

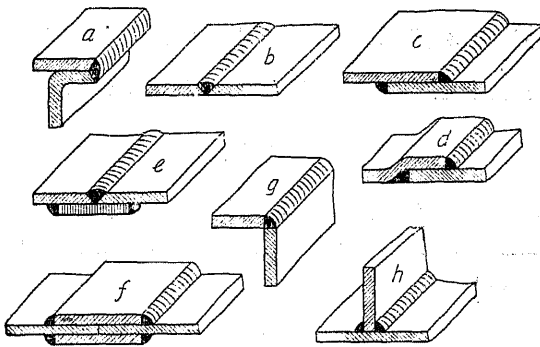
第二章 銲接接手

3. 接手の種類

銲接接手として普通に用ひらるゝものに第7圖に示す、縁接手、衝合接手、重接手、目板接手、角接手、丁接手の6種がある。前二者に用ひた銲接を夫々縁銲接、衝合銲接と稱へ、其他のものに用ひた銲接を隅肉銲接と稱へてをる。縁銲接は銲接鋼橋の主要構造部には殆んど用ひられない。

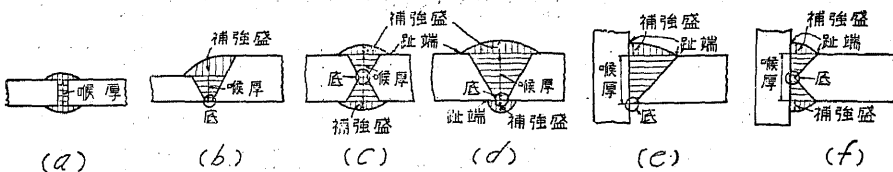
衝合銲接とは其設計強度を決定すべき喉厚（第8圖参照）の方向が少くとも一

方の母材（被銲接材を謂ふ）の表面に直角又はほぼ直角をなすものを謂ひ、第8圖に示すが如く鋼の厚さ、接合の方向に應じて、直接ぎ、V接ぎ、單斜接ぎ、X接ぎ、複斜接ぎ等各種のものが用ひられる。直接ぎは母材の縁端を直截したるまゝのもの



第7圖 銲接接手の種類

の、其他のものは一方又は兩母材の縁端を斜截し、材片間隙を、V型、X型、K



第8圖 衝合銲接の種類 (a)直接ぎ, (b),(d)V接ぎ, (c)X接ぎ, (e)單斜接ぎ, (f)複斜接ぎ

型とせるものである。孰れのものに於ても薄板のとき兩母材を密着せしめて第9圖の盲接手とすることあるも、多くは電極棒の太さに應じたる相當の間隙を保たしめて第10圖の開接手とする。

衝合銲接に於ける銲着金屬は板厚相當の厚さのほか、幾分補強盛をなすを常とするも、強度計算にはこれを無視する。

隅肉銲接は鋼橋細部構造用として最も廣く使用せらるゝもので、喉厚の方向が第11圖の如く母材の面と45°又は略45°をなすものである。銲着金屬の断面は



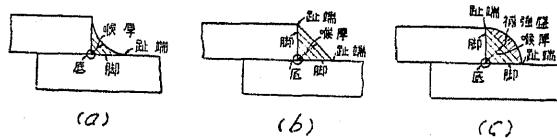
第9圖 盲 接 手

第10圖 開 接 手

多く直角三角形をなし、等邊のこと多きも場合により不等邊を

可とすることもある。断面の斜邊に當る面は第11圖(a),(b)の如く凹形又は平面に形成せらるゝことあるも、主要部の接合には補強盛を附して、凸形ならしむること多く、凹形のは鋼橋細部構造にては防水の目的のほか殆んど用ひられない。併し最近の研究で

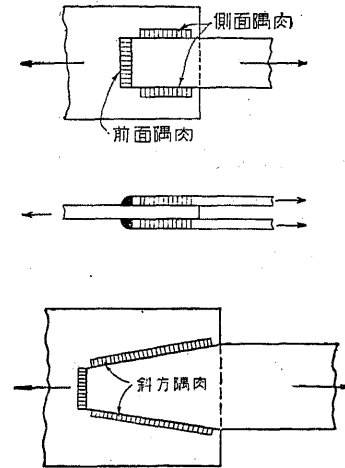
は凸形のもが切欠作用のために、反覆應力に對しては凹形に劣る



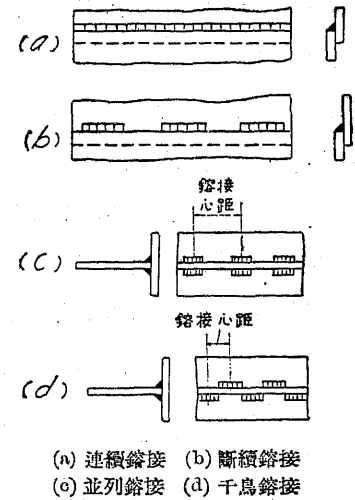
第11圖 隅肉銲接の種類

との説有力なるが故に、將來凹形が盛に使用さるゝに至るやもしれない。此等の強度計算には圖示の喉厚を用ひ補強盛を無視することは衝合銲接の場合と同様である。

隅肉銲接にては其銲接の方向が其傳達すべき應力の方向と平行なるか、直角なるか、又は傾斜せるかによつて、第12圖の如く、側面隅肉、前面隅肉、斜方隅肉等と區別する。又1接合線に沿つて銲接が第13圖の如く連續的に行はるとき連續銲接、斷續せるとき斷續銲接、隣接せる2列の銲接線に沿つて斷續銲接が施工せらるゝとき其相互位置によつて、並列又は千鳥銲接に區別する。

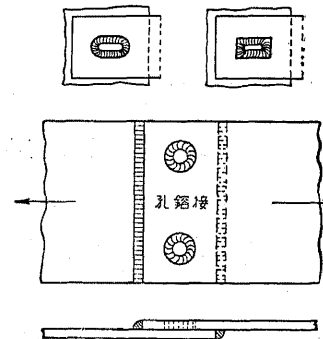


第12圖 前面、側面及斜方隅肉銲接

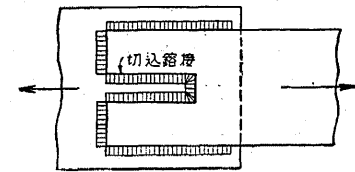


第13圖 隅肉銲接の配置

このほか重接手、又は目板接手に於て母材銲着の完全を期するために第14圖の如く母材に圓形、橢圓形、又は矩形の溝を穿ち、この溝の周圍に沿つて銲接する溝銲接、第15圖の如く一部分に切込みをな



第14圖 溝 銲 接



第15圖 切 込 銲 接

しこの縁に沿つて銲着する切込銲接等を行ふ場合も少くない(本項中の銲接用語については卷末附録I「銲接及瓦斯切斷用語」を参照せられたい)。

4. 銲接接手の實用強度計算

接手の構造は其目的に應じて多種多様なるが故に、これ等の詳細につきての詳

述は後章に譲り、本項に於ては接手強度實用計算の基本たるべきものにつきてのみ解説をなすにとどめる。

銲接接手の疲試験の進むにつれ、これが繰返し應力に對する抵抗性が從來考へられてをつたものと著しく異なることがわかつて來た、従つて今日まで主として靜荷重試験に立脚して作られてきた下掲の強度計算法は、建物の如き靜荷重をうくるものゝ計算には將來とも用ひらるゝであらうが、橋梁の如き、衝撃並に繰返し應力をうくる構造物に對しては早晩相當の變更を見るに至るであらうと信ずる。

接手の強度を論ずるに當つては、接手を單一外力をうくるものと、2種の外力を同時にうくるものとに區分するを便とする。

(A) 單一外力をうくる接手

(a) 衝合接手 壓縮力、張力又は剪斷力をうくる場合 Pを接手によつて傳達せらるべき壓縮力、張力、又は剪斷力とすると銲接部に起る單位應力σは

σ = P / Σ(al)(1)

にて示される、こゝにlは端部の壺を除いた銲接の長さで、壺の最小値として喉厚をとる、全斷面が銲接される場合は壺を有效斷面外に置くために第47圖の工法を採る方がよい。aは喉厚にして衝合銲接の種類に應じて第8圖指示の厚さを採り、補強壺を無視する。

曲げモーメントをうくる場合 第16圖に示せるが如き桁の中間接手が衝合銲接によつた場合、Mの曲げモーメントを傳達するために、この部分に起る縁應力は

σ = M / Z(2)



にて示され、斷面係數 Zの値は喉斷面にて形 第16圖 桁の中間衝合接手 成せらるゝ圖形につきて算出する。

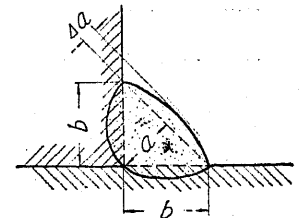
従つて多くの場合は桁の斷面形と一致する。

(b) 隅肉銲接 隅肉の配置によつて其働きを各々異にするが故に、其取扱ひに於てもこれを區別するを正當とするも、今日の傾向にては計算の便宜上よりすべて剪斷應力をうくるものと假定してをる。

側面隅肉銲接 第12圖に示せるが如く銲接線が外力の方向に平行なる場合である。強度計算には銲接部の破壊が喉斷面に沿つて起る剪斷によるものと假定する。Pを接手の傳達すべき外力とすれば、單位應力σは衝合接手と同様(1)式にて示される。

σ = P / Σ(al)

茲にlは末端の壺を除いた隅肉の長さである。銲接實施に當つては設計所要長へ壺の大きさとして、少くも喉厚に相當する長さを加へたゞけ銲接する。aは第17圖に示し



第17圖 隅肉銲接斷面

た喉厚であつて補強壺Δaは考慮に入れない。aは隅肉の形が直角二等邊三角形の場合、脚の大きさにより次表の値を有するが、實用上は a≐0.7 bとして差支へない。

第二表 隅肉銲接の喉厚 a = b / √2

Table with 2 rows of dimensions (b, a) in mm and 8 columns of values.

上記の計算に於ては剪斷應力が均一に分布せらるゝものと假定せるも、理論上からも又實驗の結果から見ても銲接の端部ほど大なる剪斷應力をうけ、隅肉銲接の破壊は常に一端より發生して漸次中央に向つて進む傾向を示してをる。且つ強度は銲接の長さ、大きさに比例して増大せず、寸法の小なるものほど大なる單位強度を現し、銲接の長さを或程度以上に大とする

も効果のないことが知られてをる。これに對して 1933 年獨逸銲接鋼構造物規格 DIN. 4100 の如きは、 $l < 40 \times a$ と制限してをる。

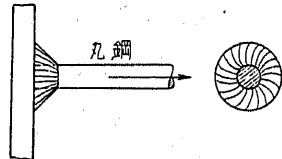
併しこの接手の破壊が上記の如く漸進的であることは一面に於て、この工法が相當靱性を有することを示すもので、この點では急激な破壊をなす前面隅肉に優つてをるとも考へられる。

本銲接の應力計算法に銲接各部の應力分布の相違、従つて變形の差を考慮したものもあるも、計算煩雜にして實用的ではない。

前面隅肉銲接 銲接線の方向が外力に直角の場合で、側面隅肉に比して應力分布は均等である、破壊は隅肉の喉断面附近に沿つて急激に起る、實驗の結果によれば其強度は、剪斷にて破壊するものと考へらるゝ側面隅肉よりは可成大である、この意味から前面隅肉の強度計算に喉断面に於ける引張應力を考へることがあるも、今日では側面隅肉と同様剪斷によるものとして取扱はれることが多い。従つて強度の計算式は側面隅肉銲接と同様の式にて示される。

$$\sigma = \frac{P}{\Sigma(al)}$$

l の算出に壺を控除すること、補強盛を無視することは他のものと同様である。



第 18 圖 丸鋼端の隅肉銲接

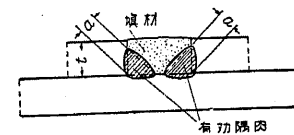
尙ほ第 18 圖の如き丸鋼端の前面隅肉銲接に對しては最小切斷面が喉断面にあらざる關係上、上式を其儘適用することは出来ない。

斜方隅肉銲接 前面隅肉銲接と側面隅肉銲接との中間に位するもので其強度計算は兩者に準ずる譯である。

各種隅肉銲接の混用 最も普通に用ひらるゝ組合せは第 12 圖に示せる前面隅肉銲接と側面隅肉銲接との混用である。前述の各隅肉銲接の計算式より見れば、混用の場合は各銲接の強度を合算すればよいこととなる。併し實驗の結果に現はれた事實から見ると、この方法は必しも妥當だとは云

へない。只今日この問題に對して満足すべき實用的の解決方法のないためと、設計簡單化の意味から、一般の手法として單なる合算法が用ひられてをる譯で、前面隅肉銲接に比して應力分布の均一性を缺いてをる側面隅肉銲接に對して、其長さを制限するが如きは幾分この方法の缺點を補ふものとも考ふべきである。又兩者の混用を出來得る限り避くる方針を採つてをる人もある。

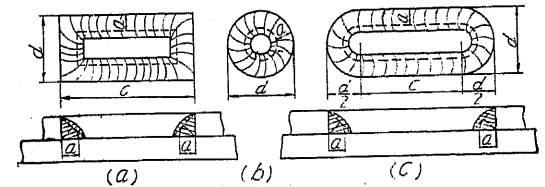
溝銲接、及切込銲接 これ等の強度計算に於ては第 19 圖に示すが如く、其有效銲接としては基本たるべき隅肉のみを考へ、溝又は切込みの填充材として銲着せられた部分は無視する。従つて喉厚の最大は $a = t/\sqrt{2} \approx 0.7t$



第 19 圖 溝銲接断面圖

となる。強度計算には、これが前面、側面又は斜方隅肉銲接等の組合なる關係上、既述の算式(1)を其儘使用すべきであるが銲接長 l の決定が困難である。よつて Σal

の代りに溝銲接又は切込み銲接の有効喉断面を展開するときの面積を採る。即ち第 20 圖にて



第 20 圖 矩形並に圓形溝銲接

(a) 矩形溝銲接の場合

$$\Sigma al = cd - (c - 2a)(d - 2a) = 2a(c + d - 2a) \dots \dots \dots (3)$$

(b) 圓形溝銲接の場合

$$\Sigma al = \frac{\pi}{4} \{ d^2 - (d - 2a)^2 \} = \pi a(d - a) \dots \dots \dots (4)$$

(c) 兩端圓形の溝銲接の場合

$$\Sigma al = 2ac + \pi a(d - a) \dots \dots \dots (5)$$

となる。

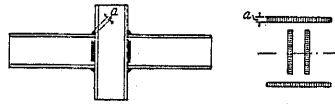
(B) 曲げモーメントと剪断力とをうくる接手

(a) 銲接面が桁の方向に垂直なる場合

第21圖及第22圖の如き桁の端、又は中間接手に於ける、剪断力と同時に曲げモーメントをうくる隅肉銲接に於ては、剪断力による單位應力 σ_2 は次式にて與へられる。

$$\sigma_2 = \frac{P}{\Sigma(al)} \dots\dots\dots(6)$$

1934年の獨逸銲接鋼建築物規格では $\Sigma(al)$ の算出には主として剪断力を傳達する部分のみを考へることゝなつてをる。例へば I 形、溝形鋼等にては腹部の銲接のみを計上する。又曲げモーメントによつて生ずる縁應力 σ_1 は次の値をとる。



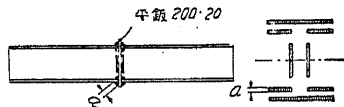
第21圖 桁の端接手

$$\sigma_1 = \frac{M}{Z} \dots\dots\dots(7)$$

而して兩者の合成單位應力 σ は

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \dots\dots\dots(8)$$

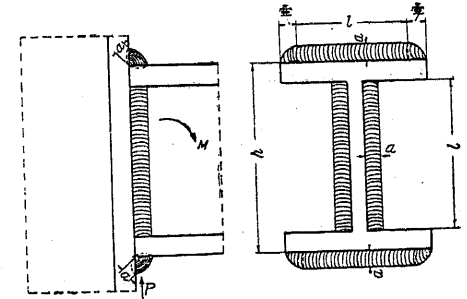
にて算出する、 σ_1 の算出に必要な断面係数 Z の値は喉断面について考へべきであつて、第23圖の如く喉断面を接合平面に倒寫して得らるゝ、喉厚 a を幅とする假想断面につきてこれを計算する。



第22圖 桁の中間接手

この場合の σ の値は許容剪断強度以下たるべきである。

飯桁腹銲接手の如き剪断力と曲げとをうくる點に用ひらる銲合接合に對し、1934年の獨逸銲接鋼建築物規格にては次の如く定めてをる。



第23圖 桁端接手詳細圖

1) 接合部に作用する最大剪断力 Q による剪断應力 σ_2 は許容剪断強度以下たるべきこと、即ち

$$\sigma_2 = \frac{\text{最大 } Q}{ah_s} \leq 0.65\sigma_{sz} \dots\dots\dots(9) (\text{\$6 参照})$$

2) 接合部に作用する最大曲げモーメントを最大 M 、全断面の二次モーメントを I 、腹銲高を h_s とし、

$$\sigma_1 = \frac{\text{最大 } M}{I} \cdot \frac{h_s}{2} \dots\dots\dots(10)$$

とするとき

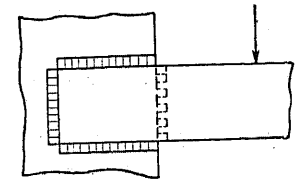
$$\sigma = \frac{\sigma_1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_1^2 + 4\sigma_2^2} \leq 0.75\sigma_{sz} \dots\dots\dots(11) (\text{\$6 参照})$$

たること。

引張突縁又は其一部が腹銲と同一箇所にて接合せらるゝ場合は、突縁端の銲合銲接の有無に拘らず、其斷面積に該當した添接銲を別に用ふるを可とする。

(b) 銲接面が桁の方向に平行なる場合

第24圖の如く桁端が前面又は側面隅肉銲接或はこれ等の組合せにて接合せられたる場合である。



第24圖 桁端四方隅肉銲接

今第25圖の一對の側面隅肉銲接が偏

心荷重 P を受くるものとし、

P : 荷重

e : 荷重の偏心

Σl : 銲接長の總和

l_1 : 側面銲接の長

l_2 : 兩銲接の間隔

a_0 : 銲接の中心より單位距離にある

假想銲接の單位長の應力

r : 銲接の任意の點の銲接中心よりの距離

ΣI_r : 各銲接線の極二次モーメントの和

とすれば、銲接が荷重 P による剪斷力を均等にうくるものと假定するとき、これによる單位長當りの剪斷應力 σ_2 は次の値をとる。

$$\sigma_2 = \frac{P}{\Sigma l}$$

又銲接の任意の點 A の長 dx がモーメントのためにうくる應力は r に比例するが故に其大きさは $a_0 r dx$ にて示され、これの有する抵抗モーメントは $a_0 r^2 dx$ となる。

従つて

$$Pe = \Sigma \int a_0 r^2 dx = a_0 \Sigma \int r^2 dx = a_0 \Sigma I_r$$

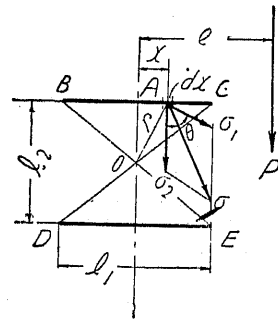
$$\therefore a_0 = \frac{Pe}{\Sigma I_r} \dots \dots \dots (12)$$

依つて任意の點 A の曲げによる單位長の應力 σ_1 は

$$\sigma_1 = \frac{Pe}{\Sigma I_r} r \dots \dots \dots (13)$$

となり、剪斷力並に曲げによる合成應力 σ は

$$\sigma = \frac{P}{\Sigma l} \sqrt{1 + 2 \frac{\Sigma l e r \cos \theta}{\Sigma I_r} + \frac{e^2 (\Sigma l) r^2}{(\Sigma I_r)^2}} \dots \dots \dots (14)$$



第25圖 横二方隅肉銲接

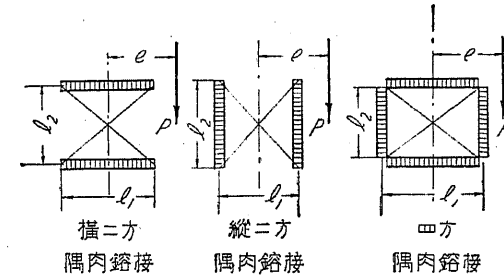
然るに $\cos \theta = \frac{a}{r}$ なるが故に

$$\sigma = \frac{P}{\Sigma l} \sqrt{1 + a + a^2 \beta} \dots \dots \dots (15)$$

$$\text{茲に } a = \frac{2xe \Sigma l}{\Sigma I_r}, \quad \beta = \frac{r^2}{4x^2}$$

最大應力を發生すべき點は O より最大距離の點にして第25圖の場合では銲接線の端部 B, C, D, E , 等である。これ等最大應力發生點につきての a, β 等は銲接の配置によつて、次表の如き値をもつ。

第三表 二方並四方隅肉銲接 a, β 表



銲接種類	Σl	a	β
横二方隅肉銲接	$2l_1$	$\frac{12 \cdot e \cdot l_1}{3l_2^2 + l_1^2}$	$\frac{l_1^2 + l_2^2}{4l_1^2}$
縦二方隅肉銲接	$2l_2$	$\frac{12 \cdot e \cdot l_1}{3l_1^2 + l_2^2}$	$\frac{l_1^2 + l_2^2}{4l_1^2}$
四方隅肉銲接	$2(l_1 + l_2)$	$\frac{12 \cdot e \cdot l_1}{(l_1 + l_2)^2}$	$\frac{l_1^2 + l_2^2}{4l_1^2}$

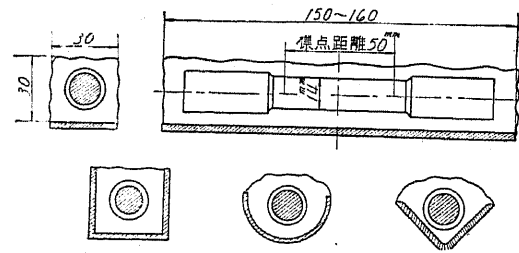
5. 銲接の強度並に其試験方法

銲接の強度は電極棒の種類、銲接工の技術、銲接工法の相違、母材の種類、銲接機の優劣、使用電圧電流の適否等の要素に支配せられ、これを一様に論じ難きも、鋼構造用軟鋼に使用する目的にて製作せられ、後述すべき規格に適合する電極棒にて得らるゝ強度は大體以下述ぶるが如き程度である。

(A) 銲着鋼の強度 銲着鋼強度と稱するは銲合、又は隅肉等の銲接接合として、銲着せられたるものに非ずして、銲着鋼其者の性質を試験せんがために特に盛り上げた銲着鋼より、削成したる試験片について求めた強度を云ひ、普通引張試験が行はれてをるが、必要によつては硬度、衝撃試験等が行はれる、又最近では銲着鋼の靱性が重要視されてきた關係から、繰返應力試験が盛んに行はれてをる。

普通銲着鋼の強度を試験するのは電極棒の検定を目的として行はれることが多い。

引張試験片の製作はこれを大體2種に分類することが出来る。1つは第26圖に示すが如き厚3~4mm程度の平銲、溝形銲、半圓銲又は山形鋼上に幅、厚共に約30mm、長約160mmの銲着鋼を盛りあげ、これよりJES第四號引張試験片



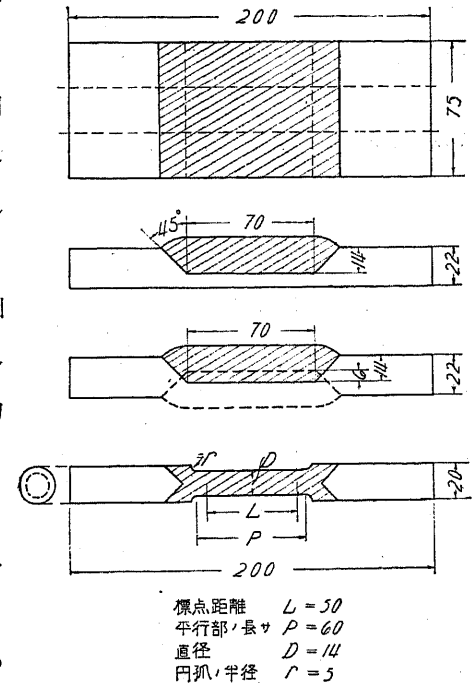
第26圖 銲着鋼引張試験片(其一)

片を削成する。銲着鋼の盛り上げは平銲使用のとき3ビード、6層盛位を普通とし、各層毎に表面に生ずる銲滓其他を清掃する必要があり、孰れの場合にも底銲の組織が銲着鋼に混入する恐れがあるから、試験片の削成に當つてこの點に留意する必要がある。組織混入の憂は平銲使用の場合に最も少い。

第2の方法は第27圖に示すが如く、厚22mm、巾75mm、長約200mm程度の軟鋼板をとり、其中央部の片面を深さ約14mm削り取り、この部分に銲着鋼を填充したる後、其裏面を再び前同様に削り取りて銲着鋼を置きたる鋼板を適當なる寸法の數片に切り離し、これ等よりJES第四號引張試験片を削成するものである。この方法に於ても母材組織の混入についての充分なる注意が必要であり、母材の選定も又一要件となる。

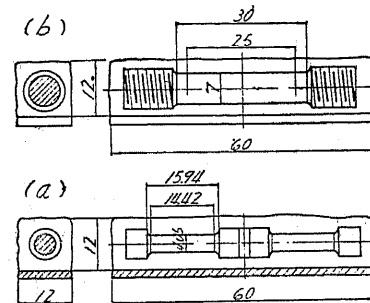
片を削成する。銲着鋼の盛り上げは平銲使用のとき3ビード、6層盛位を普通とし、各層毎に表面に生ずる銲滓其他を清掃する必要があり、孰れの場合にも底銲の組織が銲着鋼に混入する恐れがあるから、試験片の削成に當つてこの點に留意する必要がある。組織混入の憂は平銲使用の場合に最も少い。

これ等兩方法ともに其試験片の作成には可成の費用と時間とを要し、實用上不便を感ずることが多い。殊に後者は銲接作業が2回に行はねばならぬことを一大缺點とする。この問題はすでに各方面にて論議せられてをることであるが、著者はこれが對應策として小型試験片による引張試験を採用してをる。第28圖はこれに使用する試片2種を示したもので、孰れも幅、厚共に約12mm、長約60mmの銲着鋼より、(a)は2つ取り、(b)は1つ取りするものである、前者はHounsfieldのTensometerを使用して試験するもの、後者は3tonの引張試験機にて試験するものである。



第27圖 銲着鋼引張試験片(其二)

銲着鋼の盛上げは3~4mmの電極棒を用ひ2ビード、3~4層盛とする。これに要する電極棒の使用量は、第26圖の場合の約1/18にて足り、作業時間は1/6程度にて充分である。



第28圖 小型引張試験片

著者の實驗の結果では斷面の縮少は強度に殆ど影響なく、標點距離 l と直径 d との關係を第四號試験片の如く $l/d=3.56$ にとるとき、第四號試験片による伸率と同様の値を得ることが出来る、第28圖に示す標點距離は斯くの如くにし

て決定せる長さである。

小型試片に對しこれの包含する氣泡の影響が大型試片の場合より大なるべしとの非難あるも、この點は試片中に氣泡の包含せらるゝ機會が大型試片に於て遙かに大なることゝ相殺するものと信ずる。

此等の方法による軟鋼用銲着鋼の引張試験成績を擧ぐれば第四表の如くである。

第四表 銲着鋼引張強度表

(第1號~第10號は第26圖, 第11號~第19號は) 第27圖類似の試験片を使用しての成績である)

番 號	直 徑 (mm)	標 點 距 離 (mm)	降 伏 點 強 度 (kg/mm ²)	引 張 強 度 (kg/mm ²)	伸 率 (%)	電 極 棒 種 類	銲 接 機	備 考
1	14.0	50	37.0	47.6	15	K K 被覆棒	交 流	孕石博士に依る
2	"	"	38.3	49.7	15			
3	"	"	38.3	49.0	16			
4	"	"	38.3	46.1	14			
5	"	"	34.6	40.7	24	自 製 No. 5 被覆棒	交 流	石川島造船所
6	"	"	36.7	42.7	22			
7	"	"	37.0	41.4	17			
8	"	"	36.1	41.5	12.2	被覆棒	交 流	海軍記録某造船所
9	"	"	35.5	43.7	18.5			
10	"	"	32.3	37.8	16.1			
11	10.15	"	—	42.6	—	G, E 製 F 型 裸 棒	直 流	鐵道省檢山川橋梁、横河橋梁會社
12	10.2	"	—	44.5	16.2			
13	"	"	—	45.2	17.2			
14	14.0	"	25.0	43.1	24.6	G, E 製 F 型 裸 棒	直 流	横濱瑞穂橋横河橋梁會社
15	"	"	25.1	43.1	26.4			
16	"	"	25.1	43.4	30.4			
17	14.05	"	—	40.3	19.0	ア-コ ス、ノ-メ ンド	直 流	横濱瑞穂橋淺野造船所
18	14.04	"	—	40.9	18.6			
19	14.09	"	—	40.8	19.0			

これ等の試験成績より見て今日相當信用ある製作所にて、慎重に製作されたる電極棒を使用するとき、軟鋼銲接用として引張強度 40kg/mm²、伸率 15%以上の銲着鋼を得ることは左程困難ではない。而して各方面の規格中にてこの銲着鋼の強度を規定せるものは比較的少數なるも、其 1, 2 の例を擧ぐれば第五表の如くである。尙これ等の數値を見るに當つては各規定の對照物たる構造物に使用せら

るゝ軟鋼の標準強度の相違を考慮されたい。

第五表 銲着鋼引張強度規格

規 格	B. C. *1	L. R. *2	佛國銲接橋造物規格*3	銲接研究會案
引張強度(kg/mm ²)	41	39	38及45	39
伸 率 (%)	16	18	15及12	16
*1 British Corporation Register of Shipping and Aircraft.				
*2 Lloyd's Register of Shipping. *3 AC-42 及 AC-54 に對し				

(B) 銲着鋼の比重、硬度、衝擊試験、其他 鋼の比重が7.85~7.87

なるに對し、銲着鋼の見掛けの比重はこれに含有さるゝ氣泡、銲滓等のために幾分輕減されることは止むを得ない、従つて其見掛けの比重を測定して銲着鋼の良否を判斷する場合がある、見掛けの比重 7.65 以上即ち鋼の比重 7.85 に對し氣泡率 2.5% (銲滓なきものとして) 以下の銲着鋼ならば先づ良好なる性質を有するものと認めて大過ない。

銲着鋼の硬度を指定せる規格は殆んどないが、最近銲接部の硬度分布等の測定結果の報告されるものが多い、硬度の測定にはブリネル又はロックウエル式が用ひられる、銲着鋼硬度測定の数例を第六表に示した。

第六表 銲着鋼硬度

番 號	引張強度 (kg/mm ²)	伸 率 (%)	硬 度		施 行 箇 所
			測 定 器	硬 度	
1	40.67	24	ブリネル	124	石川島造船所 (中村氏に依る)
2	41.65	29	"	133	"
3	41.95	21	"	135	"
4	41.00	13	ロックウエル	73~80	大阪工業大學 (岡田氏に依る)
5	41.44	11	"	70~78	"
6	41.92	7	"	72~80	"
7	50.12	4	"	87~92	"
8	50.99	3	"	90~105	"
9	52.22	4	"	86~100	"

銲合接合部の銲着鋼の硬度は其部分々々にて其値を著しく變化する、これは各

層毎に銲接熱の高低、冷却速度の遅速に左右される結果であつて、多く最高硬度は表面に近い部分に存する。

銲接が追々高い衝撃荷重をうける接手部に使用せらるゝにつれ、銲着鋼の衝撃値が論議せらるゝに至つた。これの測定にシャープビー式を可とするか、アイゾット式を可とするか今日未だ定説がない、日本海軍関係の技術者間では後者を支持する向きが多い。第七表は衝撃試験成績の數例を示したもので、孰れも焼鈍を行はざる場合の數値である。

第七表 銲着鋼衝撃値

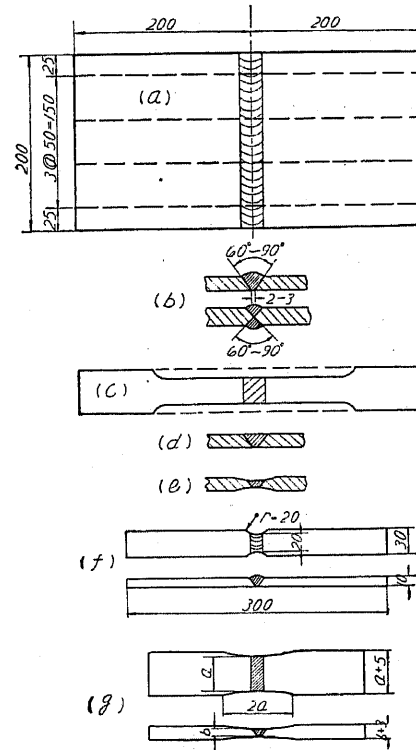
番號	試片寸法 (mm)	衝 撃 値		施 行 箇 所
		型式	衝擊値 (kg/cm ²)	
1	10×10×60	シャープビー	6.5	アークス社
2	10×10×60	"	7.0	"
3	10×10×55	"	4.77	早稲田大學(鶴田氏に依る)
4	10×10×55	"	5.24	"
5	10×10×55	"	3.45	"
6	10×10×75	アイゾット	3.0	大阪帝大 (岡田氏に依る)
7	10×10×75	"	4.8	"
8	10×10×75	"	3.2	"

これ等の數値を軟鋼の衝撃値に比べると著しく低いことが知られる。

(C) 衝合銲接の強度 銲着鋼の試験と異り、後述すべき隅肉銲接の試験と共に、接合部の強度の決定又は銲接工の技術検定等の場合に行はるゝ試験である。試片の作成法、試片の形状等規定によりて幾分其趣きを異にするものあれども大體に於て大同小異である。第29圖は其一例を示したもので長20cm、幅20cm(試片3枚取りの時)又は30cm(試片5枚取りの時)のもの2枚を長手の方向に衝合銲接する(a圖)、鋼厚は9mm又は12mm場合によりては16mmを用ひ、12mm以下のときV接ぎ、12mm以上のときX接ぎとなす(b圖)。銲接を終りたる試料は(a圖)點線の如くに3片又は5片の試片に切斷し、これをJES鋼板引張試験片に準じたる形状に形成し、銲接部は(d圖)の如く

平らに削成する。銲接の施工法は其試験の目的に應じ、下向、横、縦、上向孰れかの方法にする。

本試片の缺點は銲接部の強大なとき切斷が母材に起り銲接部の強度試験とならざることである。これを防止す



第29圖 衝合銲接強度試験片

るために銲接部を(e圖)の如き厚さの方向に弧形に削成する場合と、(f圖)の如く幅を弧形に漸變せしむる場合と、(g圖)の如く厚さ幅共に漸變せしむる場合とあり。孰れの方法も弧形の半径を相當大ならしむるにあらざれば、應力の均等分布を期待すること困難である。

試験の目的が銲接工の技術検定であるならば、銲接部の強度が所定の値を越したことが解ればよいのであるから切斷が母材に起つたところで何等差支へなく、極端の場合は所定の荷重まで載荷して切

斷しなければそれで及第で、それ以上試験を進める必要もないわけである。

試験の目的が衝合銲接の強度を求めるものであれば、試片の銲接部に於ける切斷が絶対に必要である、このためには前掲の如く試片銲接部の断面を縮小せしむるか、又は豫想銲接強度以上の強度を有する母材を使用するか、孰れかの方法を取らねばならぬ、後者は母材の材質が銲接の強度を支配することの著しさを考ふるとき全然試験の目的に反するもので、母材としては製作せらるゝ構造物に使用するものと同一のものを使用することが原則だと信ずる。従つて試片の形状とし

ては第29圖(f), (g)の如く銲接部に弧形を附したるものを使用するのほかないこととなる。然らばこれ等の試片から求めた強度から眞の銲接の強さを如何にして判断したらよいか、このためには試片のもつ弧形による縁邊の應力集中が、試片の平均強度を如何なる程度に減ずるかを確めることが必要となるが、今日まだこの問題について充分なる検討が行はれてをらぬ。

此等の方法を用ひて行はれた銲合銲接強度試験成績の數例を、其銲接工法別に示せば第八表の如くである。

第八表 銲合銲接強度表

(下 向 銲 接)

番號	銲接寸法 厚 (mm) 幅	引張強度 (kg/mm ²)	電 極 棒	銲 接 機	試験施行箇所
1	10×88	46.8	極工社 K 號	交流	住友ビルディング
2	10×38	41.2	"	"	"
3	10×38	41.4	"	"	"
4	8.4×50.22	44.3	自製 4mm No.5	"	石川島造船所
5	8.35×50.22	45.6	"	"	"
6	11.7×34.5	40.1	内地製被覆棒	直流	横河橋梁會社
7	11.6×34.7	38.5	"	"	"
8	11.4×34.8	45.7	"	"	"
9	10.25×40.0	41.0	G.E製 F 型被覆棒	直流	鐵道省檜山川橋梁
10	10.2×39.5	39.1	"	"	"

(堅 銲 接)

番號	銲接寸法 厚 (mm) 幅	引張強度 (kg/mm ²)	電 極 棒	銲 接 機	試験施行箇所
1	10×38	37.9	極工社 K 號	交流	住友ビルディング
2	10×38	37.1	"	"	"
3	10×38	42.5	"	"	"
4	8.7×50.15	45.4	自製 4mm No.5	"	石川島造船所
5	8.5×50.7	42.0	"	"	"

(上 向 銲 接)

番號	銲接寸法 厚 (mm) 幅	引張強度 (kg/mm ²)	電 極 棒	銲 接 機	試験施行箇所
1	6×—	40.4	被覆	交流	某造船所

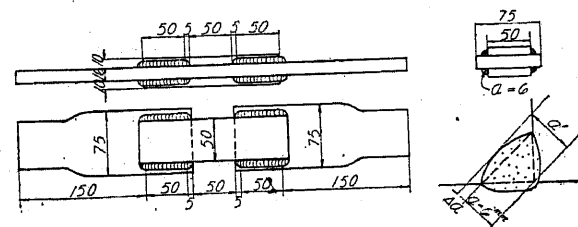
2	6×—	38.9	被覆	交流	某造船所
3	"	39.7	"	"	"
4	8×—	46.8	"	"	某ドック會社
5	"	44.9	"	"	"

此等の試験結果より按ずるに、今日軟鋼用の銲合銲接引張強度としては 38kg/mm² 程度を採ることは決して無理でないと考えられる。各國の主なる規格の定めてをる強度は第九表の如くである。尙これ等の値は構造物に使用される母材の標準強度の差によつて變動すべきものである。

第九表 銲合銲接引張強度規格

規 格	B.C. L.R.	佛國銲接 ^標 造物規格 ^{*1}	DIN.*2	日本海軍	海軍協會
引張強度(kg/mm ²)	41	37	34及43	37及52	38 39
*1	34 は AC-42, 43 は AC-54 に對する規格。				
*2	DIN. 4100. Vorschriften für geschweisste Stahlbauten, 37 は St 37, 52 は St 52 に對する規格である。				

(D) 側面隅肉銲接の強度 試片の形狀は各規格とも大同小異である、第30圖はもと1933年の獨逸銲接鋼構造物規格の指定してをつた試片の寸法を示したもので、4個の鋼板を圖示の8側面隅肉銲接にて組立てをる、銲接長50mmの中には壺の部分を含めぬことになつてをり、試験は補強盛をつけたまゝにて行ひ、 a' の喉厚に對して剪斷強度を算出することに定められてをる。他の多くの規格は隅肉を正しく三角形に削成し、壺の部分も削り去る様に規定してをる、獨逸流の方法は銲接試片製作の後直ちに試験を行ひ得る便はあるが、隅肉の形狀を仕上げたものほど正確な結果は得難い、又銲接表面の凹凸が切り欠き作用を起す懸念がある、このためか DIN. 4100 (1933年) では所要剪斷強度を 24kg/mm² にしか取つてをらぬ。



第30圖 側面隅肉銲接強度試験片

抑もこの側面銲接の

試験は銲接部に於ける應力の分布が均等でなく、端部ほど大なる應力をうけ、其不均等の割合が $\frac{l}{a}$ の大となるほど著しいために、切斷面の平均強度にて示される試験結果は、試片の形状寸法によつて著しい差異を生ずるの缺點がある、これ等の理由によるためか 1934 年の獨逸銲接鋼建築物規格は銲接工の檢定にこの試験を行ふことを廢止してをる。

隅肉銲接を削成したる試片につきて求めたる側面隅肉銲接剪斷強度の實例を示せば第十表の如くである。

第十表 側面隅肉銲接剪斷強度表

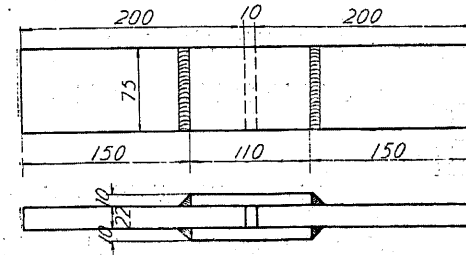
番號	隅肉寸法		剪斷強度		工法	電極棒	銲接機	施行箇所
	脚(mm)	總長(mm)	(kg/mm)	(kg/mm ²)				
1	8	200	172	30.4	下向	内地製被覆棒	直流	滿鐵川崎埠頭昇開橋
2	"	"	181	31.9	"	"	"	"
3	"	"	177	31.2	"	"	"	"
4	7	"	210	42.4	"	"	"	"
5	"	"	214	43.3	"	"	"	"
6	"	"	216	43.5	"	"	"	"
7	9	"	227	35.6	"	G.E製F型	"	鐵道省榆山川橋梁
8	"	"	232	36.6	"	"	"	"
9	7	320	197	39.0	"	"	"	"
10	"	"	205	41.5	"	"	"	"
11	9	250	192	30.2	上向	"	"	"
12	"	"	199	31.2	"	"	"	"

これによつて見るに、今日本邦の銲接技術に於て、脚長 7~9mm にて、長さ 4×50=200mm の試験片を用ふれば側面隅肉剪斷強度を 30kg/mm² と指定することは決して無理のないところと考へられる。尙各國の諸規格の要求してをる剪斷強度を示せば第十一表の如くである。

第十一表 側面隅肉銲接剪斷強度規格

規 格	G.L.	L.R.	A.B.W.
剪斷強度(kg/mm ²)	27	35	30.8

(E) 前面隅肉銲接の強度 前面隅肉銲接の設計計算にては今日破壊の起る喉斷面に於て剪斷應力が作用するものとして取扱つてをるが、事實に於ては引張應力が働くと考へる方が正しい。この引張強度の試験方法は前掲の諸強度の



第31圖 前面隅肉銲接強度試験片(其一)

試験方法に比較して見ると甚だ不統一であつて、各國勝手な方法を用ひてをる。

第31圖に示すものは米國流のもので、2枚の鋼板に兩側より添接板をあて、これ等の小口に前面隅肉銲接を施し、隅肉を

正しく仕上げてをる、第32圖は佛獨流のもので1枚の平板を2枚の鋼板にて挿し挟み十字形となし、4箇所隅肉銲接を行ひ、これを縦に切斷して數個の試片をとつてをる(銲接工檢定試験用)、第33圖は重銲接による英國流のものである。

第十二表は前面隅肉試験の成績の數例を示したもので、大體側面隅肉の10~25% 増の強度を示してをる。

第十二表 前面隅肉銲接強度表

番號	隅肉寸法		引張強度		備 考
	脚(mm)	長(mm)	(kg/mm)	(kg/mm ²)	
1	6	35.0	131	31.0	早稲田大學(鶴田氏による)第32圖類似の試片使用
2	6	35.0	132	31.1	
3	6.1~6.3	34.8	243	39.3	
4	6.1~6.5	34.8	290	46.1	横濱瑞穂橋 横河橋梁會社)第31圖の試片使用
5	6.2~6.4	35.0	334	52.9	

試片1及2號と同時に付いた隅肉銲接剪斷試験の強度は平均 28.2kg/mm² を示してをる、最近の銲接強度に比して幾分低すぎる感がないでもない。

外國規格にてこれが強度を指定してをるものは、1934年の獨逸銲接鋼建築物規格の St. 37 に對し 26kg/mm²、St. 52 に對し 39kg/mm²(喉斷面の計算には第30圖

の α' を用ふ)、佛國銲接構造物規格が AC-42 に對し 28 kg/mm²、AC-54 に對し 38 kg/mm²、G.L. 規格が 28 kg/mm² 等である。

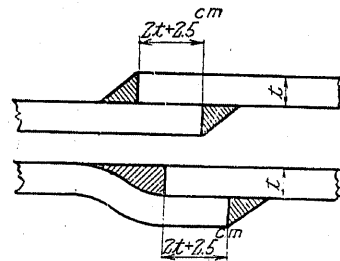
(F) 曲げ試験 銲着鋼の靱性を知らんがために行はるゝ試験で、電極棒

の檢定に際しては缺くべからざるものなるも、其試験方法は區々として一定せず、各國とも独自の方法を用ひてをる。

第34圖は米國流の試験片の一例を示したもので、厚(t)6mm以上の鋼板長約75~100mmのものを(a)圖の如くV接ぎにて接合する。鋼の幅は

3t以上とす、接合後(b)圖に準じて四面を削成し、銲着鋼上に $G=2t$ (但し $t=13\text{mm}$ 以上のときは $G=26\text{mm}$)

の標點を刻したる後、試片の約1/3點を約10°萬力其他の方法にて屈曲したる後、両端より徐々に壓縮力を加へ、銲接外面へ龜裂の發生と共に加壓を止め標點の伸びを測定する(龜裂幅は除外す)、この方法による伸率は20%以上とされてをる。



第33圖 前面隅肉銲接強度試験片(其三)

第35圖に示せるものは1933年獨逸銲接鋼構造物規格の曲げ試験片で、第29圖の(a)

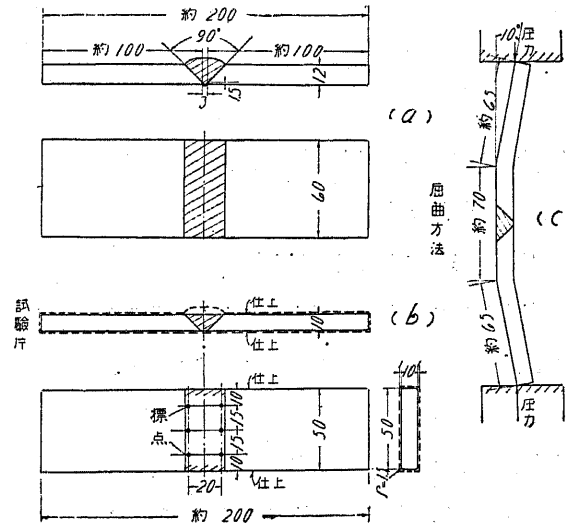
圖と同様の方法にて長300mm、厚10mmの鋼2枚を衝合銲接し、これより第35圖指示の幅35mmの試片を切斷し、これを圖示の方法にて彎曲する。この場合何種の鋼材たるをとはず外側に龜裂を發するまでに50°以上曲げることが出來ねばならぬ事になつてをる。

L.R. では銲着鋼にて斷面積1/4 in²の圓形斷面試片を作製し、これを内徑2吋にて120°屈曲して裂疵を生ぜざることを規定してをり、B.C. 規格はL.R. と

同一試片にて屈曲半徑を試片直徑の2倍と定めてをる。尙 B.C. 規格にはこの外に第33圖の隅肉銲接による丁字形曲げ試験片の脚を水平フランジと平行となるまで屈曲せしめ、銲接部に龜裂の生ぜざることを要求してをる。

(G) 銲接接手の疲限度 高い反覆應力をうくる構造物接手への銲接應用が進むにつれて、

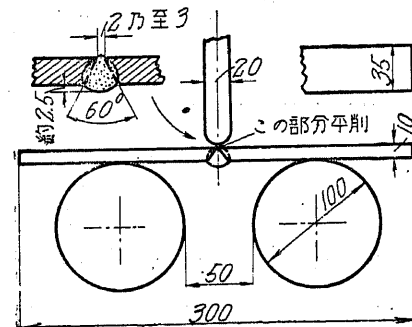
銲接接手の疲限度、殊に接手の種類によるこの優劣が問題視されて來た。今日では未だ一般銲接接手としては隅肉銲接を用ふる方が衝合銲接よりは信頼出来るものと考へられてをる。これは多く靜荷重による破壊試験の



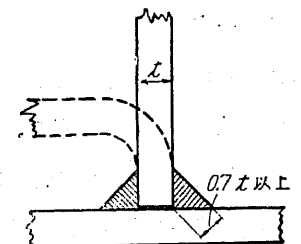
第34圖 曲げ試験片(其一)

結果に基いた觀念であつて、この觀念は最近に至つて各方面での疲試験にあらはれた結果から幾分變化しつゝある様に考へられる。即ちこれ等の疲試験にては多

く隅肉銲接に比して衝合銲接の優秀さを裏書してをる。



第35圖 曲げ試験片(其二)



第36圖 曲げ試験片(其三)

併しこの問題は未だ研究中の事項であつて、其結論に至るには尙相當の年月を要するであらう。

Otto Graf 氏の實驗に於ては、銲接部を削成せざる表面凸凹の衝合接手の疲限度は僅かに 10 kg/mm^2 を示したに過ぎなかつたが、この原因として Graf 氏は次の諸項を擧げてをる。

- (1) 底部に於ける銲込みの不充分。
- (2) 施工の不手際、過大なる補強盛による切込み作用。
- (3) 疲破壊の原因たるべき銲着鋼内の銲滓、氣泡の含有。
- (4) 銲接部の壺による切込み作用。
- (5) 電極棒の不適當に基因する過度に硬き銲接。

同氏はこれに對する對策として、衝擊反覆荷重をうくる構造物にては必ず裏面よりも銲接を行ふこと、電極棒の運びはゆるやかに一樣に行ひ、銲接表面の仕上りを出來うる限り滑かならしむること、銲接作業は出來うる限り優秀なる銲接工に當らしめ銲滓、氣泡含有の憂なからしめ、壺は必ず所要断面外に置くこと、電極棒の選定には充分なる注意を拂ひ銲着鋼の伸率を出來うる限り母材の夫れに接近せしむること等を力説し、この種の構造物に用ひらるゝ銲接衝合接手の疲限度は少くも 15 kg/mm^2 を必要とすると唱へてをる。而して最近報告せらるゝ諸實驗の結果は多くこの程度の疲限度に達してをり、あるものは遙かにこの數値を凌駕してをる。これに對し Graf 氏の發表してをる隅肉銲接の疲限度は $8 \sim 10 \text{ kg/mm}^2$ の程度を出でない。

然るに一方 Bierret 氏等の實驗にては側面隅肉銲接の疲限度の低き理由は其端部に於ける應力集中によるものであつて、この應力集中は銲接端部の耳削りによつて輕減することが出来る、即ち其疲限度は傾斜角 45° の耳削りにて約50%増加し、角度 30° とならば更に一層増大せしめ得べしと稱してをる。

又構造物接手の疲限度は部材に豫め作用してをる靜荷重に影響せらるゝことが甚だ大なりと云はれ、道路橋の如く橋床部による靜荷重の大なるものは反覆荷重

に對して常に高い安全性を持ち、鐵道橋の如く動荷重に對して靜荷重の輕き構造物にてはこの點に大なる不利があると云はれてをる。

更に又衝擊荷重に對する特性から見ては、銲接トラス橋として不靜定構造例へば複斜材を有するトラス或はラーメンの類を可なりとするの説を稱ふるもの多く、特にフィーレンデル型の適應性が高稱せられ大陸殊に白耳義方面にての應用が盛んである。同框は普通トラスの如く副應力の憂なきこと、形の簡單なること、現場接手施工の容易なること等が推稱せられてをる。

6. 銲接の許容應力

設計に用ふる許容應力の大小は構造物の種類によつて異なるべきは當然であるが、同一構造物についても、例へば橋梁について考ふる場合でも設計荷重の定め方、並に其載荷方法、衝擊の計算法等によつて其都度相違すべき性質のものである。従つてこゝに諸規格の指示してをる許容應力のみを羅列するも何等の意味をなさないのであるが、許容應力がどの位に定められてをるかの概念をうるために、著名銲接規格に於ける許容應力を第十三表に掲げた。各規格の荷重のとり方、衝擊の計算方法等については後節に於て述べることにする。

第十三表 銲接接手許容應力表

銲 接 型 式 應 力 の 種 類	衝 合 銲 接					隅肉銲接	備 考
	引張	壓縮	曲 げ		剪 斷		
			引張側	壓縮側			
(1) 1933年獨逸銲接鋼 構造物規格	$0.7E\sigma_{sz}$	$0.85\sigma_{sz}$	$0.7\sigma_{sz}$	$0.85\sigma_{sz}$	$0.65\sigma_{sz}$	$0.65\sigma_{sz}^{*1}$	σ_{sz} は母材許容引張強度 *1 前面、側面、隅肉とも其應力の種類を問はず、 *2 前面側面共
(2) 米國鐵道協 會銲接鋼構 造物規定	(kg/cm^2) (13,000)	1,055 (15,000)	914 (13,000)	1,055 (15,000)	74 (11,300)	794^{*2} (11,300)	
(3) 佛國銲接建築及橋 架施工規格 (19.4)	$0.7\sigma_{sz}$	$0.9\sigma_{sz}$			$0.6\sigma_{sz}$	$0.6\sigma_{sz}$	工場銲接
	$0.6\sigma_{sz}$	$0.8\sigma_{sz}$			$0.5\sigma_{sz}$	$0.5\sigma_{sz}$	現場銲接
(4) 銲接研究會 示力書案 (kg/cm^2)	900	1,000	900	1,000	700	700	工場銲接
	700	800	700	800	600	600	現場銲接

(1) の規定にては衝合銲接と隅肉銲接との混用の場合は、衝合銲接の許容應力は隅肉銲接のものと同様に採ると定めてをる。又上向銲接の如き施工困難なるものに対しては許容應力を低減すべきものとなつてゐる。又 1934 年の獨逸銲接鋼建築物規格では (1) と同様の許容強度を採つてをるが、只曲げに對しては引張、壓縮共 $0.80 \sigma_s$ となつてをり、これ等許容強度は但書により實地試験の上監督官廳の許可があればより大きな値を採つても差し支へないことになつてをる。(2) の規定にては風應力が他の應力と合算されるとき許容應力は 25% 増とすることに定められてをる。又 (3) の佛國規格では上向銲接にては上記の値を 30% 減ずることになつてをる。