

第三章 弾性及強度論

第一節 材料の強度

1. 總論 長さ l 、直径 d 、断面積 F なる棒鋼の両端に P なる張力又は壓力を加ふるときは、棒鋼は Δl だけ延伸又は短縮し、直径に於て δ だけ収縮又は膨脹する。此の時の

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ を抗壓又は抗張強度}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ を伸縮變形率}$$

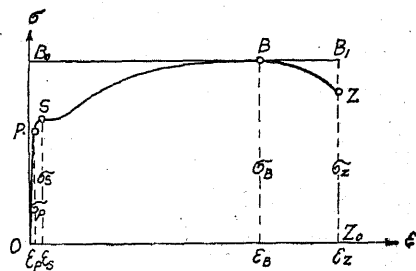
$$\varepsilon_g = \frac{\delta}{d} \text{ を横變形率}$$

と謂ふ。伸縮變形率が横變形率に對する比は、多くは 3 と 4 との間に在つて之を m で表はす。其の逆數 $\frac{1}{m}$ を Poisson's ratio と稱する。

| 材 料 | $\frac{1}{m}$ |
|--------|---------------|
| 鋼 | 0.333 |
| 鍊 鐵 | 0.333 |
| 鑄 鐵 | 0.250 |
| 眞 鍮 | 0.333 |
| コンクリート | 0.100 |


應力變形率曲線圖 (Stress-strain diagram)。材料は全くフツクの法則に従はないか、或は一定の限度即ち比例限度 (Proportional limit) までフツクの法則に従ふものである。

第 36 圖は應力變形率曲線圖にして、今 ε 軸の上には變形率を、 σ 軸の上には應力を採れば、 OP は直線をなし、其の終點 P は比例限度である。應力強度が σ_P 以下なるときは、若し其の應力を去れば、 ε_P は全く消失して棒鋼は完全なる舊態に復歸する。 S 點を超れば應力は略 ε 軸に平行となる、即ち應力の變化なくとも棒鋼は變形する



第 36 圖

から、此の S 點を降伏點 (Yield point) と稱す。之より應力が増加し、 B 點では其の最大應

力 σ_B となり、此の σ_B を破壊強度 (Breaking strength) と呼ぶ。應力が σ_B に達した後は例へ應力を取り去るも舊態に復することなく、棒鋼には  の如き狭窄部が生じ應力は減少する。最後に應力が σ_Z 、變形が ϵ_Z となれば棒鋼は俄に破壊するに至る。面積 $O P S B Z Z_0 O$ を其の物體のエネルギーと呼び、近似斷面積は矩形 $O B_0 B_1 Z_0$ の面積即ち $\epsilon_Z \sigma_B$ に依つて表はすことが出来る。

物體の變形は弾性變形 (Elastic deformation) と恒久變形 (Permanent set) とに分けるが、前者の場合には荷重を取除けば物體は完全に舊態に復する、其の最大應力を弾性限 (Elastic limit) と稱す。應力が弾性限を超過すれば、荷重を除くも物體は完全なる舊態に復しないで、恒久變を生ずることとなる。

σ が比例限度内にある應力ならば

$$\frac{\epsilon}{\sigma} = \alpha \text{ を伸縮係數 (Modulus of elongation)}$$

$$\frac{1}{\alpha} = E \text{ を弾性恒數 (Modulus of elasticity or Young's modulus)}$$

と謂ひ、従つて

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \sigma \frac{l}{\Delta l} = \frac{Pl}{F \Delta l}$$

或は

$$\Delta l = \sigma \frac{l}{E} = \frac{Pl}{FE}$$

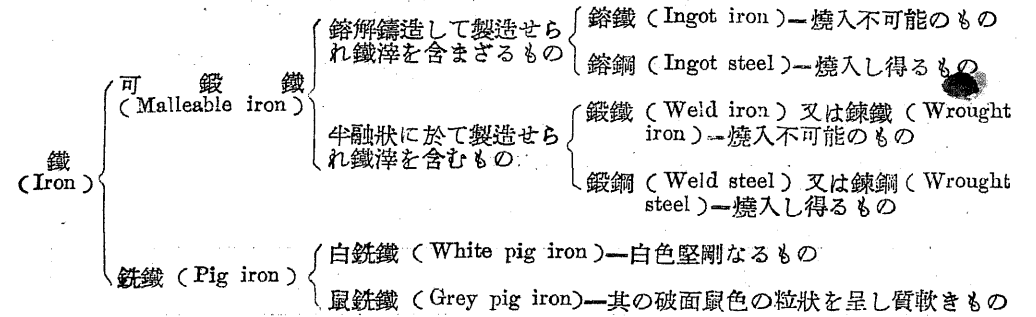
$$\sigma = 1 \text{ なるときは、} E = \frac{l}{\Delta l}$$

$$\sigma = 1 \text{ 及 } l = 1 \text{ なるときは、} E = \frac{1}{\Delta l} \text{ 或は } \alpha = \frac{1}{E} = \Delta l$$

故に弾性恒數 E は應力が 1 kg/cm^2 なるときは伸縮變形率 ϵ の逆數で、應力が 1 kg/cm^2 、棒鋼の長 1 cm なるときは伸縮値 Δl の逆數となり、伸縮係數 α は Δl に等しくなる。

一般に α と E は σ に比例するから比例限度内では殆ど一定である。 $\epsilon = \alpha \sigma$ の式で α が常數であれば (鋼又は鍊鐵) ϵ は σ に比例する、此の關係をフツクの法則と謂ふ。

2. 鐵及鋼の種類 鐵中に含有する元素は炭素、硅素、磷、硫黃及滿俺等であるが、其の内炭素の含有量最大で其の影響も亦甚大であるから、炭素の量に依つて鐵の性質を推定することが出来ると謂つても過言ではない。1876年米國フィラデルフィヤに於ける冶金業者の萬國大會では、次の如き分類法を決定した。



可鍛鐵は常溫に於ても之を壓延出来るが、赤熱以上の高溫度に於ては極めて柔軟となり、容易に所要の形狀に鍛鍊し得るものである。其の炭素含有量は一般に 2.6% 以下とす。鑄鐵及鑄鋼は鑄融狀態より直ちに鑄塊 (Ingot) として之を作つたもので、作業中に生じた酸化物即ち鐵滓 (Slag) を含まざるもの。鍛鐵及鍛鋼は半流動狀態に於て鋸打壓延して製造せしもので、鐵滓を含むものである。

鑄鐵は鑛石より直接に製造せられたもので、炭素含有量は痕跡より 4.5% である。鑄鐵は $1000 \sim 1200^\circ C$ の溫度に熱すれば鑄融し、容易に任意の形狀に鑄造し得るから、其の鑄物用に供せらるゝものを鑄鐵 (Cast iron) と謂ふ。

以上の分類法では可鍛鐵の内之を $700 \sim 800^\circ C$ に赤熱して水中に入れ、急に冷却するも硬さを増さざるもの即ち焼入れ (Hardening) することを得ざるものを鐵とし、焼入れし得るものを鋼とし、焼入性の有無により鐵と鋼とを區別してゐる。然し焼入性の有無は實地上確然と區別すること不可能なるが故に此の分類法は不便である。今日歐米で廣く行はるゝ分類法では、鍊鐵及鍊鋼は上述の分類法に依るも、鑄解鑄造により製造せられたるものは、燒入性の有無を問はず總て之を鋼とし、其の製造法の名を冠し坩堝鋼 (Crucible steel)、ベツセマ-鋼 (Bessemer steel)、シーメンス・マルチン鋼 (Siemens Martin steel) 及電氣鋼 (Electric steel) と呼んでゐる。本多光太郎博士は「炭素 1.7% 以上を含む鐵と炭素の合金を鑄鐵と謂ひ、炭素 0.035 ~ 1.7% を含む鐵と炭素の合金を鋼と謂ふ」と定義されてゐる。

鋼の内

| | | |
|-------|-------------|-------------------------------|
| 炭素含有量 | 0.3% 以下 | 軟鋼 (Mild steel 又は Soft steel) |
| | 0.3 ~ 0.6 % | 半硬鋼 (Half hard steel) |
| | 0.3% 以上 | 硬鋼 (Hard steel) |

と稱し、又場合に依つては

| | | |
|-------|---------|-------------------------|
| 炭素含有量 | 0.3% 以下 | 低炭素鋼 (Low carbon steel) |
|-------|---------|-------------------------|

0.3~0.6% 中炭素鋼 (Medium carbon steel)
 0.6% 以上 高炭素鋼 (High carbon steel)

に區別することがある。

八幡製鐵所では第 5 表の如き區分を採用してゐる。

第 5 表

| 鋼 質 | 炭素量 (%) | 抗張強度 (kg/mm ²) | 機 入 | 用 途 |
|-------|---------|----------------------------|-----|--------------------|
| 極 軟 鋼 | < 0.11 | < 38 | 否 | 鉄材、踏鐵材、鋼線材 |
| 軟 鋼 | < 0.22 | 38~44 | 否 | 鉄材、建築材、橋梁材、汽罐材 |
| 半 軟 鋼 | < 0.35 | 44~50 | 否 | 造船材、建築材、橋梁材、汽罐材、鉄材 |
| 半 硬 鋼 | > 0.35 | 50~60 | 可 | 建築材、シャフト材 |
| 硬 鋼 | > 0.50 | 60~70 | 良 | シャフト材、普通工具材 |
| 最 硬 鋼 | > 1.20 | > 70 | 良 | 普通工具材 |

佛國、英國及米國等では其の抗張強度に應じて次の 3 種類に分つてゐる。

軟 鋼 3 500 ~ 4 200 kg/cm²
 中 鋼 4 200 ~ 5 000 "
 硬 鋼 5 000 ~ 5 600 "

橋梁の大部分に使用せらるゝものは中鋼で、軟鋼は鉄及調整針 (Adjustable rod) に用ひられ、硬鋼はピン及ローラーに使用さるゝことあるも稀である。以前眼針 (Eye bar) には硬鋼を使用せしことあるも、今日では寧ろツケル鋼が之に代用さるゝに至つた。

獨逸で主に使用せらるゝものゝ種類及其の性質は第 6 表の如し。

第 6 表

| 種 類 | 降 伏 點 (kg/cm ²) | 抗 張 強 度 (kg/cm ²) | 平均抗張強度 (kg/cm ²) | 平均伸張度 (%) |
|--------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------|
| St. 37 | 2 400 | 3 700~4 300 | 4 000 | 26 |
| St. 48 | 3 100 | 4 800~5 800 | 5 300 | 23 |
| シリコン鋼 | 3 600 | 5 000~6 000 | 5 500 | 26 |
| クロム鋼 | 3 600 | 5 000~6 000 | 5 500 | 26 |

St. は Stahl 即ち鋼の略で、37 及 38 なる數字は平方ミリメートルの強度をキログラムで示してある。我國で使つてゐる普通の軟鋼の強度は 39~47 になつてゐるから、略獨逸の St. 37 及 St. 48 に相當してゐる。

3. 鋼の製造法 (1) 坩堝法—鍊鐵を炭素又は炭素含有量の豊富なる材料で包み高温に熱すれば、炭素含有量が増加して炭滲鋼 (Cement steel) が得らるゝ、之を坩堝に入れて溶解し一層其の性質を等齊ならしめたる鋼を坩堝鋼 (Crucible steel) と謂ふ。

(2) 轉爐法—ヘンリーベセマー (Henry Bessemer) 氏の考案せる方法である。

(a) 酸性ベセマー法 (Acid Bessemer process)。酸性の耐火材料を以て裡付せる轉爐 (Converter) 内に溶解せる鉄鐵を入れ、高壓の風を吹き込んで鐵内の炭素を燃焼し盡したる後、所要量のマンガン鐵を投入して適當の炭素を含有せしめ、同時に酸素を除去する方法である、單に之をベセマー法とも稱する。

(b) 鹽基性ベセマー法 (Basic Bessemer process)。前記の方法では鉄鐵内の磷分を完全に除去する能はざるが故に、鋼の性質を不良ならしむる傾向がある、然るに 1877 年英人トーマス及ギルクリストは、轉爐の内面に石灰を混入することに依り磷分を除去することに成功した、即ち鹽基性材料を裡付に用ふるから、之を鹽基性ベセマー法又はトーマス法と稱する。炭素の含有量極少量なる極軟鋼を製造し得る特徴あるも、硬鋼の製造には適しない。

(3) 平爐法—蓄熱式爐 (Regenerative furnace) 内に於て鋼と屑鐵との混合物を溶解し、餘分の炭素其他の不純物を燃焼して鋼を製造する方法で、今日最も盛に行はれシーメンス・マルチン法 (Siemens Martin process) 又は平爐法 (Open hearth process) と稱する。

(a) 酸性法。爐底を珪石類の酸性材料で被覆せしものである。磷分を除去すること不可能なる故、原料として用ふる鉄鐵には磷分の殊に少量なるものを選ばねばならない。

(b) 鹽基性法。爐底を白雲石の如き鹽基性耐火材料を以て被覆し、原料中に生石灰を混合して、操業し磷分を除去することが出来るから、原料を精選する必要がない。

轉爐法は主として佛蘭西、獨逸、白耳義及ルクサンブルグ等に採用されてゐるから、之を大陸式とも謂ふ。米國では主として平爐法に依つてゐる。我國に於ける構造用鋼は總て轉爐法又は平爐法に依り製造されたものを用ふることに規定されてゐる。

(4) 電氣爐法—高温度を比較的經濟的に生ぜしむるには電氣爐が最も適し、而も温度の調整容易で酸化作用をなす燃焼瓦斯を生ずることがないから、比較的純良の鐵及鋼を製造することが出来る。今日廣く用ひらるゝものは、炭素若くは軟鐵製電極の間に生ずる弧光の熱に依り原料を加熱する弧光爐 (Arc furnace) と、電氣の抵抗熱に依り原料を熱する抵抗爐 (Resistance furnace) の二つである。

4. 構造用鋼 橋梁、建築等に用ひらるゝ軟鋼は軋延鋼材にして、日本標準規格に依れば其の引張試験の成績は第 7 表の如し。

第 7 表

| 種 類 | 抗張強度 (kg/mm^2) | 標準抗張試験片 | 伸 張 度 (%) |
|---------------|-----------------------|---------|-----------------|
| 鋼 板、形 鋼 及 平 鋼 | 39~47 | 第 一 號 | 厚 9 mm 以上 21 以上 |
| | | | 厚 9 mm 未滿 17 以上 |
| 棒 鋼 | 39~47 | 第 二 號 | 21 以上 |
| | | 第 三 號 | 25 以上 |
| 鐵筋コンクリート用棒鋼 | 39~52 | 第 二 號 | 21 以上 |
| | | 第 三 號 | 25 以上 |
| 鉄 材 | 34~41 | 第 二 號 | 27 以上 |
| | | 第 三 號 | 34 以上 |

幅徑又は對邊距離 35 mm 以上の屈曲試験片を、常溫に於て厚の 1.5 倍の内側半徑を以て 180° 屈曲し龜裂を生ぜず、又同様な試験片を濃紅色 (約 650° C) に熱し 28°C の水中に急冷したる後、上述の如き屈曲試験を行ひ龜裂を生ぜざるを要す。鉄材は特に兩端が密着するまで屈曲して試験する。

米國では橋梁用材として第 8 表の如き酸性又は鹽基性マルチン鋼 (軟鋼及中鋼) を使用してゐる。

第 8 表

| 種 類 | 建 築 鋼 (Structural steel) | 鉄 鋼 (Rivet steel) | 鋼 鑄 物 (Steel casting) |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|
| 磷 | 鹽基性製鋼法 (最大) | 0.04 % | 0.05 % |
| | 酸性製鋼法 (最大) | 0.06 % | 0.08 % |
| 硫 黃 (最大) | 0.05 % | 0.05 % | 0.05 % |
| 破 壊 強 度 (kg/cm^2) (平均) | 4 200 | 3 500 | 4 600 |
| 203 mm の供試材の伸張度 (最小) % | $\frac{105 000}{z}$ | $\frac{105 000}{z}$ | — |
| 51 mm の供試材の伸張度 (最小) % | 22 | — | 18 |
| 裂 疵 を 生 ぜ ざ る 屈 曲 (常 溫) | 180° | 180° | 90° ($d = 3t$) |
| 降 伏 點 | 2 200~2 400 kg/cm^2 以上 | | |

今各種の鋼及鑄鐵の彈性恒數、降伏點、抗張及抗壓強度を示せば第 9 表の如し。

鋼の場合には $E = 2 100 000 kg/cm^2$ とし、其の抗剪強度は $3 000 kg/cm^2$ とする。

鋼の重量は $7.85 g/cm^3 = 7 850 kg/m^3$ で、溫度變化に依る膨脹係數は 0°~100°C の範圍

第 9 表

| 種 類 | 彈 性 恒 數 (kg/cm^2) | 降 伏 點 (kg/cm^2) | 抗 張 強 度 (kg/cm^2) | 抗 壓 強 度 (kg/cm^2) |
|-----------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 軟 鋼 | 2 100 000 | 2 000~3 200 | 3 700~4 500 | 3 000~4 000 |
| 半 軟 鋼 | 2 100 000 | 2 400~3 500 | 4 500~5 500 | 3 500~5 000 |
| 硬 鋼 | 2 200 000 | 3 000~10 000 | 5 000~15 000 | 5 000~15 000 |
| ニ ツ ケ ル 鋼 | 2 089 000 | 3 800~4 000 | 5 500~7 000 | — |
| 鑄 鐵 | { 750 000 1 050 000 | — | 1 200~3 200 | 7 000~8 500 |

に於て、1°C の溫度變化に對しては

$$0.000 0117 \sim 0.000 0122$$

で平均 0.000 012 と採つてゐる。

以上は炭素を主要成分とせしもの故、之を炭素鋼 (Carbon steel) 或は普通鋼 (Ordinary steel) と呼ぶ、此の外マンガ、クロム、ニツケル、バナヂウム、珪素、タングステン、モリブデン又はチタニウム等の如き元素の一若くは二により特性を附與したる合金鋼 (Alloy steel) 又は特殊鋼 (Special steel) がある。

橋梁に使はれた鐵材は最初鑄鐵であつて、之が 1770 年から 1850 年まで續き、次に 1850 年から 1890 年までが鍊鐵の全盛時代である。軟鋼は 1890 年頃から最盛時代に入り現今に及んでゐる。ニツケル鋼は 1907 年始めて使用せられ、シリコン鋼は 1916 年、高炭素鋼も殆ど同時代に、マンガ鋼は 1926 年永代橋に使はれたのが嚆矢である。ニツケル鋼は 1907 年に紐育の Queensboro bridge に初めて用ひられ、續いて 1909 年 Manhattan bridge に、1926 年には Pittsburgh の Delaware bridge に、最近では Hudson River bridge 及 Kill van Kull arch にも使はれてゐる、然し Hudson River bridge には其の材料の 2.5% に過ぎず、33% はシリコン鋼が使はれた。ニツケル鋼の成分は第 10 表の如し (表中 A.S.T.M. は American Society of Testing Materials の略)。

第 10 表

| | C (最大) | S (最大) | P (最大) | | Cn | Mn | Ni | 抗張強度 (kg/cm^2) | 降 伏 點 (kg/cm^2) | 伸 張 度 (%) |
|----------|-----------|-----------|--------|------|-----|------|------|-----------------------|------------------------|--------------|
| | | | 酸性 | 鹽基性 | | | | | | |
| A.S.T.M. | 0.45 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | — | 0.70 | 3.25 | 5 900~7 000 | 3 500 | 14~17.6 |
| Hudson | 0.40 | 0.05 | — | 0.04 | — | 1.00 | 3.25 | 6 300 | 3 850 | 17.8 |
| Cologne | 0.30 | — | — | — | 0.5 | — | 1.10 | 5 500~6 500 | 3 500 | 18 |
| Mayari | 0.40 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | — | 0.30 | 1.20 | 5 900~7 000 | 3 500 | 16~18.8 |

之を普通の軟鋼に比べると抗張強度に於て 50%、降伏點に於て 50~80% 強になつてゐる。Mayari 鋼はニツケル鋼の一種で、キユバから出るニツケルを含んだ特別の鑛石で製造したものである。

高炭素鋼は非常に脆弱であるから、強度の高い物を欲する場合はニツケル鋼が其の要望を満たし、且つ其の可鍛性が鍊鋼と餘り違はないので、橋梁用材としては全盛を極めた時代もあるが、世界大戰以後ニツケルの値段が高くなつたので、今では餘り歓迎されないでシリコン鋼 (Silicon steel) のために驅逐されるに至つた。シリコン鋼は 1915 年始めて米國メトロポリス橋に用ひられし以來、Bear Mountain, Delaware, Hudson, 獨逸の Mulden, Köln Mülheim 及濠洲 Sydney の橋梁等に使はれてゐる、今其の性質を掲ぐれば第 11 表の如し。

第 11 表

| | C (最大) | S (最大) | P (最大) | | Si | Mn | 抗張強度 (kg/cm ²) | 降伏點 (kg/cm ²) | 伸張度 (%) |
|-----------|-----------|-----------|--------|------|----------|---------|-------------------------------|------------------------------|------------|
| | | | 酸性 | 鹽基性 | | | | | |
| A.S.T.M. | 0.4 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.2~0.45 | 1.00 | 5 600~6 700 | 3 150 | 16.8~20 |
| Hudson | 0.4 | 0.04 | — | 0.04 | 0.2~0.45 | — | 5 600~6 700 | 3 150 | 16.8~20 |
| St.Si(獨逸) | 0.12~0.20 | — | 0.05 | 0.05 | 0.8~1.2 | 0.8~1.2 | 5 000~6 400 | 3 600 | 20 |

永代橋に使つたのはマンガン鋼 (Manganese steel, 一名 Ducol 鋼) で、其の成分は次の通りである。

| C | S | P | Si | Mn | 抗張強度 (kg/cm ²) | 降伏點 (kg/cm ²) | 伸張度 (%) |
|---------|------|-------|---------|---------|-------------------------------|------------------------------|------------|
| 0.2~0.3 | 0.03 | 0.035 | 0.1~0.2 | 1.4~1.6 | 6 300 | 3 900 | 18 |

米國の Kill van Kull の橋にも使はれ將來擡頭する傾向を有するも、目下の所ではシリコン鋼の方が最も廣く使用されてゐる。

強度の高い鋼を欲するときは、是等合金鋼と同様に高炭素鋼が用ひらるゝ。炭素含有量が増加する程、鋼の破壊強度も増加することは次表で明瞭である。

| 炭素 (%) | 破壊強度 (kg/cm ²) |
|-----------|----------------------------|
| 0.25~0.30 | 3 500 |
| 0.30~0.35 | 4 200 |
| 0.35~0.40 | 4 900 |
| 0.40~0.45 | 5 600 |
| 0.45~0.50 | 6 300 |

之は獨逸の St. 48 及 St. 52 に匹敵するものである。今中鋼及高炭素鋼の破壊強度を比較すれば第 12 表の如し。

第 12 表

| | C | S (最大) | P (最大) | Mn | 破壊強度 (kg/cm ²) | 降伏點 (kg/cm ²) | 伸張度 (%) | 備考 | |
|--------------|--------|-----------|-----------|------|-------------------------------|------------------------------|-------------|-------|------------------------|
| 日本中鋼 | | 0.06 | 0.06 | | 3 900~4 700 | | 21 | 標準規格 | |
| 獨逸 | St. 37 | 0.1~0.16 | 0.05 | 0.05 | 0.45~0.6 | 3 700~4 300 | 2 400 | 26 | 獨逸鐵道 |
| | St. 48 | 0.25~0.30 | " | " | 0.5~0.8 | 4 800~5 800 | 3 100 | 23 | " |
| | St. 52 | | " | " | | 5 200~6 200 | 3 600 | 20 | " |
| 米 | 中鋼 | | 0.05 | 0.04 | | 3 800~4 500 | 1 900~2 300 | 23~27 | A.S.T.M. |
| | " | | 0.05 | 0.04 | | 4 400~4 900 | 2 600 | 21~24 | Delaware |
| 高炭素 (熱處理) | | | | | | 7 300 | 5 200 | 5 | Hudson (Eye bar) |
| | | | | | | 5 600 | 3 500 | 8 | Carquinez (Eye bar) |

高炭素鋼を初めて用ひたのは 1915~1917 年に架設された New York の Hell Gate 橋 (鐵道橋、徑間 300 m、拱) であるが、之に使用せし鋼の性質は第 13 表の如し。

第 13 表

| 種 類 | 硬 鋼 | 中 鋼 | 軟 鋼 | 鑄 鋼 | |
|-----------------------------|------------|-----------|-------|-------|-------|
| 炭 素 % | 0.27~0.34 | 0.23~0.28 | | | |
| マ ン ガ ン % | 0.52~0.64 | 0.36~0.61 | | | |
| 磷 | 鹽基性 (最大) % | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.05 |
| | 酸性 (最大) % | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| 硫 黄 (最大) % | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | |
| 破壊強度 (kg/cm ²) | 最大 | 5 340 | 4 920 | 4 080 | — |
| | 平均 | 4 990 | 4 640 | — | — |
| | 最小 | 4 640 | 4 360 | 3 500 | 4 570 |
| 降 伏 點 (kg/cm ²) | 2 670 | 2 460 | 1 970 | 2 320 | |
| 破壊伸張度 (最小) % | 20 m 長 | | 28 | 5 m 長 | |
| | 16 | 22 | | 20 | |

此の外ブラジルの Florianopolis (1924 年)、獨逸の Wittenberg (1924 年) (St. 48)、Ham-burg (1927 年) (St. 48)、Hamerton (1926 年) (St. 48)、Köln Mülheim (1929 年) (St. 48 及 St. 52)、米國の Carquinez (1927 年) 及 Hudson (1930 年) 等に使用された。

此の外にヴァナヂウム鋼 (Vanadium steel) もある、高價なるため特殊の箇所以外には用ひられない。米國鑄鋼會社で橋梁用材として製作せしヴァナヂウム鋼はニッケル鋼の約二倍の強度を示した、其の含有量は炭素 0.25%、ヴァナヂウム 0.17%、ニッケル 1.45%、クロム 1.7% で、破壊抗張強度 6880 kg/cm^2 、降伏點 5700 kg/cm^2 に達した。

第二節 材料の種類

橋梁に用ひらるゝ鋼は形の上より区分すれば、鋼板 (Plate)、棒鋼 (Bar)、形鋼 (Shape) 及雜種の四つとなる。

1. 鋼板 之を Sheared plate, Universal mill plate 及 Sketch plate の三種に分つ。

(1) Sheared plate—壓延せる鋼板より所要幅のものを剪斷したもので縁が幾分滑かでない。腹板、隅板及礎板 (Floor plate) 等に用ふるものは之に屬する。

(2) Universal mill plate—壓延の際に兩縁をも同時に輾壓したるもので、幅は 1200 mm 位までが限度である。鋼板桁及構の蓋板、時としては腹板にも用ひらるゝ。輾延の結果鋼板に反りがついてゐるから、壓搾の前に Plate roll にかけて整正する必要がある。

(3) Sketch plate—極く不規則な形状のものを謂ふ。

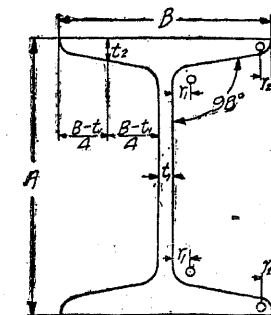
2. 棒鋼 之には圓棒鋼 (Round bar)、方棒鋼 (Square bar) 及平棒鋼 (Flat bar) の三種がある。

3. 形鋼 工形鋼、溝形鋼、等邊山形鋼、不等邊山形鋼、丁形鋼、丸鋼、角鋼及 Z 形鋼がある。次に日本標準規格を示さん (第 14 表乃至第 19 表)。

第 14 表

工形鋼

(日本標準規格第 26 號)

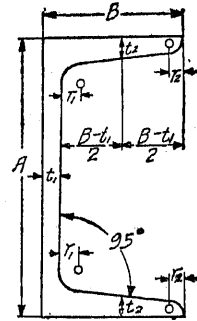


| 寸 $A \times B$ | 法 (mm) | | | | 断面積 (mm^2) | 重量 (kg/m) |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|--------------------------|-------------------------|
| | t_1 | t_2 | r_1 | r_2 | | |
| 75 × 75 | 5 | 8 | 7 | 3.5 | 1 518 | 11.9 |
| 100 × 75 | 5 | 8 | 7 | 3.5 | 1 643 | 12.9 |
| 125 × 75 | 5.5 | 9.5 | 9 | 4.5 | 2 045 | 16.1 |
| 150 × 75 | 5.5 | 9.5 | 9 | 4.5 | 2 183 | 17.1 |
| 150 × 125 | 8.5 | 14 | 13 | 6.5 | 4 615 | 36.2 |
| 180 × 100 | 6 | 10 | 10 | 5 | 3 006 | 23.6 |
| 200 × 100 | 7 | 10 | 10 | 5 | 3 306 | 26.0 |
| 200 × 150 | 9 | 16 | 15 | 7.5 | 6 416 | 50.4 |
| 230 × 100 | 7.5 | 11.5 | 11 | 5.5 | 3 908 | 30.7 |
| 250 × 125 | 7.5 | 12.5 | 12 | 6 | 4 879 | 38.3 |
| 250 × 125 | 10 | 19 | 21 | 10.5 | 7 073 | 55.5 |
| 300 × 150 | 8 | 13 | 12 | 6 | 6 158 | 48.3 |
| 300 × 150 | 11.5 | 22 | 23 | 11.5 | 9 788 | 76.8 |
| 350 × 150 | 9 | 15 | 13 | 6.5 | 7 458 | 58.5 |
| 350 × 150 | 12 | 24 | 25 | 12.5 | 11 110 | 87.2 |
| 400 × 150 | 10 | 18 | 17 | 8.5 | 9 173 | 72.0 |
| 400 × 150 | 12.5 | 25 | 27 | 13.5 | 12 210 | 95.8 |
| 450 × 175 | 11 | 20 | 19 | 9.5 | 11 680 | 91.7 |
| 450 × 175 | 13 | 26 | 27 | 13.5 | 14 610 | 115.0 |
| 500 × 190 | 11.5 | 23 | 22 | 11 | 14 180 | 111.0 |
| 500 × 190 | 15 | 30 | 32 | 16 | 18 470 | 145.0 |
| 600 × 190 | 13 | 25 | 25 | 12.5 | 16 940 | 133.0 |
| 600 × 190 | 16 | 35 | 38 | 19 | 22 450 | 176.0 |

第 15 表

溝形鋼

(日本標準規格第 26 號)



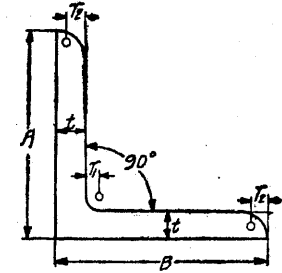
| 寸 | | 法 (mm) | | | | 斷面積 (mm ²) | 重量 (kg/m) |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|---------------------------|--------------|
| A × B | t ₁ | t ₂ | r ₁ | r ₂ | | | |
| 75 × 40 | 5 | 7 | 8 | 4 | 881.8 | 6.92 | |
| 100 × 50 | 5 | 7.5 | 8 | 4 | 1192 | 9.36 | |
| 125 × 65 | 6 | 8 | 8 | 4 | 1711 | 13.4 | |
| 150 × 70 | 6 | 8.5 | 9 | 4.5 | 2009 | 15.8 | |
| 150 × 75 | 6.5 | 10 | 10 | 5 | 2371 | 18.6 | |
| 180 × 75 | 7 | 10.5 | 11 | 5.5 | 2720 | 21.4 | |
| 180 × 90 | 7.5 | 12.5 | 13 | 6.5 | 3457 | 27.1 | |
| 200 × 70 | 7 | 10 | 11 | 5.5 | 2692 | 21.1 | |
| 200 × 80 | 7.5 | 11 | 12 | 6 | 3133 | 24.6 | |
| 200 × 90 | 8 | 13.5 | 14 | 7 | 3865 | 30.3 | |
| 230 × 80 | 8 | 12 | 13 | 6.5 | 3612 | 28.4 | |
| 230 × 90 | 8.5 | 13.5 | 15 | 7.5 | 4214 | 33.1 | |
| 250 × 80 | 8 | 12.5 | 14 | 7 | 3851 | 30.2 | |
| 250 × 90 | 9 | 13 | 14 | 7 | 4407 | 34.6 | |
| 250 × 90 | 11 | 14.5 | 17 | 8.5 | 5117 | 40.2 | |
| 280 × 100 | 9 | 13 | 14 | 7 | 4937 | 38.8 | |
| 280 × 100 | 11.5 | 16 | 18 | 9 | 6137 | 48.2 | |
| 300 × 90 | 9 | 13 | 14 | 7 | 4857 | 38.1 | |
| 300 × 90 | 10 | 15.5 | 19 | 9.5 | 5574 | 43.8 | |
| 300 × 100 | 10 | 16 | 17 | 8.5 | 5956 | 46.8 | |
| 300 × 100 | 12 | 18 | 21 | 10.5 | 6883 | 54.0 | |
| 380 × 100 | 10.5 | 16 | 18 | 9 | 6939 | 54.5 | |
| 380 × 100 | 13 | 20 | 24 | 12 | 8571 | 67.3 | |

第 16 表

(其一)

等邊山形鋼

(日本標準規格第 26 號)

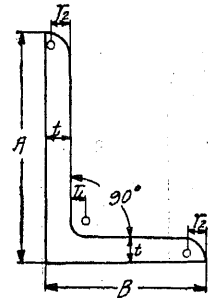


| 寸 | | 法 (mm) | | | 斷面積 (mm ²) | 重量 (kg/m) |
|-----------|----|----------------|----------------|-------|---------------------------|--------------|
| A × B | t | r ₁ | r ₂ | | | |
| 20 × 20 | 3 | 4 | 2 | 112.7 | 0.885 | |
| 25 × 25 | 3 | 4 | 2 | 142.7 | 1.12 | |
| 25 × 25 | 5 | 4 | 3 | 224.6 | 1.76 | |
| 30 × 30 | 3 | 4 | 2 | 172.7 | 1.36 | |
| 30 × 30 | 5 | 4 | 3 | 274.6 | 2.16 | |
| 35 × 35 | 3 | 4.5 | 2 | 203.6 | 1.60 | |
| 35 × 35 | 5 | 4.5 | 3 | 325.5 | 2.56 | |
| 40 × 40 | 3 | 4.5 | 2 | 233.6 | 1.83 | |
| 40 × 40 | 5 | 4.5 | 3 | 375.5 | 2.95 | |
| 45 × 45 | 4 | 6.5 | 3 | 349.2 | 2.74 | |
| 45 × 45 | 6 | 6.5 | 4.5 | 504.4 | 3.96 | |
| 45 × 45 | 8 | 6.5 | 4.5 | 656.4 | 5.15 | |
| 50 × 50 | 4 | 6.5 | 3 | 389.2 | 3.06 | |
| 50 × 50 | 6 | 6.5 | 4.5 | 564.4 | 4.43 | |
| 50 × 50 | 8 | 6.5 | 4.5 | 736.4 | 5.78 | |
| 60 × 60 | 5 | 6.5 | 3 | 580.2 | 4.55 | |
| 60 × 60 | 7 | 6.5 | 4.5 | 791.4 | 6.21 | |
| 60 × 60 | 9 | 6.5 | 4.5 | 999.4 | 7.85 | |
| 65 × 65 | 6 | 8.5 | 4 | 752.7 | 5.91 | |
| 65 × 65 | 8 | 8.5 | 6 | 976.1 | 7.66 | |
| 65 × 65 | 10 | 8.5 | 6 | 1200 | 9.42 | |
| 70 × 70 | 6 | 8.5 | 4 | 812.7 | 6.38 | |
| 70 × 70 | 8 | 8.5 | 6 | 1056 | 8.29 | |
| 70 × 70 | 10 | 8.5 | 6 | 1300 | 10.2 | |
| 75 × 75 | 6 | 8.5 | 4 | 872.7 | 6.85 | |
| 75 × 75 | 9 | 8.5 | 6 | 1269 | 9.96 | |
| 75 × 75 | 12 | 8.5 | 6 | 1656 | 13.0 | |
| 80 × 80 | 6 | 8.5 | 4 | 932.7 | 7.32 | |
| 80 × 80 | 9 | 8.5 | 6 | 1359 | 10.7 | |
| 80 × 80 | 12 | 8.5 | 6 | 1776 | 13.9 | |
| 90 × 90 | 7 | 10 | 5 | 1222 | 9.59 | |
| 90 × 90 | 10 | 10 | 7 | 1700 | 13.3 | |
| 90 × 90 | 13 | 10 | 7 | 2171 | 17.0 | |
| 100 × 100 | 7 | 10 | 5 | 1362 | 10.7 | |
| 100 × 100 | 10 | 10 | 7 | 1900 | 14.9 | |
| 100 × 100 | 13 | 10 | 7 | 2431 | 19.1 | |

| | | | | | |
|-----------|----|----|-----|-------|------|
| 130 × 130 | 9 | 12 | 6 | 2 274 | 17.9 |
| 130 × 130 | 12 | 12 | 8.5 | 2 976 | 23.4 |
| 130 × 130 | 15 | 12 | 8.5 | 3 675 | 28.8 |
| 150 × 150 | 11 | 14 | 7 | 3 200 | 25.1 |
| 150 × 150 | 15 | 14 | 10 | 4 274 | 33.6 |
| 150 × 150 | 19 | 14 | 10 | 5 338 | 41.9 |
| 200 × 200 | 15 | 17 | 12 | 5 775 | 45.3 |
| 200 × 200 | 20 | 17 | 12 | 7 600 | 59.7 |
| 200 × 200 | 25 | 17 | 12 | 9 375 | 73.6 |

第 16 表
(共二)

不等邊山形鋼
(日本標準規格第 26 號)



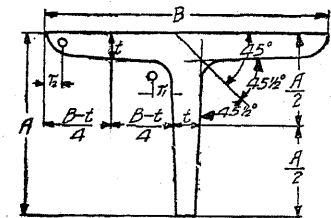
| 寸 A × B | 法 (mm) | | | 斷面積 (mm ²) | 重量 (kg/m) |
|------------|--------|----------------|----------------|---------------------------|--------------|
| | t | r ₁ | r ₂ | | |
| 40 × 20 | 3 | 5 | 2 | 174.7 | 1.37 |
| 40 × 20 | 5 | 5 | 3.5 | 275.1 | 2.16 |
| 50 × 35 | 4 | 6.5 | 3 | 329.2 | 2.58 |
| 50 × 35 | 6 | 6.5 | 4.5 | 474.4 | 3.72 |
| 60 × 50 | 5 | 6.5 | 3 | 530.2 | 4.16 |
| 60 × 50 | 7 | 6.5 | 4.5 | 721.4 | 5.66 |
| 65 × 50 | 5 | 6.5 | 5 | 555.2 | 4.36 |
| 65 × 50 | 7 | 6.5 | 4.5 | 756.4 | 5.94 |
| 65 × 50 | 9 | 6.5 | 4.5 | 954.4 | 7.49 |
| 70 × 60 | 6 | 8.5 | 4 | 752.7 | 5.91 |
| 70 × 60 | 8 | 8.5 | 6 | 976.1 | 7.66 |
| 70 × 60 | 10 | 8.5 | 6 | 1 200 | 9.42 |
| 75 × 50 | 6 | 8.5 | 4 | 722.7 | 5.67 |
| 75 × 50 | 8 | 8.5 | 6 | 936.1 | 7.35 |
| 75 × 50 | 10 | 8.5 | 6 | 1 150 | 9.03 |
| 75 × 65 | 6 | 8.5 | 4 | 812.7 | 6.38 |
| 75 × 65 | 8 | 8.5 | 6 | 1 056 | 8.29 |
| 75 × 65 | 10 | 8.5 | 6 | 1 300 | 10.2 |
| 80 × 60 | 6 | 8.5 | 4 | 812.7 | 6.38 |
| 80 × 60 | 8 | 8.5 | 6 | 1 056 | 8.29 |
| 80 × 60 | 10 | 8.5 | 6 | 1 300 | 10.2 |
| 80 × 70 | 6 | 8.5 | 4 | 872.7 | 6.85 |
| 80 × 70 | 9 | 8.5 | 6 | 1 269 | 9.96 |
| 80 × 70 | 12 | 8.5 | 6 | 1 656 | 13.0 |

| | | | | | |
|-----------|----|-----|-----|-------|------|
| 90 × 60 | 6 | 8.5 | 4 | 872.7 | 6.85 |
| 90 × 60 | 9 | 8.5 | 6 | 1 269 | 9.96 |
| 90 × 60 | 12 | 8.5 | 6 | 1 656 | 13.0 |
| 90 × 75 | 6 | 8.5 | 4 | 962.7 | 7.56 |
| 90 × 75 | 9 | 8.5 | 6 | 1 404 | 11.0 |
| 90 × 75 | 12 | 8.5 | 6 | 1 836 | 14.4 |
| 90 × 80 | 7 | 10 | 5 | 1 152 | 9.04 |
| 90 × 80 | 10 | 10 | 7 | 1 600 | 12.6 |
| 90 × 80 | 13 | 10 | 7 | 2 041 | 16.0 |
| 100 × 75 | 7 | 10 | 5 | 1 187 | 9.32 |
| 100 × 75 | 10 | 10 | 7 | 1 650 | 13.0 |
| 100 × 75 | 13 | 10 | 7 | 2 106 | 16.5 |
| 100 × 80 | 7 | 10 | 5 | 1 222 | 9.59 |
| 100 × 80 | 10 | 10 | 7 | 1 700 | 13.3 |
| 100 × 80 | 13 | 10 | 7 | 2 171 | 17.0 |
| 100 × 90 | 7 | 10 | 5 | 1 292 | 10.1 |
| 100 × 90 | 10 | 10 | 7 | 1 800 | 14.1 |
| 100 × 90 | 13 | 10 | 7 | 2 301 | 18.1 |
| 125 × 75 | 7 | 10 | 5 | 1 362 | 10.7 |
| 125 × 75 | 10 | 10 | 7 | 1 900 | 14.9 |
| 125 × 75 | 13 | 10 | 7 | 2 431 | 19.1 |
| 125 × 90 | 7 | 10 | 5 | 1 467 | 11.5 |
| 125 × 90 | 10 | 10 | 7 | 2 050 | 16.1 |
| 125 × 90 | 13 | 10 | 7 | 2 626 | 20.6 |
| 150 × 90 | 9 | 12 | 6 | 2 094 | 16.4 |
| 150 × 90 | 12 | 12 | 8.5 | 2 736 | 21.5 |
| 150 × 90 | 15 | 12 | 8.5 | 3 375 | 26.5 |
| 150 × 100 | 9 | 12 | 6 | 2 184 | 17.1 |
| 150 × 100 | 12 | 12 | 8.5 | 2 856 | 22.4 |
| 150 × 100 | 15 | 12 | 8.5 | 3 525 | 27.7 |
| 175 × 90 | 9 | 12 | 6 | 2 319 | 18.2 |
| 175 × 90 | 12 | 12 | 8.5 | 3 036 | 23.8 |
| 175 × 90 | 15 | 12 | 8.5 | 3 750 | 29.4 |

第 17 表

丁形鋼

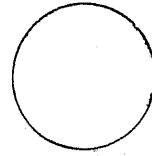
(日本標準規格第 26 號)



| 寸 B × A | 法 (mm) | | | 斷面積 (mm ²) | 重量 (kg/m) |
|------------|--------|----------------|----------------|---------------------------|--------------|
| | t | r ₁ | r ₂ | | |
| 40 × 40 | 6 | 5 | 3.5 | 447.4 | 3.51 |
| 50 × 50 | 8 | 6.3 | 4.4 | 741.3 | 5.82 |
| 75 × 75 | 9.5 | 7.6 | 5.3 | 1 341 | 10.5 |

| | | | | | |
|-----------|------|------|-----|-------|------|
| 100 × 75 | 9.5 | 8.2 | 5.7 | 1 581 | 12.4 |
| 120 × 60 | 9.5 | 7.6 | 5.3 | 1 627 | 12.8 |
| 125 × 100 | 12.5 | 9.5 | 6.6 | 2 665 | 20.9 |
| 150 × 100 | 12.5 | 10.8 | 7.5 | 2 983 | 23.4 |

第 18 表



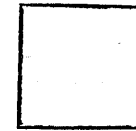
丸 棒

(日本標準規格第 25 號)

| 徑 (mm) | 斷 面 積 (mm ²) | 重 量 (kg/m) | 徑 (mm) | 斷 面 積 (mm ²) | 重 量 (kg/m) |
|-----------|-----------------------------|---------------|-----------|-----------------------------|---------------|
| 6 | 28.27 | 0.222 | 30 | 706.9 | 5.55 |
| 7 | 38.48 | 0.302 | 32 | 804.2 | 6.31 |
| 8 | 50.27 | 0.395 | 34 | 907.9 | 7.13 |
| 9 | 63.62 | 0.499 | 36 | 1 018 | 7.99 |
| 10 | 78.54 | 0.617 | 38 | 1 134 | 8.90 |
| 11 | 95.03 | 0.746 | 40 | 1 257 | 9.87 |
| 12 | 113.1 | 0.888 | 42 | 1 385 | 10.9 |
| 13 | 132.7 | 1.04 | 44 | 1 521 | 11.9 |
| 14 | 153.9 | 1.21 | 46 | 1 662 | 13.0 |
| 15 | 176.7 | 1.39 | 48 | 1 810 | 14.2 |
| 16 | 201.1 | 1.58 | 50 | 1 963 | 15.4 |
| 17 | 227.0 | 1.78 | 55 | 2 376 | 18.7 |
| 18 | 254.5 | 2.00 | 60 | 2 827 | 22.2 |
| 19 | 283.5 | 2.23 | 65 | 3 318 | 26.0 |
| 20 | 314.2 | 2.47 | 70 | 3 848 | 30.2 |
| 21 | 346.4 | 2.72 | 75 | 4 418 | 34.7 |
| 22 | 380.1 | 2.98 | 80 | 5 027 | 39.5 |
| 23 | 415.5 | 3.26 | 85 | 5 675 | 44.5 |
| 24 | 452.4 | 3.55 | 90 | 6 362 | 49.9 |
| 25 | 490.9 | 3.85 | 95 | 7 088 | 55.6 |
| 26 | 530.9 | 4.17 | 100 | 7 854 | 61.7 |
| 28 | 615.8 | 4.83 | 105 | 8 659 | 68.0 |

| | | | | | |
|-----|--------|------|-----|--------|-----|
| 110 | 9 503 | 74.6 | 145 | 16 510 | 130 |
| 115 | 10 390 | 81.6 | 150 | 17 670 | 139 |
| 120 | 11 310 | 88.8 | 160 | 20 110 | 158 |
| 125 | 12 270 | 96.3 | 170 | 22 700 | 178 |
| 130 | 13 270 | 104 | 180 | 25 450 | 200 |
| 135 | 14 310 | 112 | 190 | 28 350 | 223 |
| 140 | 15 390 | 121 | 200 | 31 420 | 247 |

第 19 表



角 鋼

(日本標準規格第 25 號)

| 邊 (mm) | 斷 面 積 (mm ²) | 重 量 (kg/m) | 邊 (mm) | 斷 面 積 (mm ²) | 重 量 (kg/m) |
|-----------|-----------------------------|---------------|-----------|-----------------------------|---------------|
| 6 | 36 | 0.283 | 26 | 676 | 5.31 |
| 7 | 49 | 0.385 | 28 | 784 | 6.15 |
| 8 | 64 | 0.502 | 30 | 900 | 7.07 |
| 9 | 81 | 0.636 | 32 | 1 024 | 8.04 |
| 10 | 100 | 0.785 | 34 | 1 156 | 9.07 |
| 11 | 121 | 0.950 | 36 | 1 296 | 10.2 |
| 12 | 144 | 1.13 | 38 | 1 444 | 11.3 |
| 13 | 169 | 1.33 | 40 | 1 600 | 12.6 |
| 14 | 196 | 1.54 | 42 | 1 764 | 13.8 |
| 15 | 225 | 1.77 | 44 | 1 936 | 15.2 |
| 16 | 256 | 2.01 | 46 | 2 116 | 16.6 |
| 17 | 289 | 2.27 | 48 | 2 304 | 18.1 |
| 18 | 324 | 2.54 | 50 | 2 500 | 19.6 |
| 19 | 361 | 2.83 | 55 | 3 025 | 23.7 |
| 20 | 400 | 3.14 | 60 | 3 600 | 28.3 |
| 21 | 441 | 3.46 | 65 | 4 225 | 33.2 |
| 22 | 484 | 3.80 | 70 | 4 900 | 38.5 |
| 23 | 529 | 4.15 | 75 | 5 625 | 44.2 |
| 24 | 576 | 4.52 | 80 | 6 400 | 50.2 |
| 25 | 625 | 4.91 | 90 | 8 100 | 63.6 |

| | | | | | |
|-----|--------|------|-----|--------|-----|
| 100 | 10 000 | 78.5 | 130 | 16 900 | 133 |
| 110 | 12 100 | 95.0 | 140 | 19 600 | 154 |
| 120 | 14 400 | 113 | 150 | 22 500 | 177 |

Carnegie Steel 会社の製品の寸法を示せば第20表の如し。

第 20 表

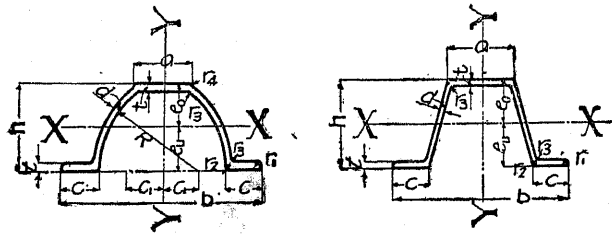
| 種類と寸法(吋) | L(呎) | 種類と寸法(吋) | L(呎) |
|-----------------------------|------|--|------|
| I 形 鋼 | | 不 等 邊 山 形 鋼 | |
| 24 ~ 12 | 75 | 8 × 6 | 80 |
| 10 ~ 5 | 70 | $7 \times 3\frac{1}{2} \times 1 \sim \frac{7}{8}$ | 80 |
| 4 と 3 | 50 | $7 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{13}{16} \sim \frac{7}{16}$ | 85 |
| 溝 形 鋼 | | $6 \times 4 \times 1 \sim \frac{3}{4}$ | 85 |
| 15 ~ 12 | 75 | $6 \times 4 \times \frac{11}{16}$ 以下 | 90 |
| 10 標 準 | 70 | $6 \times 3\frac{1}{2} \times 1 \sim \frac{7}{8}$ | 80 |
| 10 特 殊 | 80 | $6 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{13}{16}$ | 85 |
| 9 ~ 5 | 70 | $6 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ 以下 | 90 |
| 4 と 3 | 50 | 5 × 4 | 90 |
| 丁 形 鋼 | | $5 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{7}{8}$ | 75 |
| 5 ~ 1 | 50 | $5 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{13}{16}$ | 80 |
| Z 形 鋼 | | $5 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ 以下 | 90 |
| 6 と 5 | 70 | 5 × 3 | 90 |
| $4 \times \frac{3}{4}$ | 65 | $4\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{3}{16}$ | 50 |
| $4 \times \frac{11}{16}$ 以下 | 70 | $4\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{3}{4}$ | 55 |
| 3 | 70 | $4\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{11}{16}$ | 60 |

| 等 邊 山 形 鋼 | | 不 等 邊 山 形 鋼 | |
|--|-----|--|----|
| 8 × 8 | 120 | $4\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{5}{8}$ | 65 |
| $6 \times 6 \times 1 \sim \frac{7}{8}$ | 80 | $4\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{9}{16}$ | 70 |
| $6 \times 6 \times \frac{13}{16}$ 以下 | 90 | $4\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{1}{2}$ 以下 | 80 |
| 5 × 5 | 85 | $4 \times 3\frac{1}{2}$ | 90 |
| 4 × 4 | 90 | $4 \times 3 \times \frac{13}{16}$ | 85 |
| $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2}$ | 90 | $4 \times 3 \times \frac{3}{4}$ 以下 | 90 |
| 3 × 3 | 75 | $3\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{13}{16}$ | 60 |
| $2\frac{3}{4} \times 2\frac{3}{4}$ | 50 | $3\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{3}{4}$ | 65 |
| $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ | 50 | $3\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{11}{16}$ | 70 |
| $2\frac{1}{4} \times 2\frac{1}{4}$ | 50 | $3\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{5}{8}$ | 75 |
| 2 × 2 | 50 | $3\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{1}{2}$ 以下 | 80 |
| $1\frac{3}{4} \times 1\frac{3}{4} \sim \frac{5}{8} \times \frac{5}{8}$ | 50 | $3\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{11}{16}$ | 55 |
| | | $3\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{5}{8}$ | 60 |
| | | $3\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{9}{16}$ | 65 |
| | | $3\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ | 70 |
| | | $3\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{7}{16}$ | 80 |
| | | $3\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ 以下 | 90 |
| | | $3\frac{1}{4} \times 2$ | 50 |
| | | $3 \times 2\frac{1}{2} \sim 1\frac{3}{8} \times 1$ | 50 |

4. 雜 種

(1) Belageisen—床に用ひらるゝもので獨逸の標準は第21表の如し。

第 21 表 (其一)



| 寸 法 (cm) | | 43×110 | 60×140 | 75×170 | 90×200 | 110×240 | 130×260 | 150×300 |
|-----------------------------------|----------------------|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 寸 法 の 詳 細 | <i>h</i> | 43 | 60 | 75 | 90 | 110 | 130 | 150 |
| | <i>b</i> | 110 | 140 | 170 | 200 | 240 | 260 | 300 |
| | <i>a</i> | 30 | 38 | 45.4 | 53 | 63 | 95 | 105 |
| | <i>e</i> | 15 | 24 | 28.5 | 33 | 39 | 50 | 60 |
| | <i>d</i> | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | 6 | 7 |
| | <i>t</i> | 3.5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | <i>e₁</i> | 15 | 24 | 28.5 | 33 | 39 | — | — |
| | <i>R</i> | 43 | 70 | 85 | 100 | 120 | — | — |
| | <i>r₁</i> | 1.5 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | 6 | 7 |
| | <i>r₂</i> | 1 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5.5 | 6.5 |
| <i>r₃</i> | <i>a=5, u=3</i> | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| <i>r₄</i> | 2 | 3.4 | 3.7 | 4 | 4.3 | — | — | |
| 断 面 積 <i>F</i> (cm ²) | | 5.01 | 9.33 | 13.2 | 17.9 | 24.2 | 34.1 | 44.5 |
| 重 量 <i>G</i> (kg/m) | | 3.93 | 7.32 | 10.4 | 14.1 | 19.0 | 26.7 | 34.9 |
| 中 立 軸 (<i>x-x</i>) | | <i>e_u</i> (cm) | 2.32 | 2.96 | 3.69 | 4.50 | 5.47 | 6.45 |
| | | <i>e_o</i> (cm) | 1.98 | 3.04 | 3.81 | 4.50 | 5.53 | 6.55 |
| 惰 性 率 と 断 面 率 | | <i>J_x</i> (cm ⁴) | 12.1 | 47.3 | 107 | 207 | 420 | 866 |
| | | <i>W_x</i> (cm ³) | 5.21 | 15.6 | 28.1 | 46.1 | 75.9 | 132 |
| | | <i>J_y</i> (cm ⁴) | 55.6 | 164 | 347 | 651 | 1270 | 1780 |
| | | <i>W_y</i> (cm ³) | 10.1 | 23.4 | 40.8 | 65.1 | 106 | 137 |
| $\eta = \frac{W_x}{G}$ | | 1.33 | 2.14 | 2.70 | 3.27 | 4.00 | 4.95 | |
| $\frac{W_x}{W_y}$ | | 0.52 | 0.67 | 0.69 | 0.71 | 0.72 | 0.96 | |

第 21 表 (其二)

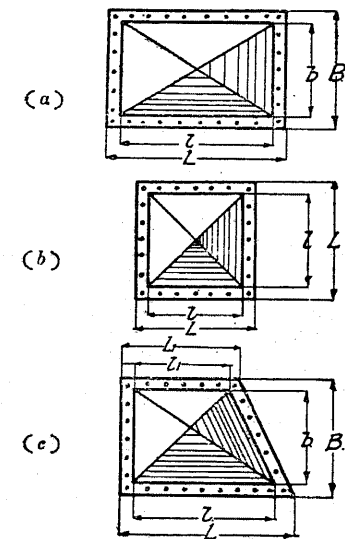
| 寸法 (mm) | 50 × 120 | 60 × 170 | 120 × 240 |
|---|----------|----------|-----------|
| 型 | | | |
| <i>F</i> (cm ²) | 6.74 | 10.40 | 25.10 |
| <i>G</i> (kg/m) | 5.29 | 8.20 | 19.70 |
| <i>J_x</i> (cm ⁴) | 23.30 | 55.50 | 541.00 |
| <i>W_x</i> (cm ³) | 9.21 | 19.00 | 90.00 |
| <i>J_y</i> (cm ⁴) | 86.40 | 265.00 | 1,110.00 |
| <i>W_y</i> (cm ³) | 14.40 | 31.20 | 92.20 |

第 22 表

バツクルプレート (矩形及正方形) の寸法及重量

(記号は第 37 圖に依る)

バツクルプレートの標準圖



第 37 圖

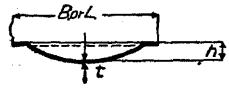
| <i>L</i> | <i>B</i> | <i>h</i> | 線 長 | 重 量 |
|----------|----------|----------|-----|-------|
| mm | mm | mm | mm | kg |
| 500 | 500 | 27 | 60 | 19.9 |
| 700 | 700 | 45 | 70 | 39.1 |
| 750 | 750 | 45 | 60 | 44.2 |
| 1000 | 1000 | 72 | 60 | 80.1 |
| 1310 | 1000 | 104 | 50 | 106.4 |
| 1100 | 770 | 80 | 55 | 68.7 |
| 1630 | 1270 | 130 | 80 | 167.9 |
| 1098 | 1098 | 78 | 78 | 96.5 |
| 1098 | 1098 | 75 | 40 | 96.4 |
| 1140 | 1140 | 85 | 40 | 104.3 |
| 1265 | 1265 | 100 | 80 | 128.8 |
| 1490 | 1490 | 130 | 78 | 179.6 |

(2) Buckle plate—矩形、正方形及梯形とあつて其の厚は 5~15 mm である、今バツクルプレートの拱矢を *h* とせば、其の重量算定に用ふる各種の面積 *F* は次の如し。

矩形..... $F = LB + 2 \frac{l^2 + b^2}{lb} h^2$

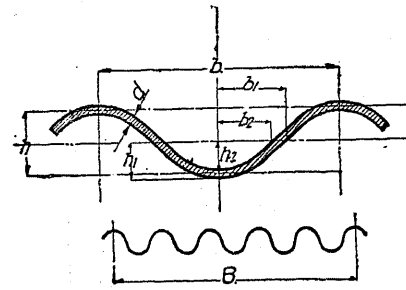
正方形..... $F = L^2 + 4h^2$

梯形..... $F = \frac{L+L_1}{2} B + \frac{(l+l_1)(l^2+l^2+2b^2)}{2ll_1b} h^2$



第 23 表

| 寸 法 | b | h | d | B | F | g | W |
|--------------------------|-----|----|----------------|-----|-----------------|-------------------|-----------------|
| mm | mm | mm | mm | mm | cm ² | kg/m ² | cm ³ |
| ~ 60×20× $\frac{5}{4}$ | 60 | 20 | 1 | 720 | 10.15 | 8.12 | 4.267 |
| ~ 60×20× $\frac{7}{8}$ | | | | | 11.84 | 9.47 | 4.348 |
| ~ 60×20×1 | | | | | 13.53 | 10.82 | 5.627 |
| ~ 60×20× $1\frac{1}{4}$ | | | | | 16.92 | 13.52 | 6.957 |
| ~ 76×20× $\frac{5}{4}$ | 76 | 20 | 1 | 760 | 8.72 | 6.78 | 4.063 |
| ~ 76×20× $\frac{7}{8}$ | | | | | 10.17 | 8.13 | 4.714 |
| ~ 76×20×1 | | | | | 11.63 | 9.30 | 5.357 |
| ~ 76×20× $1\frac{1}{4}$ | | | | | 14.54 | 11.63 | 6.626 |
| ~ 76×20× $1\frac{1}{2}$ | | | $1\frac{1}{2}$ | | 17.44 | 13.95 | 7.870 |
| ~ 100×30× $\frac{5}{4}$ | 100 | 30 | 1 | 800 | 9.02 | 7.22 | 6.325 |
| ~ 100×30× $\frac{7}{8}$ | | | | | 10.51 | 8.42 | 7.351 |
| ~ 100×30×1 | | | | | 12.03 | 9.62 | 8.369 |
| ~ 100×30× $1\frac{1}{4}$ | | | | | 15.04 | 12.03 | 10.384 |
| ~ 100×30× $1\frac{1}{2}$ | | | $1\frac{1}{2}$ | | 18.05 | 14.44 | 12.370 |
| ~ 100×40× $\frac{5}{4}$ | 100 | 40 | 1 | 700 | 10.00 | 8.00 | 9.068 |
| ~ 100×40× $\frac{7}{8}$ | | | | | 11.67 | 9.35 | 10.543 |
| ~ 100×40×1 | | | | | 13.34 | 10.67 | 12.020 |
| ~ 100×40× $1\frac{1}{4}$ | | | | | 16.68 | 13.34 | 14.939 |
| ~ 100×40× $1\frac{1}{2}$ | | | $1\frac{1}{2}$ | | 20.00 | 16.00 | 17.827 |
| ~ 135×30× $\frac{5}{4}$ | 135 | 30 | 1 | 810 | 8.62 | 6.89 | 5.987 |
| ~ 135×30× $\frac{7}{8}$ | | | | | 10.05 | 8.04 | 6.957 |
| ~ 135×30×1 | | | | | 11.49 | 9.19 | 7.921 |
| ~ 135×30× $1\frac{1}{4}$ | | | | | 14.36 | 11.49 | 9.826 |
| ~ 135×30× $1\frac{1}{2}$ | | | $1\frac{1}{2}$ | | 17.24 | 13.78 | 11.705 |
| ~ 150×40× $\frac{5}{4}$ | 150 | 40 | 1 | 750 | 8.72 | 6.88 | 8.290 |
| ~ 150×40× $\frac{7}{8}$ | | | | | 10.18 | 8.17 | 9.642 |
| ~ 150×40×1 | | | | | 11.63 | 9.30 | 10.987 |
| ~ 150×40× $1\frac{1}{4}$ | | | | | 14.55 | 11.63 | 13.655 |
| ~ 150×40× $1\frac{1}{2}$ | | | $1\frac{1}{2}$ | | 17.45 | 13.96 | 16.293 |
| ~ 150×60×1 | 150 | 60 | 1 | 600 | 13.34 | 10.67 | 18.171 |
| ~ 150×60× $1\frac{1}{4}$ | | | | | 16.68 | 13.34 | 22.625 |
| ~ 150×60× $1\frac{1}{2}$ | | | | | 20.00 | 16.60 | 27.044 |
| ~ 150×60×2 | | | | | 26.88 | 21.34 | 35.786 |



第 38 圖

(3) Corrugated iron—獨逸の標準には拋物線形と圓弧形との二種がある。

(a) Flat corrugated iron (拋物線形) (第 38 圖, 第 23 表)

1m の幅に對する面積 (cm²) は

$$F = 12.5 d \frac{b}{h} \left[\frac{4h}{b} \sqrt{1 + \left(\frac{4h}{b}\right)^2} + \log_e \left\{ \frac{4h}{b} + \sqrt{1 + \left(\frac{4h}{b}\right)^2} \right\} \right]$$

1m の幅に對する重量 (kg) は

$$g = 0.8 F$$

1m の幅に對する慣性率 (cm⁴) は

$$J = \frac{1280}{21} \frac{1}{b} (b_1 h_1^3 - b_2 h_2^3)$$

1m の幅に對する斷面率 (Section modulus) は

$$W = \frac{2J}{h+d}$$

上式中 $h_1 = \frac{1}{2} (h+d)$

$$h_2 = \frac{1}{2} (h-d)$$

$$b_1 = \frac{1}{4} (b+2.6d)$$

$$b_2 = \frac{1}{4} (b-2.6d)$$

(b) Beam corrugated iron (圓弧形) (第 39 圖, 第 24 表)

1m の幅に對する面積 (cm²) は

$$F = 100 d \frac{1}{b} \left(\pi \frac{b}{2} + 2H \right)$$

式中 $H = h - \frac{1}{2} b$

1m の幅に對する重量 (kg) は

$$g = 0.8 F$$

1m の幅に對する慣性率 (cm⁴) は

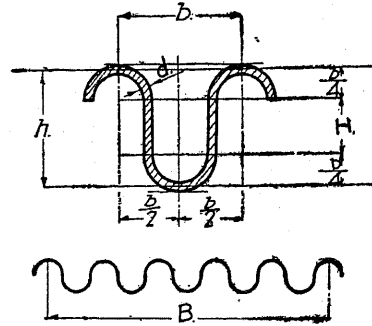
$$J = 25 d \frac{1}{b} \left(\frac{\pi}{16} b^3 + b^2 H + \frac{\pi}{2} b H^2 + \frac{2}{3} H^3 \right)$$

1m の幅に對する斷面率 (cm³) は

$$W = \frac{2J}{h+d}$$

第 24 表

| 寸 法 | b | h | d | B | F | g | W |
|---------------------------|-----|-----|-----------------|-----|-----------------|-------------------|-----------------|
| mm | mm | mm | mm | mm | cm ² | kg/m ² | cm ³ |
| ∩ 90×70×1 | 90 | 70 | 1 | 450 | 21.25 | 17.00 | 34.774 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{4}$ | " | " | 1 $\frac{1}{4}$ | " | 21.58 | 21.25 | 43.315 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{2}$ | " | " | 1 $\frac{1}{2}$ | " | 31.88 | 25.50 | 51.797 |
| ∩ " " " 2 | " | " | 2 | " | 42.50 | 34.00 | 68.583 |
| ∩ 100×50×1 | 100 | 50 | 1 | 600 | 15.70 | 12.56 | 19.266 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{4}$ | " | " | 1 $\frac{1}{4}$ | " | 19.62 | 15.70 | 23.957 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{2}$ | " | " | 1 $\frac{1}{2}$ | " | 23.56 | 18.84 | 28.609 |
| ∩ " " " 2 | " | " | 2 | " | 31.40 | 25.12 | 37.778 |
| ∩ 100×60×1 | 100 | 60 | 1 | 500 | 17.70 | 14.16 | 25.633 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{4}$ | " | " | 1 $\frac{1}{4}$ | " | 22.12 | 17.70 | 31.911 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{2}$ | " | " | 1 $\frac{1}{2}$ | " | 26.57 | 21.22 | 38.137 |
| ∩ " " " 2 | " | " | 2 | " | 35.40 | 28.32 | 50.439 |
| ∩ 100×80×1 $\frac{1}{4}$ | 100 | 80 | 1 $\frac{1}{4}$ | 400 | 27.12 | 21.68 | 50.440 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{2}$ | " | " | 1 $\frac{1}{2}$ | " | 32.54 | 26.05 | 60.342 |
| ∩ " " " 2 | " | " | 2 | " | 43.40 | 34.74 | 79.966 |
| ∩ 100×110×1 $\frac{1}{4}$ | 100 | 100 | 1 $\frac{1}{4}$ | " | 32.11 | 25.68 | 72.369 |
| ∩ " " " 1 $\frac{1}{2}$ | " | " | 1 $\frac{1}{2}$ | " | 38.58 | 30.84 | 86.629 |
| ∩ " " " 2 | " | " | 2 | " | 51.50 | 41.12 | 114.939 |



第 39 圖

第三節 抗壓直材の挫折抵抗

1. Euler の公式

- l は抗壓材の長 (cm)
- J は抗壓材断面の最小慣性率 (cm⁴)
- F は抗壓材の總断面積 (cm²)
- P_k は挫折荷重 (kg)
- E は抗壓材の弾性恒数 (kg/cm²)
- σ_k は抗壓材の挫折應力 (kg/cm²)
- i は抗壓材断面の最小環動半径 (cm)

とせば、両端鉸支持された長柱の挫折荷重は、次に示す Euler の公式に依つて定まる。

$$P_k = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} = \frac{\pi^2 EF}{\lambda^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中 J = Fi², λ = $\frac{l}{i}$ にして、之れを細長比 (Slenderness ratio) と謂ふ。

$$\sigma_k = \frac{P_k}{F} = \pi^2 E \left(\frac{i}{l}\right)^2 \leq \sigma_P \text{ 或は } \frac{l}{i} \geq \lambda_0 = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_P}} \dots\dots\dots (2)$$

鋼に對して E = 2150 000 kg/cm², σ_P = 1900 kg/cm² とせば、λ₀ = 105 は Euler の公式を使用し得る最大限を示す。若し細長比が 105 より小なるときは Euler の公式は P_k に過大なる値を與ふるから、かゝる場合は他の公式を代用することが必要である。

ν を挫折に對する安全率とせば、許容荷重 P は次の如くなる。

$$P = \frac{P_k}{\nu} \dots\dots\dots (3)$$

一端自由、他端固定の長柱に對しては

$$P_k = \frac{\pi^2 EJ}{4l^2} \dots\dots\dots (4)$$

一端固定、他端鉸支持の長柱に對しては

$$P_k = \frac{2\pi^2 EJ}{l^2} \dots\dots\dots (5)$$

両端固定の長柱に對しては

$$P_k = \frac{4\pi^2 EJ}{l^2} \dots\dots\dots (6)$$

となる。

2. Tetmajer の公式

Tetmajer は $\frac{l}{r}$ が或値以下の時は、Euler の雙曲線よりも直線式の方が實驗と能く適合することを發見し、 $\frac{l}{i}$ が 105 以下又は以上の場合にも適用出来る次の公式を作つた。

$$\sigma_k = a - b\left(\frac{l}{i}\right) \dots\dots\dots (7)$$

抗張強度 3 800 kg/cm² の鋼に對しては

$$\left. \begin{aligned} \frac{l}{i} &= 10 \sim 105 \dots\dots\dots \sigma_k = 3\,100 - 11.4 \frac{l}{i} \quad \text{kg/cm}^2 \\ \frac{l}{i} &> 105 \dots\dots\dots \sigma_k = 22\,120\,000 \left(\frac{i}{l}\right)^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

抗壓材の耐荷力の計算。一般に二つの方法がある。

(1) 安全率 ν の證明。細長比 $\frac{l}{i}$ 、挫折應力 σ_k なる場合に ν を所要の安全率とせば、抗壓材の斷面に於ける壓應力 $\sigma = \frac{P}{F}$ は $\frac{\sigma_k}{\nu}$ を超過してはいけない。 σ_k は (8) 式より求むることを得。實際計算の場合には第 25 表 (Euler-Tetmajer に依る St. 37 に対する σ_k 及 ω の値) を用ふる方が便利である。

第 25 表

| $\frac{l}{i}$ | σ_k (t/cm^2) | ω | $\frac{l}{i}$ | σ_k (t/cm^2) | ω | $\frac{l}{i}$ | σ_k (t/cm^2) | ω | $\frac{l}{i}$ | σ_k (t/cm^2) | ω |
|---------------|----------------------------|----------|---------------|----------------------------|----------|---------------|----------------------------|----------|---------------|----------------------------|----------|
| 10 | 2.986 | 1.273 | | | | | | | | | |
| 11 | 2.975 | 1.278 | | | | | | | | | |
| 12 | 2.963 | 1.282 | 61 | 2.405 | 1.580 | 111 | 1.722 | 2.206 | 161 | 0.819 | 4.642 |
| 13 | 2.952 | 1.287 | 62 | 2.393 | 1.588 | 112 | 1.692 | 2.246 | 162 | 0.809 | 4.700 |
| 14 | 2.940 | 1.292 | 63 | 2.382 | 1.595 | 113 | 1.662 | 2.287 | 163 | 0.799 | 4.758 |
| 15 | 2.929 | 1.297 | 64 | 2.370 | 1.603 | 114 | 1.633 | 2.327 | 164 | 0.789 | 4.816 |
| 16 | 2.918 | 1.302 | 65 | 2.359 | 1.611 | 115 | 1.605 | 2.378 | 165 | 0.779 | 4.875 |
| 17 | 2.906 | 1.308 | 66 | 2.348 | 1.619 | 116 | 1.577 | 2.410 | 166 | 0.770 | 4.935 |
| 18 | 2.895 | 1.313 | 67 | 2.336 | 1.627 | 117 | 1.550 | 2.451 | 167 | 0.761 | 4.994 |
| 19 | 2.883 | 1.318 | 68 | 2.325 | 1.635 | 118 | 1.524 | 2.494 | 168 | 0.752 | 5.054 |
| 20 | 2.872 | 1.323 | 69 | 2.313 | 1.643 | 119 | 1.498 | 2.536 | 169 | 0.743 | 5.115 |
| | | | 70 | 2.302 | 1.651 | 120 | 1.474 | 2.579 | 170 | 0.734 | 5.175 |
| 21 | 2.861 | 1.328 | 71 | 2.291 | 1.659 | 121 | 1.450 | 2.622 | 171 | 0.725 | 5.236 |
| 22 | 2.849 | 1.334 | 72 | 2.279 | 1.667 | 122 | 1.426 | 2.665 | 172 | 0.717 | 5.298 |
| 23 | 2.838 | 1.339 | 73 | 2.268 | 1.676 | 123 | 1.403 | 2.709 | 173 | 0.709 | 5.360 |
| 24 | 2.826 | 1.345 | 74 | 2.256 | 1.684 | 124 | 1.380 | 2.754 | 174 | 0.701 | 5.422 |
| 25 | 2.815 | 1.350 | 75 | 2.245 | 1.693 | 125 | 1.358 | 2.798 | 175 | 0.693 | 5.484 |
| 26 | 2.804 | 1.355 | 76 | 2.234 | 1.701 | 126 | 1.337 | 2.843 | 176 | 0.685 | 5.547 |
| 27 | 2.792 | 1.361 | 77 | 2.222 | 1.710 | 127 | 1.316 | 2.888 | 177 | 0.677 | 5.610 |
| 28 | 2.781 | 1.366 | 78 | 2.211 | 1.719 | 128 | 1.295 | 2.934 | 178 | 0.669 | 5.674 |
| 29 | 2.769 | 1.372 | 79 | 2.199 | 1.728 | 129 | 1.275 | 2.980 | 179 | 0.662 | 5.738 |
| 30 | 2.758 | 1.378 | 80 | 2.188 | 1.737 | 130 | 1.256 | 3.026 | 180 | 0.655 | 5.802 |
| 31 | 2.747 | 1.384 | 81 | 2.177 | 1.746 | 131 | 1.237 | 3.073 | 181 | 0.648 | 5.867 |
| 32 | 2.735 | 1.389 | 82 | 2.165 | 1.755 | 132 | 1.218 | 3.120 | 182 | 0.641 | 5.932 |
| 33 | 2.724 | 1.395 | 83 | 2.154 | 1.764 | 133 | 1.200 | 3.168 | 183 | 0.634 | 5.997 |
| 34 | 2.712 | 1.401 | 84 | 2.142 | 1.774 | 134 | 1.182 | 3.216 | 184 | 0.627 | 6.063 |
| 35 | 2.701 | 1.407 | 85 | 2.131 | 1.783 | 135 | 1.164 | 3.264 | 185 | 0.620 | 6.129 |
| 36 | 2.690 | 1.413 | 86 | 2.120 | 1.793 | 136 | 1.147 | 3.312 | 186 | 0.613 | 6.195 |
| 37 | 2.678 | 1.419 | 87 | 2.108 | 1.803 | 137 | 1.130 | 3.361 | 187 | 0.606 | 6.262 |
| 38 | 2.667 | 1.425 | 88 | 2.097 | 1.812 | 138 | 1.114 | 3.410 | 188 | 0.600 | 6.329 |
| 39 | 2.655 | 1.431 | 89 | 2.085 | 1.822 | 139 | 1.098 | 3.460 | 189 | 0.594 | 6.397 |
| 40 | 2.644 | 1.437 | 90 | 2.074 | 1.832 | 140 | 1.082 | 3.510 | 190 | 0.588 | 6.465 |
| 41 | 2.633 | 1.443 | 91 | 2.063 | 1.842 | 141 | 1.067 | 3.560 | 191 | 0.582 | 6.533 |
| 42 | 2.621 | 1.450 | 92 | 2.051 | 1.853 | 142 | 1.052 | 3.611 | 192 | 0.576 | 6.602 |
| 43 | 2.610 | 1.456 | 93 | 2.040 | 1.863 | 143 | 1.037 | 3.662 | 193 | 0.570 | 6.670 |
| 44 | 2.598 | 1.462 | 94 | 2.028 | 1.873 | 144 | 1.023 | 3.713 | 194 | 0.564 | 6.740 |
| 45 | 2.587 | 1.469 | 95 | 2.017 | 1.884 | 145 | 1.009 | 3.765 | 195 | 0.558 | 6.809 |
| 46 | 2.576 | 1.475 | 96 | 2.006 | 1.895 | 146 | 0.995 | 3.817 | 196 | 0.552 | 6.879 |
| 47 | 2.564 | 1.482 | 97 | 1.994 | 1.906 | 147 | 0.982 | 3.870 | 197 | 0.546 | 6.950 |
| 48 | 2.553 | 1.489 | 98 | 1.983 | 1.917 | 148 | 0.969 | 3.923 | 198 | 0.541 | 7.021 |
| 49 | 2.541 | 1.495 | 99 | 1.971 | 1.928 | 149 | 0.956 | 3.976 | 199 | 0.536 | 7.092 |
| 50 | 2.530 | 1.502 | 100 | 1.960 | 1.939 | 150 | 0.943 | 4.029 | 200 | 0.531 | 7.163 |
| 51 | 2.519 | 1.509 | 101 | 1.949 | 1.950 | 151 | 0.930 | 4.083 | 201 | 0.525 | 7.235 |
| 52 | 2.507 | 1.516 | 102 | 1.937 | 1.962 | 152 | 0.918 | 4.137 | 202 | 0.520 | 7.307 |
| 53 | 2.496 | 1.523 | 103 | 1.926 | 1.973 | 153 | 0.906 | 4.192 | 203 | 0.515 | 7.380 |
| 54 | 2.484 | 1.530 | 104 | 1.914 | 1.985 | 154 | 0.894 | 4.247 | 204 | 0.510 | 7.452 |
| 55 | 2.473 | 1.537 | 105 | 1.903 | 1.997 | 155 | 0.883 | 4.302 | 205 | 0.505 | 7.526 |
| 56 | 2.462 | 1.544 | 106 | 1.892 | 2.012 | 156 | 0.872 | 4.358 | 206 | 0.500 | 7.599 |
| 57 | 2.450 | 1.551 | 107 | 1.883 | 2.030 | 157 | 0.861 | 4.414 | 207 | 0.495 | 7.673 |
| 58 | 2.439 | 1.558 | 108 | 1.871 | 2.039 | 158 | 0.850 | 4.471 | 208 | 0.490 | 7.748 |
| 59 | 2.427 | 1.566 | 109 | 1.862 | 2.128 | 159 | 0.839 | 4.527 | 209 | 0.485 | 7.822 |
| 60 | 2.416 | 1.573 | 110 | 1.754 | 2.167 | 160 | 0.829 | 4.584 | 210 | 0.481 | 7.897 |

許容張應力 σ_a に對する ν の値は次の如し。

$$\begin{array}{ccc} \sigma_a = 1200 \text{ kg/cm}^2 & 1400 \text{ kg/cm}^2 & 1600 \text{ kg/cm}^2 \\ \nu = 3 & 2.5 & 2.2 \end{array}$$

〔例 1〕 長 4.75 m の部材が 28 t の荷重を受ける時、安全率を 2.5 とせば如何なる断面を選ぶべきか。今 $\square 120 \times 120 \times 13$ の断面を用ふれば $F = 59.4 \text{ cm}^2$, $i_{min} = 3.64 \text{ cm}$ となる。

故に $\frac{l}{i} = \frac{475}{3.64} = 130$ となるから、第 25 表より $\sigma_k = 1.256 \text{ t/cm}^2$ を得。

$$P_k = 1.256 \times 59.4 = 74.6 \text{ t}$$

$$\nu = \frac{74.6}{28} = 2.66$$

故に充分安全である。

〔例 2〕 長 4 m の柱が 105 t の荷重を受くる時、安全率を 3 とせば其の断面如何。

\square NP 30 を用ふれば $F = 117.6 \text{ cm}^2$, $i = 11.69 \text{ cm}$ となる。

$\frac{l}{i} = \frac{400}{11.69} = 34$ なるが故に、第 25 表より $\sigma_k = 2.712 \text{ t/cm}^2$ を得。

$$P_k = 2.712 \times 117.6 = 319 \text{ t}$$

$$\nu = \frac{319}{105} = 3.03$$

(2) ω -法。 σ_a を部材の抗壓強度、 σ_a を張力に對する許容應力とせば、 $\nu = \frac{\sigma_a}{\sigma_a}$ は張力

若は純壓力に對し断面を決定された部材の破壊に對する安全率である。今挫折應力を受くる部材

に同一の安全率を持たさんとせば

$$\frac{P}{F} = \frac{\sigma_k}{\nu} = \frac{\sigma_k}{\sigma_a} \sigma_a = \alpha \sigma_a$$

となる、 α の逆数を $\frac{\sigma_a}{\sigma_k} = \omega$ とし、 ω を挫折係數 (Knickzahl) と呼べば

$$\sigma = \omega \frac{P}{F} \leq \sigma_a \dots\dots\dots (9)$$

となる。

軟鋼 (St. 37) に對し $\sigma_a = 3.8 \text{ t/cm}^2$ とせば

$$\left. \begin{array}{l} \frac{l}{i} \leq 105 \dots\dots \omega = \frac{3800}{3100 - 11.4 \frac{l}{i}} \\ \frac{l}{i} > 105 \dots\dots \omega = \frac{3800}{22120000 \left(\frac{l}{i}\right)^2} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

ω の値は第 25 表に掲げてある。

〔例〕 トラス部材の長 4 m にして $P = 31.6 \text{ t}$ を受くる時、其の許容應力を $\sigma_a = 1.40 \text{ t/cm}^2$ とせば、如何なる断面を使用すべきや。

100×100×12 で $F = 45.4 \text{ cm}^2$, $i_{\min} = 3.80 \text{ cm}$ の断面を用ふれば、

$$\frac{l}{i} = \frac{400}{3.80} = 105, \text{ 第 25 表より } \omega = 1.997 \text{ を得るから}$$

$$\sigma = 1.997 \times \frac{31.6}{45.4} = 1.39 \text{ t/cm}^2$$

となり安全である。

3. Engesser 及 Karman の公式

T を挫折係数 (獨, Knickmodul) とせば

$$P_k = \pi^2 \frac{TJ}{l^3} \dots\dots\dots (11)$$

となり、Euler の公式に於て E の代りに T を置き換へた形である。尚 $\tau = \frac{T}{E}$ と置けば

$$\sigma_k = \pi^2 \frac{E\tau}{\left(\frac{l}{i}\right)^2} \dots\dots\dots (12)$$

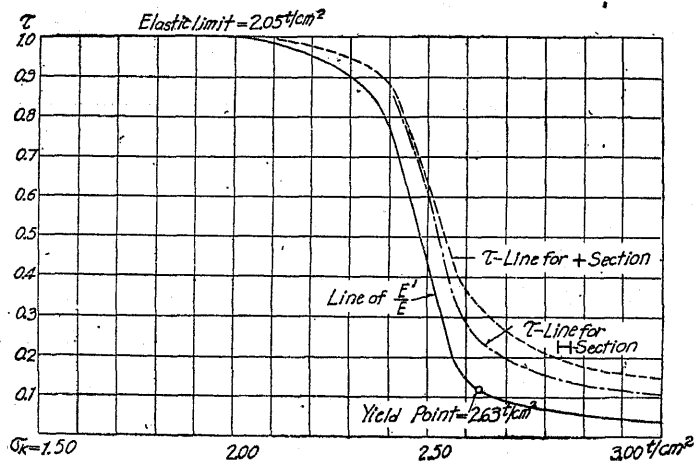
となる。 τ を獨逸のブライヒ博士は比例係数 (Verhältniszahl) と呼んでゐる。

Kármán に依つて

$$E' = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \text{tg } \alpha$$

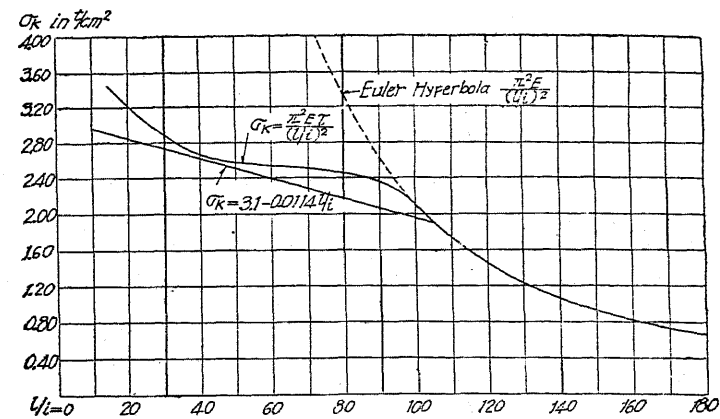
とし (式中 α は應力變形率曲線に對する切線が ε 軸となす角度、第 36 圖)、 $\frac{E'}{E}$ 線並に +

及 H 断面に對する $\tau = \frac{T}{E}$ 線を描けば第 40 圖の如し。



第 40 圖

以上 Euler, Tetmajer 及 Engesser-Kármán (H 断面) の公式を比較すれば第 41 圖の如し。



第 41 圖

今
$$\sigma_k = \pi^2 \frac{E\tau}{\left(\frac{l}{i}\right)^2} \dots\dots\dots (12)$$

と、軟鋼に對する Tetmajer の式

$$\sigma_k = 3.1 - 0.0114 \frac{l}{i} \text{ t/cm}^2 \dots\dots\dots (8)$$

とより $\frac{l}{i}$ を除けば

$$\tau = \frac{\sigma_k (3.1 - \sigma_k)^2}{E (0.0358)^2} \dots\dots\dots (13)$$

となる。Tetmajer の實驗に基く τ の値は第 26 表の如し。

第 26 表

| σ_k | τ | σ_k | τ | σ_k | τ | σ_k | τ | σ_k | τ | σ_k | τ |
|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| 1 905 | 1.000 | 2 110 | 0.749 | 2 310 | 0.523 | 2 510 | 0.317 | 2 710 | 0.1497 | 2 910 | 0.0382 |
| 1 910 | 0.982 | 2 120 | 0.738 | 2 320 | 0.512 | 2 520 | 0.308 | 2 720 | 0.1427 | 2 920 | 0.0343 |
| 1 920 | 0.971 | 2 130 | 0.726 | 2 330 | 0.501 | 2 530 | 0.298 | 2 730 | 0.1358 | 2 930 | 0.0307 |
| 1 930 | 0.960 | 2 140 | 0.714 | 2 340 | 0.491 | 2 540 | 0.289 | 2 740 | 0.1290 | 2 940 | 0.0273 |
| 1 940 | 0.948 | 2 150 | 0.703 | 2 350 | 0.480 | 2 550 | 0.280 | 2 750 | 0.1223 | 2 950 | 0.0242 |
| 1 950 | 0.937 | 2 160 | 0.692 | 2 360 | 0.469 | 2 560 | 0.271 | 2 760 | 0.1159 | 2 960 | 0.0211 |
| 1 960 | 0.925 | 2 170 | 0.681 | 2 370 | 0.458 | 2 570 | 0.263 | 2 770 | 0.1096 | 2 970 | 0.0183 |
| 1 970 | 0.914 | 2 180 | 0.670 | 2 380 | 0.447 | 2 580 | 0.254 | 2 780 | 0.1035 | 2 980 | 0.0156 |
| 1 980 | 0.902 | 2 190 | 0.659 | 2 390 | 0.436 | 2 590 | 0.245 | 2 790 | 0.0974 | 2 990 | 0.0132 |
| 1 990 | 0.890 | 2 200 | 0.648 | 2 400 | 0.425 | 2 600 | 0.236 | 2 800 | 0.0915 | 3 000 | 0.0110 |
| 2 000 | 0.879 | 2 210 | 0.636 | 2 410 | 0.415 | 2 610 | 0.227 | 2 810 | 0.0858 | 3 010 | 0.0089 |
| 2 010 | 0.867 | 2 220 | 0.624 | 2 420 | 0.406 | 2 620 | 0.219 | 2 820 | 0.0802 | 3 020 | 0.0071 |
| 2 020 | 0.855 | 2 230 | 0.613 | 2 430 | 0.396 | 2 630 | 0.211 | 2 830 | 0.0749 | 3 030 | 0.0054 |
| 2 030 | 0.843 | 2 240 | 0.602 | 2 440 | 0.386 | 2 640 | 0.202 | 2 840 | 0.0698 | 3 040 | 0.0040 |
| 2 040 | 0.831 | 2 250 | 0.590 | 2 450 | 0.376 | 2 650 | 0.194 | 2 850 | 0.0648 | 3 050 | 0.0028 |
| 2 050 | 0.819 | 2 260 | 0.579 | 2 460 | 0.366 | 2 660 | 0.187 | 2 860 | 0.0599 | 3 060 | 0.0018 |
| 2 060 | 0.808 | 2 270 | 0.568 | 2 470 | 0.356 | 2 670 | 0.180 | 2 870 | 0.0552 | 3 070 | 0.0010 |
| 2 070 | 0.796 | 2 280 | 0.557 | 2 480 | 0.346 | 2 680 | 0.172 | 2 880 | 0.0507 | 3 080 | 0.0005 |
| 2 080 | 0.784 | 2 290 | 0.546 | 2 490 | 0.336 | 2 690 | 0.164 | 2 890 | 0.0463 | 3 090 | 0.0001 |
| 2 090 | 0.772 | 2 300 | 0.534 | 2 500 | 0.327 | 2 700 | 0.157 | 2 900 | 0.0421 | 3 100 | 0 |

4. Schwarz 及 Rankine の公式

$$\sigma_k = \sigma_{oa} \left\{ \frac{1}{1 + \beta \left(\frac{l}{i} \right)^2} \right\} \dots \dots \dots (14)$$

式中 σ_{oa} は許容圧應力、 β は材料の種類及両端支持の方法に依り異なる實驗値であるが、Tetmajer は鋼に對し次の値を與へてゐる。

| $\frac{l}{i} = 10$ | $\beta = 0.000370$ | $\frac{l}{i} = 110$ | $\beta = 0.000064$ |
|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 20 | 200 | 120 | 074 |
| 30 | 133 | 130 | 086 |
| 40 | 109 | 140 | 095 |
| 50 | 088 | 160 | 107 |
| 60 | 078 | 180 | 116 |
| 70 | 071 | 200 | 122 |
| 80 | 065 | 220 | 125 |
| 90 | 061 | 240 | 128 |
| 100 | 058 | 250 | 130 |

β は $\frac{l}{i}$ が 10~100 の間では 0.00037~0.000058 の間に變化するから、最大値に對する最小値の比は 1:6.4 となり β は定數とは言はれない。Schwarz 及 Rankine の法則に依れば、彈性範圍の挫折應力は過大に、非彈性範圍の挫折應力は過小となる。

長柱を設計するに當つては、先づ柱の斷面の形狀及大きさを豫定して i を求め、之を Euler 其他の公式に挿入して P_k 及 σ_k を計算し、 P_k が所定の荷重より大で、 σ_k が使用材料の長柱耐壓強度より小なればよろしい。

5. 獨逸國有鐵道の規定 自由挫折長 S_k 弦材(トラスの端柱を含む)に在りては、理論長即ち組立線(System line)の長を採る、腹材に在りては、構面に垂直なる挫折に對しては組立線の長、構面内の挫折に對しては、部材兩側にある連結鉋群の重心間の距離を採る。一方が壓力、他方が張力を受くる交叉した部材にありては、其の交叉點が少くも二箇の鉋を以て緊結されたる場合は、交叉點は構面及それに垂直の面内で固定した點と假定する。自由挫折長の兩端は鉋と考へる。

ω 一法に依り計算する場合には、先づ部材の斷面を假定すれば最小慣性率 J 、斷面積 F 、從て $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ が分る。次に細長比 $\lambda = \frac{S_k}{i}$ を定め、第 27 表に依り之に相當する ω を求むる。之を P に乘じて得た $P\omega$ を F にて除し、其の結果

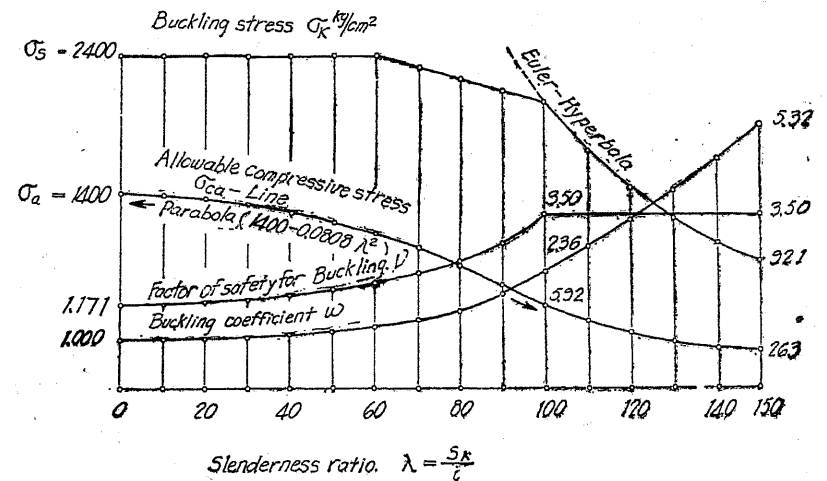
$$\frac{P\omega}{F} < \sigma_a$$

ならざるべからず。

第 27 表

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------------|---|------------------|--------------------------------------|--|------------------|--------------------------------------|
| 鋼 | | | 高級鋼 | | | |
| 細長比 $\lambda = \frac{S_k}{i}$ | 挫折應力 σ_k (kg/cm ²) $\lambda = 0 \sim 60 : \sigma_k = 2400$ $\lambda = 60 \sim 100 :$ $\sigma_k = 2890.5 - 8.175 \lambda$ $\lambda = 100 \sim 150 : \sigma_k = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ | 挫折係數 ω | $\frac{\Delta\omega}{\Delta\lambda}$ | 挫折應力 σ_k (kg/cm ²) $\lambda = 0 \sim 60 : \sigma_k = 3120$ $\lambda = 60 \sim 100 :$ $\sigma_k = 4690.5 - 26.175 \lambda$ $\lambda = 100 \sim 150 : \sigma_k = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ | 挫折係數 ω | $\frac{\Delta\omega}{\Delta\lambda}$ |
| 0 | | 1.00 | | | 1.00 | |
| 10 | 2400 | 1.01 | 0.001 | 3120 | 1.01 | 0.001 |
| 20 | | 1.02 | 0.001 | | 1.03 | 0.002 |
| 30 | | 1.05 | 0.004 | | 1.06 | 0.003 |
| 40 | | 1.10 | 0.004 | | 1.12 | 0.006 |
| 50 | | 1.17 | 0.007 | | 1.20 | 0.008 |
| 60 | | 1.26 | 0.009 | | 1.32 | 0.012 |
| 70 | 2318 | 1.39 | 0.013 | 2858 | 1.49 | 0.017 |
| 80 | 2237 | 1.59 | 0.020 | 2597 | 1.76 | 0.027 |
| 90 | 2155 | 1.88 | 0.029 | 2335 | 2.21 | 0.045 |
| 100 | 2073 | 2.36 | 0.050 | 2073 | 3.07 | 0.065 |
| 110 | 1713 | 2.86 | 0.055 | 1713 | 3.72 | 0.071 |
| 120 | 1439 | 3.40 | 0.059 | 1439 | 4.43 | 0.077 |
| 130 | 1226 | 4.00 | 0.064 | 1226 | 5.20 | 0.083 |
| 140 | 1057 | 4.63 | 0.068 | 1057 | 6.03 | 0.089 |
| 150 | 921 | 5.32 | | 921 | 6.92 | |

之れを圖表にすれば第 42 圖の如し。



第 42 圖

第四節 許容應力

許容應力 (Allowable stress) とは單位應力、即ち或る部材の總斷面又は純斷面の1平方厘米に付ての距の數を意味するのである。張力、壓力、剪力、彎曲及支壓力に對し各其の値を定むる。尙同時に作用する合成應力、例へば張力と彎曲、壓力と彎曲、扭力と彎曲に對する許容應力を考ふることもあるが、剪力のみは他の應力と合成しない。

張力と壓力とより生ずる交番應力及彎曲より生ずる逆應力 (Reversing stress) には、特別の許容應力を用ふることもあるも、一般には二つの應力を加へて其の和に對し、或は一つの應力に他の應力の或るパーセントを加へて、其の和に對して各許容應力を定め、此の兩者より得たる斷面の内大なる方を採用するのが普通である。許容應力の採り方は人に依り異なり、死荷重及活荷重に對し各異つた値を用ふるものもあれば、死荷重+活荷重+撃衝 に對し同一の値を採用するものもある。更に 死荷重+活荷重+撃衝+風荷重 を考ふるときは其の許容應力を増加する。荷重の採り方に依つて許容應力を異にするが、今日まで發達した理論では未だ曖昧の點が残されてゐるので、一部は理論に依り一部は技術的判斷に依つて一つの規定を作るより外ない。夫には荷重に對しても一定の標準を與へ之に適應する許容應力を與ふる様にして、終始一貫せる主義を其の内に包含することを根本の原則とする。

以上の如き規定を示方書 (Specification) と謂ひ、橋梁の設計に當つては先づ一つの示方書を選択して、全然之に従つて設計を爲す方が最も安全である。

内務省及鐵道省の規定を示せば次の如し。

1. 各部材に生ずる應力 各部材に生ずる應力は次に規定する許容應力を超過してはならない。

軸應力

| | | |
|---------|--|---|
| 張應力 | 1200 kg/cm^2 (純斷面) | (内) (鐵) |
| 壓應力 | 1200 kg/cm^2 (總斷面) | (内) |
| 抗壓材の壓應力 | $1500(1-0.0055\frac{l}{i}) \cong 1000$ kg/cm^2 (總斷面) | (内) |
| 壓應力 | $\frac{l}{i} < 40$ | 1000 kg/cm^2 |
| | $40 \cong \frac{l}{i} < 100$ | $1200 - 5\frac{l}{i}$ kg/cm^2 |
| | $\frac{l}{i} > 100$ | $\frac{21000000}{3}(\frac{i}{l})^2$ kg/cm^2 |

l は部材の長 (cm), i は使用斷面の最小環動半徑 (cm)

彎曲應力

| | | |
|--------|---|---------|
| 桁の抗張縁維 | 1200 kg/cm^2 (純斷面) | (内) (鐵) |
| 桁の抗壓縁維 | $1200(1-0.012\frac{l}{b}) \cong 1100$ kg/cm^2 (總斷面) | (内) |
| | $1150 - 15\frac{l}{b}$ kg/cm^2 (總斷面) | (鐵) |

但し抗壓突縁にバツクルプレート等を銲結して、其の屈曲に抵抗する場合及突縁溝形なる場合に於ては

$$1150 - 10\frac{l}{b} \text{ } kg/cm^2 \text{ (總斷面)} \quad \text{(鐵)}$$

l は突縁固定點間の距離 (cm), b は突縁の幅 (cm)

| | | |
|-------|--------------------|--------------------|
| ピンの縁維 | 1800 kg/cm^2 (内) | 1600 kg/cm^2 (鐵) |
| 鑄鋼 | 1100 kg/cm^2 (鐵) | |

剪應力

| | | |
|-----------|-------------------|-------------------|
| ピン | 900 kg/cm^2 (内) | (鐵) |
| 工場銲 | 850 kg/cm^2 (内) | 900 kg/cm^2 (鐵) |
| 現場銲及仕上ボルト | 750 kg/cm^2 (内) | (鐵) |
| 銲 | 900 kg/cm^2 (内) | 950 kg/cm^2 (鐵) |

支應力

| | | |
|-----------|--------------------|--------------------|
| ピン | 1800 kg/cm^2 (内) | (鐵) |
| 工場銲 | 1700 kg/cm^2 (内) | 1800 kg/cm^2 (鐵) |
| 現場銲及仕上ボルト | 1500 kg/cm^2 (内) | (鐵) |
| ローラー | 45 d kg/cm (内) | 40 d kg/cm (鐵) |

d はローラーの直徑 (cm)

| | |
|----------|-----------------------------|
| 鑄鐵又は鑄鋼脊 | 1800 kg/cm^2 (鐵) |
| 石及コンクリート | 35 kg/cm^2 (鐵) |
| 鐵筋コンクリート | 45 kg/cm^2 (内) (配合 1:2:4) |

2. 抗壓材の長

| | | |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 主要抗壓材に於ては | $\frac{l}{i} \cong 120$ (内) | $\frac{l}{i} \cong 100$ (鐵) |
| 對風構に於ては | $\frac{l}{i} \cong 150$ (内) | $\frac{l}{i} \cong 120$ (鐵) |
| 主要銲結抗張材に於ては | $\frac{l}{i} \cong 200$ (内) | (鐵) |

3. 交番應力 一部材に於て死活兩荷重より生ずる應力の性質が相反するときは、死荷重應力の $2/3$ (鐵道省規定 $7/10$) を有效として合成應力を算出する。

張應力及壓應力が交番する部材に於ては、各應力に對し所要斷面積を算出し其の大なる方を使用し、此の場合に交番應力が一列車の通過に際して生ずるときは、其の小なる應力の $5/10$ を各應力に加算する。

軸應力と彎曲應力とを受くる部材の合成縁維應力は、許容軸應力を超過してはいけない。

死活荷重、遠心荷重及溫度の變化より生ずる應力に、縦荷重又は横荷重より生ずる應力の内孰れか一つを加算する場合には、其の部材に對する許容應力は本節に規定のものに $2/10$ を、兩者を同時に加算する場合には $4/10$ を増加することが出来る。然し使用部材の斷面は死活荷重、遠心荷重及溫度の變化のみに對し、本節 1. の規定に依り算出したものより小なることは出来ない。