同	上	間歇使用
		$K \leq 100$
鋼球が環狀凹面内に支持される場合	連續使用	$K \leq 100$
同	上	間歇使用
		$K \leq 200$

10. コロ軸受

第 49 圖

球の代りに圓筒形のコロを用ひたものがコロ軸受 (Roller bearing) です。第 49 圖がその一例で、内輪 B と外輪 C との間にコロを置き、籠 A でそれを緩やかに支へます。

コロ軸受の安全に堪へ得る荷重  $P \text{ kg}$  は、次式から算出することが出来ます。

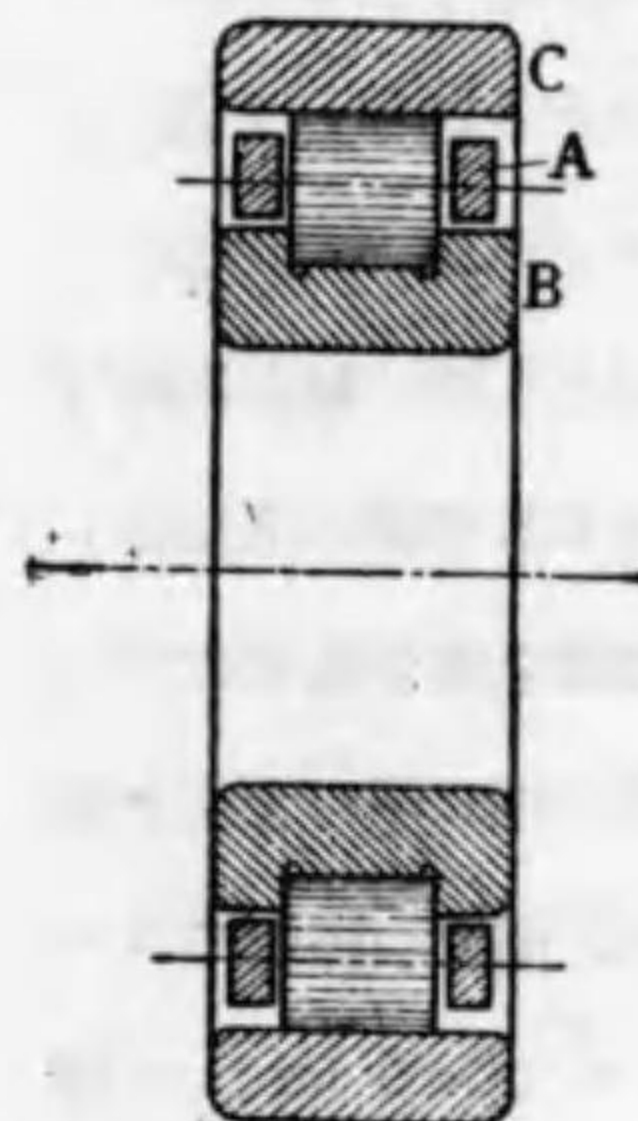
$$P=0.2kndl$$

$n$ =コロの總數

$d$ =コロの直徑  $\text{cm}$

$l$ =コロの長さ  $\text{cm}$

$k$ =コロに対する許し單位壓力にして、球に対する  $K$  の値の 1.5~2 倍迄許されてゐる。





## 第六章 管と管接手

### 1. 管の太さと厚さ

管 (Tube) は断面の圓形なのが普通で、主として水や、蒸氣や、空氣のやうな流體を通すもので、その太さは、その中を通す流體の速度から定められます。従つて、いま管中を通す流體の流量を  $Qm^3/s$  とし、その平均流速を  $v m/s$ 、管の内徑を  $d m$  とすれば、その式は

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 v$$

故に  $d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \dots \dots \dots (15)$

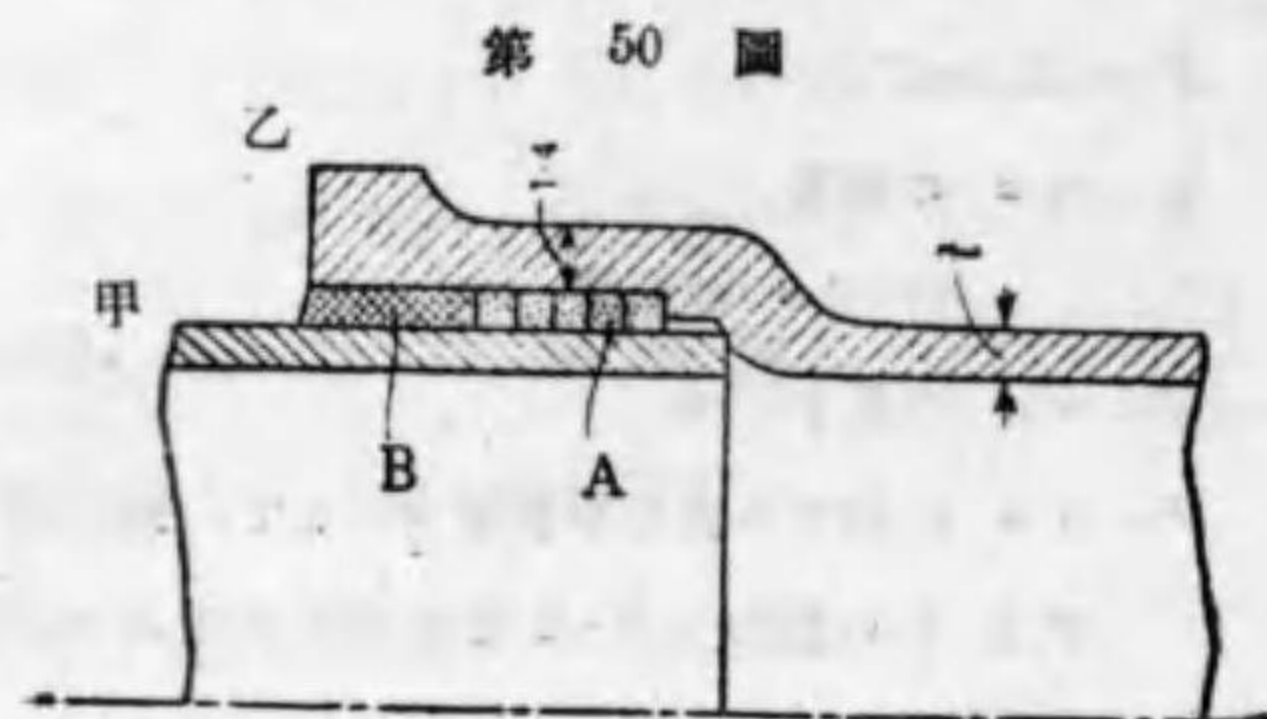
次に管の厚さを求める式は、圓筒やシリンダーに内壓がかかる場合に厚さを求める式と同様です。即ち圓筒やシリンダーに内壓が働く場合に誘發される内力は軸方向のものより、圓周方向のものゝ方が大です。依つて次の如き圓周方向の内力を表す式から管の厚さを定めます。許容引張内力を  $f_t kg/cm^2$

管の半径を  $r cm$  管の内部に働く内壓を  $p kg/cm^2$  とすれば

$$f_t = \frac{pr}{h} \dots \dots \dots (16)$$

### 2. 管 接 手

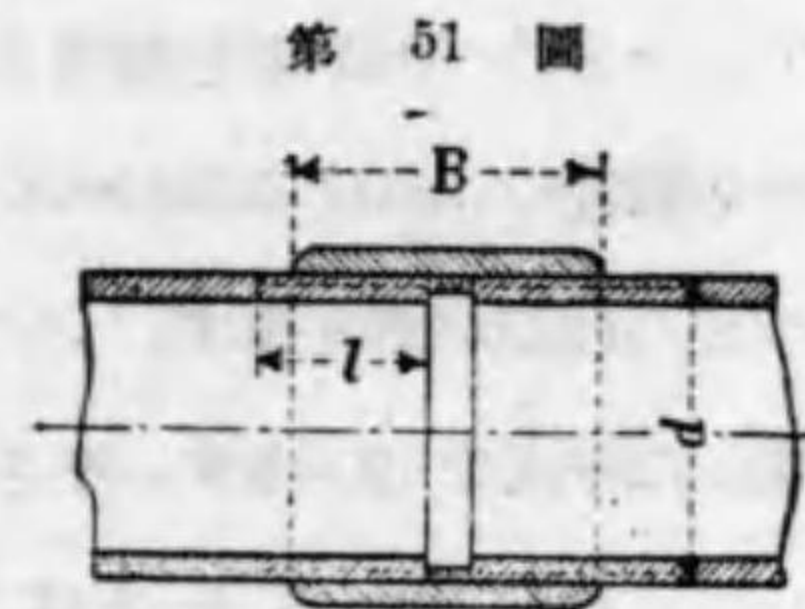
(1) 印籠接手 (Seal-case joint) 第 50 圖に示したやうに、およそ地下に埋設する鑄鐵の水道管、排水管及びガス管を接合する普通の方法は、



乙の管頭を幾分廣めにつくり、その中に甲の管尾を差し込み、兩管の隙間にコーラル<sup>(6)</sup> (Coal tar) に浸した木綿、麻などの填物 A を固く巻き、その口のとこ

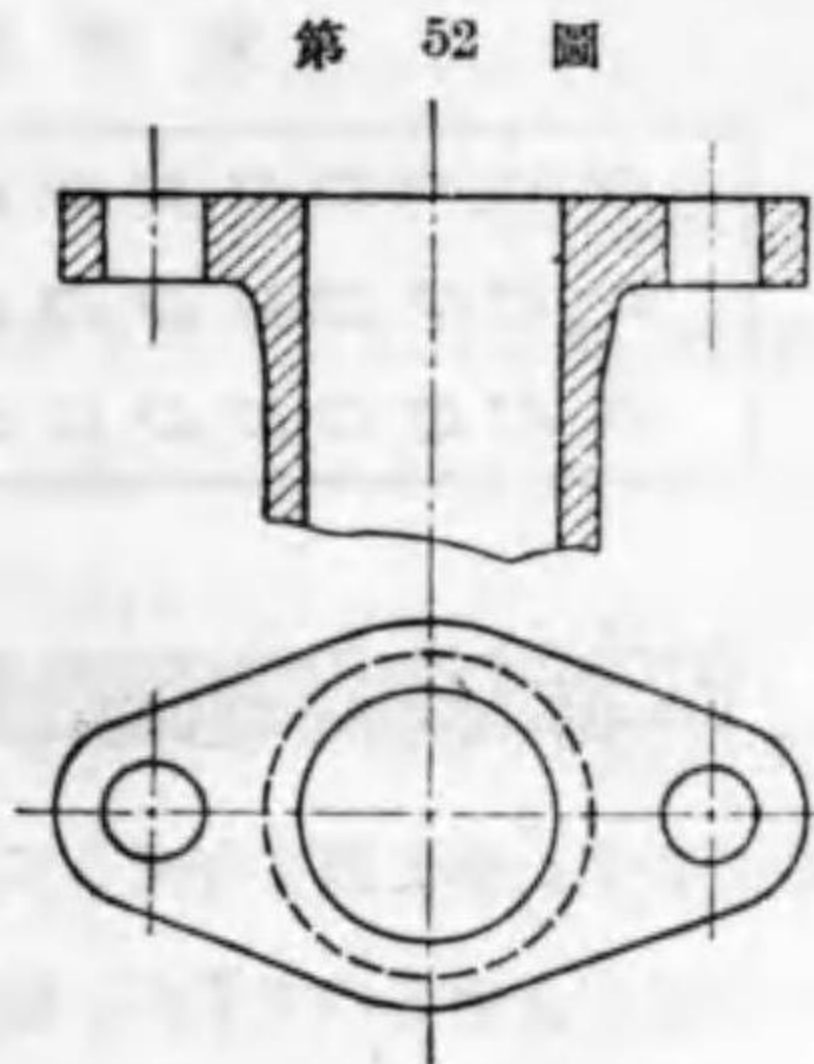
ろに鉛を鑄込むか、またはセメント<sup>(7)</sup> (Cement) を流し込んで緊密にします。これがいはゆる印籠接手で、兩管の中心線に多少食違ひがあつても、接合することが出来るし、また幾分柔軟性があり、ボルトや、ナットで締める時の様に腐蝕がないといふ特長があります。

(2) ネチ接手 (Screw joint) これは管の兩端にネチ切道具でネチ山を切り、そこに管形の薄いナットをかけ、兩方からねちつけて接合するものです。



このネチは、ボルトネチとは異なる細目のネチで、最も普通にガス管のネチに用ひられ

るところから、ガスネチといひ、その規格は、ウィット・ウォース・ネチと同じです。なほ管端圓錐部の勾配は  $\frac{1}{10}$  であります。



(3) フランジ接手 (Flange coupling) 管接手の中で最も完全、最も堅固で、しかも取付け、取外しの容易

なのは、このフランジ接手です。壓力の高い流體を通す管及び太い管といふものは、これが一番であります。フランジは、いはゆる鏝で、鑄鐵及び鑄鋼管では多くそれを管と一體に鑄造します。第 52 圖に示したものがそれで、鑄出フランジといはれるものです。その他の管では、フランジを別につくり、それをネチ、鉄または熔接、鍛接、鐵付などによつて管端に接合します。之を組立フランジといひます。



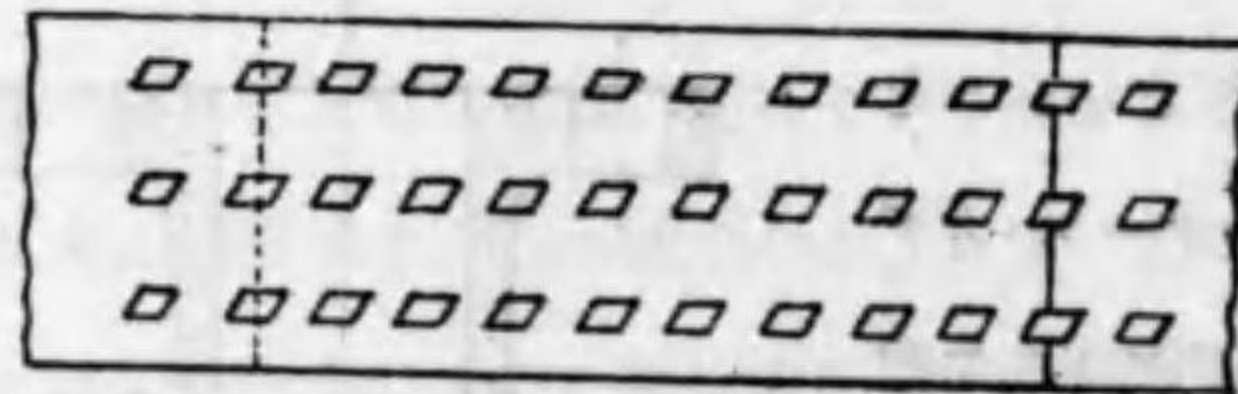
## 第七章 ベルト装置

## 1. ベルト

1つの軸から他の軸に動力を傳へる場合、この兩軸にキーによつて夫々ベルト車を取付け、これらのベルト車に革をかけて、一方のベルト車を回轉させると、他のベルト車も回轉します。これがベルト装置で、かける革がベルト (Belt) です。(第2章機構参照) ベルトには、つぎの種類があります。

(1) 革ベルト (Leather Belt) 主として鞣した牛皮を用ひます。厚さは約 5mm、長さは

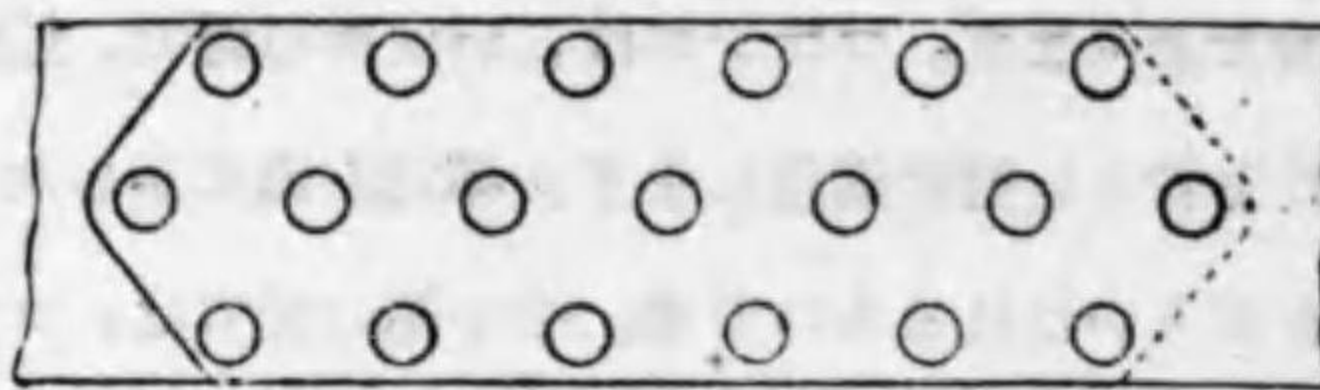
第 53 圖



は約 5mm、長さは 1.5m 位で、適當の幅に切り、續ぎ合せて長いベルトにします。厚いベルトが必要ならば、2枚か3枚を貼り合せます。革を續ぎ合せるには、その端を斜に削り、その面に膠材を塗つて貼り合せるのですが、場合によつては第 53 圖のやうに革紐で綴るか、第 54 圖のやうに銅の銚で銚止にします。この革紐で綴つたものを膠着綴接手といひ、銅銚で止めたものを膠着銚接手といつてゐます。



第 54 圖



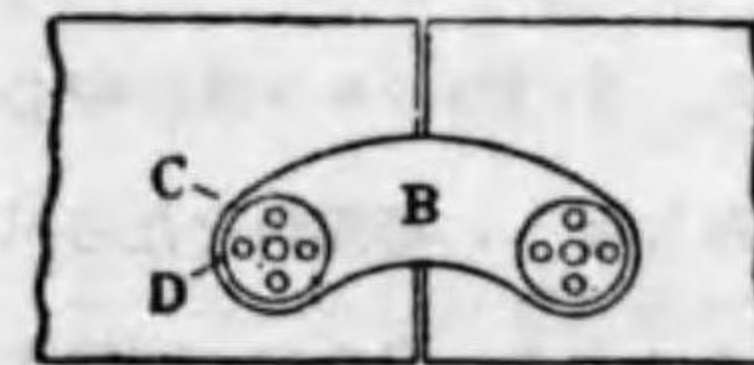
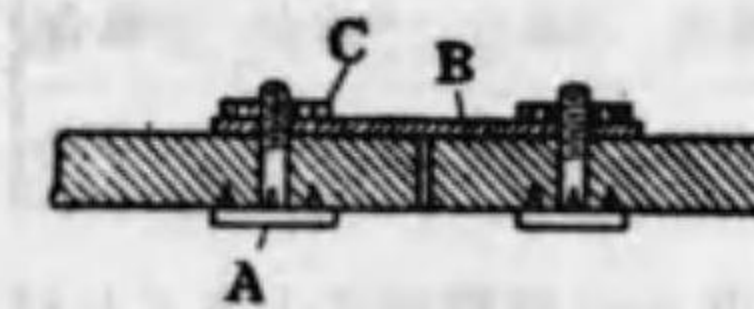
(2) 木綿ベルト (Cotton belt) 木綿織物の縁を内にして折り重ね、それを固めたものです。革ベルトよりも價も廉く、造りよく、伸が少いか

ら蒸氣や水分の多いところでは革よりもよいが、缺點としては剛くて、弾性に乏しく、従つてベルト車に馴染みにくく、接手をつくるのに孔を穿けると、その部分の強さを減ずる點です。なほ木綿ベルトにゴムを張つたものをゴムベルト (Rubber belt) といつてゐます。

## 2. ベルトの接手

ベルトは、ベルト車に掛けた後、兩端を引張つて緊張させてつなぎ合せ、ベルト車との摩擦抵抗によつて回轉を他方のベルト車に傳へるものであつて、この接目をベルト車の接手と呼びます。

第 55 圖



第 53 圖、第 54 圖のやうな接手は、永久接手ともいへるもので、これを施したベルトを輪ベルトといつてゐます。第 55 圖は、刺のある頭を持つてゐるボルト A をベルトに通して刺をベルトに打込み、B の板金を當て、これをナット C で締めつけて接ぎ合せます。D はネチ廻しのピンを挿し、ナットを廻すために、つけられた孔であります。

このほかの接ぎ方は、ベルトの端に孔を穿け、革紐を通して綴るのは最も普通で、板金をベルトに通して板金の孔に棒を通して接ぎ合せたものは甚だ丈夫です。また定規をベルトの端に當て、これに接手の一端を掛け、他の端の刺をベルトに打込んで組合せた接ぎ方もあります。

## 3. 厚さ、直径の割合及び距離

ベルトは、彎曲する度合の甚だしい程彎曲するのに大きな力を必要とし、従つて動力を無駄に費すこととなります。これはベルト車の直径が小さいほど、またベルトの厚さが厚いほど、ベルトを車周に沿うて折り曲げるために



ベルトを傷めたり、滑りがひどすぎたりする。ですから、ベルト車の直径と、ベルトの厚さの割合には、十分注意しなければなりません。

そこで、次ぎに革ベルトの厚さと、ベルト車の直径との最もよい割合を掲げましたが、これによれば、ベルト車の直径は、ベルトの厚さ30倍以上でなければなりません。

ベルト車の直径	300 mm 以上	二重ベルト
ベルト車の直径	500 mm 以上	三重ベルト
ベルト車の直径	760 mm 以上	四重ベルト

また木綿ベルトにて、ベルト車の直径の安全最小限度は、つぎの通りです

第 3 表

ベルトの種類	3枚合	4枚合	5枚合	6枚合	7枚合	8枚合	9枚合	10枚合
ベルト車の直径 mm	100	150	200	250	340	400	500	600

つぎにベルト車の距離ですが、ベルトとベルト車との接触面は大きくなければ滑りやすく、従つて大きな動力を傳へ難いから、2つのベルト車の中心間隔は相當の間隔を保たせて、ベルトに適當の撓みを與へ、接觸角をなるべく大きくする必要があります。だが、距離があまりに大きい場合は、回轉する際に支障を生じますから、ベルト車の距離は、つぎの限度を超えぬやうにしなければなりません。

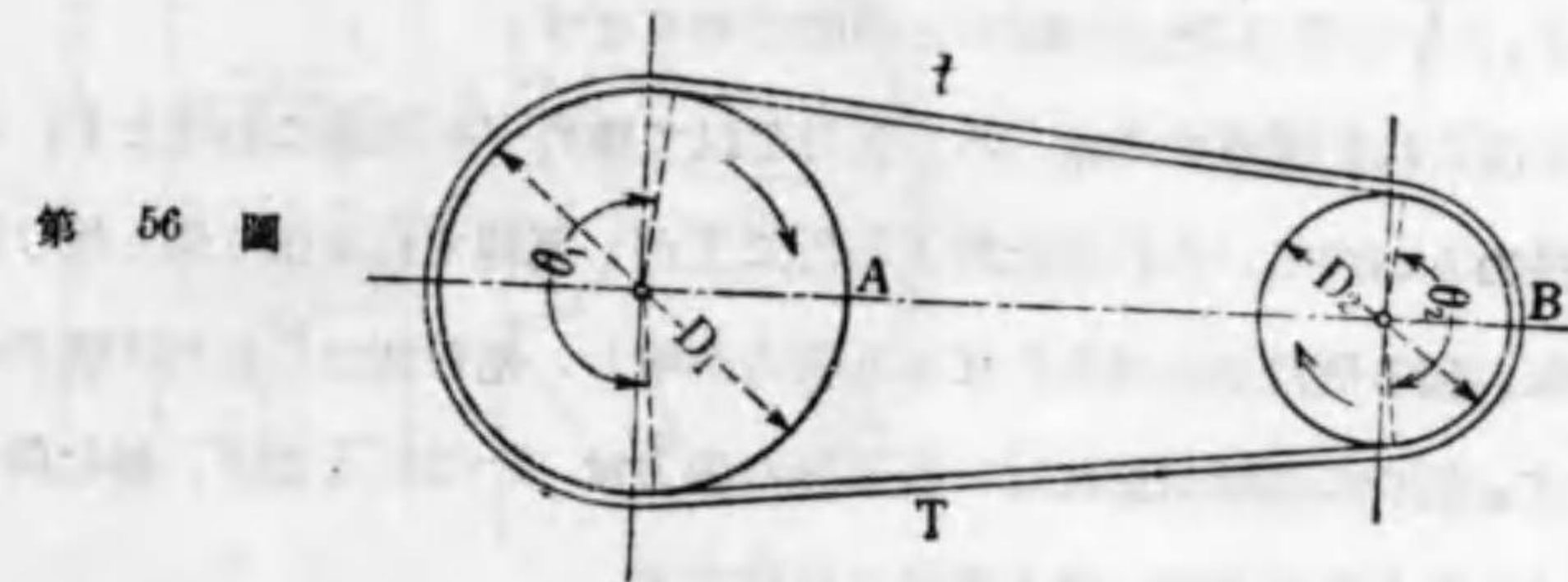
革ベルトの幅が 75mm 以下の時      ベルト車の中心距離 4.5m 以下  
 革ベルトの幅が大なる時 75mm 以上の時      ベルト車の中心距離 7.5m 以下  
 なお木綿ベルトの場合は、つぎの通りです。

第 4 表

ベルト車の直径の比	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1
ベルト車の中心間の距離の最小限度 m	1.5	2.1	3.0	3.7	4.5	5.5

4 ベルトの張力

いま第 56 圖に示すやうなベルト車 A, B にベルト (Belt) を掛け、A を主動子、B を受動子として動力を A から B に傳送しますと、ベルトに張る側と、弛む側とを生じます。そこで、張る側の張力を T, 弛む側のそれ



を t とすれば、 $T-t$  はベルトによつて傳へられる力 P に等しく、且つ T と t との比は  $e^{\mu\theta}$  に等しい。即ち

$$\left. \begin{aligned} T-t &= P \\ \frac{T}{t} &= e^{\mu\theta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

ここに、e は自然對數の底で、大約 2.72 なる値、 $\mu$  はベルトとベルト車との間の摩擦係數、 $\theta$  は小なる方の車の接觸角を弧度で表したものであります。

つぎに A, B の直径を  $D_1, D_2$  m, 回轉度を  $n_1, n_2$ , rev/mn とすれば、ベルトとベルト車との間に滑りがなければ、ベルトの走る速度は車の圓周速度に等しいから、それを  $v$  m/s で表しますと、

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60} = \frac{\pi D_2 n_2}{60}$$

故に  $D_1 n_1 = D_2 n_2$

故に  $\frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2} \dots\dots\dots(18)$

この時傳へられる動力を HP 馬力とし、傳へられる力を P kg とすれば

$$HP = \frac{Pv}{75} \text{ 或は } P = \frac{75HP}{v} \dots\dots\dots(19)$$



また(16)式から  $T$  と  $t$  とを求めると

$$T = P \frac{e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}, \quad t = P \frac{1}{e^{\mu\theta} - 1} \dots\dots(20)$$

$\mu$  の値はベルトの新舊や、または空気の温度や湿度、走る速度などによつて、普通は 0.2 から 0.5 位まで變り、従つて例へば  $\theta = 165^\circ$  即ち  $2.88 \text{ rad}$  とすれば、 $\frac{T}{t}$  は 1.78 と 4.23 との間にあります。

ベルトはこれを運轉する前、ある張力を以て豫めベルト車にかけます。それを初張力といつて、それは大約  $1.5P$  ですが、運轉すれば張る側と弛む側とが出来、張る側は更に  $0.5P$  ばかり張力が増し、弛む側はそれだけ張力が減じます。従つて運轉状態には、張る側の張力は  $T = 2P$  となり、弛む側のそれは  $t = P$  となるのが、最も普通の状態です。

5. ベルトの強さ

革ベルトは、その切口の面積の毎平方寸に  $200 \sim 350 \text{ kg}$  の内力がかゝるとき切斷しますが、ベルト車にかけたベルトの最弱部は接手の部分です。この接手の耐力はベルトの切斷内力の約  $1/3$  であつて、ベルトの許し内力はこの最弱部の耐力の更に  $1/3 \sim 1/4$  をとります。即ちベルトの許し内力としては、切斷内力の  $1/9 \sim 1/12$  といふことになるので、 $20 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$  を適當とします。

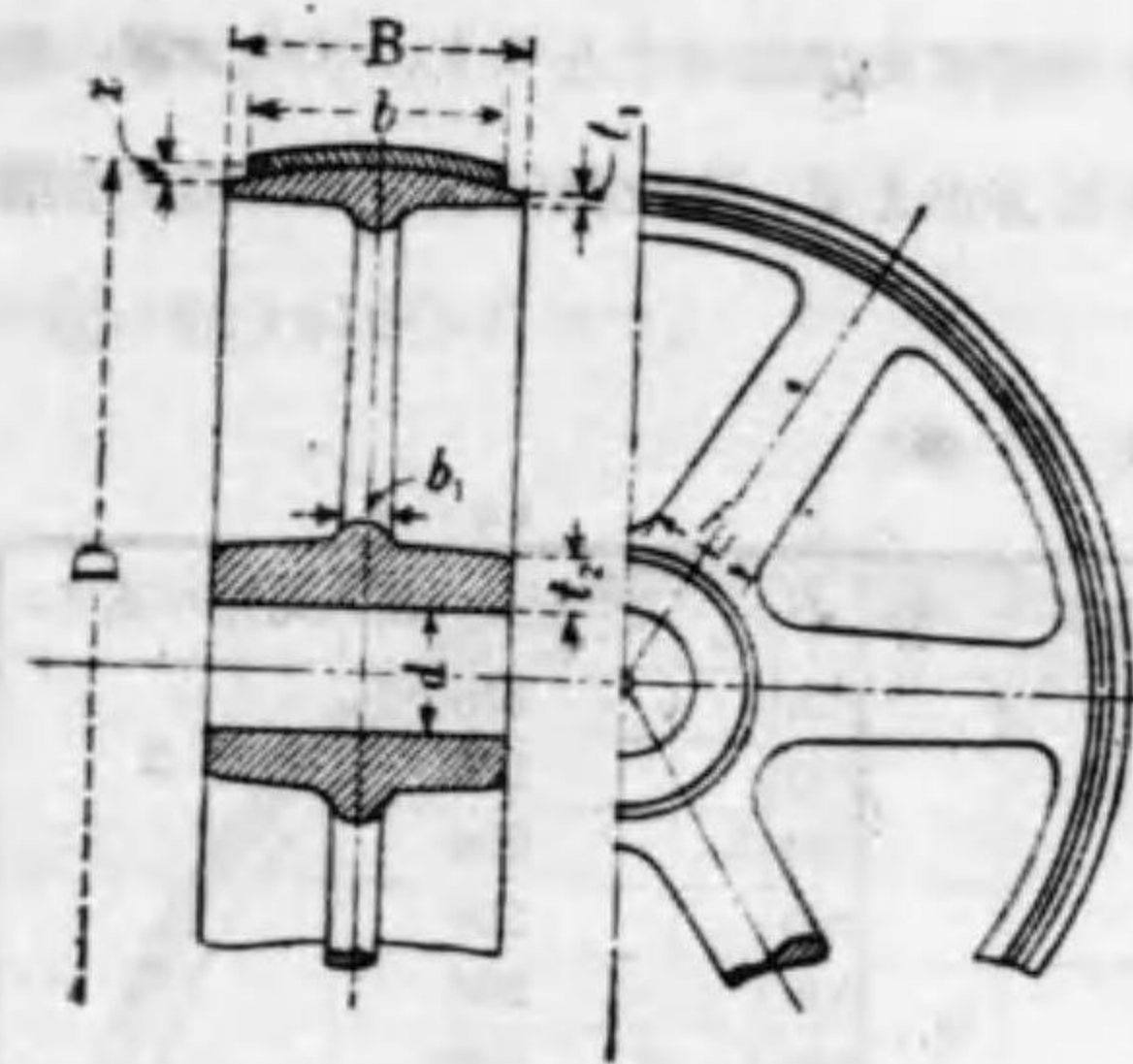
第 5 表

ベルトの厚さ mm	5	5.5	6.5	7	8	
ベルトの幅 1cm に対する安全荷 重 kg	許し應力 $\text{kg/cm}^2 \times 20$	10	11	13	14	16
	25	12.5	13.8	16.3	17.5	20
	30	15	16.5	19.5	21	24

6. ベルト車のリム

ベルト車は、稀に木製のものもありますが、普通は鑄鐵製で、第 57 圖がそれです。ベルト車はリム (Rim)、輻、ボスから成立つて居ります。

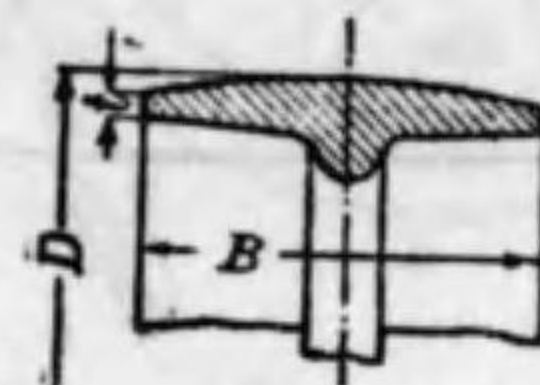
第 57 圖



ベルト車のリムは、第 58 圖のやうに圓弧状になつてゐるのが普通で、この方が外れることが少くてよいのです。つぎにその理由を説明させよう。

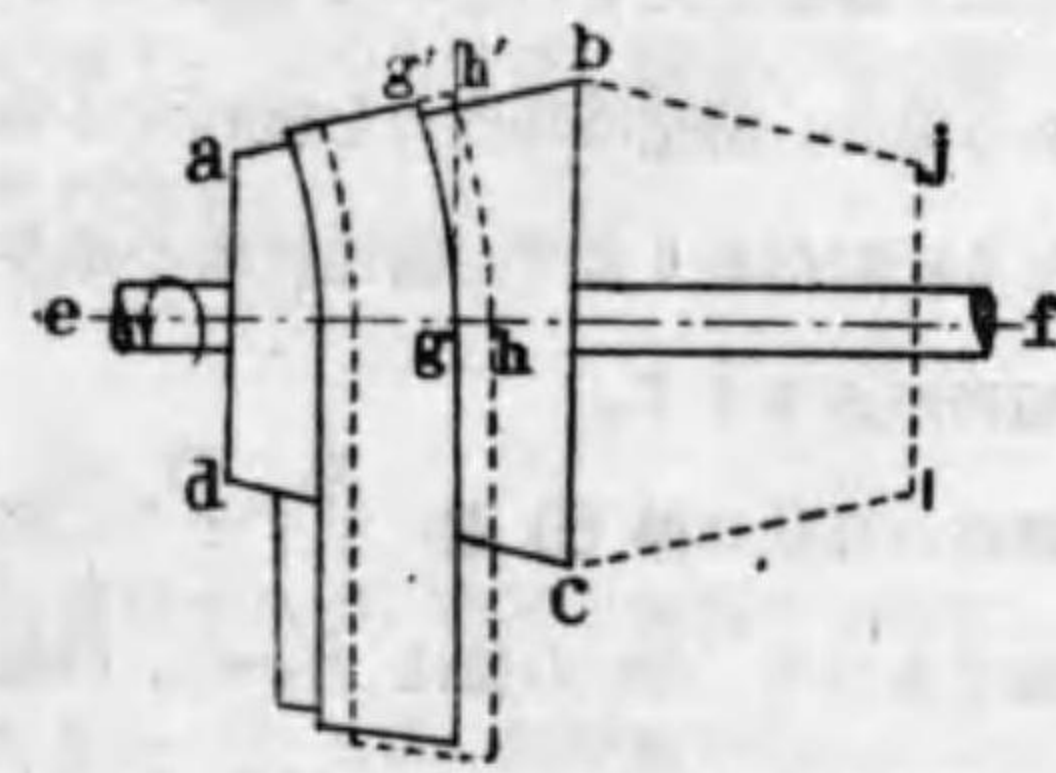
いま第 59 圖に示すやうな圓錐形のベルト車 abcd に、ベルトを掛けたとします。この時ベルトはベルト車に随つて實線で示すやうに掛り、g 點において

第 58 圖



ベルト車を離れて他方のベルト車に向ひます。ベルト車が矢のやうに回轉し、ベルトが圖の位置を保つて回轉するものとすれば、約  $90^\circ$  回轉すると、ベルトの g 點は g' に至り、ベルトはこの

第 59 圖



間に g' h' だけベルト車の面を滑り落ちなければならぬ理です。しかるにベルトとベルト車との間には、動力を傳へ得るほどの大きな摩擦抵抗があるから、ベルトは滑らずに h' 點に

ゆき、従つてつぎの g に相當する點は h に移動して、ベルトは點線の位置に押し上げられます。

かくしてベルトは、ベルト車の高い方に次第に登つてゆきますから、圖のやうなベルト車では bc 縁から滑り落ちることになります。それゆゑ、ベルト車を二つ合せて abjcd のやうにして、これにベルトを掛ければ、ベルトの左側は右方に移動しようとし、また右側は左方に移動しようとして、同じ



位置を保つことが出来ます。

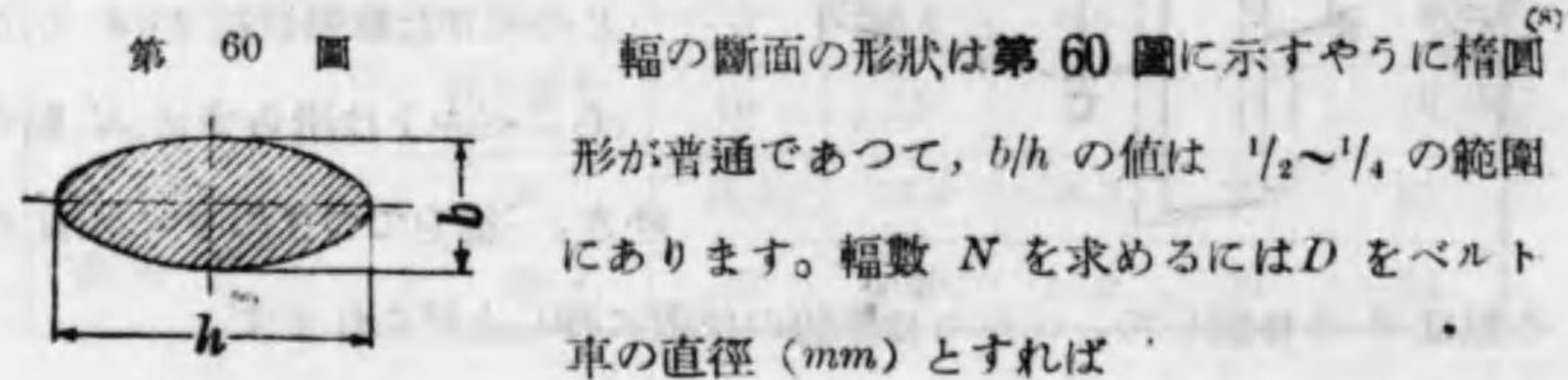
ベルト車の直径及び幅とは、リムの直径及び幅のことです。ベルト車の直径は、ベルトの厚さの30倍以上をとる方がよく、また幅はベルトの幅より広くする方が普通です。

第 6 表

幅 B	ベルトの幅	丸味の高さ	幅 B	ベルトの幅	丸味の高さ
35	25	1	175	150	2
40	30		200	175	
45	35		230	200	
60	45	1.5	260	230	3
70	55		300	260	
80	65		340	300	
90	75	1.5	390	350	4
100	85		450	400	
120	100		500	450	
135	115	2	550	500	4
155	130		600	550	

7. ベルト車の幅

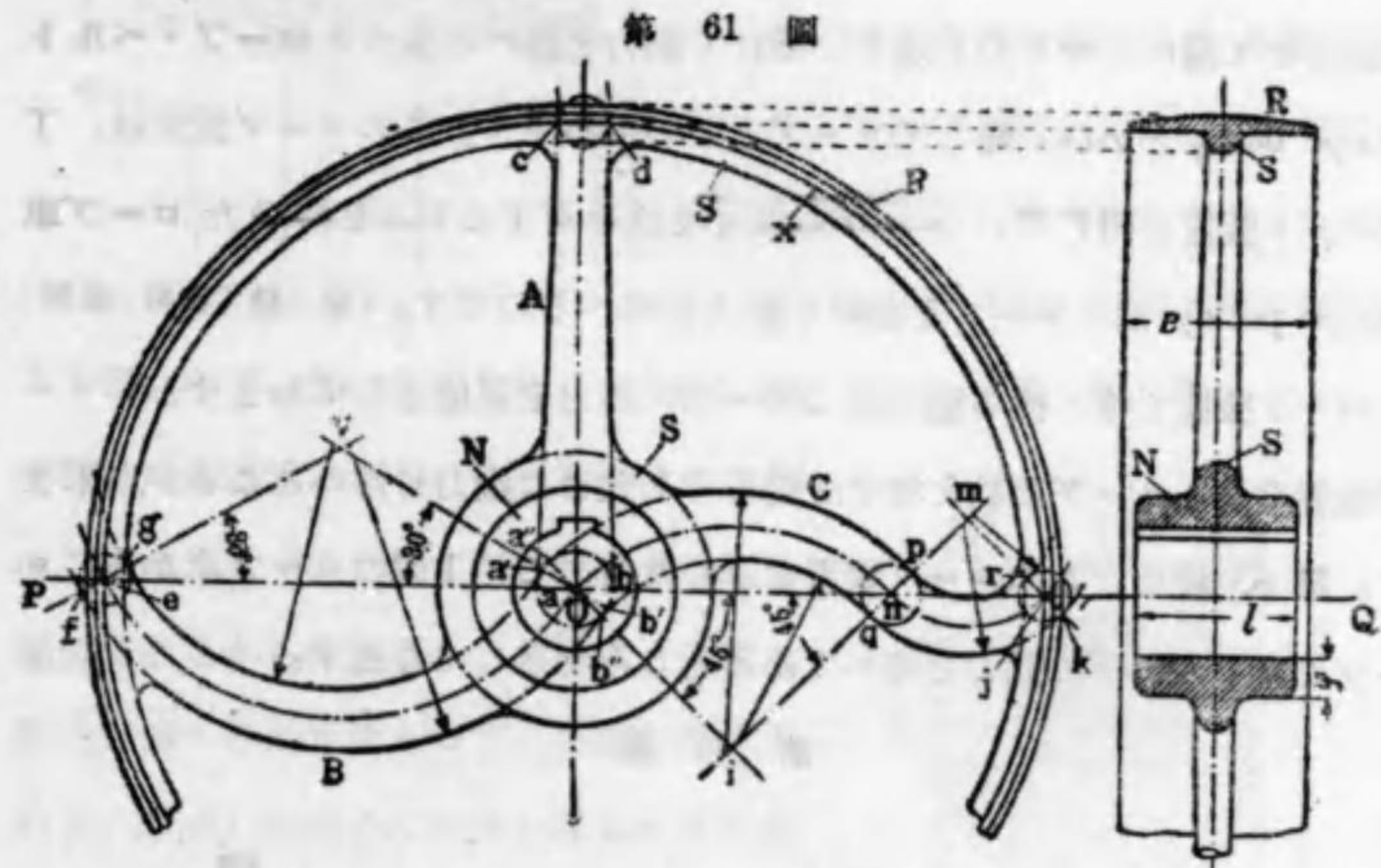
ベルト車の幅の形状は、直線状のものと彎曲したものと2種類あります。彎曲した幅は鑄鐵のベルト車である場合、鑄造冷却内力を緩和する効果はあるが、重量大となり構造複雑となる缺點があります。鑄造技術の進歩した今日は、直線状の幅が用ひられる傾向があります。



$$N = \left( \frac{1}{7} \sim \frac{1}{8} \right) \sqrt{D}$$

但しその数の最小は4であつて、ベルト車があまりに小なる時は、幅をつけずに圓板車にしてゐます。

直線状の幅を畫くには、第 61 圖 A 中に示すやうに中心線 PQ 上に  $ab$  を幅の幅  $h$  に等しく、また X 圓上に  $cd$  を  $\frac{2}{3}h$  に等しくとり、 $a, c$  及び  $b, d$  を結び、この直線をボス N 及びリム R に小圓弧で結びつけると、直線上の幅の形状が畫かれます。

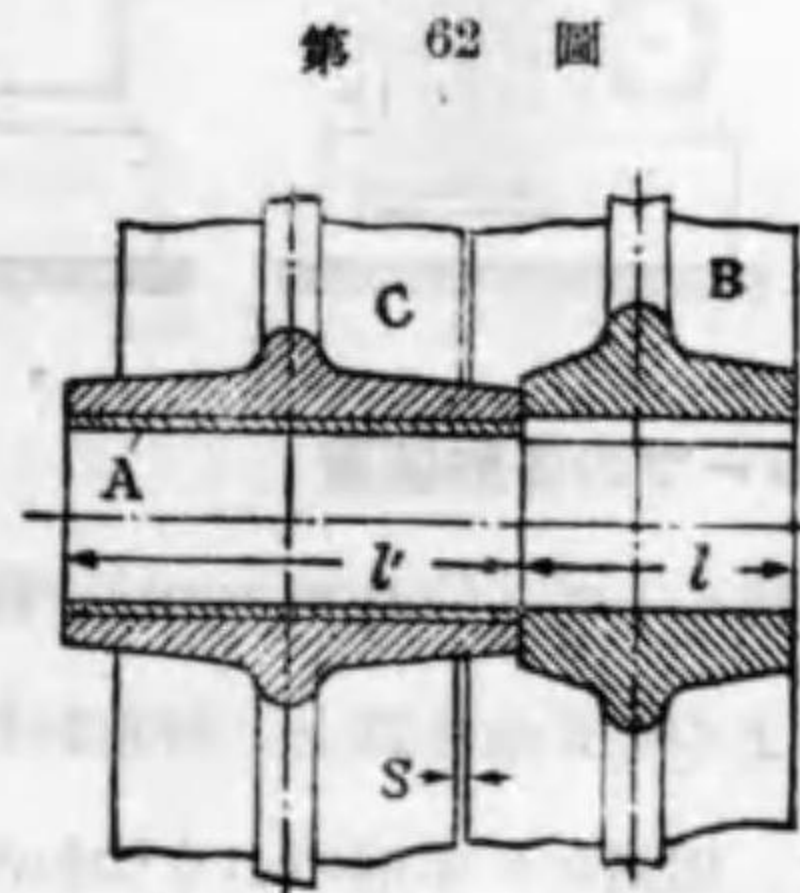


もしボス及びリムに力骨 S がつけられた時は、これに  $ac, bd$  線を結びつけます。この力骨は、鑄造の時の鑄引を少くし、且幅の付け根を丈夫にするためです。

8. 遊び車

回轉はするが、機械を運轉する役をしてゐないベルト車を遊び車 (Idle pulley) といひます。

この遊び車は、軸の周圍を回轉するものですから、第 62 圖 A のやうにボス内面に減摩性の金屬を裏張して、且壓力を廣い面積に分布して、ボス内面の摩滅を少くしてゐます。





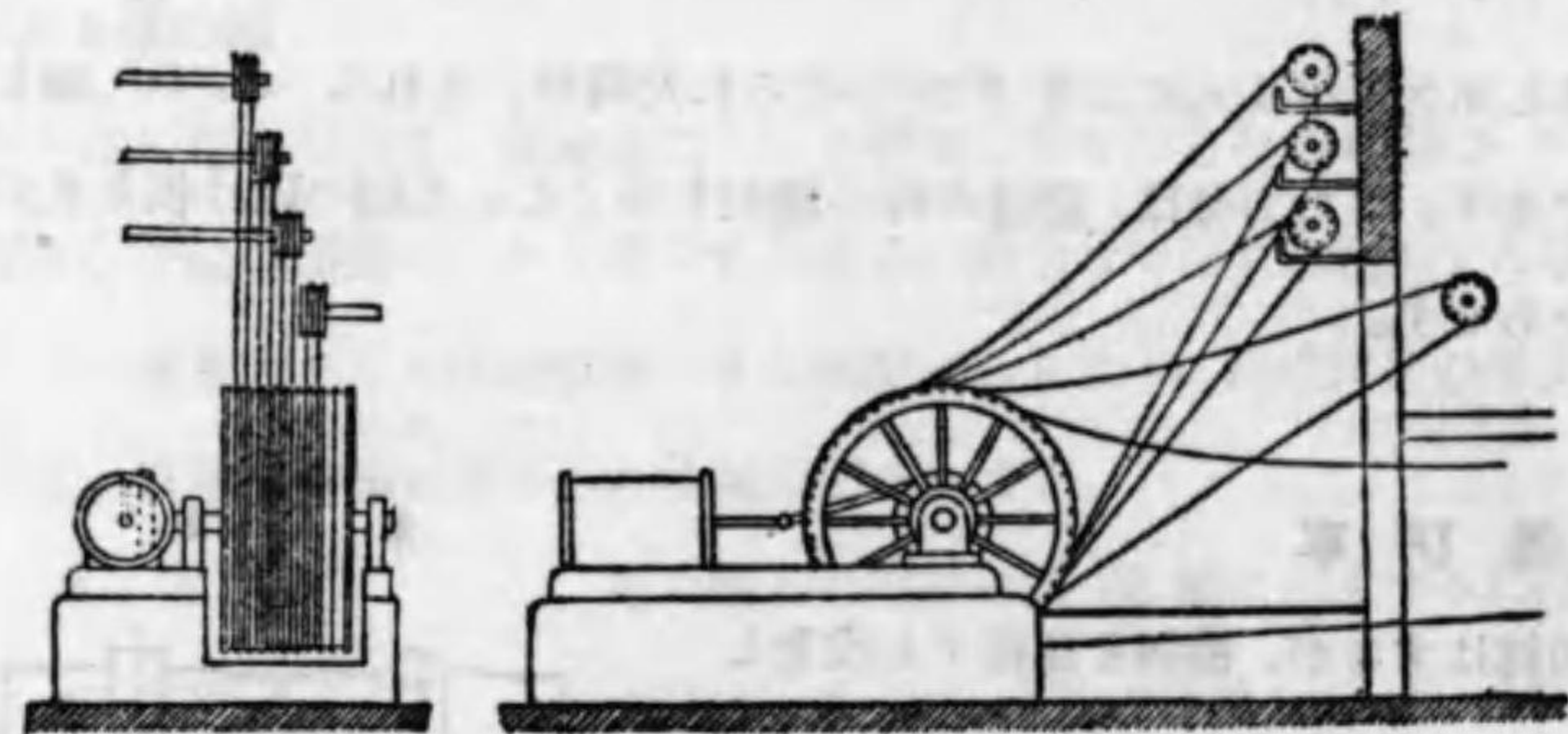
## 第八章 ロープ装置

## 1. ロープの働き

木綿糸、または針金を捻つて造つた普通の綱、または革の細い綱で、両端を縫合せて輪にしたものを造り、それで動力を傳へるものをロープ・ベルト (Rope belt) といひ、略してロープといつてゐます。このロープ装置は、丁度ベルト装置と同じで、ロープの嵌まる溝を有するリムを持つたロープ車 (Rope pulley) は、ロープを掛けて動力を傳へるのです。(第二篇「機構」参照)

ベルト装置で傳へ得る動力は 200~300 馬力を限度としてゐますが、ロープ装置では、ロープの数を増せば幾らでも大きな動力を傳へることが出来ます。第 63 圖は、このロープ装置を示したもので、1 個のロープ車から、ロープで多くの個所に動力を傳へてゐるところを示してゐます。

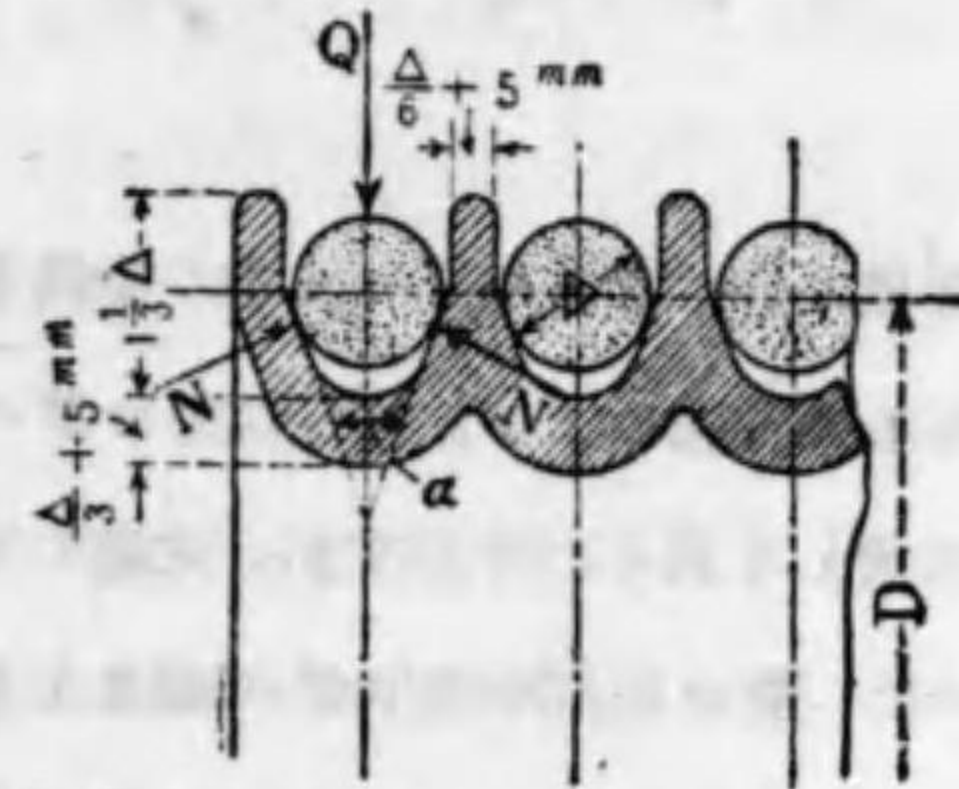
第 63 圖



## 2. ロープの傳動装置

木綿ロープ (Cotton rope), 麻ロープ (Hemp rope) は、傳へる力の大きさによつて 3 巻き以上、何巻かを同時に用ひ、ロープ車は第 64 圖に示すやうに、周圍に V 字形のいくつかの溝があつて、溝の各々にロープをかけ、溝の斜面がロープに接するやうにしますから、ロープは楔の作用によつて、大

第 64 圖

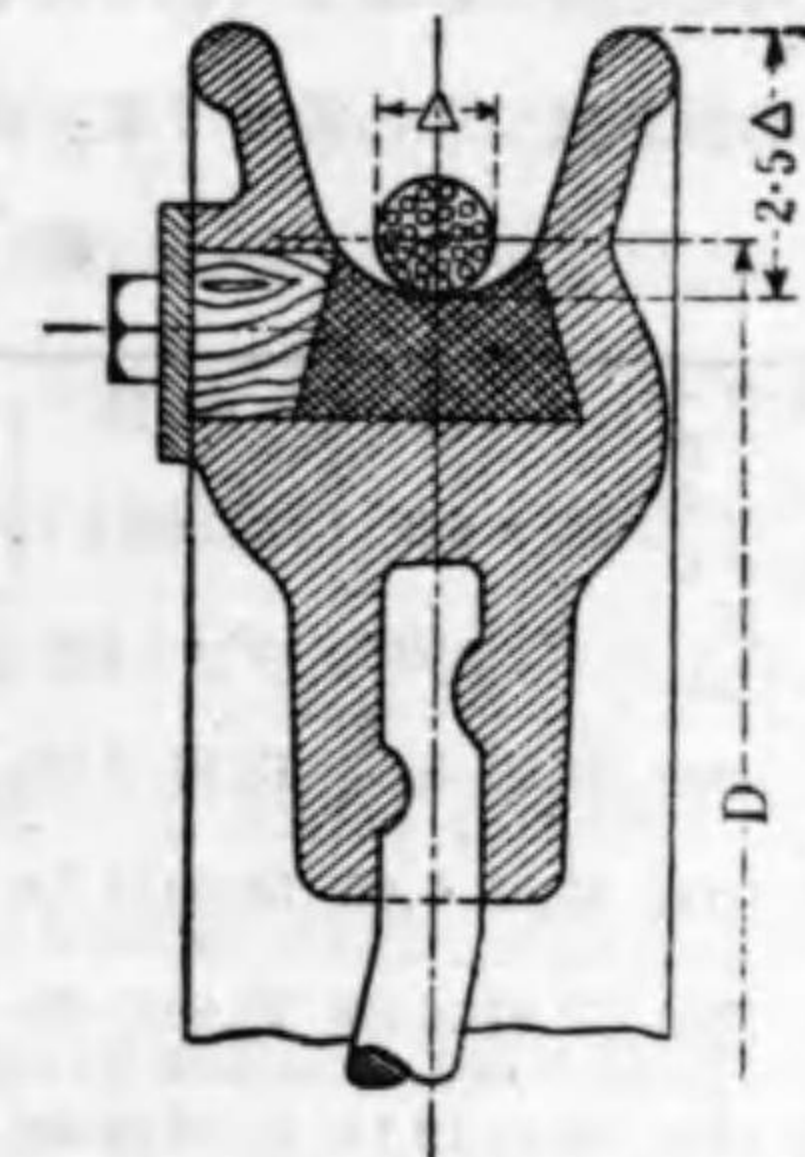


なる摩擦を起し、滑りを免れます。

つぎに針金ロープ (Wire rope)

は、動力を遠距離に傳へる場合に用ひられ、普通には 1 巻きで、第 65 圖のやうに溝の底を十分に広くして、ロープが溝の底に接し、楔の作用を起さないやうにします。なぜかといふに、針金の材料は車の材料よ

第 65 圖



りも硬いので、楔の作用を起させると、車が著しく摩滅するから、それを避けるためにこのやうにするのですが、針金も車も金屬製であるから摩擦が小さく滑り、豫定の動力が傳へられませんので、摩擦を増すために、溝の底部に扇形の溝を掘つて、その中に木や革のやうな材料を詰め、その上に針金に乗るやうにします。

ロープの直径を  $\Delta$  とし、それに対して各部の寸法は大體圖に示したやうなもので、車の直径  $D$  が大なる程ロープの曲げ作用が少く、その耐久性が増します。従つて  $D$  は木綿ロープ、麻ロープの場合は  $30\Delta$  以上、針金ロープの場合には針金直径の 2000 以上大きいのがよいとされてゐます。

なほ木綿ロープ、麻ロープの切口の正味面積は、外接圓の面積の約  $9/10$  で、その重さはロープが乾燥してゐる時、つぎの式から算出します。

$$\omega = 0.07 d^2$$

但  $d$  = ロープの外徑 cm



$\omega$  = ロープの長さ 1m 當り重量 kg

### 3. ロープの強さ

木綿ロープと麻ロープは、3本の小繩を撚り合せたものと、4本の小繩を撚り合せたものがあり、4本のものには心繩を用ひます。従つてロープの強さからいへば、その撚り合せ方によつて著しく異なるわけですが、大體のところをいへば、撚りがゆるいと、500 kg/cm<sup>2</sup>、堅いと 850 kg/cm<sup>2</sup> の強さをもつてゐます。故に常用内力としては 80 kg/cm<sup>2</sup> をとればよいが、耐久力を大にする関係で、10kg/cm<sup>2</sup> のみを許す場合があります。

なほ遠心力の影響を考慮した木綿ロープ、麻ロープの直徑と其傳へ得る馬力との関係はつぎの通りです。

第 7 表

ロープの直徑 mm	ロープの最小直徑 mm	v=10		v=15		v=20		v=25		v=30		v=35	
		P	HP	P	HP	P	HP	P	HP	P	HP	P	HP
30	900	43.83	5.84	43.12	8.62	40.99	10.93	37.46	12.49	33.93	13.57	28.98	13.52
35	1050	59.65	7.95	58.69	11.74	55.80	14.88	50.99	16.99	46.18	18.45	39.45	18.41
40	1200	77.91	10.39	76.65	15.33	72.88	19.44	66.59	22.19	60.32	24.13	51.52	24.04
45	1350	98.61	13.15	97.02	19.40	92.24	24.59	84.29	28.09	76.34	30.54	65.21	30.43
50	1500	121.74	16.23	119.77	23.95	113.88	30.37	104.07	34.69	94.25	37.69	80.50	37.52
55	1650	147.30	19.64	144.93	28.99	137.79	36.75	125.91	41.97	114.04	45.62	97.41	45.46

$\delta_n$  = ロープの断面 1cm<sup>2</sup> 當り許し應力 kg/cm<sup>2</sup>

P = ロープの傳へ得る 力 kg

HP = ロープの傳へ得る 馬力

v = ロープの速度 m/s

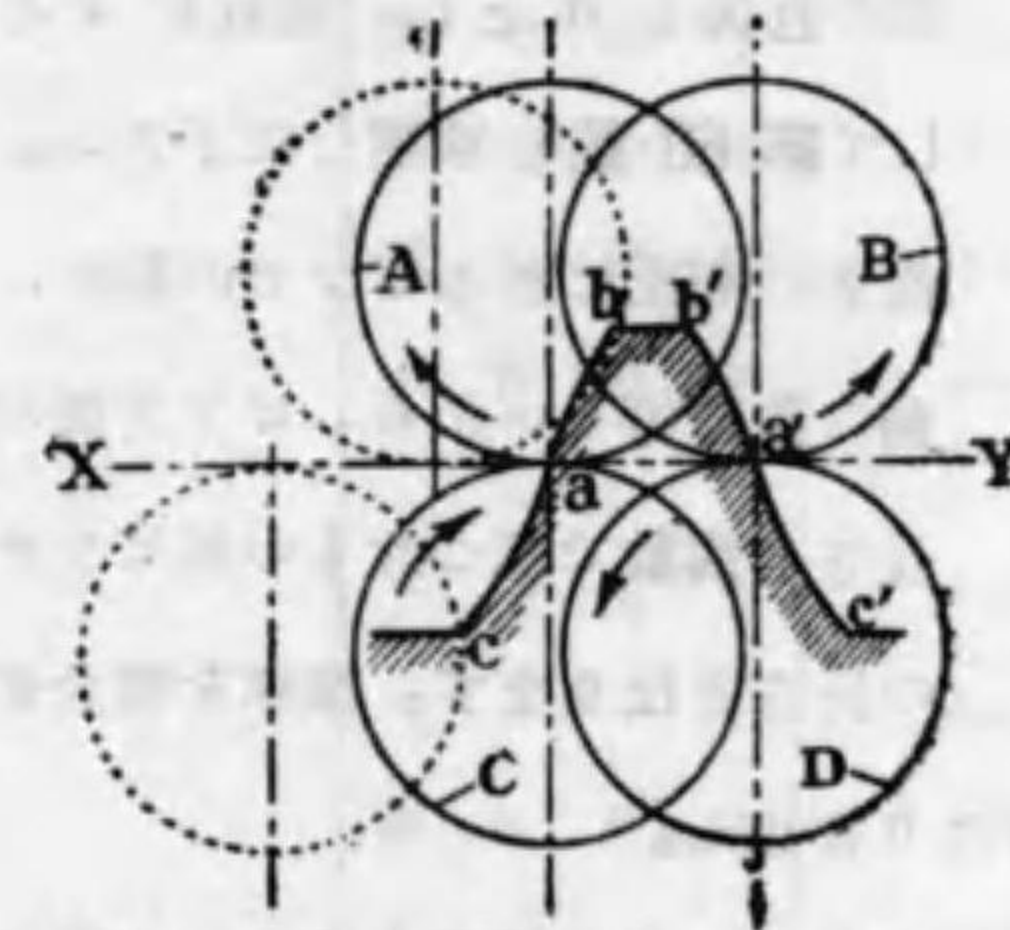
## 第九章 齒車装置

### 1. 齒の形状

齒車装置とは、2つの圓筒形のベルト車の周圍に齒を刻みその齒を噛み合せて回轉させるもので、この方法は摩擦傳動装置よりも滑りがなく、確實に動力を傳へることが出来ます。(第二篇「機構」参照)

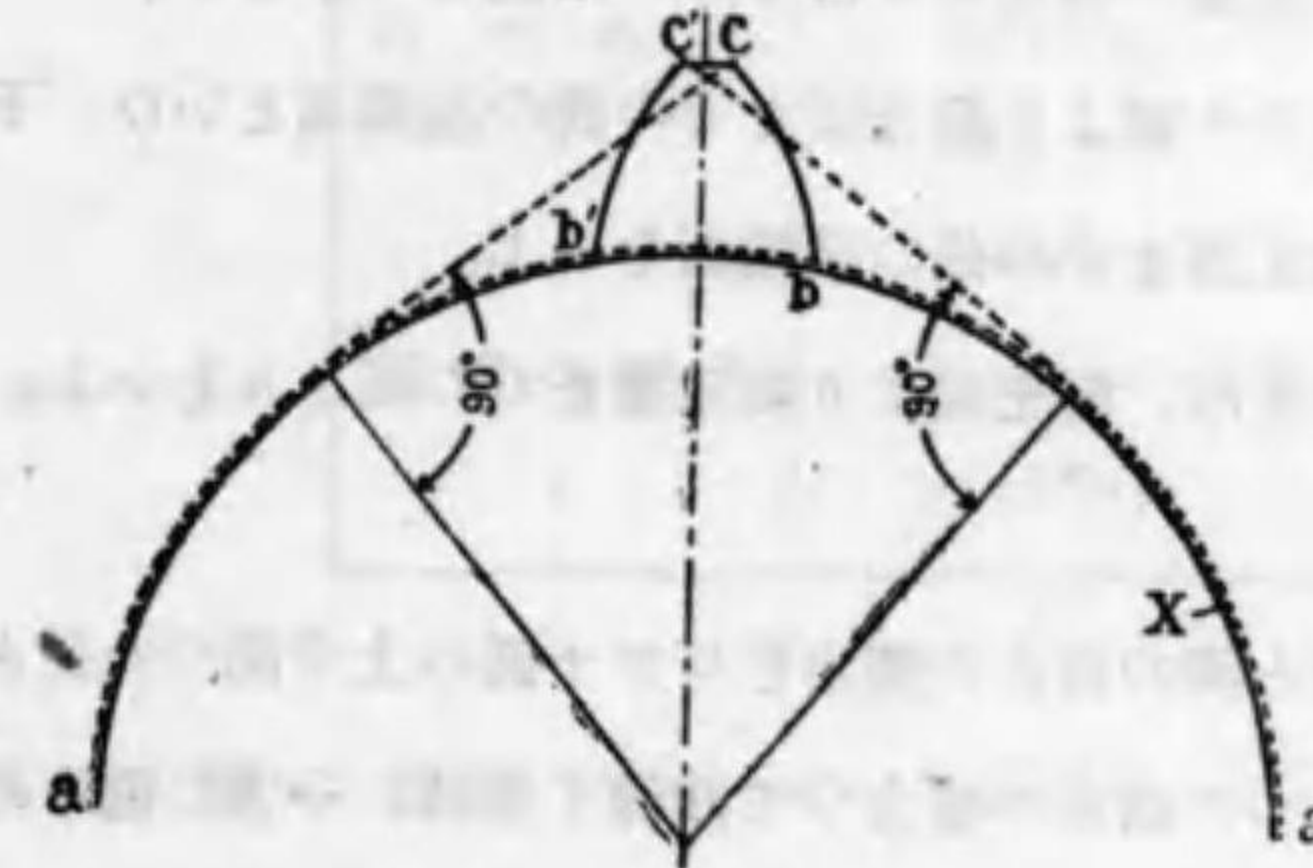
今回普通に用ひられてゐるものはシクロイド齒形 (Cycloidal Teeth) と、インボリュート齒形 (Involute Teeth) で、前者は精密を要する機械器具に

第 66 圖



用ひられます。第 66 圖はシクロイド齒を示したもので、このやうな齒を12枚以上植ゑて齒車をつくるのです。今基線 XY 上にころがり圓 A を矢の方向に轉じ、a 點で ab 曲線を描き、ころがり圓 B を矢の方向に轉じ、a' 點で a' b' 曲線を描き、b b' を直線に結び、更に C, D のころがり圓を矢の方向に轉じ a c,

第 67 圖



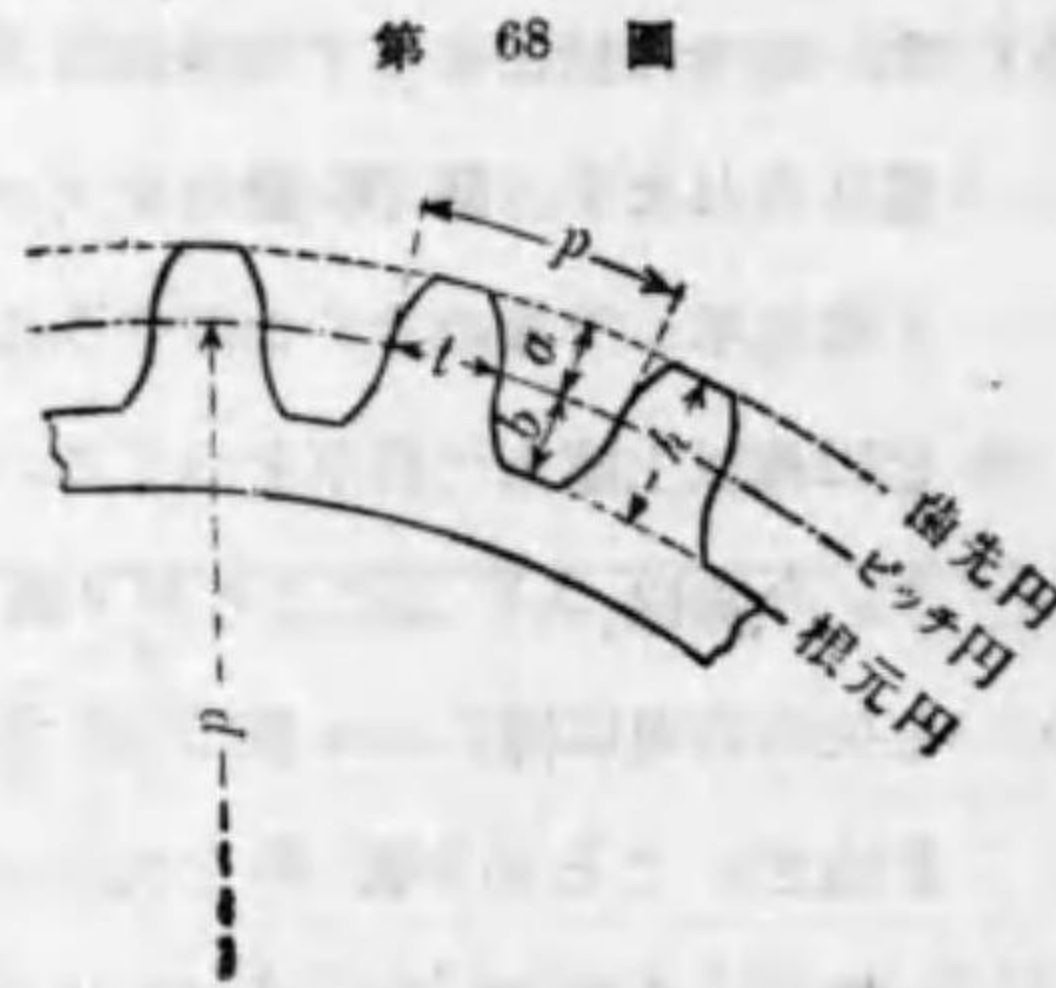
a' c' の曲線を描き、ca b b' a' c' の曲線が描かれ、齒形が出来ます。この場合は XY 直線を基線としたものですから、ラックに齒を刻む場合に應用されてゐます。



第 67 圖はインボリュート歯形で、基圓  $X$  の  $a, a'$  に糸を結び、その糸の端  $b, b'$  に鉛筆をつけ、糸を張つたまま鉛筆を動かせば  $b c, b' c'$  の曲線が描かれます。 $c c'$  を  $X$  圓と同心圓弧で結べば  $b' c' c b$  の歯形が描かれます。インボリュート歯形は、このやうな曲線で描かれたもので、この歯形も圓筒の周圍に歯をつくる場合に應用されてゐます。

2. 名稱と割合

(1) ビッチ, ビッチ圓 相隣れる 2 つの歯の對應點をビッチ圓に沿うて



測つた長さを齒のビッチ (Pitch) といひ、これを  $p$  で表し、ビッチ圓の直徑を  $d$  とし、齒數を  $T$  として第 68 圖を参照して下さい。齒車の周圍にあるビッチの數は、齒の數に等しいから、ビッチ圓の長さを齒數で割つたものがビッチの長さとなります。齒車を啣合せ

- るには、ビッチを同一にしなければなりません。
- (2) 齒先圓, 根本圓 第 68 圖で示すやうに、齒の齒先を周とした圓を齒先圓といひ、根本圓とは齒の根元をすぎて作つた圓をいひます。
- (3) 齒面 上齒面とはビッチ圓より齒先圓までの齒の接觸面をいひ、下齒面とはビッチ圓より根本圓までの齒の接觸面をいふ。
- (4) 齒の高さ 齒の高さとは、齒先圓より根本圓までの高さ  $h$  をいふ。即ち  $b+a$  です。
- (5) 齒の空き 1 つの齒と隣の齒との隙間をビッチ圓の上で測つた長さのことで、この明きは 2 つの齒車が啣合つて回轉する時、一方の齒車の齒が入り込む場所です。鑄造した齒車は齒の形が正確でない場合が多い

から、通例齒の明きは齒の厚さより大きいですが、双物で切つた齒は形が正確ですから、明きは齒の厚さに殆ど等しくするのが普通です。

(6) 齒の隙間 齒の空きは齒の厚さより大きいから、齒が啣合つた時、一方の齒と他方の齒との間に隙が出来る。この隙は、齒車の回轉に際して刺しい音を發する原因になりますから少くする方がよい。なほ啣合ふ齒の根元にも隙が出来ますが、これは夾雜物がはさまつた場合、齒を損じないために設けたものです。

なほ鑄造した齒車の齒の各部の割合を示すと、つぎのやうになります。

第 8 表

ビッチ	$p$	
齒の厚さ	$t=0.48p$	
齒の空き	$s=0.52p$	
横の隙間	$s-t=0.04p$	
上齒高さ	$a=0.30p$	(英國)
“	$a=0.33p$	(米國)
下齒高さ	$b=0.40p$	(英國)
“	$b=0.38p$	(米國)
齒の高さ	$h=a+b$	
“	$=0.70p$	(英國)
“	$h=0.71p$	(米國)
齒先の隙	$c=b-a$	
“	$=0.10p$	(英國)
“	$c=0.05p$	(米國)
接觸の高さ	$h'=2a=0.60p$	(英國)
“	$h'=0.66p$	(米國)

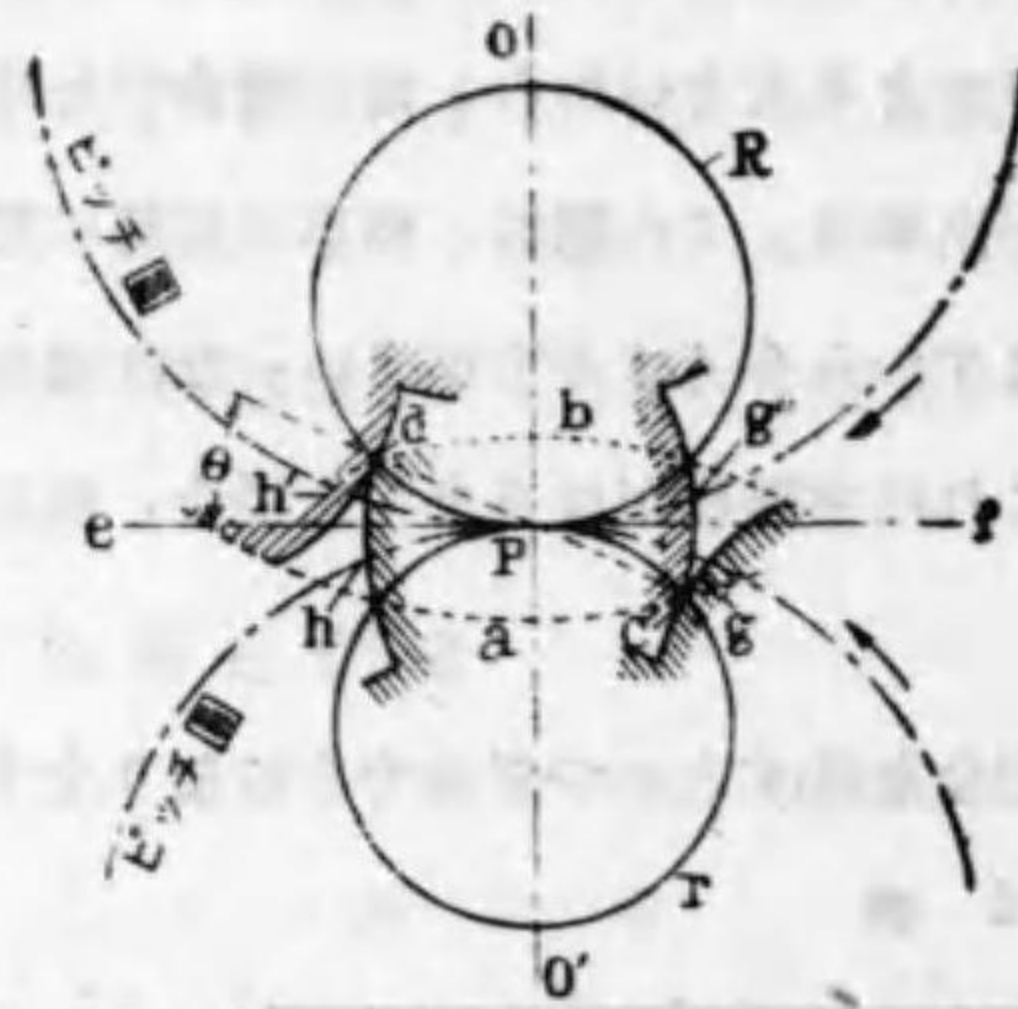
3. 接觸の徑路

(1) シクロイド齒の場合 第 69 圖に示すやうに、齒先圓  $a$  と、ころが



の圓  $r$  との交点を  $c$ , 齒先圓  $b$  と, ころがり圓  $R$  との交点を  $d$  とし, ピ

第 69 圖



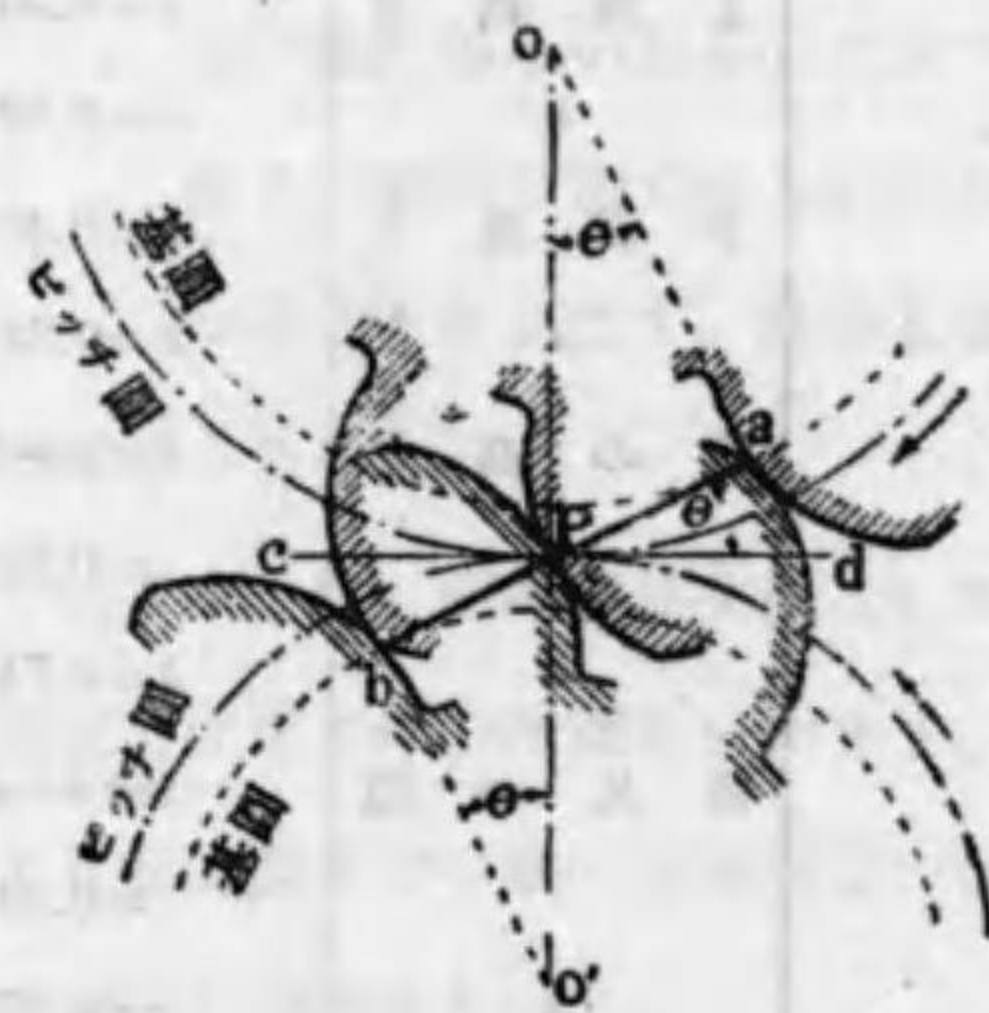
ッチ圓が矢の方向に回轉するものとすれば, 齒は  $c$  點で接觸しはじめて, そして  $d$  點で離れます。その間における齒の接觸點は, いづれも  $cpd$  曲線上にあります。この曲線を接觸の徑路といひ,  $cd$  を結んだ直線が接線  $ef$  となす角  $\theta$  を接觸の角度といひ, この角は

小さい方がよいとされる。また弧  $gh$  或は弧  $g'h'$  の長さは, ピッチの1倍半から2倍までに定めます。この長さを接觸弧の長さといひます。

(2) インボリュートの場合 第 70 圖において, ピッチ點  $P$  をすぎて

ピッチ圓の中心  $O, O'$  を結ぶ直線に直角に  $cd$  を引き, この線と  $\theta$  の角度をなす傾斜線  $apb$  を引き,  $O, O'$  を中心とし  $apb$  線に接する基圓を描き, その接点を  $a, b$  とします。今ピッチ圓が矢の方向に回轉すれば, 齒は  $a$  點で嚙合ひ,  $b$  點で離れます。この間における齒の接觸點は,  $apb$  直線上にありますから,  $apb$  線は接觸の徑路で,  $\theta$  は接觸角であります。

第 70 圖



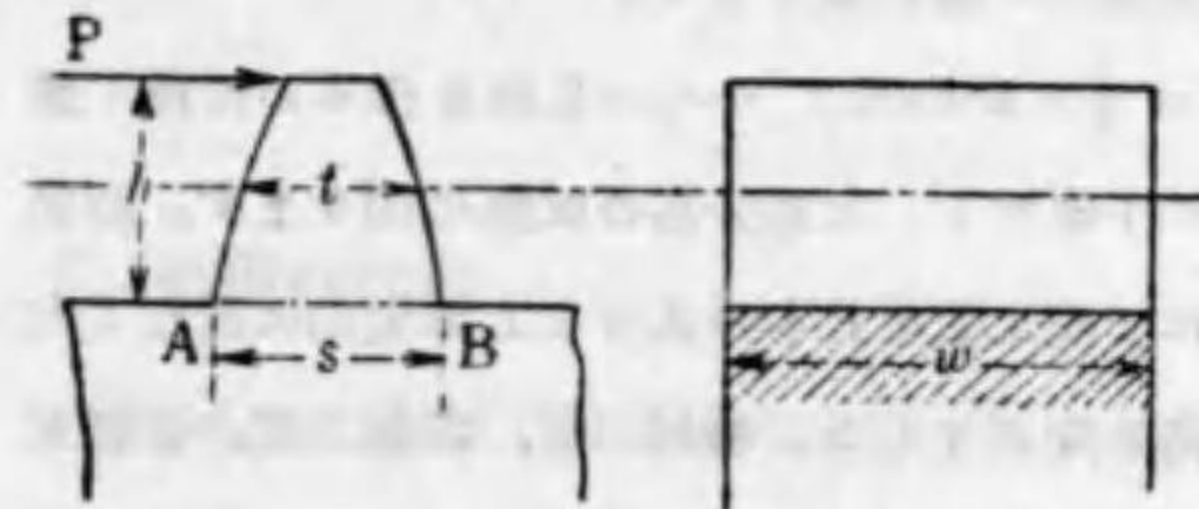
4. 齒の強さ

1 對の齒車の齒は, 順次互に嚙合ひながら, 一定速度を以て一定動力を傳へるものであつて, 今ピッチ圓の速度  $v$  m/s なる場合, 傳へられる動力を

$HP$  馬力とし, その時ピッチ圓に沿うて働く力を  $Pkg$  とすれば

$$P = \frac{75HP}{v} \dots\dots\dots(21)$$

第 71 圖



主動子の齒は受動子の齒を一つづつ壓しやるのですが、齒と齒との接觸點は接觸路に沿うて順次移動し, 必ずしもピッチ圓上にあるとは限りませんから,

それらの齒に働く力は, 必ずしも上式によつて計算される  $P$  であるとは限りません。同時に, 嚙合ふ齒は必ずしも常に1對ではなく, 2對以上のこともあるから, 各々の齒の受ける力は, その場合  $P$  より小さいのです。

齒は一種の片持梁で, 危險斷面は  $AB$  なる根元の斷面ですから, 力  $P$  はピッチ圓に沿うて働く力であるけれども, 安全のためには, それが齒の先端に働くとし, 同時に嚙合ふ齒は1對であるとした方がよい。さう考へれば危險斷面に働く最大曲げモーメントは  $Ph$  です。然るに斷面  $AB$  は厚さ  $s$ , 幅  $w$  の四角形ですから, 材料の許容曲げ内力を  $f_b$  とすれば, 曲げモーメント式は

$$Ph = f_b \frac{ws^2}{6}$$

而して正しい設計では,  $s$  は常に  $t$  よりもやゝ大ならしめるから, 安全のために  $s$  は  $t$  に等しと假定すれば,  $s=t = \frac{p}{2}$  です。但  $p$  はピッチを表す。

$$Ph = P \cdot 0.7p = f_b \frac{wp^2}{6 \times 4} = f_b \frac{wp^2}{24}$$

$$\text{これから } P = f_b \frac{wp}{24 \times 0.7} = f_b \frac{wp}{16.8}$$

つぎに齒車の齒は, 速度大なるに従つて衝撃を増すものですから, 速度  $v \leq 11$  m/sec までは  $f_b$  に  $\frac{v}{v+11}$  を乗じたものを用ひます。



## 用語解説Ⅳ

- (1) **右ネヂ** ネヂは普通の場合必ず右ネヂを使用します。之は萬國共通の規定です。左ネヂを使用するのは右ネヂを使用出来ない時に限ります。
- (2) **日本標準規格** (Japanese engineering standard) 一つの品物を作るのに種々雑多な寸法のもので出来たのでは取扱に不便だし、又部分品の取換に困ります。結局一國の工業の發展に影響します。それで商工省は日本の凡ゆる工業製品に對して大きさ、製造法、性質及試験法等の規格を定めました。機械工業、電氣工業、自動車工業、船舶工業、製鐵業、化學工業、非鐵金屬工業、雜工業、等凡ゆる部門に亘つて規格を定めたものです。日本標準規格を略して J. E. S. とも言ひます。世界の先進國は皆夫々規格を有してゐますが、規本的なもの例へばネヂ等の規格は各國共通です。
- (3) **ボス** 齒車について言へば心棒にキーで取付ける爲の圓筒形の部分で輻の付く所です。
- (4) **摩擦角** 平面上の物體に外力 R が作用して、その物體が等速運動をなすとき、前の平面に立てた垂直線と外力 R とのなす角  $\lambda$  の内、摩擦係數  $\mu$  と次の如き關係にある  $\lambda$  を摩擦角といふ。  $\mu = \tan \lambda$
- (5) **ホワイトメタル** 軸受に用ひられる合金で摩擦係數小で、荷重によく耐へ容易に軸面になじむ材料です。主成分は錫、アンチモン、銅等鉛です。軟くて熔融點低く、軸受の潤滑が不十分になると摩擦熱の爲に直ぐ熔解してしまひます。
- (6) **コールタール** (Coal tar) 石炭を乾溜して生ずる石炭瓦斯中に含まれるもので、その石炭瓦斯を洗滌すると、アムモニアと共に水に溶けて分取され、炭水化合物として複雑な成分を有し、防腐塗料として用ひられます。
- (7) **セメント** (Cement) 天然のものと、人造のものがあります。人造のものが優秀で、これは石灰石と、珪酸を多く含む粘土を混合し、熔解する程度の高熱に24時間経過させて土塊状とし、これを冷却して粉砕機で粉末にしたもの。

## 第五篇 工作材料

## 第一章 鐵と鋼

## 1. 金屬の性質

地球上に存在する多くの元素<sup>(1)</sup>の中、鹽基性を呈するものを**金屬** (Metal)、酸性を帯びるものを**非金屬** (Non-metal) といつてゐます。地球上に、比較的少量に存在する元素の名稱と、存在高は第一表の通りです。

第 1 表

名 稱	存在高
酸 素	$\frac{50}{100}$
珪 素	$\frac{26}{100}$
アルミニウム	$\frac{7.5}{100}$
鐵	$\frac{4.3}{100}$
カルシウム	$\frac{3.25}{100}$
イリヂウム	$\frac{2.5}{100}$
マグネシウム	$\frac{2.25}{100}$
ポッタシウム	$\frac{2.25}{100}$
水 素	$\frac{1}{100}$
チタニウム	$\frac{0.25}{100}$
炭 素	$\frac{0.25}{100}$

90 有餘の元素の中、金屬に屬するものは 50 以上もあるが、普通に使用されてゐるのは、その半数にすぎません。これらの大部分は酸化物や、硫化物となつて存在してゐます。なほ金屬の特性として、つぎの諸點を擧げることが出来ます。

- (1) **熱傳導性** 金を首位に白金、銀、銅が最も良く、鐵、亞鉛、アルミニウム、錫などの順になり、各々金の約 1/3、鉛は不良で金の約 1/5 に當る。
- (2) **電氣傳導性** これは略々熱傳導性と平行的ですが、例外もある。銀と銅は優良の電氣傳導性を有し、金は第三位で銀の 7 割に當り、次はアルミニウム及び亞鉛で銀の約 1/3、錫と鐵とは銀の約 1/8、白金及鉛は夫々銀の 1/10、1/12 で、白金は熱傳導性で第二位であるが、電氣傳導は不良です。



- (3) 韌性 俗にいふ「ネバリケ」の意味で、この性質は金属特性中の重要なもの一つです。これは硬度とは関係なく鉛を首位に、白金、鐵、アルミニウム、ニッケル、亜鉛、錫、銅、銀、金の順である。
- (4) 展延性 叩き延ばして箔にする性質をいひ、白金を首位にニッケル、アルミニウム、亜鉛、銅、銀、金、鉛の順になる。
- (5) 弾性 或る力で押し曲げんとする時、勿ね返す性質をいひ、タングステンが首位で、ニッケル、コバルト、鐵、銅、アルミニウム、金、亜鉛、錫の順になり、錫が最下位です。
- (6) 硬度 硬さではマンガンが首位で、コバルト、ニッケル、鐵、銅、白金、亜鉛、銀、金、アルミニウム、錫、鉛の順です。
- (7) 磁氣性 金属中には鐵の如く強磁性を持つものがある。鐵以外にはニッケル、コバルト、マンガン、クロミウムなどは磁氣性金属であるが、その強度は鐵に比べれば甚だ微弱である。
- (8) 融解點 加熱のために固体より液体になる時の温度をいふので、最高のもはタングステンの攝氏 3400 度で、次はモリブテン、白金、クロミウム、鐵、銅、金、銀、鉛の順となり、鉛は攝氏 327 度の低温で溶解する。水銀は零下 29 度弱で氷結し、固体となります。

金属は一般に純粹なものを使用するよりも、合金<sup>(2)</sup> (Alloy) として使用した方が、配合金属のどちらも持たなかつたやうな良い性質を與へることが出来るので、工業上に使用される金属の殆どすべては合金です。最も多く使はれてゐる鐵や鋼は、純鐵と炭素との合金であるし、また眞鍮及び砲金(青銅)は、銅を主成分とした亜鉛または錫との合金である。飛行機材料として重んぜられるチタルミン、マグナリウムなども、アルミニウムを主成分とした合金で、単體としてのアルミニウムよりも、はるかに優れた性質をもつことは、よく知られてゐるところであります。

2. 鐵と鋼の分類

元來鐵 (Iron) は純鐵のみのものは少く、大抵は多少の炭素を含んでゐます。このほかに<sup>マンガン</sup> 滿俺、珪素、磷、硫黄を含んでゐるものもあるけれども、性質は炭素の含有量によつて支配されるといつてもよいのです。

鋼 (Steel) は鐵と炭素との合金ですが、鋼の範圍を決定するには、炭素の含有量を以てするのが合理的で、正確にいへば、鋼とは炭素 0.035 % 乃至 1.7 % を含む鐵と炭素との合金です。比較的炭素の含有量の多く焼の入るものを硬鋼 (Hard steel) といひ、炭素の含有量の少くて焼の入らぬものを軟鋼 (Mild steel) といつてゐます。實際においては、これを細分して極軟鋼、半硬鋼、極硬鋼といふやうな言葉を用ひて分類してゐます。

第 2 表

種類	極軟鋼	軟鋼	半硬鋼	硬鋼	極硬鋼
炭素量%	0.2 以下	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.9	0.9 以上
用途	橋梁建築 造船材料	車軸用	レール用	双物用	工具用

更に鑄鐵 (Pig iron) をも含めて細分し、その性質を示すと

第 3 表

鐵	鑄鐵	白鑄
		<ul style="list-style-type: none"> <li>1. 炭素は化合炭素の状態で存在する</li> <li>2. 熔解温度は 1,100°C 位である</li> <li>3. 破面は白色を呈する</li> <li>4. 鼠鑄より硬いが脆い</li> <li>5. 双物で殆ど加工出来ない</li> <li>6. 主に製鋼原料として用ゐられる</li> </ul>
	鼠鑄	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. 炭素の一部は黒鉛の状態では化合炭素の状態で存在する</li> <li>2. 熔解温度は 1,200°C 位である</li> <li>3. 破面は黒色乃至灰色を呈する</li> <li>4. 白鑄より軟いが脆性は少い</li> <li>5. 双物で容易に加工出来る</li> <li>6. 鑄鐵鑄物及び製鋼原料として用ゐられる</li> </ul>



- |     |    |                   |
|-----|----|-------------------|
| 可鍛鐵 | 鍊鐵 | 1. 半熔融状態で作られる     |
|     |    | 2. 多少滓を含む         |
|     |    | 3. 熔鐵より多少機械的性質が劣る |
|     |    | 4. 鑄造出来ない         |
| 可鍛鐵 | 熔鐵 | 1. 完全熔融状態に作られる    |
|     |    | 2. 滓は含まない         |
|     |    | 3. 鍊鐵より機械的性質は優る   |
|     |    | 4. 鑄造は出来るが相当困難である |

この鉄鐵といふのは、鐵の鑛石を燃料及び熔劑と共に熔鉄爐で加熱して作った半製品で、炭素の含有量が多く、普通は 1.7~5% です。熱にはたやすく熔けますし、鑄型に流し込めば鑄物が作れます。この鑄込んだものは鑄鐵 (Cast iron) と呼んでゐます。

白鉄 (White pig iron) は珪素 0.8% 以下を含有し破面の結晶が緻密で、白色を呈するから白鉄と言つてゐます。また珪素 1~5% 位を含むものは、組織中の炭素の一部が遊離して、鐵の粒子間に薄板状の黒鉛が介在してゐるので、一見破面は鼠色であるから鼠鉄 (Grey pig iron) といつてゐますが、普通の機械部分等の鑄物用にはこの鉄鐵を用ゐます。

可鍛鐵 (Malleable iron) は、鉄鐵から作るもので、鍛造が容易に出来る性質を有し、炭素含有量は 0.05~1.5% 位です。この中、鍊鐵 (Wrought iron) は白鉄鐵を半融状態に加熱し、ロールで壓延して作る。炭素量は 0.05~0.5% で、鑄造は出来ないが加熱すれば軟くなり、たやすく鍛造や、鍛接することも出来ます。熔鐵は鉄鐵や鋼屑を熔融して精製するもので、炭素量は 0.05~0.5% 位で、鍛造は出来るが、鑄造は出来ません。

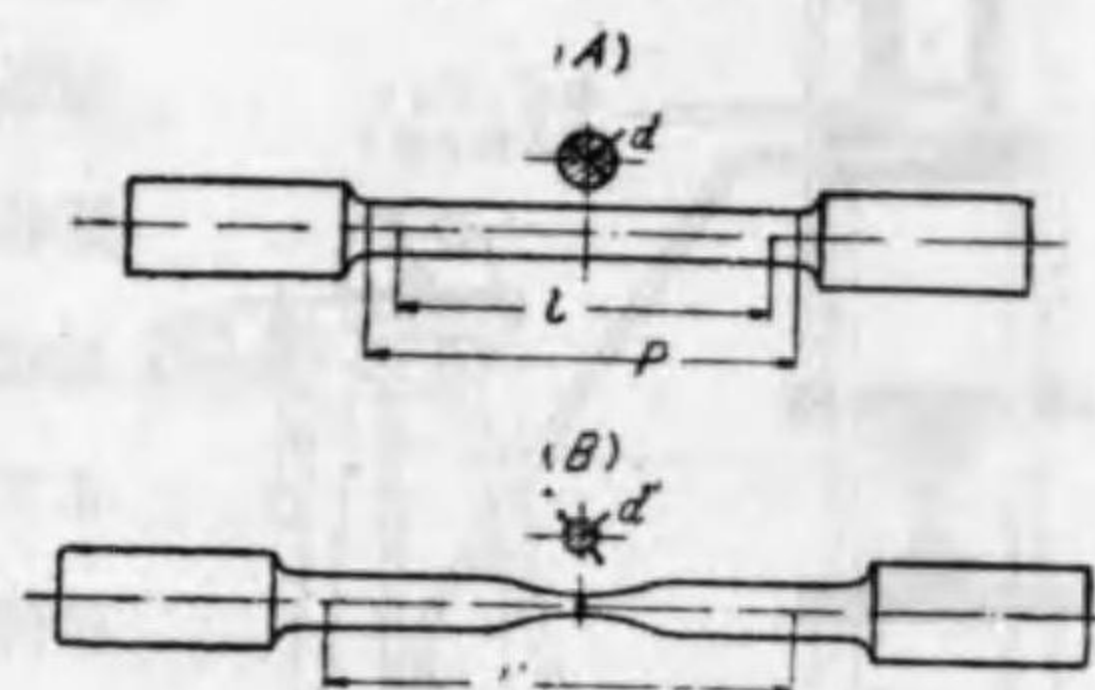
### 3. 強さと延性

材料の強さ (Strength) とは、破壊せんとする力の作用に對する最大の抵抗で、この際引き延ばされる性質を延性 (Ductility) といひます。この兩者は機械的諸性質の中で、最も重要なもので、強さを調べるためには試験片を

作り、引張試験、壓縮試験、曲げ試験、剪断試験、捻り試験等を行ひ、その結果によつて、優劣を判断することが出来ます。つぎに引張試験について詳述します。

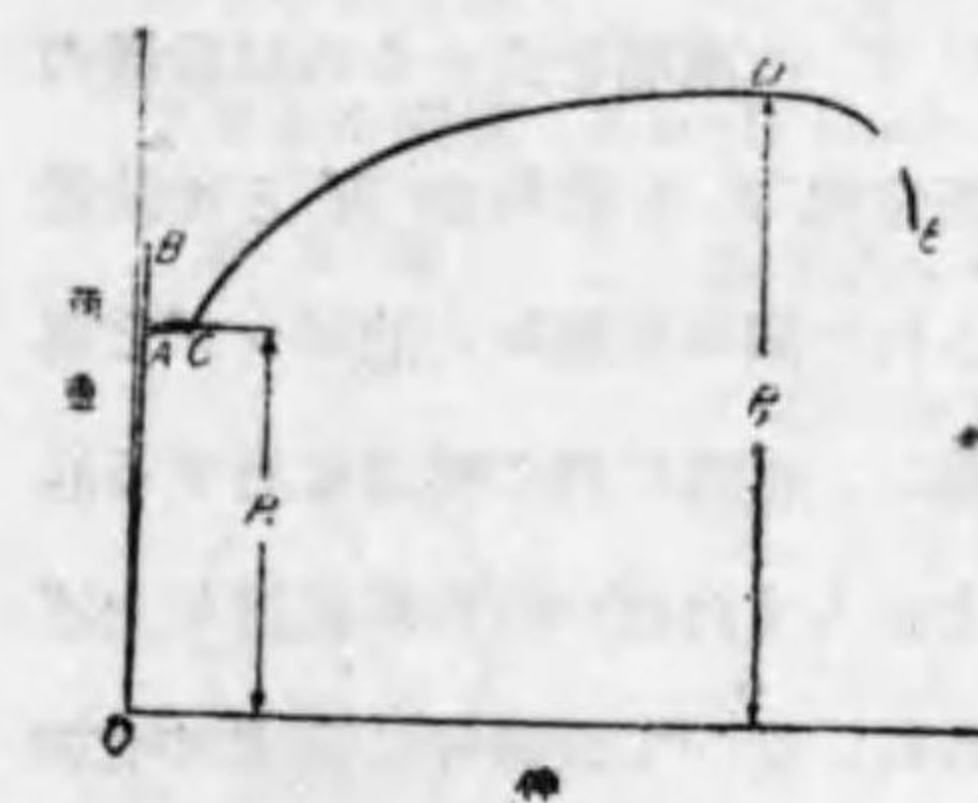
第 1 圖

まづ試験片をつくり、それを試験機に取付け、次第に増加する力を加へて引張ると、第 1 圖 (A) の如く試験片が引張られて (B) のやうに細つて來ます。引き伸ばされた長さを知るには、豫め試験片にポンチで 2 個の標點をつけて、標點距離  $l$  を知り、次に引き伸ばされた試験片の標點間の長さ  $l'$  を測つてから  $l$  を引き去ればよいのです。



今引張る力、即ち荷重を次第に増加させると、初めは全體が均一に伸びるが、荷重の増すに従つて中央部が細り、つひには切斷してしまひます。

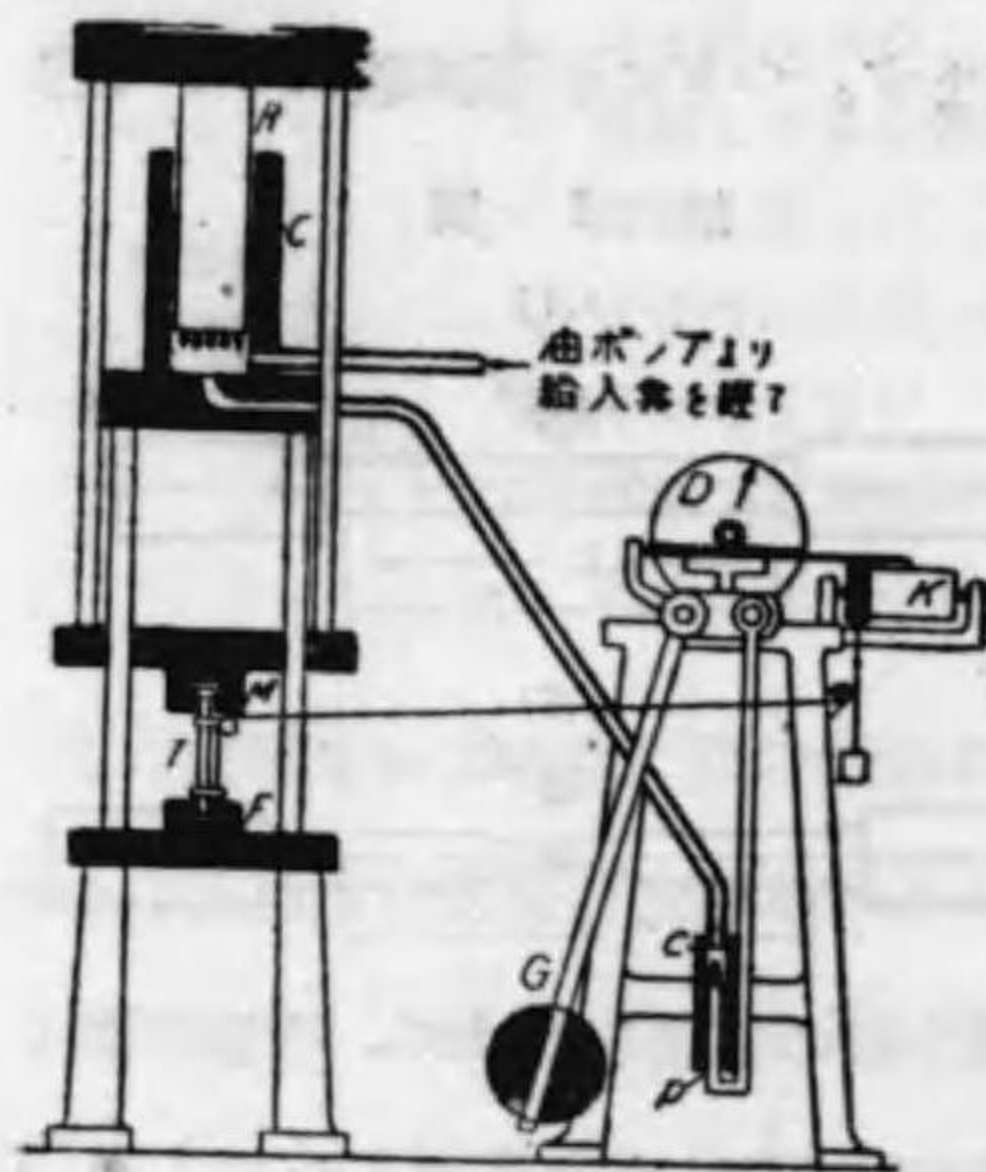
第 2 圖



第 2 圖にて軟鋼の試験片について伸びと荷重の關係を説明させよう。荷重の小さい間は伸びと荷重は正比例して増加するから直線 OA で表はされます。この間では荷重を取り去れば伸びは戻つて元の状態になり、永久伸びは生じません。又 A 點より荷重を増すと荷重を取り去つても、原形に戻らず、永久伸びを生じます。この境界の強さを弾性限界といふ事は前述しました。又 A 點より荷重を増加した場合最初の間は、荷重の僅かな増加に對して、伸は急に増加して AC の如くなります。この時の内力の強さをこの材料の降伏點 (Yield point) と呼びます。この弾性限界や降伏點の強さを求めるには、其點に相當する荷重  $P$  kg を試験片の斷面積  $A$  mm<sup>2</sup> で割つたもので表します。

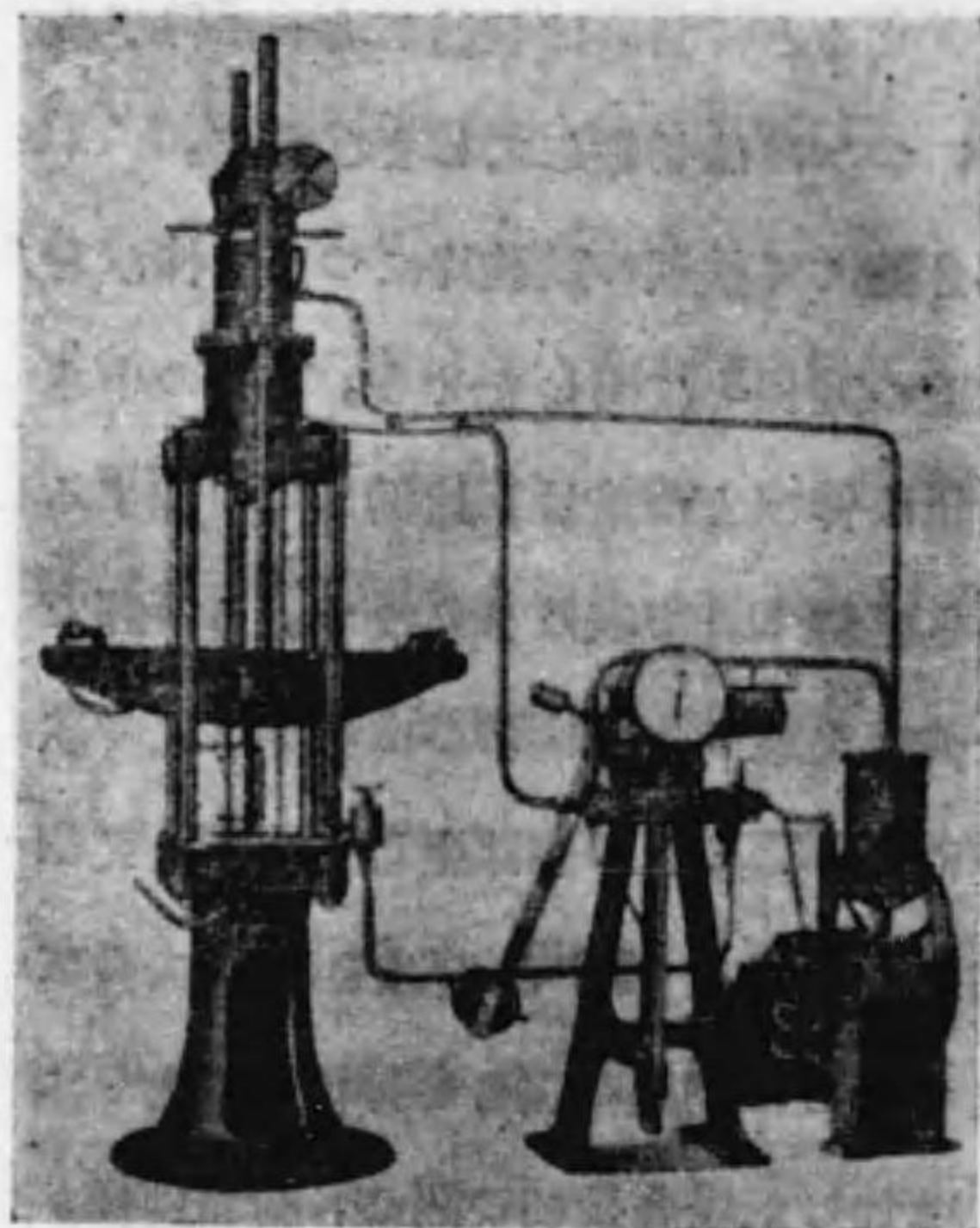


第 3 圖



降伏点を過ぎて荷重を増加して行くと、試験片は全長に亘つて伸び、荷重が最大値  $P_2$  に達します。この時の強さを極限の強さと言つてこれは工業上重要な意義のある点でこの極限の強さの事を普通抗張力といつてゐます。この極限を越えて猶も荷重を増加して行くと、試験片は何處か或一ヶ所に於て急に断面積を縮少し、荷重も降下して、遂に其部分から破壊します。

第 4 圖



第3圖及び第4圖に示したのはアムスラー油壓式萬能試験機で、今日最も廣く使用されてゐるものです。これで試験するには、試験片  $T$  の兩端を夫々この試験機の固定部  $F$  と動作部  $M$  とに装置された掴みに挟み、油ポンプを運轉し、油筒  $C$  内に壓力を有する油を送入すれば、唧子  $R$  が押し上げられ、従つて試験片に漸次に増加する引張荷重が加へられ、そして各瞬間における荷重の大きさは、振

子動力計の目盛板  $D$  で讀むことが出来、また試験片に荷重—伸び指示器を取付ければ、筒  $K$  上に捲き付けた紙面に自動的に第2圖に示すやうな荷重と、試験片の伸びとの關係を示す線圖即ち荷重—伸び線圖を畫かすことが出来ます。

而してこの試験の結果から、つぎの四つの常数が得られます。

$$\text{降伏點} = \frac{P_1}{A} \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{抗張力 (引張強さ)} = \frac{P_2}{A} \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{延伸率或は伸び} = \frac{l-l'}{l} \times 100\%$$

$$\text{断面收縮率} = \frac{A-A'}{A} \times 100\%$$

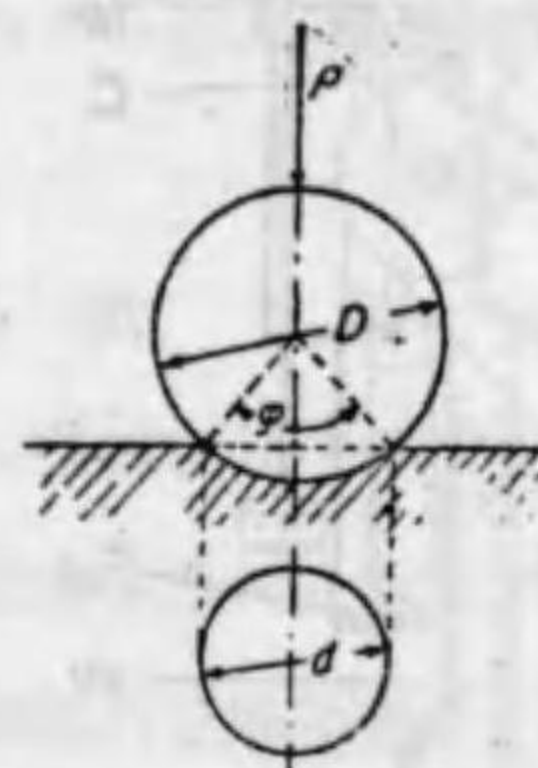
この四常數の中、前の2つは材料の強さの目安となり、後の2つは延性の目安になるものです。

#### 4. 硬 度

金屬の硬度 (Hardness) に対する定義は、明確に一定してゐないし、試験方法も多種多様で、一般に實用に供せられてゐるのは、つぎの三つです。

ブリネル硬度 (Brinell hardness) は直径  $D$  10 mm の焼入した鋼球を、

第 5 圖



鐵や鋼のやうな硬い金屬なれば 3000 kg、錫や鉛などの軟い金屬では、500 kg の力  $P$  で試験片中に押し込み、出來た凹みの表面積  $A \text{ mm}^2$  で加へた力を除した商で表はされます。即ちブリネル硬度 ( $B \cdot H$ ) は

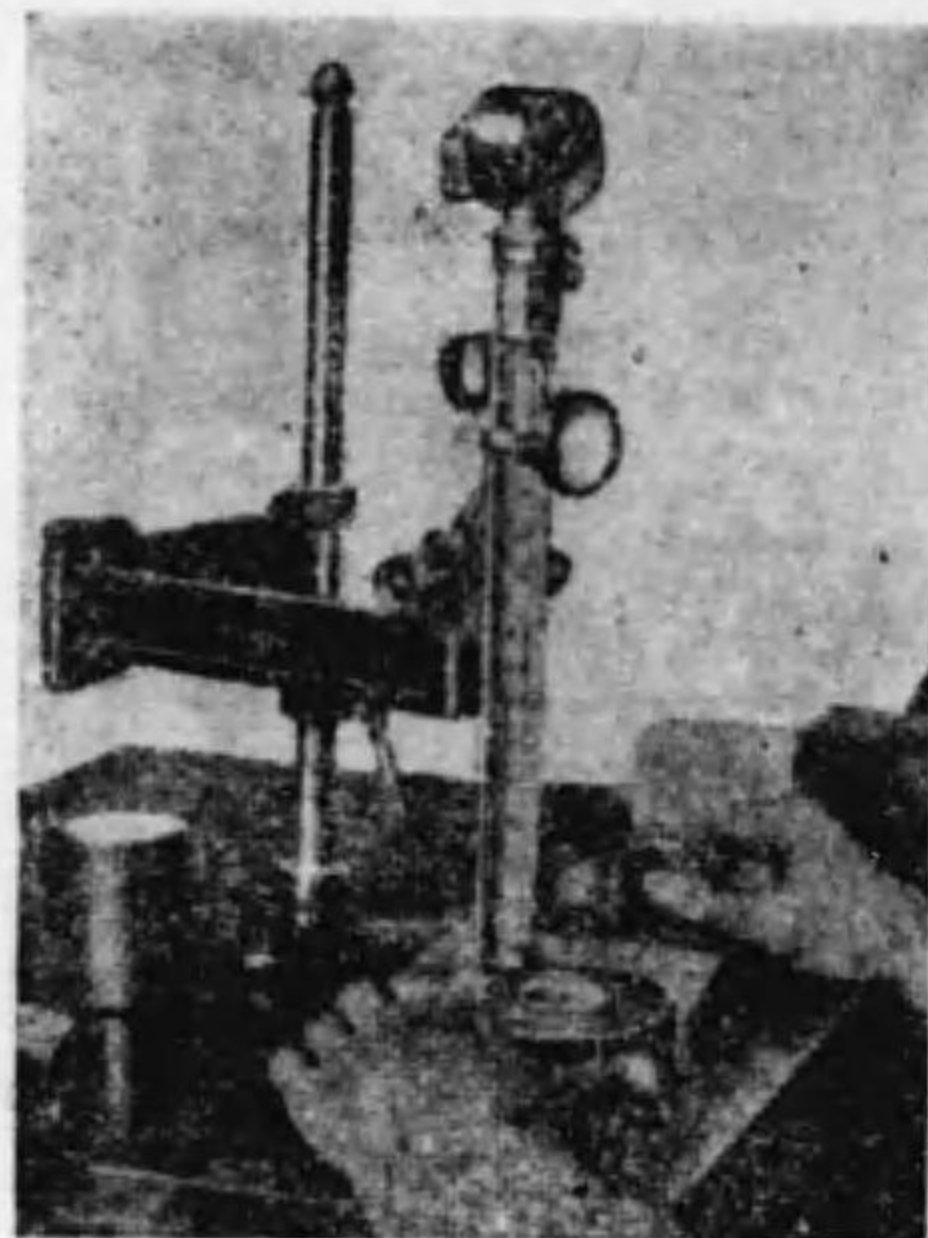
$$H = \frac{P}{A} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

です。なほ式中、 $d$  は凹みの直径で、顯微鏡尺で

$\frac{1}{100} \text{ mm}$  まで、正確に測定しなければなりません。試験片の幅は、少くも凹みの直径の5倍以上、厚みは凹みの深さの7倍以上で、その表面はよく研磨して置くべきです。球を押し込んで壓力を一定に保つ時間は、歪が落ちつくまで続けることが必要で、30 秒なれば十分であります。



第 6 圖



シヨア硬度 (Shore hardness) を得るには、第 6 圖の標準型シヨア硬度計を用ひ、まづゴム球を握りしめた後、急に放せば、錘がガラス管の上端に吸上げられ、そのところにある機構によつて、その位置に支持されます。次にハンドルを廻し、管の下端と支出臺の間に試験片を挟み、螺子により管を垂直に調整し、それからゴム球を握りしめれば、錘ははづれて自由に試験片上に落下し、それを凹めた後、撥ね上るから、その上端の高度を目盛で読めば、シヨア硬度が得られます。

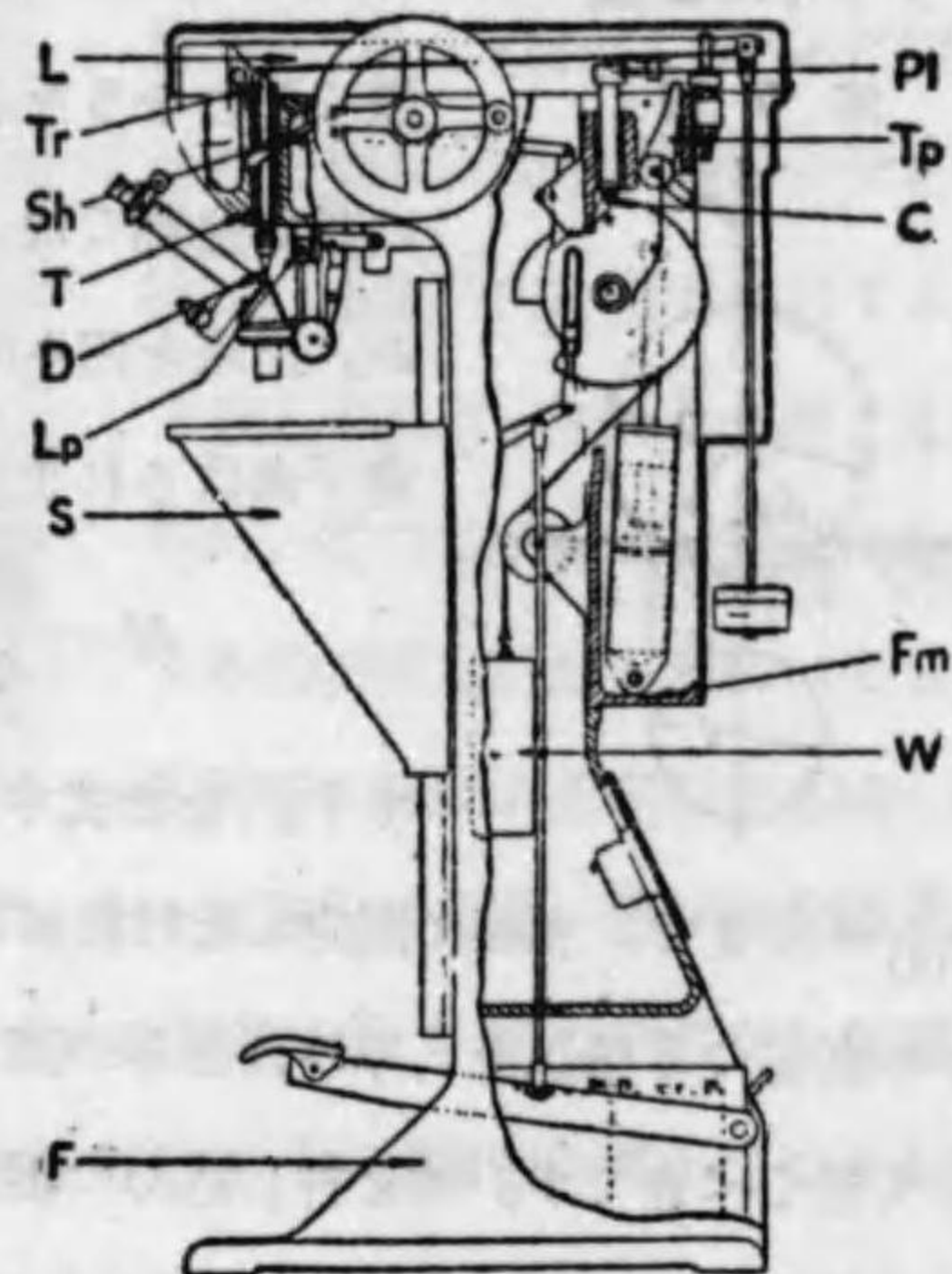
ヴィッカーズ硬度 (Vickers hardness) は、第 7 圖に構造を示したヴィッカーズ・ピラミッド硬度試験機を用ひて測定します。即ち 136° の頂角をもつダイヤモンド製ピラミッドを 1~120 kg の荷重を適宜に變へて試験片に押しつけ、出來た正方形壓痕の面積を以て荷重

を除した商を硬度數とするもので、壓痕は肉眼では見えないほど小さいものです。他の硬度よりも概して正確な硬度數が得られるのみならず、厚 0.025 mm の薄物または肌焼、鍍金などを施した材料の表皮及び熔接部の硬度も測れるのが特色です。

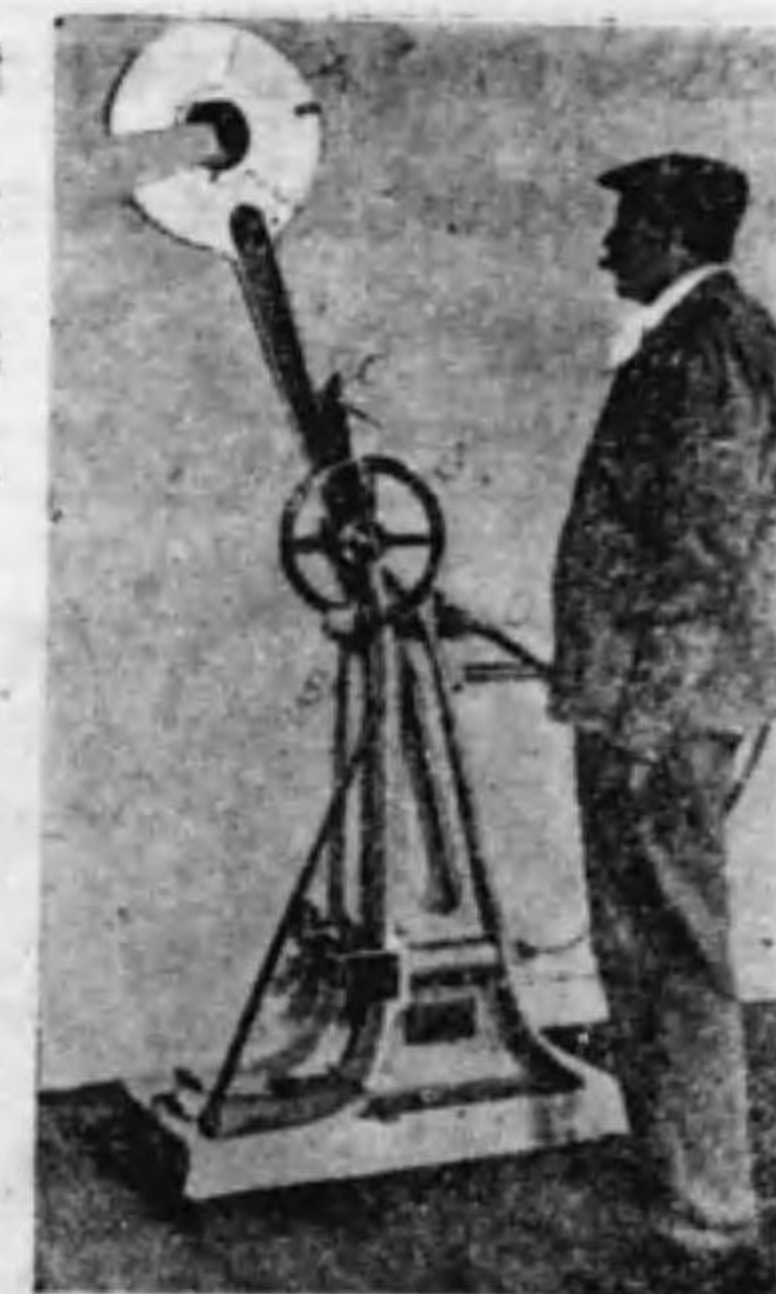
5. 靱性と疲勞

材料の靱性 (Toughness) を測定するには、引張試験では不十分であ

第 7 圖



第 8 圖



るため、シャービー (Charpy) とか、アイゾツド (Izod) の衝撃試験機を用ひます。これは衝撃に對する耐力を調べるもので、シャービー式にあつては、中央に圓形の切込を附けた梁狀試験片の兩端を水平に支持し、その中央部に振り型の錘で打撃を加へて、試験するやうに構成されてゐます。アイゾツド式では、V 形の切込を有する片持梁狀試験片を垂直に支持し、その自由端に振り錘を打ちつけて、試験するやうにしたものです。

このやうに、金屬材料に數度力を加へれば、力を一度に加へて試験した時より遙かに小さい力で破壊し、又引張と壓縮、反對の曲げ、振りなどを交互にくり返す時は、一層低い力で破壊するものです。これは材料が疲勞 (Fatigue) を起すためであると考へられてゐます。そして殆んど無限にくり返して加へても、材料が破壊しない最大の應力度を材料の耐久限界 (Endurance range) といひ、測定装置として、疲勞試験機がつくられ、使用されてゐます。

6. 鉄 鑛

機械部分の製作に非常に多く用ひられる鑄鐵や鑄物は、銑鐵 (Pig iron) を主要原料にして、屑鐵を調合して熔製したものです。而してこの銑鐵は、鐵鑛石を熔鑛爐で、冶金して製造したものであります。

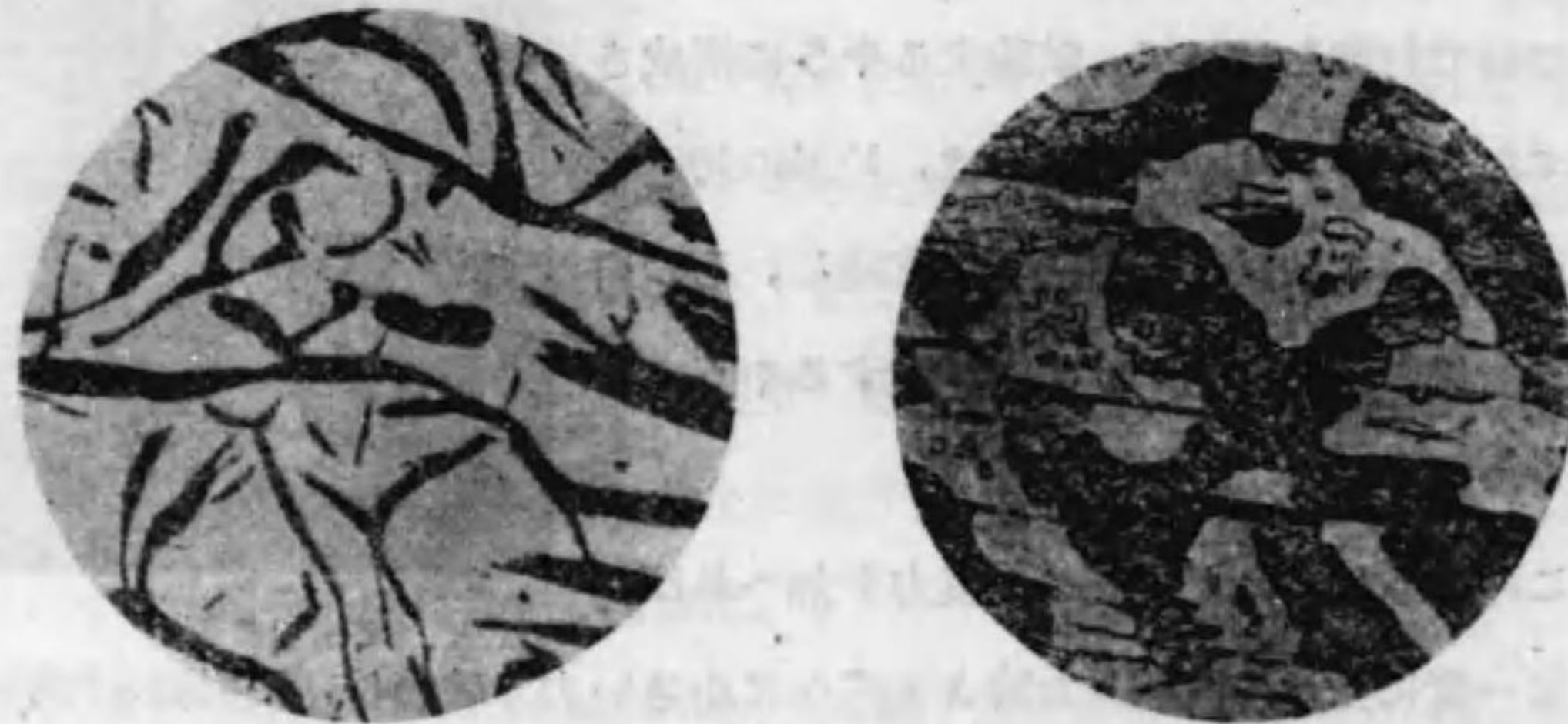
鐵鑛石には磁鐵鑛、赤鐵鑛、褐鐵鑛、黃鐵鑛などがあつて、鐵分の含有量は 40% 以上ですが、わが國では赤鐵鑛と、褐鐵鑛とを多く用ひます。

この鐵鑛石を熔かす熔鑛爐 (Blast furnace) は、徳利のやうな形の爐で、直徑 7 メートル、高さ 25 メートルが普通です。燃料にはコークス、木炭な



どを用ひ、鑛石と石灰石などの熔劑とを混合装入し、下方から高壓の熱風を吹込み、燃料を燃焼させれば、鐵分は還元されて爐底に溜る。そこで、これを爐底の孔から流出させ、砂型または金型に鑄込み、蒲鉢形の塊に鑄造したものが銑鐵です。

第 9 圖



軟い鼠銑

白銑

鑄物用の銑鐵には、前述したやうに、その折口の粒が粗大で、濃い鼠色を呈し、質の軟いものから次第に鼠色が薄く、粒が細かく、且つ質が硬くなつて、ついに白色緻密で、質の堅剛なものまであります。その鼠色のものは、鼠銑といひ、白色のものは白銑と言ふ事前述の通りです。

日本標準規格によれば、銑鐵は1號から34號まで分類され、1號銑は折口の鼠色が最も濃くて質が軟く、4號銑は色が淡くて硬い。

## 7. 鑄 鐵

銑鐵を熔融して鑄込んだものを鑄鐵 (Cast Iron) と呼んでゐますが、その性質は、銑鐵と大差ありません。鑄鐵を組織してゐる成分の中で鐵と化合してゐる炭素の量が多くなると鑄鐵の熔融點は下りますが、黒鉛を形成してゐる炭素にはその性質がありません。白銑は鼠銑より硬度が高いが、これは化合炭素の含有量が増すに従つて、硬度が高くなるためであります。

第 4 表

	全炭素 %	珪素 %	硫黄 %
一 號	3.0 以上	2.5~3.5	0.04 以下
二 號	3.0 以上	2.0~3.0	0.06 以下
三 號	2.8 以上	1.5~2.5	0.08 以下
四 號	2.8 以上	1.0~2.0	0.10 以下

鑄鐵が熔融した時には、炭素はすべて鐵中に熔け、均一な熔液を作つてゐるのであるが、これをその溫度から冷却すれば、主として珪素の含有量の大小と、冷し方の遲速とにより、炭素が黒鉛となり、または化合炭素となるのです。即ち鑄鐵中の珪素含有量が3%もあり、且つ冷し方が十分緩ければ炭素はほとんど全部黒鉛となり、鑄鐵は最も軟い状態になるが、もし珪素の量が0.8%以下であれば、實際上緩く冷しても炭素は全部化合炭素になるから、鑄鐵は折口が白く、質が堅剛なものになります。

第 5 表

種 別	抗張力 $kg/mm^2$
第 一 種	10 以上
第 二 種	14 以上
第 三 種	19 以上
第 四 種	23 以上

鼠銑は、双物で削つて加工することが出来ますが、白銑は削れません。鼠銑のブリネル硬度は100~200位ですが、白銑は450に上るものがあります。抗張力も、白銑の方が大で20~26  $kg/mm^2$  位であるが、鼠銑は

12~18  $kg/mm^2$  位であります。日本標準規格は第5表の通りです。

## 8. 鑄鐵の成分

鑄鐵中には色々なものを含有してゐるが、主要な成分は炭素 (Carbon)、珪素 (Silicon)、マンガン (Manganese)、硫黄 (Sulphur)、磷 (Phosphorus) です。

(1) 炭素 黒鉛炭素 (Graphite carbon) 及び化合炭素 (Combined carbon) として含まれてゐて、兩者を合せた全量を全炭素 (Total Carbon)



といつてゐます。軟い鋼中の炭素は殆ど全部黒鉛炭素で、白鉄中の炭素は全部が化合炭素です。黒鉛炭素を多く含めば質は軟く、熔融した時に、流れがよくなつて鑄造に好都合となります。

(2) 珪素 黒鉛炭素の發生を助ける性質をもつてゐます。通常の冷却速度において、珪素が0.8%以下なれば黒鉛炭素を遊離させる力はないが、次第に増して来て3%になれば、炭素は全部黒鉛炭素になつてしまふ。珪素は珪素鐵となつて地鐵中に熔け込んでゐます。このやうに、固體の状態に熔け込んでゐることを固溶體 (Solid solution) といふ。

(3) 滿僂 鑄鐵の中に0.5~1.0%位含有して、一部は硫化滿僂となり、残りは鐵中に溶解してゐるが、また炭素物として含まれる場合もある。鑄鐵の質を硬く強くする性質があり、鑄鐵中の硫黄の害を除きます。

(4) 硫黄 熔鉄爐で加熱する場合に、燃料中より入つて来て、硫化鐵、または硫化滿僂を作る。硫化滿僂は滓となつて除去されない時は、灰色の粒子となつて存在し、硫化鐵と同じく、鑄鐵の脆性を増す。硫黄は珪素と反對に、化合炭素を作らうとする性質があり、これがため鑄鐵は硬く脆くなり、湯の流動性を不良にし、收縮を大にするので、その含有量を0.1%以下にします。

(5) 磷 一部分は鐵中に溶けてゐるが、残りは磷化鐵として鐵の結晶の境界に存在する。このやうに鐵及び磷化鐵が、互に固溶せず、兩結晶が境して相混じてゐる状態を共晶 (Eutectoid) といひます。磷1.0%以上を含むものは硬く脆くなるが、流動性を増し、收縮が非常に少くなるから、正確な形状の鑄物を作る場合には、特に磷を多くします。

## 9. 鑄鐵鑄物

用途といふ點から、普通の鑄鐵鑄物を最も適當な成分にすることは、經濟上から不可能なことです。實際には厚み、切削の難易並に性質から判断

して、類似したものを集めて數種の分析表を定め、鉄鐵、屑鑄鐵及び軟鋼屑などを調合溶解するのが常です。そこで、今その表を示せばつぎの通りです。

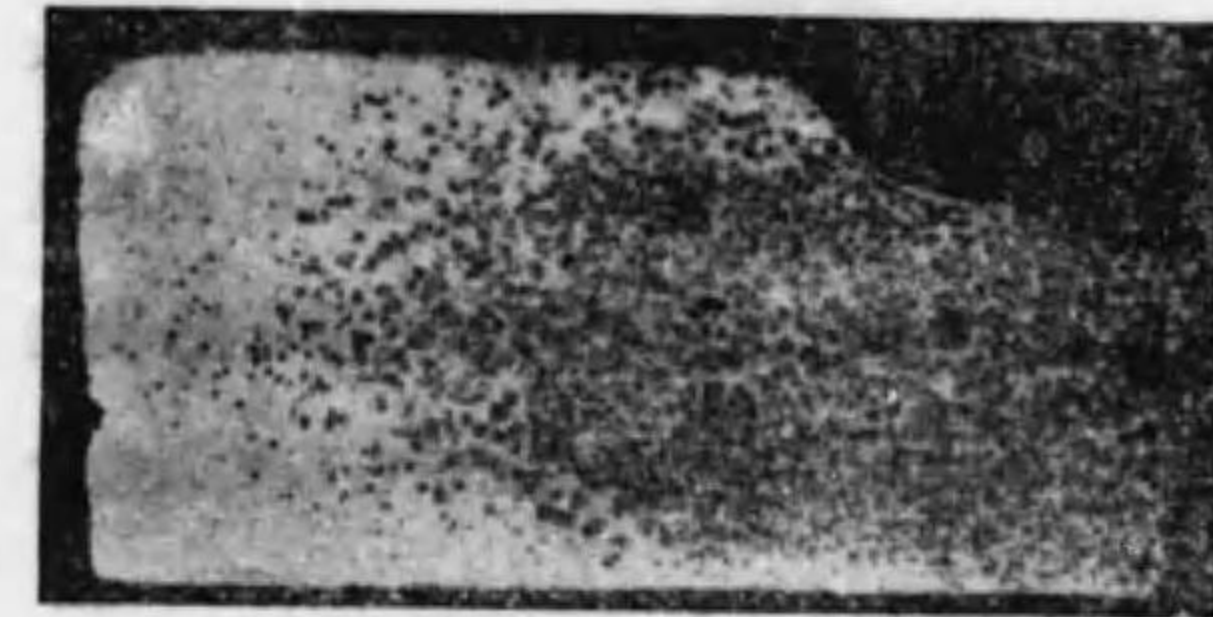
第 6 表

用 途		成 分 %				
		全炭素	珪 素	滿 僂	磷	硫 黄
普通鑄鐵	薄 物 厚<20 mm	>3.5	2.0~2.4	0.5~0.7	0.4~0.8	<0.08
	厚 物 厚>20 mm	<3.5	1.4~1.8	0.5~0.8	0.4~0.8	<0.08
	厚 15~60 mm	3.0~3.3	1.5~2.4	0.2~0.3	0.5~0.6	<0.08
高級鑄鐵	蒸汽機關シリンダ及車室類	3.0~3.2	1.5~1.7	0.5~0.8	<0.2	<0.08
	内燃機關シリンダライナ類	2.8~3.0	1.3~0.9	0.9~1.3	<0.15	<0.06
	小型 バ ッ キ ン グ	3.0	1.5	0.6	0.7	<0.05
	大型 バ ッ キ ン グ	3.0	1.2	1.0~0.9	<0.15	<0.05

高級鑄鐵鑄物である内燃機のシリンダー、ピストン、ピストンリングなどには、特に強靱で、摩耗や高温によへ耐へる高級鑄鐵が用ひられますが、その成分は上表の如きものです。

また高温によく耐へることを要する鑄鐵は、珪素、磷、硫黄などの含有量

第 10 圖



ナドル鑄物の破面

が低く、黒鉛片の小さい、目のよく詰んだ鑄物がよいとされてゐます。

熔融した鑄鐵を急に冷却すると、炭素がすべて化合状になりますから、破面が白色で、甚だ堅剛なものになる。これをチル

といひ、この鑄物をチルド鑄物 (Chilled iron castings) といひます。

## 10. 可鍛鑄鐵

白鉄鑄物を酸化剤で包んで加熱し、炭化鐵を一種の遊離の黒鉛即ち燒鈍炭素 (Temper carbon) にするか、または炭素の大部分を除いて可鍛性を附與



したものを**可鍛鑄鐵** (Malleable cast iron) といひます。

これには2種類あつて、その1は**黒心可鍛鑄鐵** (Black-heart malleable cast iron) で、白鉄鑄物を錳鱗のやうな酸化剤で包み、攝氏900度位に二、三日熱して緩冷すれば、化合炭素は焼鈍炭素となつて黒色化し、表面に近い部分は脱酸されて白くなります。

他の1つは**白心可鍛鑄鐵** (White-heart malleable cast iron) といひ、白鉄鑄物を酸化鐵で包み、四、五日熱した後に緩冷するものです。

可鍛鑄鐵は、水道用コック、曲管、小車輪などに使用されてゐます。

### 11. 炭素鋼の種類

特に純鐵と稱せられる以外の所謂鐵は、ほとんど純鐵と炭素との合金であることは前述した通りですが、炭素の含有量が1.7%以下の時、これを**炭素鋼** (Carbon steel) または單に**鋼** (Steel) といはれます。

一體、炭素を含まない純鐵といふものは、軟かくて頗る延性に富んでゐますが、これに炭素が入ると、その量を増すごとに硬さを増し、伸びを減じます。従つて鋼の性質は炭素の含有量によりこれを2つに分け、炭素含有量が0.3%位以下で、質の比較的軟かいものを**軟鋼** (Mild steel) と呼び、それ以上で質の硬いものを**硬鋼** (Hard steel) と稱へます。また硬鋼の中でも、炭素含有量が高く、そして質が非常に硬く、特に諸種の工具用材料として製造せられたものを**工具鋼** (Tool steel) といつてゐます。

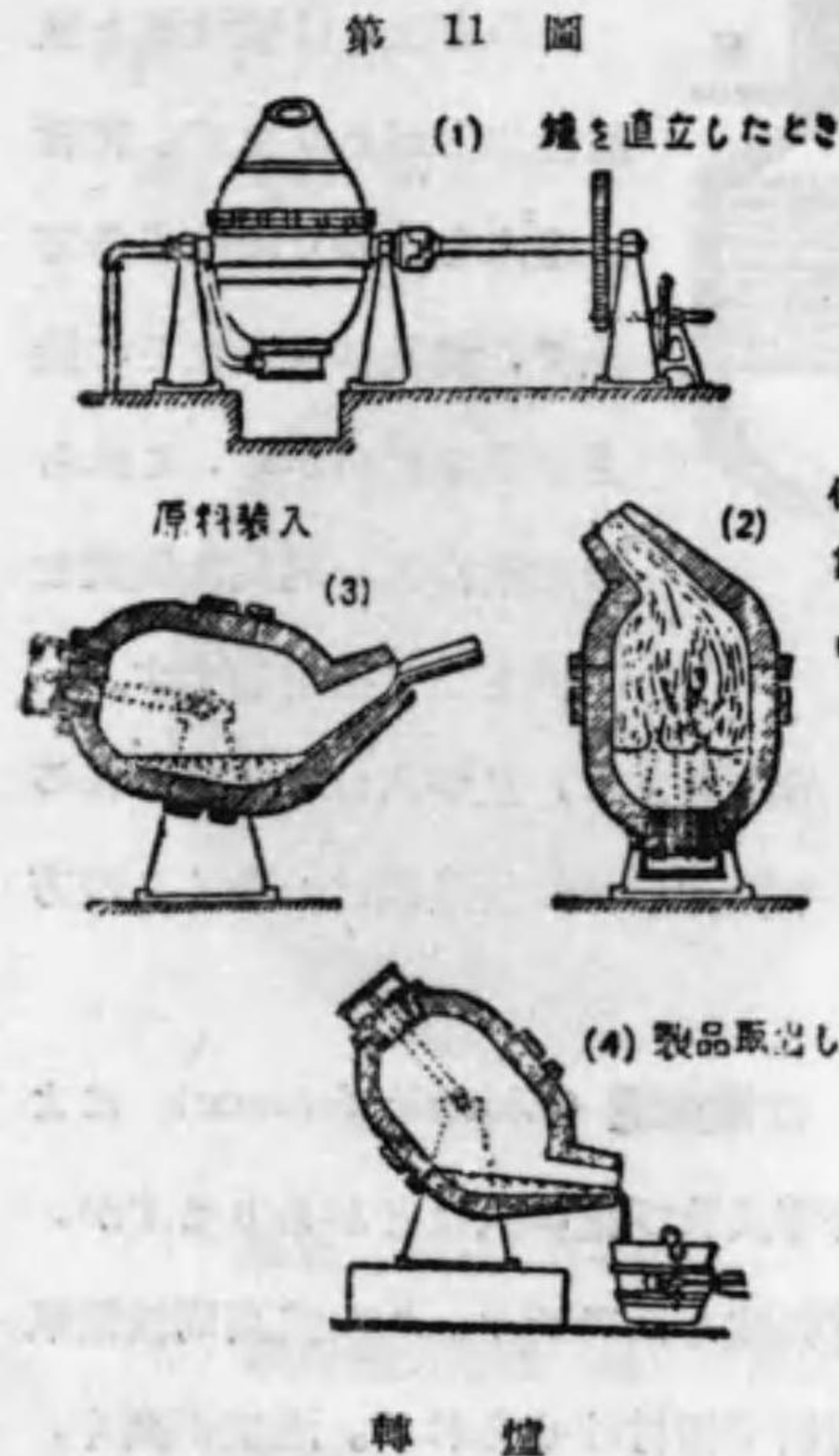
これらの鋼の中、工具鋼は滲炭鋼などを原料とし、坩堝製鋼法とか、電氣製鋼法などで製造せられ、他の軟鋼及び硬鋼は、鉄鐵を原料としてベツセマー製鋼法、平爐製鋼法または電氣製鋼法などで製造されてゐます。

鉄鐵は、鉄鑛石から直接に製造されたもので2.8~4.5%の炭素及び珪素、滿俺、磷及び硫黄を比較的多く含んでゐますが、この方法で精鍊すると、これらの元素が酸化除却されます。

### 12. 鋼の製造法

軟鋼または硬鋼を製造する方法について、つぎに簡単に述べます。

(1) **ベツセマー製鋼法** (Bessemer process) この方法は製鋼界に一大革命を與へた大發明です。この原理は



命を與へた大發明です。この原理は熔融した鉄鐵を**轉爐** (Converter) といふ特殊な爐の中に装入し、底部に設けられた羽口から壓風を吹込んで空氣中の酸素の作用によつて、鉄鐵中の炭素、珪素を燃焼除却して鋼とするのです。

この方法には**酸性法** (Acid process) と、**鹽基性法** (Basic process) とあります。前者は酸性の珪石煉瓦で裡付した爐を用ふる方法で、この場合には珪素が主要燃料であるから特に珪素含有量の高いベツセマー鉄を原料として使用します。後者では

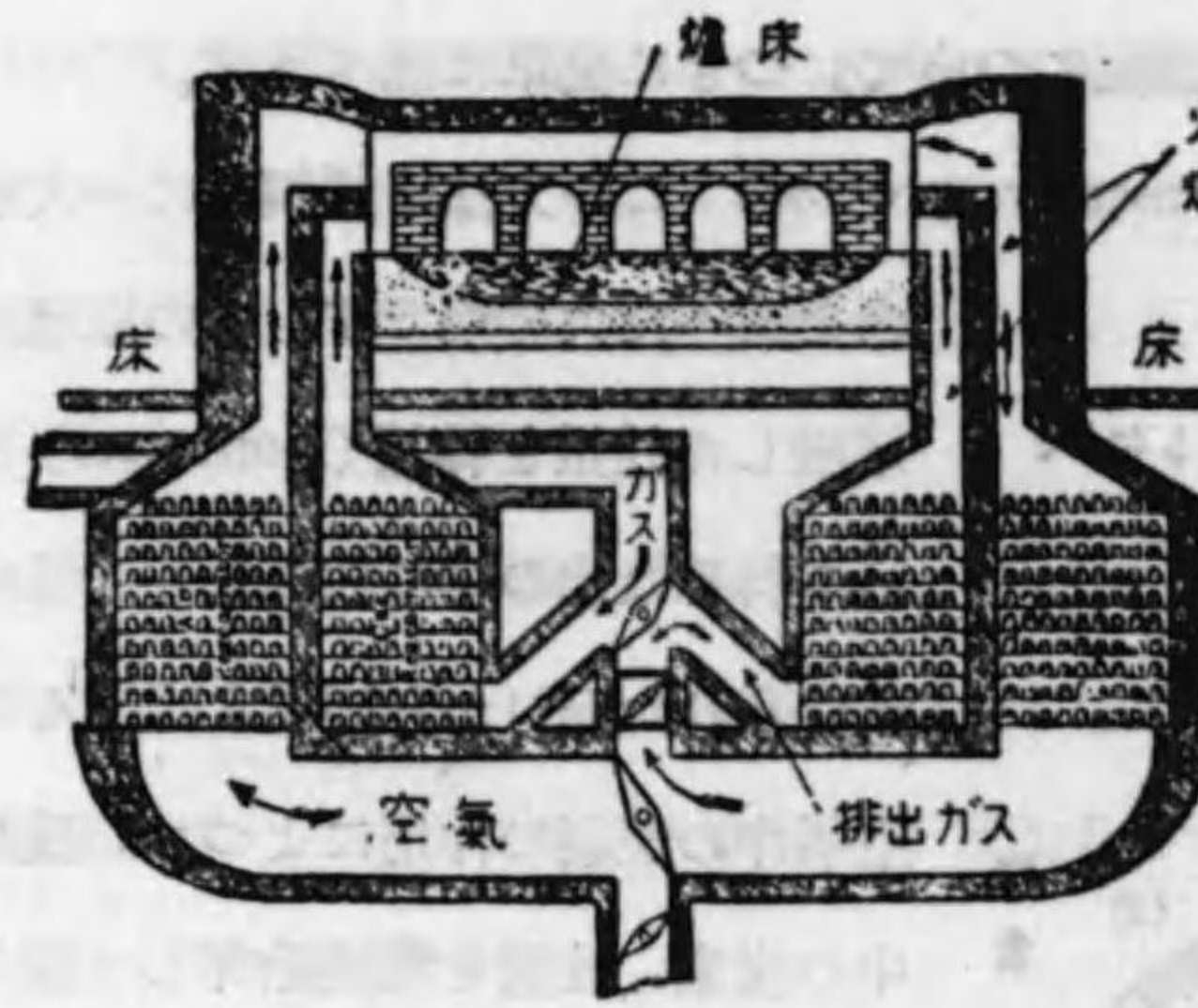
磷分の高いトーマス鉄を原料とし、その磷を除くために石灰を混入するので、珪石の裡付けは侵蝕されるから鹽基性の苦灰で爐が裡付されます。

いづれにしても、この製鋼法では、一度の精鍊がわづか一時間以内で出来る利益はありますが、原料の選擇が自由でなく、品質の調節もむづかしく、その上製品の品質もあまり優良でないといはれます。

(2) **シーメンス・マルチン製鋼法** (Siemens-martin process) これは普通は**平爐製鋼法** (Open hearth process) と呼ばれてゐるもので、平爐といふ平たい長方形の反射爐狀の爐中に鉄鐵及び鋼屑などの原料を入れ、爐の下方に装置した再生爐で豫熱した石炭ガスと空氣とを送入し、その



第 12 圖



平 爐

燃焼熱で原料を熔解精錬する方法で、爐の容量は大抵 30~50 吨であります。

この方法には酸性法と鹽基性法とがあります。前者は爐床を硅砂で焼結する方法で、磷及び硫黄などの除去が出来ないから、これらの元素の低い純良な鉄鐵を原料として使用します。

精錬時間は 14~20 時間で、原料が精選され、且つ入念に製造されるので、製品の品質が優良です。兵器や線材などの優良鋼は、多くこの方法で製造してゐます。

(3) 電気製鋼法 (Electric process) は電気爐 (Electric furnace) による製鋼法で、電気爐には抵抗式、誘導式及び電弧式などがありますが、多く用ひられてゐるのはエルー式電弧爐と、アチャックス式高周波電気爐などです。爐床は、大抵鹽基性材料で裡付けせられる。温度が高く、調節が自由だから完全精錬が行はれ、品質は最良のものです。

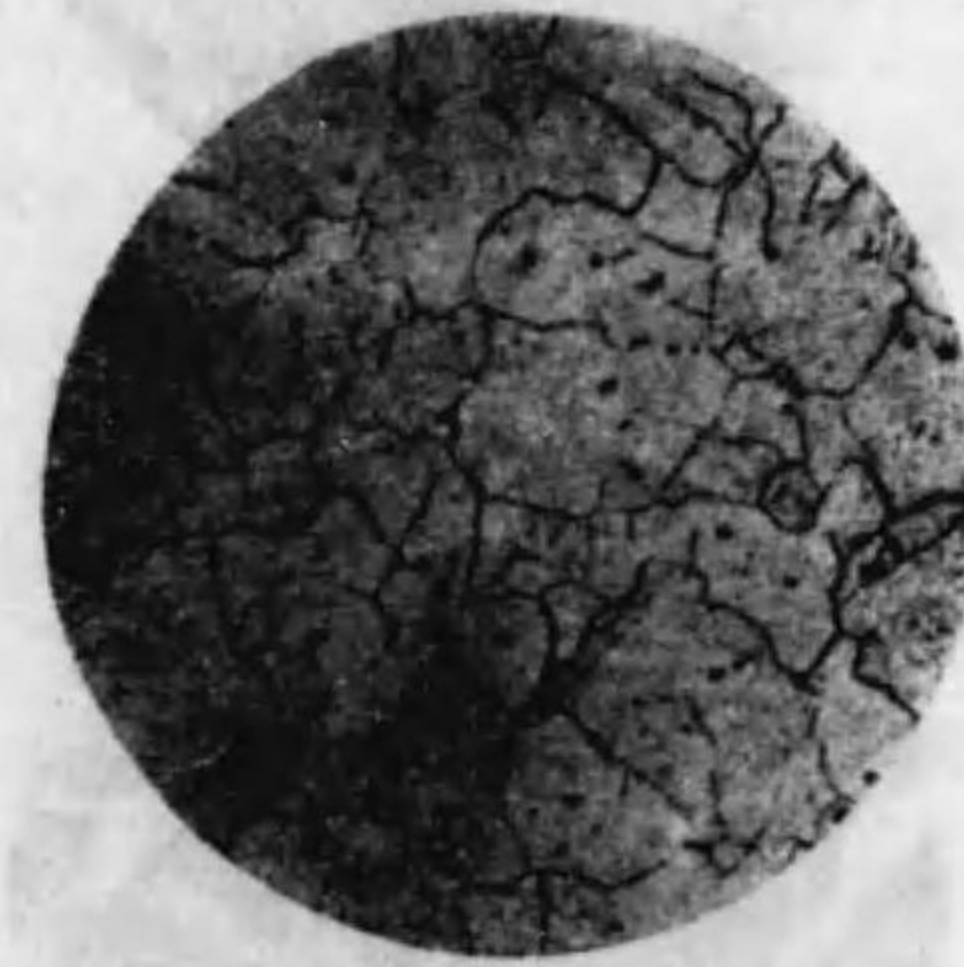
### 13. 炭素鋼の組織

鐵には 906°C 及び 1401°C において夫々  $A_3$  變態,  $A_4$  變態と呼ぶ同素變態が起ります。これらの變態點は加熱の時のものと、冷却の時のものとを區別するために、前者を、夫々  $A_{c3}$ ,  $A_{c4}$  といひ、後者を夫々  $A_{r3}$ ,  $A_{r4}$  といつてゐます。そして  $A_3$  變態點以下の温度における鐵を  $\alpha$  鐵,  $A_3$  變態點から  $A_4$  變態點までの温度における鐵を  $\gamma$  鐵, また  $A_4$  變態點以上の温度における鐵を  $\delta$  鐵といつて居ります。

鐵に炭素を加へると、これらの變態點のほか、721°C において、今一つの變態點が現はれます。これは  $A_1$  變態點と呼ばれ、炭素の量如何に拘らず一定ですが、 $A_3$  變態點は炭素の量に影響され、炭素の少いほど高く、炭素量が 0.9% 以上になれば、 $A_1$  變態點と重なつてしまひます。

鋼の組織の成立ち、並にその性質は、大體つぎのやうなものです。

第 13 圖



アームコ鐵 (炭素含有量 0.02%)

第 14 圖

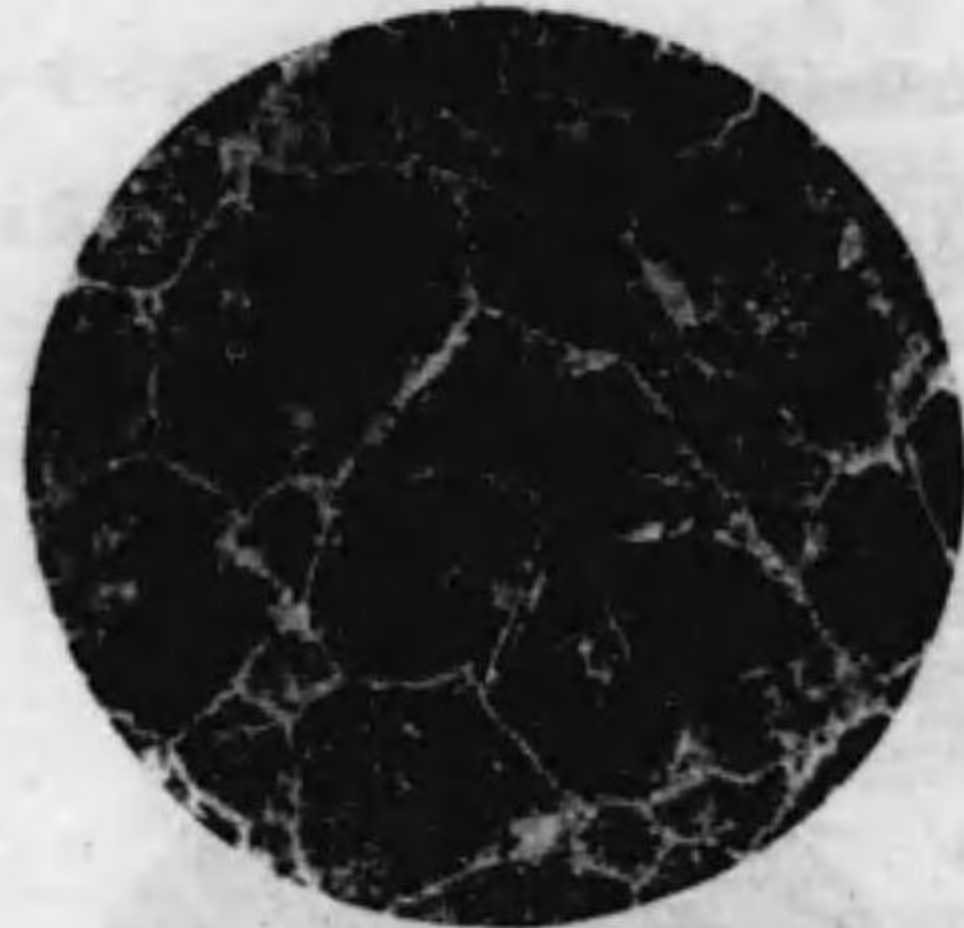


鋼 (炭素含有量 0.9% × 1000)

- (1) 融液 熔融した鐵中に、炭素が溶け込んだ均一な溶液。
- (2) 鐵炭素固溶體 鐵中に炭素が固態のまま均一に溶け込んだもの。
- (3) 地鐵 (Ferrite) ほとんど炭素を含まない  $\alpha$  鐵で軟かく、延性に富み、強磁性體で磁石を吸引する。
- (4) 大洲田 (Austenite)  $\gamma$  鐵中に炭素が溶け込んだ固溶體で、檢鏡すると、地鐵と同じやうに見える。地鐵よりも硬く、靱性が大きく、常磁性體ですから磁石を吸引しない。
- (5) 脆面體 (Cementite) 鐵と炭素との化合物即ち炭化鐵で、極めて硬く、且つ粉碎できるほど脆い。
- (6) 波來士 (Pearlite) 地鐵と脆面體との共析で、縞のやうになつてゐる。0.9% の炭素を含み、比重は大洲田よりも小さく、地鐵よりも硬く、強い。磁石を吸引する。



第 15 圖



鋼 (炭素含有量 1.46%)

(7) **麻留田 (Martensite)** 延性に乏しいが、硬度は極めて高く、所謂焼入組織である。

(8) **吐粒洲 (Troostite)** 麻留田よりも軟いが、靱性は大である。

(9) **粗粒坡 (Sorbite)** 吐粒洲よりも軟いが靱性は大となつてゐる。

第 16 圖



第 17 圖



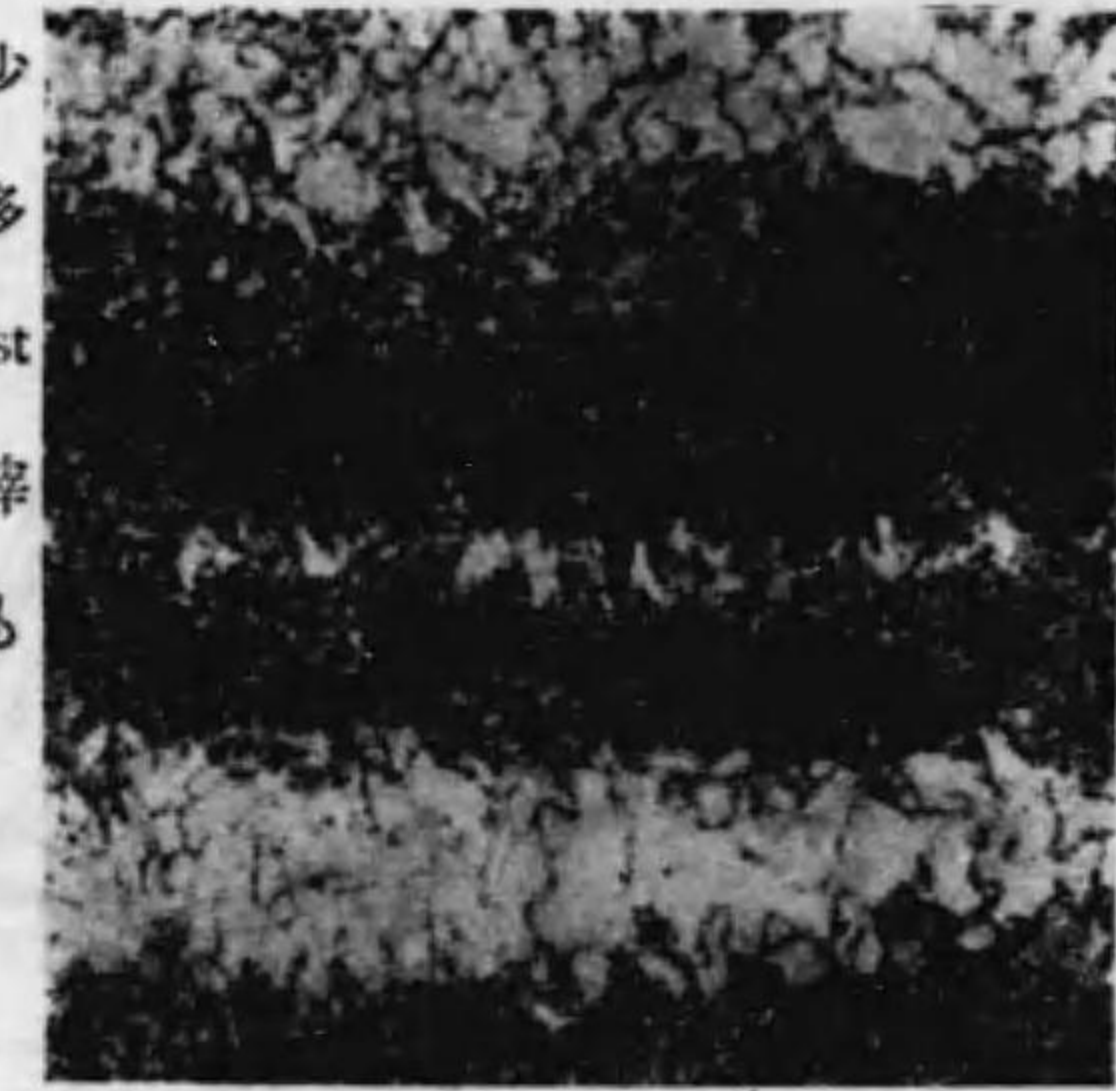
麻留田組織 × 200

#### 14 諸元素の鋼に與へる影響

炭素の影響は前述の通りですが、そのほかに珪素、磷、硫黄、滿俺、酸素、窒素の影響を調べて見ますと、

- (1) **珪素** 含有量を増せば硬度、強さを増し靱性を失ふが、普通鋼の中に含有される量は 0.3% 以下で、機械的の性質に及ぼす影響は少い。
- (2) **磷** 一般に鋼に害のあるものと見てよい。鋼の地鉄中に固溶し、粒子を粗大にするため硬度及び抗張力を稍や高くするが、延性を減じ、脆性を増して来る。故に加工に龜裂を生ずることが多く、材料として不良です。このやうに常温、(200°C 以下の温度の事) で脆くなることを**常温脆**

第 18 圖



鋼中に於ける幽條 × 50

性 (Cold shortness) といひます。磷は鋼の中で一様に分布されること少く、第 18 圖のやうに線状をなして多く集まります。この線は**幽條 (Ghost line)** と呼ばれ、屢々その中に溶滓があつまつて、鋼材の弱點をなすものであります。

(3) **硫黄** 鋼中に含有される諸元素の中で、最も有害なものです。

滿俺と化合して**硫化滿俺**、または鐵と化合して**硫化鐵**となり、鋼の粒子の境界に折出し、其結果赤熱状態に於て脆くなる。これを**赤熱脆性 (Red shortness)** といふ。

(4) **滿俺** ある程度まで鋼の硬度、強さ、靱性を増し、延性はすこし減少するが、炭素ほど著しくはない。鋼の中には 0.2~0.4% 位含んだ時が一番よい。硫黄と化合して**硫化滿俺**を作ることは前述の通りである。

(5) **酸素** 鋼中に熔融した酸素は、さほど影響を與へないが、鐵と化合して**酸化鐵**となつたものは有害である。

(6) **窒素** 遊離して瓦斯状としてあるものゝ外、鐵と化合して極めて脆い**窒化鐵**を作ります。

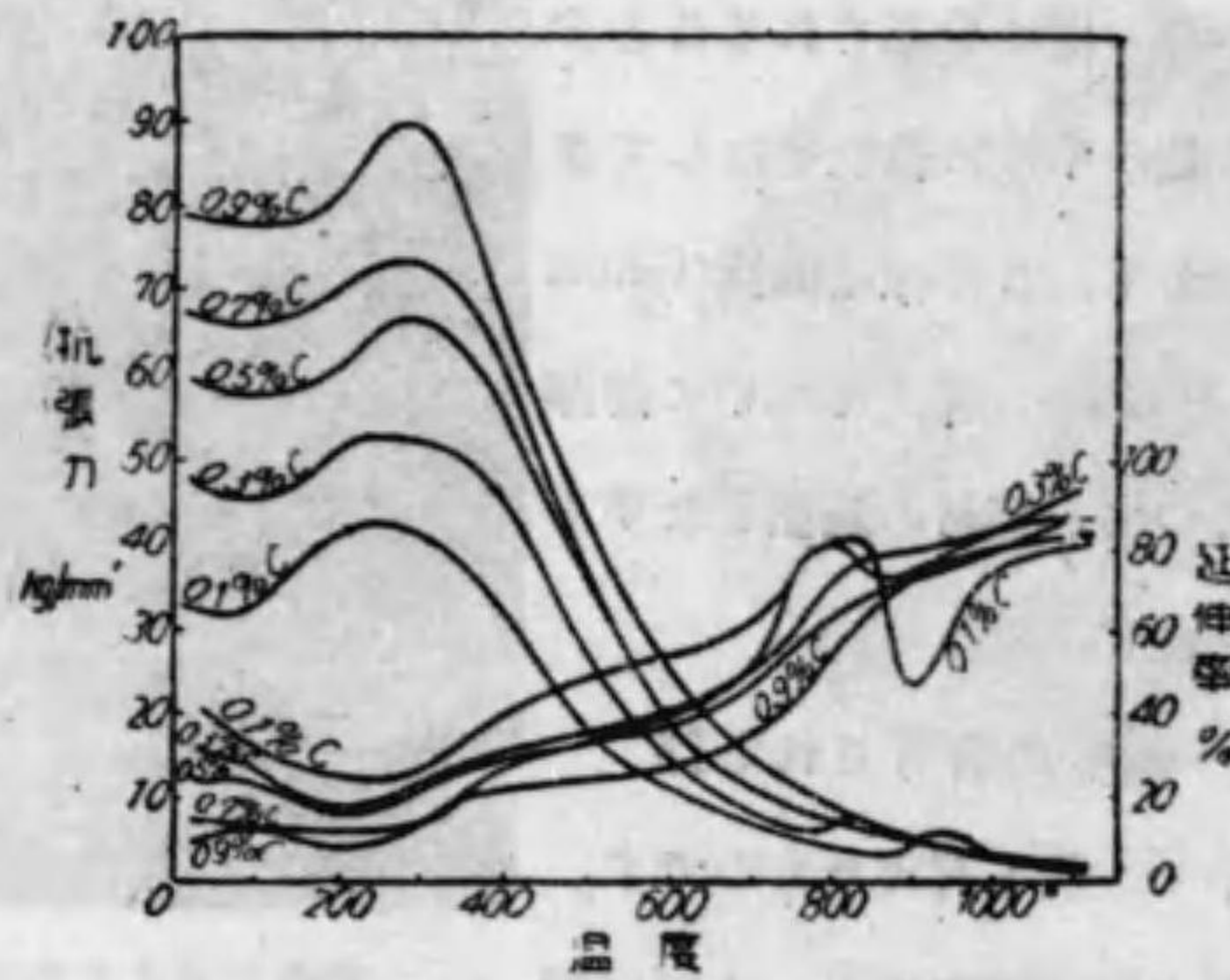
#### 15 温度の鋼に與へる影響

温度についての影響は、弾性限界及び降伏點等は温度の高まるにつれて減少し、抗張力は攝氏 200°~300° までは温度の高まるにつれて増加するが、それを越せば急激に減少します。

而してこの附近では延性は常温の場合よりも少いため、200°~300° 附近で加工すれば硬く、且つ脆くなり、龜裂を生ずる危険がある。これは**青熱脆性**



第 19 圖



(Blue brittleness) といつてゐます。即ち、この附近の温度に熱せられた鋼を鋸で磨くと、面が酸化して青色を帯びるからであります。

第 7 表

炭素含有量 %	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	断面収縮率 %	ブリネル硬度
0.1 内外	18~28	33~44	33~27	72~53	85~115
0.2 "	20~31	39~50	30~24	68~48	101~133
0.3 "	24~33	45~57	28~21	63~44	127~155
0.4 "	28~36	50~63	25~18	55~38	150~184
0.5 "	31~40	55~70	22~15	50~29	165~200
0.6 "	35~44	61~78	20~13	44~23	180~224

16. 鋼の熱処理

炭素鋼を熱して A<sub>3</sub> 變態點の上より急激に冷却すると、大洲田の一部はそのまゝに残るが、大部分は麻留田に變化することは前に述べた。このやうに急冷によつて硬度を増加させることを焼入 (Hardening) といひます。

焼入は高熱された鋼を水、油などの液體に入れて急冷してやるのであるが、

焼入硬度は急冷する液體の種類によつて變つて來ます。水は冷い間は冷却速度が大で効果はよいが、温度が高まるにつれてその能力を減じます。食鹽水は、攝氏 50° 附近までは冷却速度はあまり變化しないが、それ以上になると急激に減少します。油、石鹼水、硫酸などの効果は第 8 表の示すとほりです。

第 8 表

番號	冷 却 劑	冷 却 速度比
1	滑 水	11
2	食鹽水 24 %	20
3	石鹼水 アイボリ 石鹼 2 %	1.3
4	油 沸點 373°C 比重 0.882	2.5
5	油 沸點 402°C 比重 0.912	2.0
6	油 沸點 400°C 比重 0.916	10
7	硫酸 水 10% 比重 1.810	24

焼入した鋼を焼戻 (Tempering) すれば、鋼は温度が昇るにつれて麻留田から吐粒洲、粗粒坡、波來土と變化し、その上焼入の際生じた内部歪が除かれるために、その硬度を減じ、延性を恢復します。焼戻温度は其材料により又其使用目的に應じて定むべきです。

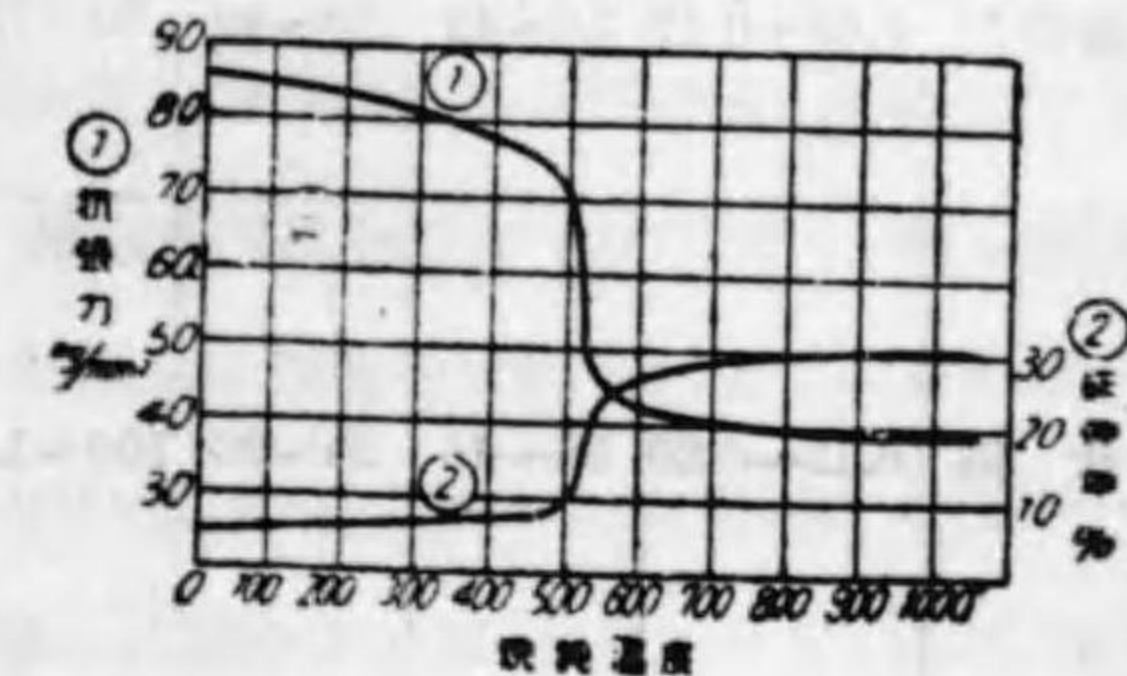
17. 鋼の焼鈍

熔融狀態から凝固させた儘の鑄鋼、鋼塊、又は鍛鍊したものでも、非常な高温に永くさらされたもの等は、冷却速度が遅い爲に、大洲田の結晶粒子が成長して粗大となつてゐるから、機械的の性質が劣る。之に適當な強さと粘さを持たせる爲に、普通 A<sub>3</sub> 變態點の上約 50°C 位に一定時間保持し、大洲田を微細にして後徐冷して機械的性質を向上させる。之を焼鈍 (Annealing) といふ。然しこの際炭素の含有量

や鋼材の形狀寸法に應じて焼鈍の温度及冷却速度を定めなければならない。

これが本來の焼鈍であるが、この外に單に低温加工其他の原因で

第 20 圖





生じた鋼の内部歪を除去する爲に、變態點以下 600~650°C に加熱する事がある。この焼鈍を低温焼鈍 (Lonealing) といひ、之に對し前述の焼鈍を完全焼鈍 (Full annealing) といひます。

18. 炭素鋼の用途

鋼の炭素含有量は 0.01%~1.5% 位までであるが、炭素の多少によつて、その性質は非常に差が生じて來ます。即ち炭素量の少ないものは硬度が低く、延性が大で焼入効果はほとんどなく、炭素量の多いものは硬度が頗る高く、延性は小で、焼入効果は甚だ大きい。それゆゑ炭素含有量の少ないものは構造用、多いものは工具用として使用されます。

- (1) 構造用炭素鋼 機械、建築、橋梁、鐵道及び船舶などの材料として使はれる諸種の棒、形鋼、板、針金及び諸種の鍛造品の成分は、炭素 0.06~0.80%、満俺 <0.80%、珪素 <0.35%、磷 <0.050%、硫黄 <0.050% 位で、重なる用途は第 9 表の通りです。

第 9 表

種別	炭素含有量 %	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 (l=8d%)	ブリネル硬度	用途
特別極軟鋼	0.06~0.08	32~36	30~40	95~100	帶鐵、ガス管、熔接棒、亞鉛メッキ水道鋼管、ドラム罐、コンデンサー蛇管、金庫用板、コンジット管、第 3 軌條、鋳製家具等
極軟鋼	0.08~0.12	36~42	30~40	80~120	ブリキ板、鐵筋、サツシニ、亞鉛メッキ線、亞鉛メッキ板、水道用管、釘、鋸、木ネジ、(ボルト、ナット、バックリング、自動車リング、鉋の主體、踏鐵) 等
軟鋼	0.12~0.20	38~48	24~36	100~130	罐胴板、煙管、構造用鋼帶、鐵道、橋梁等用壓延鋼材、通風機ケーシング、及び羽根、鐵筋、水管罐の管、航空機の吸込管、水管及び給油管、水道用管 (船殼、鎖環、鋪鉄、*自動車車輪軌、クロスヘッド、弁、水壓プレス部品) 等

半軟鋼	0.20~0.30	44~55	22~32	120~145	ハンドル、釘、鋸、ボルトナット、タンク類、船殼、鋪用管、渦巻ポンプ軸、自動車臺枠板、鋪胴板、建築・橋梁・起重機・造船等用壓延鋼材、航空機體用管及び帶金具、送風機羽根車室、鐵舟 (*連桿、*齒車、ピストン棒、扇心棒、シャフト、鋼本體・蓋及び心棒、カム軸) 等
半硬鋼	0.30~0.40	50~60	17~30	140~170	ボルト、ナット、タービン用圓板、洋傘骨、鐵道車軸、鋼矢板、軌條接目板、シャフト類 (齒車、連桿、キー、ピストン棒、*ピストン瓣、ビス、*スパナ、ロール軸、クランク、フランチ、*壓延機壓下ネジ) 等
硬鋼	0.40~0.50	58~70	14~26	160~200	シャフト類、壓縮ガス容器、航空機關シリンダ、壓延機壓下ネジ、輕軌條 (0.35~0.55C)、スコップ、鉋前 (*連桿、プレス柱、摩擦プレスネチ棒、推進軸、キー、*クランク、ロール) 等
最硬鋼	0.50~0.80	65~100	11~20	180~235	軌條 (0.45~0.60C)、旋盤親ネチ及びボール盤主軸 (0.4~0.6C)、圓鋸及びキー (0.5~0.6C)、砲架部品・洋傘骨 (0.5~0.65C)、鐵道車輪外輪 0.6~0.7C。(ロールハンマー、ネチ廻し、大齒車、車軸、*水壓プレスラム、*クラッチ摩擦板、以上 0.5~0.6C) 等

備考 括弧内 物品は鍛造品で \* 印を附したものは熱處理をするものである。

- (2) 滲炭鋼 (Case-hardening steel) この鋼は、衝擊値の高い低炭素鋼を以て作り、表皮に炭素を滲入させ、高炭素鋼に變化した後、熱處理を施して心部と表皮とを調質するものです。齒車、ピニオン、カム、カムシャフト、スピンドル、キー、クラッチ、止ネジなどのやうに摩擦作用と、衝擊によく耐へることを必要とする用途に供せられる材料で、その成分は炭素 0.08~0.18%、満俺 <0.60%、珪素 <0.35%、磷及び硫黄 <0.45% 位です。

- (3) 鋼鑄物 (Steel castings) 鑄鐵製では強さが十分でなく、鋼で鍛造するにはむづかしいといふやうな物品は鋼鑄物で作られます。その成分は炭素 0.10~0.60%、満俺 0.40~0.90%、珪素 0.20~0.60%、磷 <0.055%、硫黄 <0.055% 位です。齒車、水壓シリンダー、ピストン、輪心、軸受、



クロスヘッド, 豪杵, 柱, 電動機及び發電機の杵などは炭素含有量 0.10~0.30%位, 抗張力 41~45 kg/mm<sup>2</sup>, 延伸率 >20% の鋼鑄物が使われます。

(4) **工具鋼其他高炭素鋼** 高炭素鋼の成分は炭素 0.6~1.6%, 満俺 0.15~0.30%, 珪素 0.2~0.5%, 磷 <0.04%, 硫黄 <0.03% ですが, 油焼入用工具鋼は満俺の量が稍や高くなつてゐます。

第 10 表

炭素含有量 %	用途
0.60~0.70	スナップ, 落下錘ダイス, 押ねぢ, ねぢ廻し等
0.70~0.80	金敷面, 帯鋸, タガネ, 鍛工用鋸, 斧, 鋤嘴, シーアの刃, 萬力の口板, レンチ, テーブルナイフ, ねぢゲージ, 縫針ばね等
0.80~0.90	ボンチ及びダイス, 鑿岩錐, 金工用たがね, ペンナイフ, 重ねばね, 木工鋸, 木工刃物, 醫療用刃物, ハンマー, 斧, 壓型, 打型, シーア刃物等
0.90~1.00	巻巻ばね, 重ねばね, 金工用ハンマー, ボンチ及びタッパ, ダイス, フライス, 壓型等
1.00~1.10	巻巻ばね, 旋盤のセンター, 旋盤・プレーナー, セーバー・及びスロッター等のバイト, タッパ, ダイス, マンドレル, 花崗石用たがね, 限界挟みゲージ, 鋸, フライス, 壓型等
1.10~1.20	鋸, 木工機械刃物, 螺旋切ダイス, リーマー, フライス, ツイストドリル, 安全剃刀刃等
1.20~1.30	紡績用スピンドル, 永久磁石, 硝子切, マイクロメーター部品, 鋸鋸, 火造型, 剃刀, 鋸等
1.30~1.40	針金引抜ダイス, 花崗石旋盤用バイト, 紙切ナイフ, 彫金具, 剃刀, 鋸, ブロックゲージ, ハックソーブレード, 鋸等
1.40~1.50	針金引抜ダイス, テルドロール用バイト, 鋸刃, 鋸, カム等

(5) **針金** 鋼針金には軟鋼線と硬鋼線とがあります。軟鋼線 (または鐵線) は, 炭素含有量 0.05~0.20% で電信, 電話線, 釘その他の雜用に供され, 抗張力は 35~70 kg/mm<sup>2</sup> です。

#### 19. 特殊鋼の種類

特殊鋼<sup>(5)</sup>(Special steel) は, またの名を合金鋼 (Alloy Steel) といはれて

ゐるやうに, 一つまたは二つ以上の元素を含む特殊の鋼で, その成分の数によつて三元合金鋼, 四元合金鋼などに類別されてゐます。

今日實用に供されてゐるものには, つぎのやうなものがあります。

(1) **ニッケル鋼** これは鐵, 炭素及びニッケルの合金です。構造用ニッケル鋼は 3~3.5% のニッケルを含み, 炭素鋼より強靱で, 腐蝕に對する抵抗が大であるし, 焼入効果も大で 820°~860° 位に熱して水中または油中に入れて焼入し, 500°~650° 位で焼戻を行ひます。自動車や飛行機などの重要な部分品に用ひられます。78.5% のニッケルを含むものは **パーマロイ** と稱せられ, 導磁率が甚だ高く, 海底電線に用ひる。最近わが國では超パーマロイを發見し, 電氣計器, 磁氣指針, ラヂオの高周波變壓器などに使用されてゐます。

(2) **満俺鋼** 満俺 10~15%, 炭素 1.0~1.5% を含有するものが工作上最もよい。鑄造または鍛造したまゝのものは硬く, 脆くて使用に適しないが, これを 1000° 以上に熱し, 水または油で急冷すれば靱性を増します。摩耗によく耐へるので, 碎岩機の口金, 浚渫機, ポンプ, 金庫材料などに用ひます。

(3) **珪素鋼** 鋼には常に少量の珪素を含んでゐるが, 多量を加へて特殊な性質を附與したものがこれです。炭素が少く 0.04~0.08% 位で珪素 1~4% を含むものは, 磁氣履歴損失が少く, しかも導磁率が高いため電動機, 發電機, 變壓器などの鐵心に用ひられます。

(4) **クロム鋼** クロムを鋼に加へると, 粒子は密になり硬度, 靱性, 強度を増し, その上摩耗や腐蝕にも耐へる性質があります。クロムが増加して, 炭素との含有量の比が 8~10 以上となれば, 急冷液に入れなくとも, 空中で焼入が出来ます。なほ炭素 0.5% 以下クロム 11~15% を含む鋼を **ステンレス鋼<sup>(6)</sup>** といつて, 腐蝕に對する抵抗が大であるところから食器, タービン, ポンプ, 軸, 瓣などに使用されてゐます。



(5) **タングステン鋼** 高温における軟化が少いから耐熱材料としてよく、以前はタングステン 5~6%, 炭素 0.65~0.80% のものは磁石材料として用ひたが、これより数倍も強い KS 磁石鋼がわが國に發明されました。これはタングステン 6~8%, 炭素 0.7~1.0%, クロム 1~2%, コバルト 20~36% を含み、950°~1000° に熱し油焼入して使用します。

(6) **ニッケルクロム鋼** ニッケル

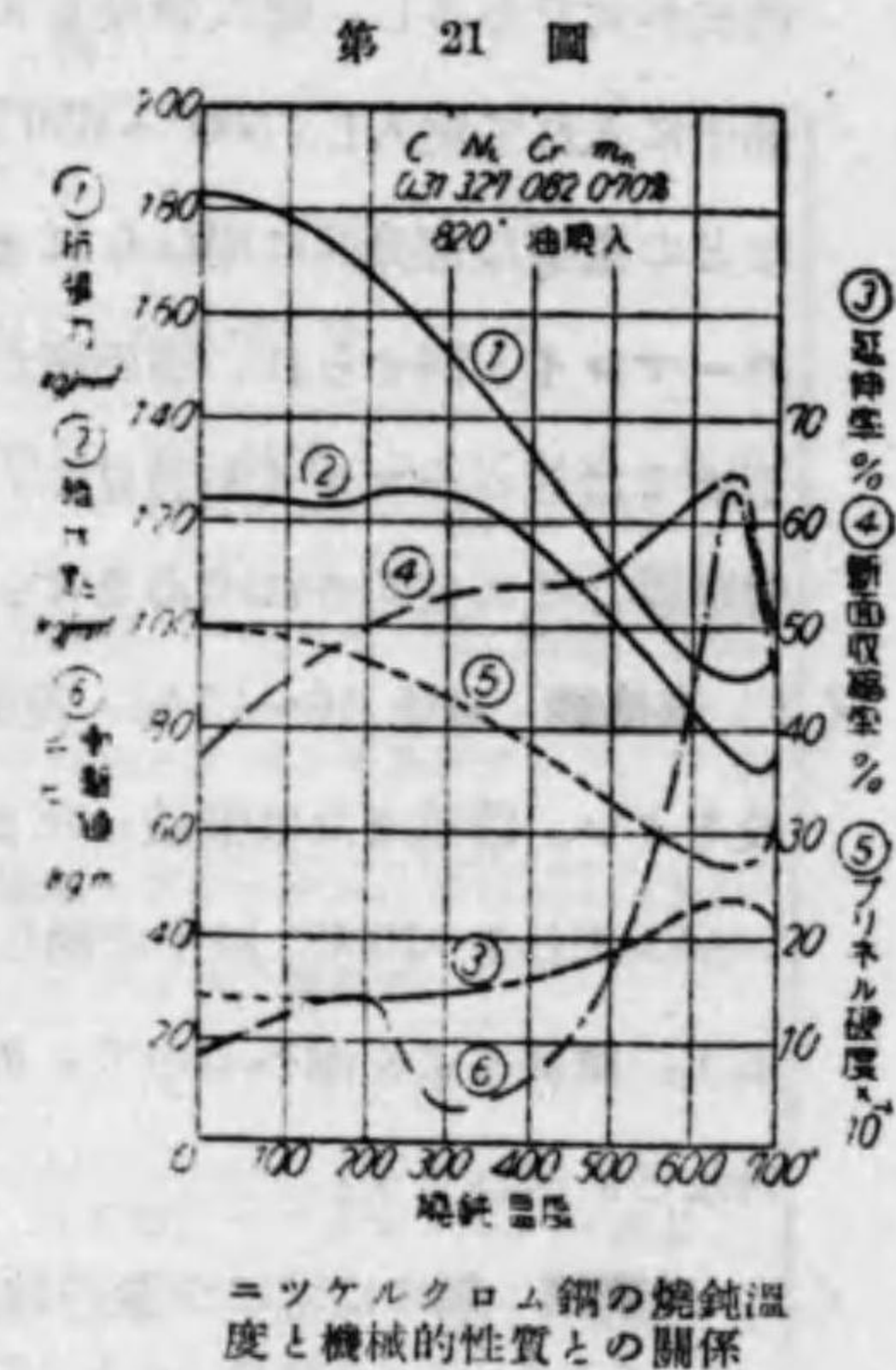
鋼にクロムを加へた三元合金鋼で、今日構造用鋼の代表的のものとされてゐます。その成分は炭素 0.25~0.40%, ニッケル 1~5%, クロム 0.3~2.0%, 満俺 0.35~0.65%, 燐 < 0.05%, 硫黄 < 0.05% で、自動車や飛行機に使用されます。

(7) **クロムモリブデン鋼** 炭素 0.25~0.35%, クロム 0.8~1.1%, モリブデン 0.15~0.25%, 満俺 0.4~0.6%, 燐 < 0.035%, 硫黄 < 0.035%

等を含む鋼で、機械的性質がニッケルクロム鋼と相伯仲し、飛行機の骨組に使はれる特殊鋼管は、この種の鋼です。

(8) **滲炭鋼** 滲炭用特殊鋼として、今日廣く用ひられてゐるのは、低炭素ニッケル鋼と、ニッケルクロム鋼などで、自動車またはディーゼル機關の部品、齒車、ウォーム、カム、クラッチ軸、ピストンに使用されます。

(9) **窒化鋼** 表面を窒化することを要する鋼の材料で、種々の成分のものがあるが、**ニトラロイ** (Nitalloy) といふものが一番よいといはれる。これは炭素 < 0.55%, アルミニウム 1.0~2.0%, クロム 1.6~1.8%, モリブデン 0.4~0.5% を含んでゐます。



## 第二章 非鐵金屬材料

### 1. 銅

銅 (Copper) は鐵を除いては、第一に有用な金屬材料です。純銅の比重は 8.65 であるが、市場にあるものは 8.9 内外です。熱及び電氣の傳導率が高いので、電線や電氣工事の材料等に用ひられます。純銅は鑄物とすることが困難であるから、他の金屬と合金として使用します。

融點は 1083°, ブリネル硬度は焼鈍したものは 30~40, 壓延したものは 60~100 である。銅に酸化銅が入ると、固溶しないで脆く、腐蝕しやすく、有害ですから、熔解する際は脱酸剤として磷銅、満俺銅、珪素銅、アルミニウムなどを用ひて還元します。日本標準規格の銅地金の成分は

第 11 表

種別	銅 %	砒素 %	アンチモン %	若鉛 %	鉛 %	硫黄 %	鐵 %
電氣分銅	99.94 以上	0.003 以下	0.01 以下	0.005 以下	0.005 以下	0.015 以下	0.01 以下
電氣型銅	99.85 ≧	0.003 ≧	0.01 ≧	0.005 ≧	0.005 ≧	0.015 ≧	0.01 ≧
上型銅	99.60 ≧	0.03 ≧	0.03 ≧	0.01 ≧	0.02 ≧	0.015 ≧	0.02 ≧
並型銅	99.30 ≧	—	—	—	—	—	—

### 2. 亜鉛

亜鉛 (Zinc) は、銅について必要な金屬です。比重は 7.04~7.19 位、熔融點は 419°, ブリネル硬度は鑄物で 42~48, 鍛鍊したもので 90~200。亜鉛の切口は青白色であるが、高温の炭酸瓦斯を含む空氣中では、表面に薄い酸化膜を生じて内部の酸化を防ぎますから、薄鐵板に鍍金してトタン板とします。

市販の亜鉛はカドミウム、鉛、鐵などを含んでゐます。日本標準規格ではつぎの通りです。



第 12 表

種 別	亜鉛 %	鉛 %	鐵 %	カドミウム %	
電氣亜鉛	一號	99.95 以上	0.020 以下	0.020 以下	0.030 以下
	二號	99.90 〃	0.035 〃	0.020 〃	0.070 〃
上 亜 鉛	一號	99.5 以上	0.20 以下	0.03 以下	0.50 以下
	二號	99.0 〃	0.80 〃	0.60 〃	0.50 〃
並 亜 鉛	一號	98.5 〃	1.30 〃	0.08 〃	0.50 〃
	二號	98.0 〃	1.80 〃	0.10 〃	0.50 〃

## 3. 錫

錫 (Tin) の比重は 5.8~7.3, 熔融點 232°, 抗張力 2.4~4.0 kg/mm<sup>2</sup>, 伸 35~40% です。錫の特性としては, 曲げる時にギーギーといふ特殊な音を出します。これは錫聲 (Cry of tin) といつて, 錫製品の純良さを見分ける手段ともなります。錫は合金材料として用ひられるほか, 濕氣や水分に對して強い性質を利用し, 薄い鐵板に鍍金して, ブリキ板とします。

用途は錫箔, 食器, 裝飾品で, 合金の成分としては黄銅, 青銅, 軸受金, 活字金など, その應用は頗る廣い。

## 4. 眞 鍮

眞鍮 (Brass) は, 黄銅ともいはれ, 極めて通俗的な合金であります。主成分は銅と亜鉛で, その亜鉛の量は普通 40% 以下, 抗張力は亜鉛の量が増すに従つて増加し, 亜鉛を 45% 含む時が最大となる。眞鍮を大別すると

(1) 鑄物用眞鍮 これを黄色眞鍮 (Yellow brass) と, 赤色眞鍮 (Red brass) に分ける。黄色眞鍮は鑄物にすることは稍や困難で, 配合の基本とするところは銅 67%, 亜鉛 33% である。赤色眞鍮は鑄物にすることが出来, 基本配合は銅 85%, 亜鉛 15% です。卷煙草の吸口について

る金箔は, 實は眞鍮で, 銅 85%, 亜鉛 15% から成るものであります。

(2) 展伸用眞鍮 壓延, 鍛冶で板, 管, 針金, 棒などに形づくられる黄銅は, 高温作業用眞鍮と, 常温作業用眞鍮の二つに分けられます。前者は亜鉛 37% 乃至 45% を含むものであつて, この中で最も廣く用ひられてゐるものはマンツメタル (Muntz metal) といつて, 銅 60%, 亜鉛 40% とから成り, 船底の被覆材料に用ひられます。後者の常温作業用眞鍮といふのは, 伸張率の高いものゝことです。

(3) 特殊眞鍮 特殊な性質を與へるために, 銅及び亜鉛以外に, 鉛, 錫, 鐵, 滿俺, アルミニウムなどを加へたものであります。この中で, 錫入眞鍮といふのは展伸用眞鍮に錫をすこし加へたもので, 海水の腐蝕によく耐へるから, 船舶用機械などに用ひられます。また有名なデルタメタル (Delta metal) は, 鐵分 1~3%, 亜鉛 42% を含んだものです。

第 13 表

種 類	成分 %				抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	ブリネ ル硬度	用 途
	銅	亜鉛	錫	鉛				
鍍付眞鍮	85	15	—	0.3 以下	—	—	—	鍍付すべきフランジ 及び取付物等
赤色眞鍮	85	5	5	5	18.9~ 23.1	16~20	50~60	ポンプフレーム, 瓣, 蒸氣溜, 管具及び軸 受等
〃	85	9	3	3	16.1~ 17.5	16~18	—	油及び水ポンプ, ト ロリー取付物等
〃	80	16	2	2	—	—	55~75	電氣用具, スキッチ 及び連結具等
バルブ 眞 鍮	77	10	3	10	16.1~ 19.6	10~15	50~55	低壓弁及び取付物, 放熱器弁等
管具用 眞 鍮	76	16	2	6	17.5~ 21.0	20~30	43~48	空氣, 瓦斯及び水管 具一仕上易し
黄色眞鍮	77	22	—	0.2 以下	15.4~ 19.6	23~33	40~60	給油ポンプ, 自動車 部分品等
〃	69	30	1	—	19.6~ 22.4	22~28	57~59	小物, 裝飾品等



普通真鍮	64	33	1	2	17.5	20	35~45	錫0.5%を含む、アルミ0.3%を加へれば一層仕上易し
ネーバル真鍮	62	37	1	—	24.5	30	—	強くて海水に堪へる必要がある品物

## 5. 青銅

銅と錫を主成分とする合金を青銅 (Bronze) といふ。青銅の抗張力は錫を 17.5% 加へた時が最大で、これより僅に錫が増しても激しく減少します。

昔、大砲をつくるのに、銅を 90% と錫を 10% から成る青銅を用いたので、青銅は砲金 (Gun metal) ともいはれてゐます。強さが大で、相當の延性があり、摩耗及び腐蝕に耐へるから、近來は多く機械の部分品に使用されるやうになりました。青銅には、つぎのやうなものがあります。

- (1) 磷青銅 脱酸剤として磷を使つたのであるから、磷の量はごくわずかである。錫の量は 10% 以下である。強力で、よく腐蝕に耐へるし、また流動性に富むから、鑄物として機械の部分品をつくります。
- (2) 滿俺青銅<sup>(7)</sup> 脱酸の目的で滿俺を加へたもので、海水によく耐へるから推進機、タービンの羽根などに用ひられます。
- (3) 珪素青銅 これも脱酸の目的で珪素を加へたもので、錫も珪素も微量です。導電率が大きいから、電話、電信、電車架空線などに用ひます。
- (4) アルミニウム青銅 錫の代りにアルミニウムを用いたもので、その量は 8% 以下です。硬度も、強さも大きいので、航空機用具に用ひる。

## 6. ニッケル

ニッケル (Nickel) は銀白色の金属で、純粋なものは延性に富み、針金または薄板として、醫療器具に用ひられます。比重は鑄物では 8.35、壓延したものは 8.6~8.9 です。

第 14 表

種類	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	ブリネル 硬度	ショアー 硬度
鑄物	35~42	14~21	20~30	80~100	12~15
棒 (高温壓延)	49~56	14~21	40~50	90~110	15~18
薄板 (常温壓延)	63~77	66~74	1~2	130~160	30~40
同上 (焼鈍)	45~52, 5	10, 5~17, 6	35~45	80~100	12~14
針金 (引抜のまま)	84~98	77~91, 4	1~2	—	—
同上 (焼鈍)	45, 7~52, 7	14~21	20~30	—	—

- (1) 銅との合金 ニッケルと銅とは、種々なる割合に溶解して固溶體をつくります。日常私たちに馴染深い白銅貨は、25% ニッケルを含むもので、40~45% ニッケルのものはコンスタンタン (Constantan) と呼ばれ、高温度の熱電堆として用ひられます。更に 60~70% ニッケルに、少量の鐵を加へたものはモネルメタル<sup>(8)</sup> (Monel metal) と呼ばれ化學機械や、タービンの羽根などに用ひられます。
- (2) 洋銀 (German Silver) 銅 35~75%, 亜鉛 5~40%, ニッケル 2~40% の合金で、色も銀白色で美しく、腐蝕に抵抗する力が大であるから、黄銅よりも勝れてゐるだけ値段は廉くない。用途は食器、裝飾品、家具などのほか、電氣抵抗線、管、バネなどの材料にされてゐます。
- (3) クロムとの合金 耐熱、耐蝕性に富んでゐるから、電氣の抵抗線及び電熱線に用ひられてゐます。ニクロム線がそれです。

## 7. ホワイトメタル

一般にホワイトメタル (White metal) と呼ばれてゐるものは、錫、鉛、亜鉛、アンチモン、蒼鉛、カドミウムなどの軟金属を主成分とする合金で、性質は軟く、白色である。

- (1) 軟鉛 鉛と錫の合金で、白鉛またはハンダと呼ばれる。錫 63%, 鉛



37%のものは共晶組織となり、熔融點が182°で、低温で容易に融けるから、ブリキ板の接合に便利です。電気用の軟鐵は電気傳導率の高いものがよいから、錫を多くした50~60%のものが用ひられます。

- (2) 硬鉛 鉛に少量のアンチモンを加へたもので、鉛の代用になります。アンチモン2~3%のものは電線の被覆、5~8%のものは蓄電池用板、10%のものは彈丸の材料、10~15%のものは酸類に耐へますからポンプ材料にします。
- (3) 活字合金 鉛とアンチモン及び少量の錫を含んだ活字合金は、相當の硬度と靱性があるので摩耗に耐へるところから、印刷用インクの腐蝕に強い。一般に用ひられてゐるのは鉛60~90%、アンチモン25%、錫0~25%位のものです。
- (4) 軸受用合金 軸受材料としては荷重によく耐へる硬さと強さを有し、摩耗係数少く、軸面によく馴じむ粘り氣がなければならぬので、普通には銅、錫、鉛、亜鉛などを夫々主成分とせる合金が使用されます。
- (5) 可融合金 鉛、錫、蒼鉛、カドミウムなどのやうな低温度で熔解する金属を適當に配合する時は、一層低温度で熔解する合金を作ることが出来ます。これを可融合金(Fusible alloy)と呼び、蒸氣罐の熔栓、電氣のヒューズ(Fuse)などに用ひられてゐます。また金属の接合に用ひられる半田(Soft solder)は、鉛2、錫1の割合の合金です。

第 15 表

配合割合 熔融點	錫	鉛	蒼鉛	カドミウム
60.5°C	12.5	25	50	12.5
70	13.3	26.7	50	10
92	20	30	50	—
94	25	25	50	—
100	24.4	21.7	40.6	13.1

## 8. 輕合金

アルミニウム(Aluminium)の原鑛はボーキサイド鑛といふ鑛物で、これからアルミナを作り、これを電解装置によつて酸素と分離せしめて精製するものです。銀白色の軟金属で、普通金属中、マグネシウムを除けば最も軽く、延性大で、常温高温いづれの場合にも壓延出来ます。

純度99.3%のものは比重2.7、純粹のアルミニウムは2.56、熔融點は658.7°で、熱及び電氣の傳導率は、銀や銅、金に次いで大です。つぎに機械的性質を掲げます。

第 16 表

種 類	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	ブリネル 硬 度	ショア 硬 度
鑄 物	7.5~12	3~7	15~30	22~30	3~6
燒 鈍 板	9.0~14	7~11	16~40	25~33	4~6
加工材(板、針金等)	17~39	9~23	1~12	62~70	12~23

アルミニウム合金は、次に述べるマグネシウム合金と共に輕合金ともいはれ、これは鑄物用と、鍛錬用とに分けることが出来ます。

(1) 鑄物用アルミニウム合金 アルミニウム銅合金は、各國において種々なものが發明されてゐます。その中で、英國航空省規格 L8 號合金は銅11~13%を含み、高温度によく耐へるから自動車のピストン、ポンプ、ラヂエータなどに使用されます。比重は2.89、抗張力は14~16、伸は0.5~1.0%、ブリネル硬度は67~85位です。また銅4%、ニッケル1~2.5%、マグネシウム0.5~2.0%及びアルミニウム殘部の合金は、Y合金といはれ、高温度に耐へる輕合金です。要するに、鑄物用とされるアルミニウムは、銅、亜鉛、珪素の少量を含みます。

(2) 鍛錬用アルミニウム合金 この合金は鍛錬して棒、板、管、針金などにするもので、通常450°~480°で、高温加工を行つてゐます。最も有名な



ものはデュラルミン (Duralmin) で、銅 3.5~4.5%、マグネシウム 0.40~0.70%、マンガン 0.40~0.70%、残部アルミニウムの合金です。この地金の特長は、攝氏 500° 位に加熱して焼入したときは、さほど硬度を増さないが、二日ほど経つと元の二倍になり、抗張力も増して来ます。熱処理を與へた後、日ましに強さや硬さを増すことを時効 (Aging) といふ。なほデュラルミンの機械的性質はつぎの通り。

第 17 表

種 類	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	降伏點 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	ブリネル硬度
焼 鈍 材	20~25	10~13	14~20	48~72
熱処理せるもの	35~44	17~27	15~20	85~110
熱処理後常温加工のもの	46~62	20~54	21~25	110~174

## 9. マグネシウム

金屬マグネシウム (Magnesium) は、早く発見されたものですが、簡易な精錬法が發明された結果、最近では 99% 以上の純度の高いものが出来きます。薄板、針金、錠、管として販賣されてゐます。

延性が少く、弾性限界も低いから、單金屬としては用途が少く合金として用ひられます。乾燥した空氣中では酸化し難いが、濕氣を含む火氣中では表面に水酸化物及び炭酸化物の内膜を生じ内部を保護します。その粉末は燃え

第 18 表

状 態	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	比例限度 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	抗壓力 kg/mm <sup>2</sup>	抗剪力 kg/mm <sup>2</sup>	ブリネ ル硬度	ショー ア硬度
砂 型 鑄 物	9.1	0.35	6	22.5	9.8	30	20
押 出 材	19.7	0.7	8	31.6	11.3	35	23
壓 延 材	17.6	1.76	4	—	9.8	40	31
同上 (焼鈍)	17.6	1.4	5	—	9.8	33	27

やすいから危険です。なほ機械的性質は第 18 表の通りです。

マグネシウム及びその合金は、鐵製坩堝の中で熔解し、730°~770° に昇つた時に、アルカリの鹽化物、または弗化物及びマグネシア等を主劑とする熔劑を加へて、よく攪拌して鑄型に注入します。鑄型は金型なれば 300°~400° に豫熱し、砂型なれば豫め 450°~500° で 3 時間以上乾燥します。熔金の表面には、酸化を防止するため、いつも硫黃粉を振りかけるのがよく、また熔金には少量のカルシウムを添加すれば、鑄物に黒い亞酸化物の被覆が出来ないでよろしい。マグネシウムの鍛造温度は、350°~430° で、壓延は 270°~350° 位、また押出しは半熔融状態の時にします。

## 10. エレクトロン

マグネシウム合金の最も重要なものとしてはエレクトロン (Elektron) がある。マグネシウム 90% 以上にアルミニウム、亜鉛、銅、珪素、鉛、カルシウム、マンガンを加へた合金です。

エレクトロンの性質は、その種類によつて違ふけれども、比重は 1.80~1.83、比熱は 0.24、膨脹係數 0.000023~0.000027、熱傳導率 0.32、融點 625°~635° で、その鑄物は抗張力 14~19 kg/mm<sup>2</sup>、降伏點 9~13 kg/mm<sup>2</sup>、延伸率 2~5%、ブリネル硬度 45~70、疲勞限界 5.5~7.9 kg/mm<sup>2</sup> 位、鍛錬したものは抗張力 28~38 kg/mm<sup>2</sup>、延伸率 10~18%、ブリネル硬度 42~70 位、また加工後に、熱処理を施したものは抗張力 33~41 kg/mm<sup>2</sup>、降伏點 22~28 kg/mm<sup>2</sup>、延伸率 2~12%、ブリネル硬度 65~100 位であります。

エレクトロン鑄物は比重が甚だ小なる事と、其抗張力割合高く其他の機械的性質も優れてをり、且機械加工容易なる爲に航空機や自動車の部分品に賞用せられ又工作機、印刷機械等の軽くて速かに動く部分に用ひられます。

エレクトロン鍛造物は内燃機關の部分品に用ひられる外飛行機のプロペラにさへ用ひられる様になりました。



### 第三章 非金屬材料

#### 1. 木材の組織

木材 (Timber) は用途が広く建築材, 家具材, 造船材, 車輛材, 運動具材として用ひられます。第 22 圖は樹木を切り, その木口から見た形で, *a* は年輪, *b* は髓線, *c* は木髄です。年輪は毎年一輪づつ増すもので, これによつて樹木の年齢を知ることが出来ます。また年輪の粗密は, 樹木の生育の緩急によるものです。髓線は年輪に直角に生ずる硬い層で, 家具に使用されます。

樹木の疵は, 製材後もなほ残りますから, 外部から見ることの出来る疵, 節などについては十分注意しなければなりません。また生木といつて, 乾燥してゐない木材は, 幅 6 尺

第 22 圖



年輪と髓線

第 19 表

木の種類	縮小(巾6尺に付)	分 量
松・杉・檜	1.8 寸	(3%)
落葉松	2.0 寸	(3.3%)
胡桃・楓・櫻	3.0 寸	(5%)
栗・樟	3.6 寸	(6%)
桧・檜	6.0 寸	(10%)

のものが乾燥すると, 縮まる分量は大略つぎのやうなものであります。

#### 2. 材種と木取り法

木材の材種と, その呼び方は, つぎの通りです。

(1) 素材 山から伐り出したまゝの木材で, これには穂付丸太 (徑 6 cm 以上にして梢端あるもの) 丸太 (大は 30 cm 以上, 中は 20 cm 以上, 小は 20 cm

以上) 柚角 (厚 6 cm 以上で幅が厚の 3 倍未満のもの)

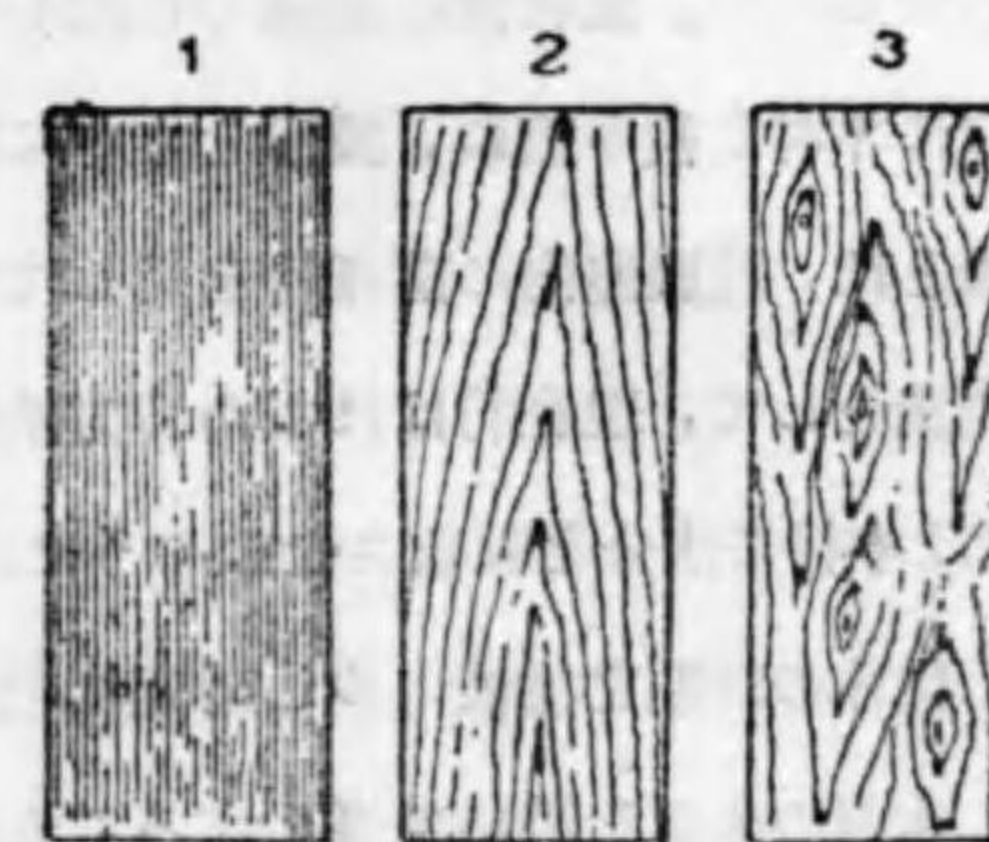
(2) 製材 素材を手挽または木工機械によつて角にした丸木材で, これには挽角 (厚 6 cm 以上にして幅が厚の 3 倍未満のもので, 大中小がある) 挽割 (厚 6 cm 未満にして幅が厚の 3 倍未満のもので大小あり), 板 (厚 6 cm 未満で幅が厚の 3 倍以上のもので, 薄板は厚 2 cm 以下, 厚板は 2 cm 以上), 盤 (厚 6 cm 以上で幅が厚の 3 倍以上のもの)

第 23 圖



1 は板目の取り方  
2 は柁目の取り方

第 24 圖



柁目 板目 柁目

木取り法は, 木材の挽き方によつてつぎのやうな種類の板が出来ます。

- (1) 柁目材 第 23 圖と第 24 圖で示すやうに, 木材の年輪を直角に挽き割つたもの。柁目は膨脹, 収縮が最も少く, また仕上りが美しいから, 重要な部分を製作する時に使用される。
- (2) 板目材 第 23 圖のやうに, 木口を平行に挽き割つたもので, 木取りは容易です。第 24 圖は, 挽き割つた板目の表面を示したものです。
- (3) 柁目材 年輪の正しくない樹幹から木取りすれば, 柁目材が出来ます。柁目材は, 裝飾用にはよいが, 木型用としては不適當です。

#### 3. 乾燥法と防腐法

よく乾燥しない木材は, 多くの水分を含み, その含水量の増減によつて伸縮



が出来ます。木材の變形，腐朽を防ぐためには，ぜひともよく乾燥しなければなりません。乾燥法には天然乾燥法と，人工乾燥法とがあります。

(1) 天然乾燥法 空気の流通と，火氣の温度によつて，樹木中に含まれた樹液と水分を除くのであるが，乾燥速度が緩慢で，大體の乾燥年月をいへば，硬い木は3年以上，軟い木で1年以上を要します。

(2) 人工乾燥法 速に木材を乾燥するには人工乾燥を行いますが，これには浸材法といつて，河池に浸けて數週間の後に引上げ，太陽の熱に乾燥させるもの。煮材法は熱湯中に浸して樹液を除くもの。蒸氣乾燥法は乾燥室に木材を積み重ね，蒸氣を空中に噴出して樹液を除くもの。熱氣乾燥法とは，乾燥室内に蒸氣管を通して室を温め，次第に乾燥する方法です。

防腐法として，現在行はれてゐる方法には，つぎのやうなものがありますが，要は木材に水分を吸収させぬやうに，菌類の發生を防げばよいのです。

- イ. 伐木の時期を樹液の少い時期に行ふこと。
- ロ. 木材の表面を焼いて炭化すること。
- ハ. 木質に防腐性の薬品を塗布するか，または注射すること。
- ニ. 木材中の樹液を除くため乾燥法を行ふこと。

#### 4. 機械用の木材

木材の性質は，土地，氣候，樹齡，乾燥の程度によつて異なる。同じ幹から切つても，外部と内部ではちがふし，根元と上部でも變つてゐます。

従つて，機械用の木材としては，この點に十分注意しなければなりません。

- (1) 松 機械用として黒松や赤松が使用され，赤松の方が工作し易い。
- (2) 櫻 質が緻密で重いから，摩耗によく耐へます。
- (3) 楡 光澤があつて美しいから，機械工具を入れる箱などに用ひられます。但し十分乾燥することです。
- (4) 樫 緻密で硬いから，齒車の齒，工具の柄などに用ひられます。

次に國産木材の試験の結果を挙げます。

第 20 表

木 材 名	比 重	抗 張 力 kg/cm <sup>2</sup>	抗 壓 力 kg/cm <sup>2</sup>	曲 強 さ kg/cm <sup>2</sup>	剪 斷 強 さ kg/cm <sup>2</sup>
杉	0.39	447	400	576	52
檜	0.46	573	517	804	72
樅	0.43	505	445	637	65
赤 松	0.53	574	515	734	82
黒 松	0.54	519	440	703	76
姫 小 松	0.47	549	371	628	69
え ぞ 松	0.41	490	458	593	59
栗	0.50	598	353	582	64
赤 樫	1.06	1,219	512	1,113	120
白 樫	0.99	1,250	641	1,180	123
樺	0.68	878	526	874	97
朴	0.52	638	394	730	80
山 櫻	0.70	742	534	879	102
し ぼ じ	0.56	934	512	823	87
桂	0.51	542	503	899	70

#### 5. ベニヤ板

ベニヤ (Veneer) といふことは，薄板といふ意味であつて，平削または丸削ぎにして製造します。薄板は合板をつくる材料にするもので，普通薄板を二枚または五枚位に合せて接合剤に貼り，表面に美しい薄板を貼り合せる。要するに合板は貴重材を表面に使用して安價な美しい材を作ること，縦横に貼り合せて，板としての狂ひや割れ目を防ぎ，丈夫な材を作るのが目的です。薄板は，この合板目として製造されるものなのに，わが國では誤つて普通合板をベニヤといひ，意味を取りちがへてゐます。



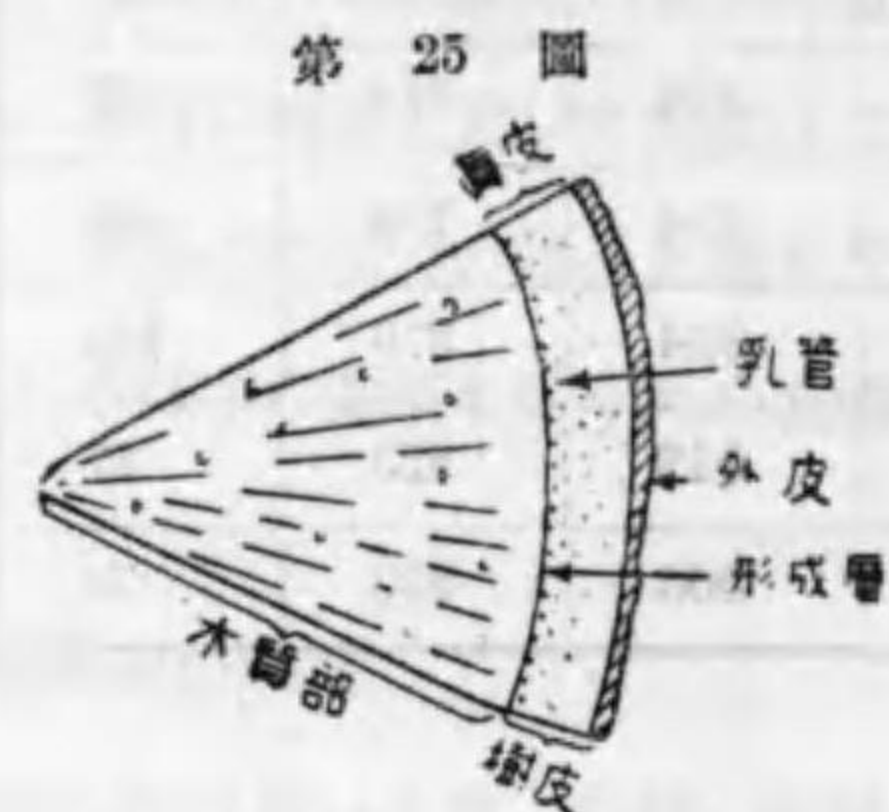
ベニヤ板の強度は、使用の樹種、板の厚さ、単板の数、繊維の方向、膠着剤の種類によつて一様でないが、第 21 表にその例を示します。

第 21 表

単板の枚数	平均比重	平均含水量 %	合板の厚 cm	抗張力 $kg/cm^2$		抗壓力 $kg/cm^2$	
				表面板木目に平行	同上垂直	同上平行	同上垂直
3	0.67	8.5	0.25~1.27	1,230	246	1,015	592
5	0.66	12.3	0.26~1.27	905	409	976	667
7	0.67	12.7	0.37~1.48	883	476	912	703
9	0.70	18.9	0.48~1.43	626	448	777	646

## 6. ゴムとエボナイト

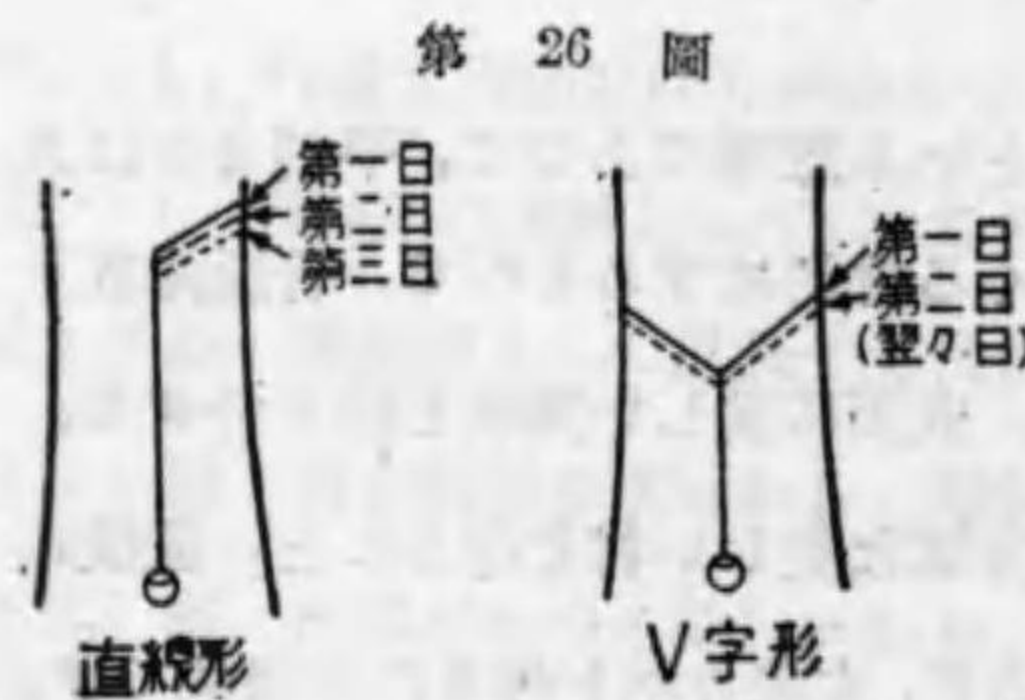
ゴム (Rubber) は、熱帯地方に産するゴム樹の汁液から精製するもので、



第 25 圖

第 25 圖のやうにゴム液は眞皮と木質部の境界附近にある乳管から分泌されるものです。

ゴム液を採集するには、従来は樹皮に多くの溝をつけてゐたが、近來は第 26 圖に示すごとく毎日または隔日に一溝または二溝づつ切りつけて、段々と下方に及ぼしてゆくやうになりました。ゴム液は、白色の乳濁液で、中には黄色、淡褐色、または淡紅色を呈してゐるものもあります。比重は 0.97~0.98 で、水より軽いものであります。



第 26 圖

ゴム液を精製した生ゴムに、硫黄を加へることを加硫といつてゐますが、この方法でベルト、タイヤ、ホースなどの工作材料を作ります。ゴムベルト

は、ゴム引布を多く重ねて壓縮加硫するのですが、優良なものになれば捻絲機械でゴムの浸透のよいベルト生地を作り、ゴム加工して加硫します。

エボナイト<sup>(9)</sup> (Ebonite) は、いはゆる硬質ゴムと稱せられるもので、通常 20% 以上の遊離硫黄を含み、比重は 1.15~1.5 位です。長時間熱し、加硫したもので、黒色の堅い性質を有し、電気絶縁物として用ひられ、また蓄音器のレコードの原料としても使用されてゐます。

## 7. 研磨砥石

砥石 (Grind stone) といへば、双物を研ぐために使用されたものですが、今日では工作機械に用ひる双物の代用として利用されて來ました。即ち軸の外周を仕上げる外周研磨、圓筒の内部を仕上げる内面研磨、平面を仕上げる平面研磨など、それから管や棒などを切断もします。

自然産のものは品質が不均等で、良質のものが中々得られないので、人造砥料が發明され、天然砥料を駆逐するに至りました。人造砥料は酸化アルミニウムを多く含む礦石を電気爐の中で高熱すれば、純粹に近い酸化アルミニウムの結晶が得られる。わが國では、これを A 砥料と呼んでゐます。また C 砥料といはれるものは、珪砂、コークス、鋸屑の混合物を電気爐で高熱してこしらへます。なほ研磨砥石の製法には、つぎの五方法があります。

- (1) ヴァイツフアイド法 A 砥料または C 砥料に長石、粘土等の結合剤を加へて爐の中に入れ、長時間高熱を與へると、結合剤が融け込んで堅く砥料を結合します。この方法では最良のものが出來ます。
- (2) シリケート法 砥料に珪酸曹達を多く含む結合剤を混合して、爐中で熱して大型の砥石を作ります。
- (3) エラスチック法 結合剤にセラックその他の材料を混入して爐中に熱する。金屬切断用として用ひられます。
- (4) ラバー法 結合剤にゴムを使用したもの。工具類の溝の研磨などに