

溶接鋼橋 (二)

青木 楠 男

第三章 一般細部構造

7. 設計方針 溶接細部構造設計に際して先づ念頭に置かねばならぬ事柄は、決して従来の鉚結細部構造の様式に捕はれず、出来る限り溶接の特異性を發揮せしむることに努力することである。一例を挙げるとすれば、鋼橋の直交又は斜交接合の場合、溶接によれば山形鋼なしに自由に溶着することが出来る、又桁類にては突縁鉚と腹鉚とを直接接合しようが故に、山形鋼を使用する鉚結に比して遙かに其慣性能力を大ならしむるに便である。又隅鉚との結連に切込溶接を使用すれば、圓形断面或は丁字形断面部材を容易に應用する事が出来る。

第二の重要點は細部構造の決定に際して常にこれが施工の難易を考慮することである。完成せる構造物の良否が其作業の善悪に左右せらるゝこと極めて大なる溶接構造物にては、各部分の溶接作業を出来る限り容易ならしむる様設計せらるべきである、接合點には作業に必要な空間を常に存し、溶接箇所への接近を容易ならしむること、溶接の種類では下向溶接を主とし、堅横溶接はなるべく避け、上向溶接は萬止むを得ざる場合のほかに使用すべきでない。次の問題は溶接

部のうくる應力である、應力の傳達を目的とする主要部材接合點の銲接は應剪力又は應壓力（外力を傳達する様に設計せらるべきで應張力又は彎曲の作用することは絶対に避けねばならぬ、但し副部材及桁端の接合にはこの限りでない。又構造物の各部材の重心線を構造物の構成基本線に一致せしむべきは銲結構造物の場合と同様であるが、更に連結部の銲接の重心が部材断面の重心線に合致する様工夫せらるべきである。

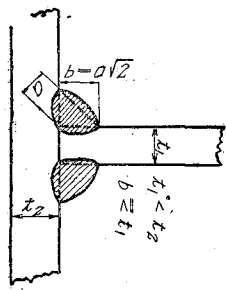
8. 銲接の寸法 隅肉銲接の大きさは銲着鋼断面内に描かれる最大等邊直角三角形の邊長（脚と稱す）にて示す、而してこの脚 b は萬止むを得ざる場合のば第 37 圖の如く銲接せらるゝ、鋼の最小厚 t 、又はこれ以下とするのが常法であり又隅肉の形は特に指定せざる限り等邊三角形とする。

衝合銲接の大きさは補強盛を除いた喉厚にて示す。（第 8 圖参照）
補強盛の高さは衝合接合にては V 接ぎ X 接ぎのとき最小鋼厚の約 20% 單斜接ぎ、複斜接ぎにては約 12.5% 隅肉銲接にては喉厚の約 20% を標準とする。

銲接の長さとは其一連續長を稱し盛は除外する、従つて隅肉銲接施工の場合には設計長のほかに盛のために 5~10mm 餘分に銲接する、全幅衝合銲接の場合はこの限りでない。

隅肉銲接の最小長は脚の 4 倍又は 40 mm 程度を限度とし、これ以下のものは應力の傳達を目的としては使用しない。又側面隅肉銲接では喉厚の 40 倍以上の長さを有するものは有効でない。

孔銲接又は切込銲接に於て孔又は切込みの幅は、銲接施工に際して電極棒が孔又は切込の反對側の角（第 38 圖 A 點）

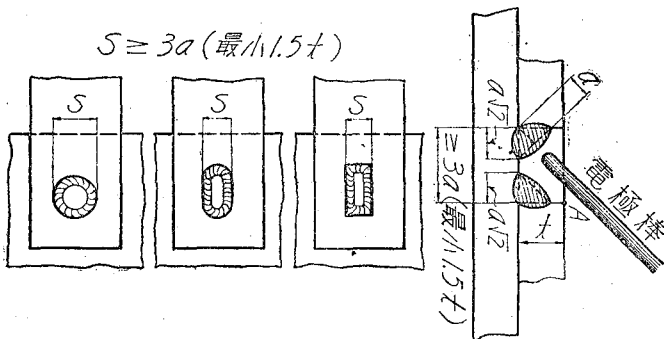


第 37 圖 隅肉銲接寸法

に接觸することなきために少くも喉厚の3倍又は鋼厚の1乃至1.5倍以上とする必要がある、又此種の銲接が横方向に並ぶ場合其純間隔は少くも鋼厚の3倍を必要とする。

一般に斷續間内銲接又は孔銲接に於て、隣銲接片間の最大間隔は銲接が直接應力を傳達すべきものなるとき接合材片中の最小厚の6倍單に材片の結合を目的とするものなるとき壓縮材にて結合材片の最小厚の8倍、引張材にて10倍とする、但しこの間隔が輕銲接にて填充される場合は上記の間隔を2倍するも差し支へない。

9. 衝合接手 鋼板を衝合銲接する場合、鋼厚小なれば直接となすも一定鋼厚以上となるとき開先を取りてV接X接其他となす。而して此等の工法を決定すべき鋼厚の標準は規格毎に異なり區々として一定せず、米國鐵道協會銲接橋梁規定は12吋又はこれ以上るとき開先を取るべしと規定し、獨乙銲接構造物規定には其限界を明示してをらぬ。今造船規定の例を見るにG.L規格にては5mm以下直接き5~12mmV接ぎ、12mm以上X接ぎと定めてをる、B.C規格は13mmを以て開先きを必要とする限界とし、L.R規格は標準厚を明示してをらぬ。本邦海軍規格にては3mm以下直接き3~20mmV接ぎ20mm以上X接ぎと定められてをる、斯の如き状態にしてこゝに一定の標準を決定し難きも3mm以上の鋼の直接きは困難なりとの説を持つるもの多きに鑑み



第38圖 孔銲接寸法

大體次の銲接研究會案の如き程度を最適とするものと認む。

直接ぎ V 接ぎ又は單斜ぎ X 接又は複斜接ぎ

板厚(t) $t < 3\text{mm}$ $3 < t < 12$ $12 < t$

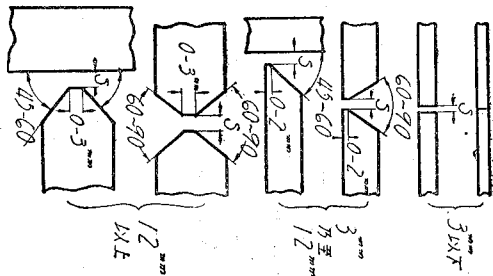
開先きの角度 α (第 39 圖) も又各規格によつて一定せざるも大體 V 接ぎ又は X 接ぎにて 60° 乃至 90° 單斜接ぎ又は複斜接ぎにて 45° 乃至 60° を標準としてをる。

銲接部に存する間隔 S (第 39 圖) は銲接棒が充分開先部に挿入せられ、底部まで完全な銲込みが期待出来る大きさを必要とするものであるが其量も規格によつて區々として一定しない、普通 2~5 程度を用ひてをる、次表は孕石元昭博士が電極棒の徑を鋼板厚に對して定め、銲接部の所要間隔を電極棒の徑より 1.6mm を減じたるものとして算出せられたる數値である。

| | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 母材の厚(mm) | 0.8 | 1.6 | 3.2 | 6.4 | 13. | 25. |
| 銲接棒の徑(mm) | 1.6 | 2.4 | 3.2 | 4. | 5. | 6. |
| 銲接部間隔(mm) | 盲接手 | 0.8 | 1.6 | 2.4 | 3.2 | 4.8 |

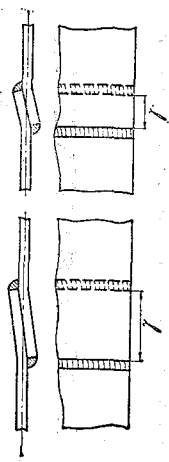
10. 重接手 此の接手は部材が二枚一組の場合は對稱形をとるも一枚の場合は偏心避け難く橋梁主要部では用ひられない。

第 40 圖の如く同幅の 2 部材が前面間肉にて銲接せられたる場合は張力の加はると共に接手はくの字形に變形する、此



第 39 圖 衝合接手の開先

の曲りの量は接合部の長さの短きものほど著しきも、銲接の強度にはさほどの影響は及さず切斷は鉄の屈曲部に生ずることが多い。重ねの長さ l は諸造船規定の定むるところは第十表の如くである。此種の重接手は橋梁細部構造に用ひられることは殆んどない。

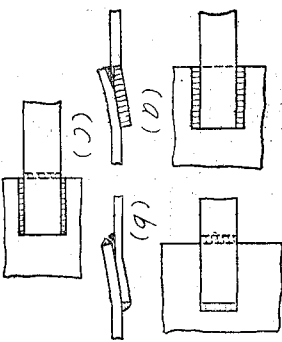


第40圖 前面隅肉による重接手

| 規 格 | <i>B/C</i> | <i>L/R</i> | <i>G/L</i> | 日本海軍 |
|-----|-------------|---------------------|-----------------|-------|
| 横 線 | $2t+25.4mm$ | 表による大體 | $1.5t+15mm$ | 1乃至2t |
| 縦 線 | $2t+12.7mm$ | $2t+35mm$ 乃至 $15mm$ | 重要部 $2.5t+25mm$ | |

銲接部の偏心を選べる意味にて、重接手の側を第33圖下圖の如く豫めクランプせしむることあり、高壓クランプ等の縦機手に應用せらる。

小材片が隅鉄等に重ね銲接せらるゝ場合は第41圖(a)の如く側面隅肉によるものと、(b)の如く前面隅肉によるものとある、前者の場合は必ず小材片側より隅肉に龜裂を生じ順次擴大するがために銲接の長さの大なることは何等効果なきこととなる (b)の場合は(a)に比しては良好結果を得らるゝも小材片側の隅肉のうくる屈曲大にして龜裂はこの部分に生ずる、(c)の如く小片側につけた前面隅肉と側面隅肉との混用が最も有効なりと云はるゝも其協力の程度に疑問がある。以上の如く片側重ね銲接は偏心より来る各種の缺點を避け難く橋梁主要部材連結に應用する事は稀れであつて重接手



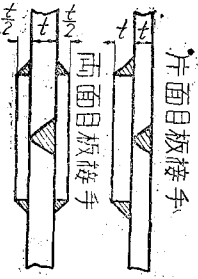
第41圖 小材と大材の重接手

を用ふる場合は必ず部材断面を第 42 圖の如く複断面形となし左右對稱ならしめる、更に其銲接も必ず(a)の如く部材重心線に對稱ならしめ (b) の如き非對稱ならしめざることを要す、又 (c) の如く部材断面が非對稱圖形なるときは $a_1l_1 = a_2l_2$ ならしめ銲接の重心を部材断面の重心に一致せしめる。又 (d) の如く部材端を圓形に仕上げ側面並前間隙銲接の混用としたるものもある。

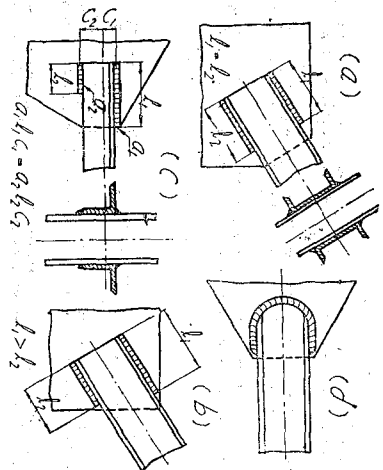
11. 目板接手 片面目板接手と兩面目板接手とあるも銲接部の對稱形をなす上から見ても又其強度の上から見ても後者がはるかに優つて居る。而して第 43 圖の如く母材端に衝合銲接を施すものと然らざるものとあれど、實驗の結果では圖示のものが遙かに勝れ、其の強度に於て 30% 程度の差異が認められてをる、但し作業上幾分の困難は免れない。

12. 銲接の集合 多數の銲接の一箇所集合は附近母材の材質を害するの恐れあるが故に、部材の配置には此の點を充分考慮すべきである。第 44 圖に掲

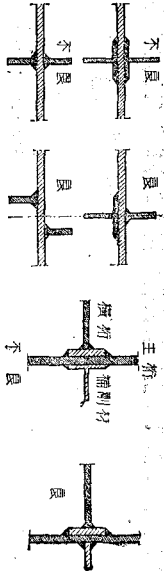
第 43 圖 目板接手



第 43 圖 目板接手



第 42 圖 直接手による部材の連結



第 44 圖 銲接集合の實例

げたものは類似の部材結合に於て銲接集合の影響を考慮せるものと然らざるものととの比較である。

第四章 銲接鋼橋細部構造

第一節 概 説

13. 銲接鋼橋の現状 鋼橋に對する銲接應用の現況は已に §14 於て略述した如くで鋼橋の補強修繕用としての應用は、特殊の場合を除き、従來の鉄工法を遙かに凌駕してをる、本邦鐵道橋の如きも昭和七年度來鉄桁橋の補強は殆どこの工法にのみよつてをる。全銲接鋼橋について見るに鉄桁橋は既に多數の實験と充分なる經驗を積み今日ではすでに實用期に入つたものと稱すべく、大なる衝擊荷重の働く橋梁にも充分なる確實さをもつて施工せられてをる。従つて新設せらるゝ全銲接鉄桁橋の數は相當に多い、併し構橋となると銲接接手の衝擊に對する抵抗力に幾分の疑點が存するため鉄桁橋ほど應用されてをられず、今日迄の全銲接構橋は主に輕荷重の道路橋歩道橋等で、衝擊の大なる鐵道橋としての應用は極めて少い。併し最近銲接の耐久性に對する研究の進歩は早晩新銲接棒或は新銲接工法の發見となりこれ等全銲接構橋の大々的出現を見るに至るものと信ずる。

14. 荷重並に部材斷面 銲接鋼橋設計用の荷重は尚れの示様書に於ても鉄結當該構造物に對する荷重を準用すると定めてをる。又各部材の設計に際しての許容應力強度も鉄工法に對するものが適用され、細部構造に關する規定も特に銲接に關聯するがために別に定められたるもの無き限りこれを準用してをる、併しこれがために銲接部材に於て其の細部構造を鉄工法のそれに補はれることなき様充分の注意が必要である。

15. 銲接部の計算 一構造物の各部が同一安全率の下に設計せられねばならぬことは、銲接構造物に於ても、鉄結の場合と同様である、従つて銲接接手の計算に當つては部材の發生應力に對してのみ設計せず、斷面に餘裕を有する部材に對しては其部材の強度について計算を行ふべきである。

銲接部の寸法を決定すべき應力の算出法は規格毎に著しい相異がある、此を論究するには必ずこれと對應する許容應力の大小其の他の事項を念頭に置かねばならぬ、従つて以下の説明を讀まるゝに際しては必ず §6 に掲げた許容應力度の項を参照されたい。米國鐵道協會銲接鋼構造物規定に於ては、衝擊をうくる主要部材の銲接接手の設計には、死荷重、活荷重、衝擊應力の總和に更に衝擊應力の 25% を附加したものを採り銲接の方向をなるべく主應力の方向に平行ならしむべしと規定してをのみであるが、獨乙銲接鋼構造物規定は、橋梁の衝擊應力に對して非常な注意を拂つてをり極めて周到なる計算法を指示してをる。

同規定によれば橋梁の銲接接手計算には先づ、死荷重、活荷重、活荷重（衝擊を加算せる）並に遠心力荷重により其部分に生ずる彎曲率、剪力、直應力の和の最大並に最小値を算出し次式によつて銲接接手に働くこれ等の主應力(M, Q, S)を決定する。

$$\begin{array}{l}
 1 \quad M = \text{最大 } M + \frac{1}{2} (\text{最大 } M - \text{最小 } M) + M_1 \\
 2 \quad Q = \text{最大 } Q + \frac{1}{2} (\text{最大 } Q - \text{最小 } Q) + Q_1 \\
 3 \quad S = \text{最大 } S + \frac{1}{2} (\text{最大 } S - \text{最小 } S) + S_1
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array}} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

上式にて最大 M 最小 M 等は其正負によつて附號を異にすべきである、又 M₁, Q₁, S₁ は夫々温度の變化によつて生ず

る彎曲率、剪力、直應力である。

上式は銲接接手が反覆應力による疲勞を重要規程せる式であつて溫度應力を無視して考ふるとき最大最小値の變化なき靜荷重に對しては應力の割増は起らない。應力が一定値と零の間を變化するものでは 1.5 倍の割増となり、絶對値の等しい正負の兩應力をうくるものでは 2 倍に割増されることとなる。

これら M, Q, S 等により、銲接部につき算出されたる單位應力 σ は常に $\sigma \leq a \cdot \sigma_{許}$ の關係をもたねばならぬ、 a は §6 に示した銲接許容應力の係數 $\sigma_{許}$ は銲接部の主應力計算の場合の母材許容應力 (1400 kg/cm^2) である。

銲接部に風壓、制動力、橫倒撃、支承摩擦抵抗、橋臺の移動、橋脚の沈下等によつて起る副應力 $M_{副}$ 其他ある場合は

$$M + M_{副} = \left[\text{最大 } M + \frac{1}{2} (\text{最大 } M - \text{最小 } M) + M_{副} \right] \dots\dots\dots (11)$$

に依つて生ずる單位應力は $\sigma \leq a \cdot \sigma_{許}$ ($\sigma_{許} = 1600 \text{ kg/cm}^2$) なるを要す。對風壓、橫倒、制動應力につきては許荷重 (遠心力荷重、橫倒撃制動力を含む) 並に風壓につきて前記 3 式を適用する。 ($\sigma_{許} = 1000 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma = a \cdot 1000$)

獨乙銲接鋼構造物規定が反覆荷重に對して上記の如く過大なる應力の割増を要求せるに對し Kommerell 氏等は r -法と稱し、割増の度を一般鋼橋の規定程度に止めんとし、次の方法を指示してをる。

單位應力は $\sigma = r \frac{\text{最大 } S}{I} \leq \sigma_{許}$ ならしむ、こゝに

$$r = \frac{a + l}{\text{最大 } S} = \frac{\sigma_a}{\sigma_u} + \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_u} - \frac{\sigma_a}{\sigma_{ir}} \right) \frac{\text{最小 } S}{\text{最大 } S} \geq 10 \dots\dots\dots (12)$$

σ_a : 材料の降伏點應力

σ_{σ} : 一方撓れ限度 (Ursprungfestigkeit)

σ_{W} : 反覆撓れ限度 (Wechselfestigkeit)

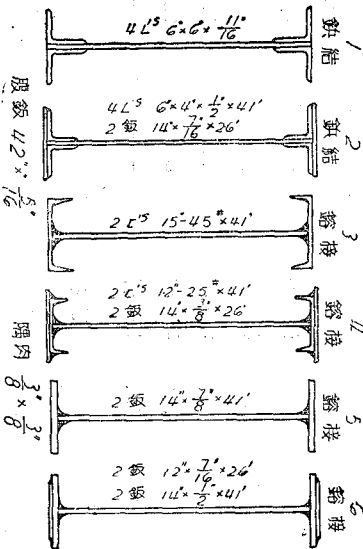
曲げ應力の場合 $\sigma = \gamma \frac{\text{最大 } M}{W} \leq \sigma_{許}$ ならしむ

Ss37 に對しては $\sigma_s = 24 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{\sigma} = 24 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{W} = 18 \text{ kg/mm}^2$ とせば $\gamma = 1.0 - 0.3 \frac{\text{最小 } S}{\text{最大 } S} \geq 1.0$ となり、鋼橋規定の割増値と一致す、而して銲着鋼につき $\sigma_s, \sigma_{\sigma}, \sigma_{W}$ 等は今後多數の實驗結果にまたざるべからず、Gerbes 氏の實驗によれば Ss37 の銲着鋼に對し $\sigma_{W} = 16 \text{ kg/mm}^2$ の値が與へられてをる。

第二節 銲接 鋼桁 橋

16. 一般形状 銲接鋼桁と銲接鋼桁との著しい相違は突縁並に腹板に於て鋼孔による斷面の控除を必要としないこと、連結用の山形鋼を要せざるが故に突縁斷面の全部を最速縁に近く控へることが出来ること、工作の簡單なること等である。これによる鋼材節約の程度は第 45 圖指示の斷面を有する銲結並に銲接鋼桁 6 種のもの、重量比較表(第十一表)によつて知ることが出来る、最輕量のもので約 30% の重量節約となつてをる。

銲接鋼桁の突縁斷面は其の徑間長がさほど大ならざる限り銲結に於けるが如く曲げモーメントの變化に應じて細かく斷面を變へず一枚鋼の通し突縁とするのが經濟的のことが多いが曲げ



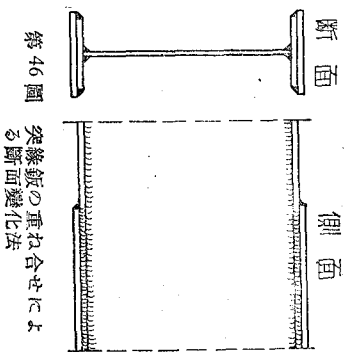
第 45 圖 銲結並銲接鋼桁斷面

第十一表 鉸結並銲接鉸桁橋重量比較表

| 設計番號 (case) | 中央部斷面積 (kg) | 總重量 (kg) | 鉸桁支間 = 12.2m 等布荷重 5953kg/m | | 節約重量 百分率 | 摘要 |
|----------------|----------------|-------------|----------------------------|------|-------------|----|
| | | | — | — | | |
| 1 | 286 | 3401 | — | — | — | 鉸結 |
| 2 | 286 | 2928 | 473 | 13.9 | — | 鉸結 |
| 3 | 259 | 2849 | 552 | 16.0 | — | 銲接 |
| 4 | 247 | 2527 | 874 | 25.7 | — | 銲接 |
| 5 | 243 | 2727 | 674 | 19.8 | — | 銲接 |
| 6 | 243 | 2480 | 921 | 27.1 | — | 銲接 |

モーメントの變化が急なるか又は徑間長大なるときはやはり斷面を變へねばならぬ。この變へ方に第 46 圖の如く鉸結鉸桁と同様に何枚かの突縁鉸を重ねてゆく方法と第 47 圖の如く各部とも一枚の突縁鉸を使用し其厚さを曲げモーメントに應じて變化せしめてゆく方法との 2 種がある。

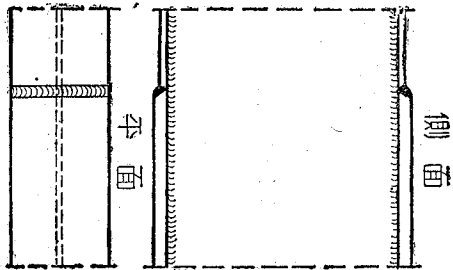
前者は各突縁鉸を連結するために多量の銲接を必要とする點、この連結隅肉銲接のために突縁鉸の副を第 48 圖 a,b 孰れかの方法にて順次變化せしめねばならぬと、銲接の施工に際して上向銲接を避くるために桁を何回か反轉せしめる必要があること等の缺點がある、銲接施工に際してこの反轉は銲接を第 49 圖 (a) の順序に行へば、同一番號の隅肉は 2 人の銲接手が同時に同速度にて銲接してゆくものとし



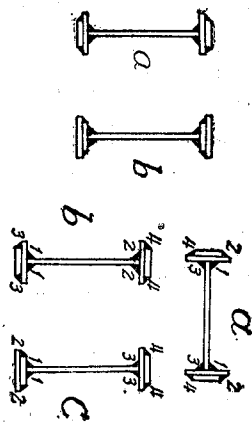
て1回にて足るも、施工順の非對稱から起る收縮並に溫度應力による歪甚しく重要工作物には用ひ難い、今日では(b)の順序を最上とせるも2回の反轉を必要とする、若し兩側各2枚の突縁鈹を別々に銲接し、これらを最後に腹鈹に銲接すれば反轉は1回にて足るも1又は2の銲接の際の收縮が3又は4の隅肉に大なる應力を起しこれ等に龜裂を生ぜしむる患がある、(b)に代るに(c)の方法を用ふることあり上下突縁の斷面が對稱ならざるも實用上に大過なし。

突縁に第47圖の如き一枚鈹を使用する場合は、斷面變更に必要な銲接は僅かなるも接手が衝合銲接となるが故に今日これが許容應力甚だ低く、且直接振力の作用することを禁じられた關係上接合部に目板を用ひざる限り構造は頗る困難である。併しこの困難は高強度銲接棒の研究、衝合接手の特性並に構造に關する研究の進むと共にやがて解決せらるべき問題と信ずる。

鉸桁突縁としては上記の如く普通の平鈹を使用するほかに特に銲接鉸桁突縁材として壓延された鋼材を用ふることがあ



第47圖 突縁鈹の厚さを變化することによる斷面變化法



第48圖 突縁鈹幅員の變更

第49圖 鉸桁銲接頭

る。第 50 圖は其一例で Gesellschaft für Elektroschlweißung Dortmund の特許品である、これの使用によつて組立の容易となること、平鉄の場合の如く突縁断面の銲接作業の熱影響による變質の懸念全くなきこと、實驗の報告によればこの新突縁鉄使用のものは普通の断面のものよりも持続性大なること等の利點を持つてゐる、未だ製品の種類等さほど多くはないが將來此種のものが多いに壓延せられるに至るものと信する。

又第 51 圖の如く廣幅 I 形鋼を 2 つ切りとして突縁に使用し、これに所要の腹鉄を銲着したものがあつて、突縁に及ばず銲接の影響は全くなきも市販の I 形鋼は元應力を有するもの多く、切斷によつて歪を生ずることがある、この意味から銲接鉄桁突縁用として壓延した半切 I 形鋼を使用する方が便利である。

17. 断面の決定

銲接鉄桁の高さ、腹鉄厚等は大體銲結鉄桁の慣習に準じてゐる又断面は銲結鉄桁の場合と同様に其全断面の慣性モーメントによるか又は所謂突縁面積法によつて計算する、後者の場合腹鉄面積の $\frac{1}{6}$ を突縁断面と看做して差支へない。銲結鉄桁の如く鉄孔の控除を必要とせざること既述の如くなるも、組立用のボルト孔を穿つ場合はこれがために断面の増加を必要とする如きことは稀である。断面の慣性モーメント計算に當つては各部隅肉銲接による断面の増加は考慮しない、又同時に銲接熱による鋼の材質變化も問題としない。突縁が數枚の鋼鉄の重ね合せによる場合、各鉄の側縁は隅肉銲接が施されねばならぬ。且突縁鉄の幅が 24t 乃至 30t (t は最小鉄厚) 以上の場合には内部に孔銲接をするか又は細幅の鉄を 2 枚



第 50 圖 銲接鉄桁突縁用壓延材



第 51 圖 I 形鋼を 2 分して銲接鉄桁の突縁に使用せる例

作用する。即ちこの場合縁部の銲接と孔銲接との最大横間隔は 12t 乃至 15t であり、孔銲接を用いた場合は断面計算はこの部分を控除すべきことは勿論である。

18. 突縁と腹板との銲接 此の場合は第 52 圖に示すが如く腹板端の兩側隅内銲接にて行はれる、而して隅内銲接は多くの場合連続銲接、時に連続銲接が用ひられてゐる。

今 Q : 當該断面に於ける最大垂直剪断力

J : 當該断面の桁中立軸に對する慣性モーメント

S : 突縁断面の桁中立軸に對する断面一次モーメント

a : 隅内銲接の喉厚、 τ : 銲接の許容剪断應力

l : 斷續隅内銲接の時の一隅内銲接長

e : 同上の隣接銲接試片の心距

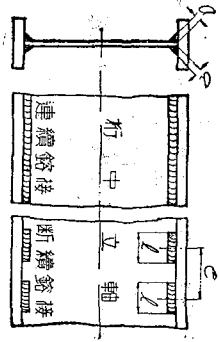
とすれば、當該銲接部に作用する水平剪断力 T は

$$T = \frac{Q \cdot S}{J}$$

にして、これに對應すべき銲接強度は連続隅内銲接のとき

$$T = 2 \cdot a \cdot \tau$$

従つて
$$\frac{Q \cdot S}{J} = 2 \cdot a \cdot \tau$$



第 52 圖 突縁と腹板との連結

所要隅肉壁厚は $a = \frac{Q \cdot S}{2 \cdot J \cdot \tau}$ (13)

となる、又斷續銲接の場合は銲接の單位長強度は

$$T = 2 \cdot \alpha \cdot \tau \cdot \frac{l}{e}$$

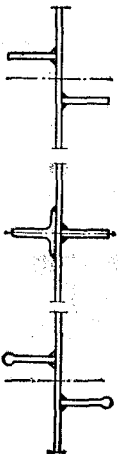
従つて $\frac{Q \cdot S}{J} = 2 \cdot \alpha \cdot \tau \cdot \frac{l}{e}$

所要隅肉壁厚 $a = \frac{Q \cdot S}{J} \cdot \frac{1}{2 \tau} \cdot \frac{l}{e}$ (14)

所要銲接心距 $e = \frac{J}{Q \cdot S} \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \tau \cdot l$ (15)

重ね合せられたる突縁銲の接合用隅肉銲接計算も前掲と全く同様である。

19. 補剛材 補剛材としては銲結銲桁に於けるが如く山形鋼を必要とせず第 53 圖の如く中間補剛材としては平銲、
 アルミ鋼、上形鋼等を使用し端補剛材又は荷重を受くる個所の補剛材とし



第 53 圖 中間補剛材

ては第 54 圖の如き構造を用ひてをる、(b) のものは山形鋼を使用せるも
 のあるも銲結のときは反對のむきに使用してをる。孰れの補強材に於て
 も腹銲に於ける銲接の集中を避くるために腹銲兩側での位置を互に喰ひ違はしめる。

補剛材の寸法並に間隔は銲結桁に於ける慣習と理論とを準用する、大體其幅は突縁突



第 54 圖 載荷重補剛材

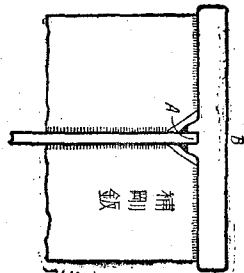
出長の $\frac{4}{5}$ 以上、間隔は 1.3m を限度としてをる。

補剛材の腹鉄への取付は斷續千鳥銲接にて充分なことが多い、上下突縁へは連續銲接で完全に銲着する、この場合、腹鉄と突縁との接合部に銲接の集中を避くため補剛材の一隅を第 55 圖の如く切取る方が便利である。

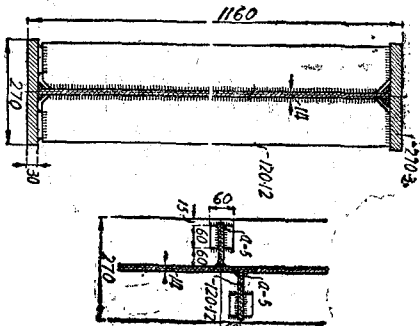
補剛材の壓縮突縁は直接銲接することが多いが、引張突縁へは第 56 圖の如く補剛材の下へ平鉄を挿み、これと補剛材とを直接銲接し平鉄と突縁とは突縁の長さの方向の隅肉銲接にて取りつけ引張突縁の熱影響による減力を避けてをるものもある。尚突縁鉄の薄手の場合又は枕木の直接桁上に設置せらるゝ場合壓縮突縁へは主補剛材のほかに其中間又は枕木の直下に第 57 圖に示すが如き 3 角形の副補剛材を取りつける、此の場合補剛材の大きさは $h \geq \frac{b}{2}$ にて定められる。

20. 腹鉄の接合 腹鉄の接合に第 58 圖の如き V 接ぎ又は X 接ぎによる衝合接合を用ふことは、今日ではこれの許容強度の低いことから見て困難である、併し今後締着鋼の研究の進歩と共に衝合接合を自由に使用しうる時代が来るものと信ずる。

現今腹鉄接合法として用ひられてゐるものは第 59 圖の如く腹鉄の兩側より各一枚の目板を添接したるもの第 60 圖の如く曲げ應力の大きさに應じて順次外側



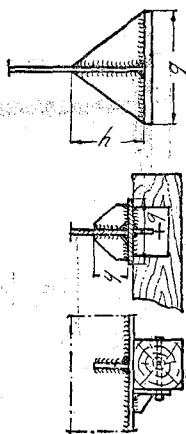
第 55 圖 補剛材の銲接



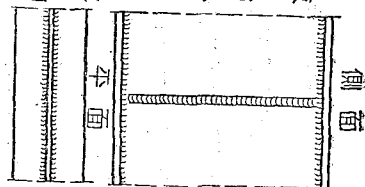
第 56 圖補剛材の引張突縁への銲接

より大ききを變化せしめた幾枚かの目板を添接したものの第 61 圖の如く縦目に桁を横切つて挿み板を挿入し補剛材を兼ねさせたもの等がある第 59 圖及第 61 圖のものは孰れも縦縫接の集中を避るために両側目板の幅をかへてをる、又此の種のものでは目板に於ける縫接の不足を孔縫接にて補充することが容易であるが只これらの持つ缺點は腹鉄の縦目に衝合縫接を施す場合目板添接に先つて補強盛の部分を開り取らねばならぬことで、時にはこの衝合縫接を省略することもある。

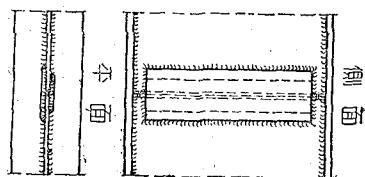
目板接手による腹鉄の計算は鉄結鉄桁の鉄応力を算出するものと同様で先づ目板周囲の隅肉縫接並に孔縫接の有効喉斷面積の總和が全剪斷力を均一にろくするものと假定して剪斷應力を求め、曲げモーメントに對しては全有効喉斷面積が桁の中立軸に對して有する慣性モーメントから計算した最端部の



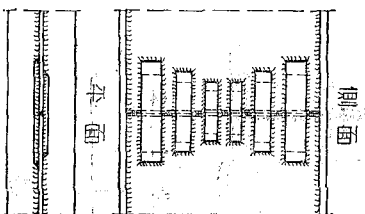
第 57 圖 副補剛材



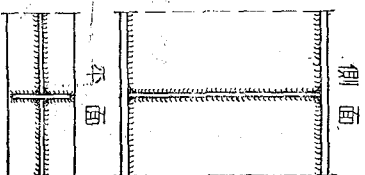
第 58 圖 腹鉄衝合接手



第 59 圖 腹鉄目板接手(其一)



第 60 圖 腹鉄目板接手(其二)



第 61 圖 腹鉄挿板接手

喉斷部に起る應力を求め、剪斷應力と曲げ應力との合力を許容剪斷應力以下ならしめる。

挿み板接手は §4 (B) (a) に示したところによつて容易に計算出来る、此の種のもの
 第 62 圖の如くラーメン等の格點にて曲げをうくる部材を接合するに極めて便利である。

この場合は挿み板は突縁まで延ばし兩側よりこれに突縁を銲着する。

21. 突縁の接合 突縁に衝合接合を用ひ得ないことは § 16 に説いた如くである、従

つてこれが接合には目板を添へるか又は特別な衝合接手が工夫されてをる。

突縁が數枚の鋼板の重ね合せで出来てをる場合は接合せらる鋼板は同厚なること多く、第 62 圖ラーメン格點の挿み板接手
 目板接手が主に用ひられる、第 63 圖は 2 枚の突縁板の接手を一枚の目板にて接合した例で突縁板の繼目には衝合接合を
 行ふことあり又行はないこともある。目板にて直接に接合せられる繼目に對しては目板の長さ l は目板の強度に相當した
 だけの側面隅肉銲接の出来る長さであればよい、切込又は孔銲接あらばこれを銲接強度に計算するも、目板の端部の前面
 隅肉銲接は計算に入れず輕銲接することが多い。

今 F_s = 目板の斷面積

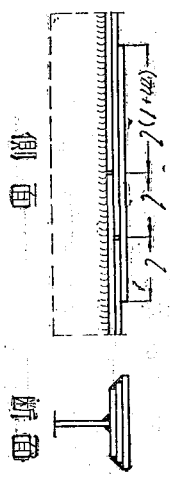
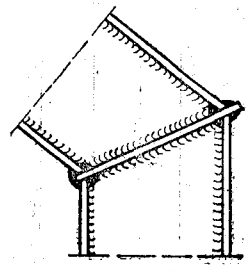
σ = 突縁鋼材の許容引張強度

とすれば側面隅肉銲接のみのときの l は

$$l = \frac{F_s \cdot \sigma}{2 \cdot T \cdot a} \dots \dots \dots (16)$$

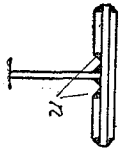
となる。

目板が接目板に對して間接で兩者の間に m 板の釘が嵌まれたる場合、目板の長は前掲の l の $(m+1)$ 倍とする。

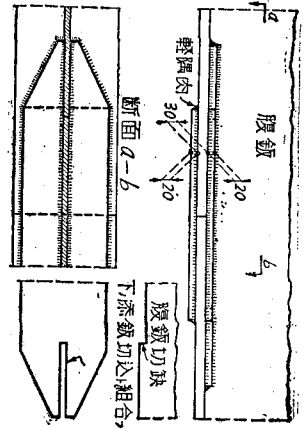


第 63 圖 突縁板の片側目板接手

突縁鈹の内側面に第 64 圖の如く 2 枚の目板を当て兩側目板接手とすることあるも、突縁の接合を腹鈹との接合前に施工せざれば n 部の隅肉の溶接困難となるの缺點がある、又第 65 圖の如く内側面の目板を 1 枚とし腹鈹を貫いて溶接せる者もある、この場合腹鈹縁には目板を貫通せしむるために切欠を作らねばならぬ又目板は豫め突縁鈹に溶着されてをらねば組立が困難である。



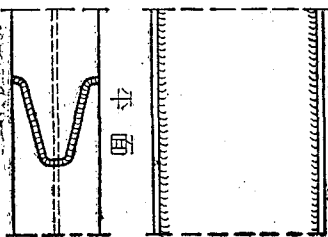
第 64 圖 突縁鈹の兩側目板接手(其一)



第 65 圖 突縁鈹の兩側目板接手(其二)

突縁が各部一枚鈹の場合、同厚の突縁鈹の繼目は目板を使用するとせば前掲の場合と同様であり又單純な衝合接手は其設計困難なること既述の如くである。又第 66 圖は繼目を楔形とし溶接部の長さを増した衝合接合にして、實驗の結果では好成績を示してをる、繼目の工作に手数を要する點を缺點とする。

側面



厚さを異にする一枚突縁鈹の繼目は、目板を使用する場合は第 67 圖の如く厚さの大なる側の鈹を薄き鈹の厚さまで面取りをなし、これに目板を添接して、断面急變の害を避けてをる。圖は片側目板接手なるも必要によつて兩側目板接手とすることもある。目板を使用せず、衝合溶接とするときは同厚突縁鈹の場合と同様第 68 圖の如く繼目を楔形となし、繼目に沿ひて下面に V 接手を、上面に兩鈹の厚さの差に對應する隅肉溶接を施す、V 接手は薄鈹の全厚につ

第 66 圖 同厚突縁鈹の楔形衝合接手

いて行はず幾分の厚さを残し上面隅鉗接に對しても突縁原鋸を利用せ得る様にする。

楔形は第 68 圖にては其の端部に丸身を附したるも Dresden 附近に架設せられたる Schlachhof 橋にては第 69 圖の如く單なる矢筈形となしてをる、この場合

$F =$ 薄厚の突縁鋸の垂直斷面積

$F_s =$ 斜角 α なる繼目に沿ひての斷面積

突縁垂直斷面への垂直應力は

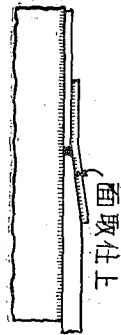
$$\sigma = \frac{P}{F}$$

$$\text{斜斷面積} = \frac{F_s}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{\sin \alpha}$$

片側の斜斷面に働く垂直力 N 及接線力 T は

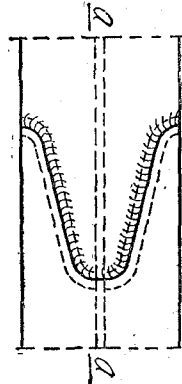
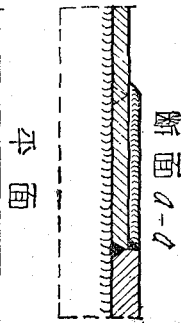
$$N = \frac{P}{2} \sin \alpha, \quad T = \frac{P}{2} \cos \alpha$$

従つてこの斜斷面に作用する接線應力 σ_t 及垂直應力 σ_N は

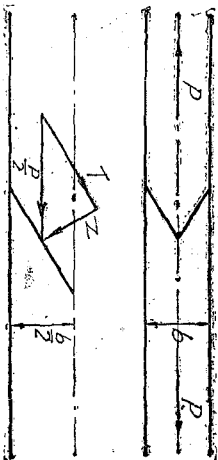


第 67 圖 異厚突縁鋸の目板接手

とすれば



第 69 圖 異厚突縁鋸の楔形鉗合接手



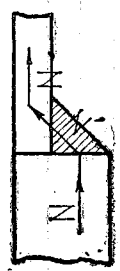
第 69 圖 楔形鉗合接手の應力

$$\sigma_r = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot F_s} = \frac{P}{F} \frac{\sin 2\alpha}{2} = \sigma \cdot \frac{\sin 2\alpha}{2} \dots\dots\dots (17)$$

$$\sigma_N = \frac{N}{\frac{1}{2} \cdot F_s} = \frac{P}{F} \sin^2 \alpha = \sigma \sin^2 \alpha \dots\dots\dots (18)$$

従つて合成最大應力 σ_s は $\sigma_s = 0.35\sigma_N + 0.65\sqrt{\sigma_s^2 + 4\alpha^2\sigma_r^2} \dots\dots\dots (19)$

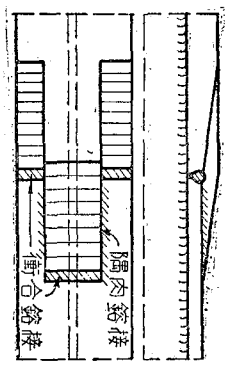
今 $\alpha_0 \div 1$ とすれば $\sigma_s = \sigma \sin^2 \alpha (0.35 + 0.65\sqrt{1 + 4\cot^2 \alpha}) \dots\dots\dots (20)$



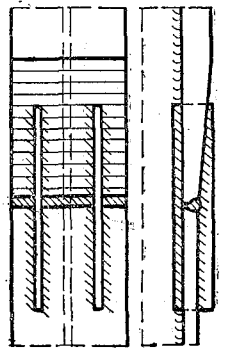
上式にては銲接部全體に應力の均一分布を假定したほか曲げ應力が纖維に近づくにつれ
て増加することも無視してをる、又隅肉に働く垂直應力 N' は第 10 圖に示す關係より N'
= $\sqrt{2} N$ となり突縁に働く垂直力より大である、此等の事情より考ふるとき上式にて與
へらるゝ合成應力は單に發生最大應力の概念を
示すに過ぎない。

第 70 圖 隅肉接に於ける
垂直力の傳達

以上のほか異厚突縁鋼の接合法として考察さ
れたものに第 71 圖の如く兩突縁鋼を櫛形に嚙
み合し、衝合銲接と側面隅肉銲接とを混用した
もの、第 72 圖の如く、厚鋼を薄鋼並に削成し
兩者共通の 2 筋の切込みを作りこれに挿み鋼を入れて隅肉銲接を施し衝合銲接を補強したものがある。



第 71 圖 櫛形組合接手



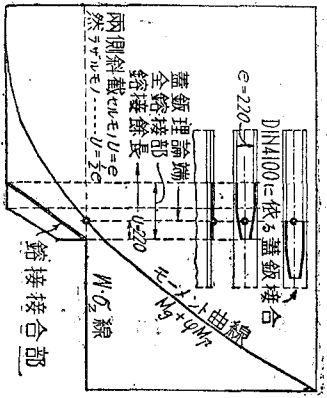
第 72 圖 挿み鋼接手

以上銲接鋼桁の突縁接合法は今日未だ研究時代にして確然たる工法の決定を見ず、今後の銲接接補並に工法の進歩に伴

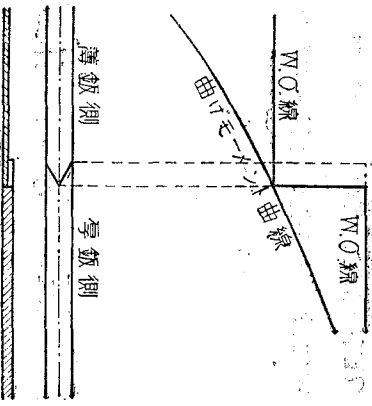
つて改善せらるべきものと認める。

22. 突縁鋼の餘長 突縁鋼が数枚重ね合して用ひられたる場合、外側突縁鋼の理論長は曲げモーメント圖から容易に決定し得ること鉄結鋼桁の場合と同様である、而してこの突縁鋼を理論長以上に幾何の餘長を與ふべきかは今日未だ確然たる慣習がない DIN4100 にては鋼は其強度に應じた銲接のなされたる點より有効なりと定めたるが故に、餘長としては § 21 の l に相當せる長さを必要とする、この長さは可成長いものとなり材料の經濟上面白くなく又實驗上さほどの長さを必要とせずとの説も高く今日餘長としては蓋鋼の幅又は其半ば程度を採ることが多い、而して其端部は蓋鋼の強度に相當するだけ全銲接する。第 73 圖はこの關係を圖示したものである。

突縁に一枚鋼を使用する場合、鋼厚の變更點の理論位置は、曲げモーメント曲線より決定しうることに前掲と同様である。總目に單純なる銲合接手をを用ふるものとせば、厚鋼側を理論長より延して總目の許容強度が薄鋼の強度に匹敵しうる點に至らしむれば可なるも材料の不經濟が甚だしい。前掲楔形銲合接手を使用せる Schlaachthof 橋にては第 74 圖に示す如く總目の理論位置に楔の尖端を置いてをる。(未完)



第 73 圖 蓋鋼の餘長



第 74 圖 突縁鋼銲接點