

接鋼橋 (四)

青木楠男

例題 4. 鋼桁腹鉄並に突縁鋼の接手

今第 100 圖の斷面を有する支間 16 m の鋼桁の腹鉄並に突縁鋼が支承より $a = 5 m$ の點に於て接合せらるゝものとする。

この接合點に於て列車荷重によつて生ずる曲げモーメント並に剪斷力は、衝擊を含めて

最大曲げモーメント $M = +345.5 tm$

最小曲げモーメント $M = +32.8 tm$

最大剪斷力 $Q = 44.2 t$

最小剪斷力 $Q = 4.1 t$

なりとする。

第 100 圖の斷面形は上向銲接を出來うる限り減少せしめんとせるものにして、突縁は上下對稱ならざるも其重心の腹縁中心よりの偏りは、極めて少く、これを無理するも大過なき程度である。下表に斷面寸法を示す。

	幅×厚	斷面積
上突縁 { 突縁 鋼 I	$F_1 = 36.5 \times 1.4 = 51.1 \text{ cm}^2$	
{ 突縁蓋鋼 II	$F_2 = 33 \times 1.6 = 52.8 \text{ cm}^2$	
下突縁 { 突縁 鋼 III	$F_3 = 32 \times 1.6 = 51.2 \text{ cm}^2$	
{ 突縁蓋鋼 IV	$F_4 = 37.5 \times 1.4 = 52.5 \text{ cm}^2$	
腹 鋼	$F_5 = 175 \times 1.2 = 210.0 \text{ cm}^2$	

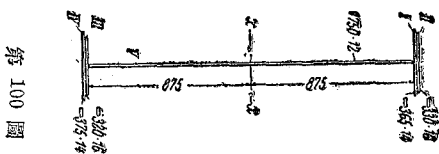
上記の斷面形の重心の位置を求むるに斷面下端よりの距離 x は

$$x = \frac{52.5 \times 0.7 + 51.2 \times 2.2 + 210 \times 90.5 + 51.1 \times 178.7 + 52.8 \times 180.2}{52.5 + 51.2 + 210.0 + 51.1 + 52.8} = 90.52 \text{ cm}$$

これに對して腹鋼中心の斷面下端よりの距離は

$$x = 87.5 + 1.6 + 1.4 = 90.5 \text{ cm}$$

にして、斷面重心と腹鋼中心とが合致せるものと考へて支障なき程度である。



第 100 圖

A. 腹鉄の接合

接合部のうくる曲げモーメント中、腹鉄の負擔すべき量を其慣性モーメントの比によつて求めれば

$$\text{最大曲げモーメント} \quad M = 62.2 \text{ tm}$$

$$\text{最小曲げモーメント} \quad M = 5.9 \text{ tm}$$

となる、又剪斷力は全部腹鉄が負擔するものとする。

(a) 添接鉄による接合

今 2 平鉄 280×11 を接手の兩側より添接するものとし、其堅縁に 11 mm の隅肉銼接 (稜厚 7.8 mm) 長 1710 mm を施し、外に直径 33 mm の孔銼接一列 17 個を表裏に施工するものとする。

接手計算に用ふる曲げモーメント及剪斷力は

$$M = 62.2 + \frac{1}{2}(62.2 - 5.9) = 90.3 \text{ tm}$$

$$Q = 44.2 + \frac{1}{2}(44.2 - 4.1) = 64.3 \text{ tm}$$

これに抵抗する銼接の斷面積は、隅肉銼接に對し兩端の重として各 1 cm を控除し、孔銼接に對しては填充材を無視し孔の周圍の隅肉銼接の喉斷面を考へ、これを平面上に倒して其面積を求むれば (第 101 圖及第 102 圖)

$$\text{隅肉銼接に對し} \quad F_1 = 2 \times 0.78 \times (171 - 2) = 264 \text{ cm}^2$$

孔銼接に對し $F_2 = 2 \times 17 \times \frac{\pi}{4} (3.3^2 - 1.74^2) = 210 \text{ cm}^2$

合計 $F = F_1 + F_2 = 474 \text{ cm}^2$

隅肉銼接の喉断面のもつ慣性モーメントは

$$J_1 = 2 \cdot \frac{0.78 (171 - 2)^3}{12} = 627\,500 \text{ cm}^4$$

孔銼接のもつ慣性モーメントは

$$J_2 = 4 \cdot \frac{\pi}{4} (33^2 - 1.74^2) (9.9^2 + 19.8^2 + 29.7^2 + 39.6^2 + 49.5^2 + 59.4^2 + 69.3^2 + 79.2^2) = 493\,500 \text{ cm}^4$$

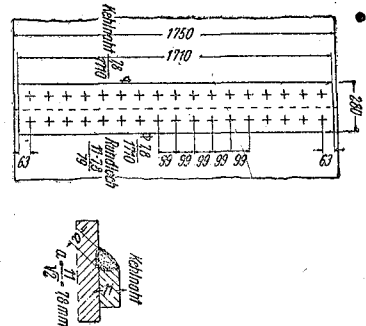
全慣性モーメント $J = J_1 + J_2 = 1\,121\,000 \text{ cm}^4$

従つて全銼接の断面係数は

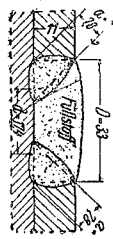
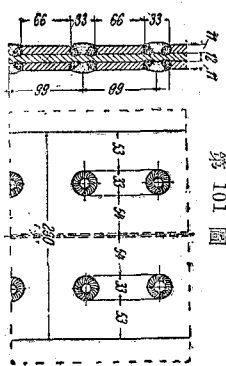
$$W = \frac{1\,121\,000}{(171 - 2)} = 13\,270 \text{ cm}^3$$

曲げモーメントによる繰應力は

$$\sigma_M = \frac{9\,030\,000}{13\,270} = 680 \text{ kg/cm}^2$$



第 101 圖



第 102 圖

剪断力による単位應力は

$$\sigma_q = \frac{64300}{474} = 136 \text{ kg/cm}^2$$

両應力の合成應力は

$$\sigma = \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_q^2} = \sqrt{680^2 + 136^2} = 693 \text{ kg/cm}^2$$

これに對する許容剪断力は

$$\sigma_s = 0.65 \times 1400 = 910 \text{ kg/cm}^2$$

合成應力が許容應力に比して余裕を有しすぎる觀あるはこの計算例が許容應力 700 kg/cm² なるときの数字を其儘用ひたによるものである、この例に於てすら、添接銀の大きさは銀結の場合に比して遙かに小さく、銀工法によるとすれば少くも 520 × 11 × 1750 の添接銀と 23mm φ の銀1列 15 箇 3 列を必要とする尙繕接合としては次の挿銀接手を一層便とする。

(b) 挿銀による接合

厚 24mm の平銀を腹銀接合點に挿み、これによつて腹銀を接合すると同時に、補剛材を兼ねしめんとするものである。(第 103 圖)

繕接部の計算に用ふべき曲げモーメント並に剪断力は (a) と同様にして

$$M = 62.2 + \frac{1}{2}(62.2 - 5.9) = 90.3 \text{ tm}$$

$$Q = 44.2 + \frac{1}{2}(44.2 - 4.1) = 64.3 t$$

この場合腹鉄端に施行する隅肉の寸法はなるべく大とするを便とする、隅肉銲接の脚長は普通接合せらるゝ、最少鉄厚を限度とするも、今はこれの 1.5 倍を使用するものとす、即ち脚長 $b = 1.5 \times 12 = 18 \text{ mm}$ 、喉断面は $b = \frac{18}{2} = 12.7 \text{ mm}$ となる。

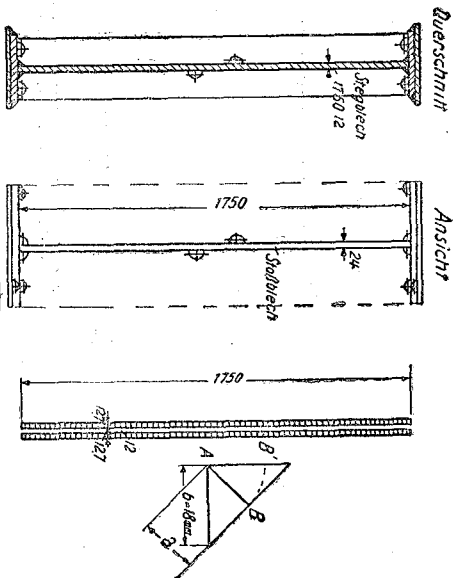
曲げによつて腹鉄に起る引張應力並に壓縮應力は、先づ I、II の隅肉銲接によつて挿鉄に傳へられ、更に III 及 IV の銲接によつて、反對側の腹鉄に傳達せられる。

今喉断面 AB を豎面に倒して得らる、断面形につき考ふるに

$$\text{面積} \quad F = 2 \times 1.27 \times 175 = 445 \text{ cm}^2$$

$$\text{断面係数} \quad W = 2 \times \frac{1}{6} \times 1.27 \times 175^2 = 12964 \text{ cm}^3$$

従つて曲げによる繰應力は



第 103 圖

$$\sigma_{ni} = \frac{9\,030\,000}{12\,964} = 696 \text{ kg/cm}^2$$

剪断力による應力は

$$\sigma_{qi} = \frac{64\,300}{445} = 145 \text{ kg/cm}^2$$

従つて兩應力の合成力は

$$\sigma = \sqrt{696^2 + 145^2} = 711 \text{ kg/cm}^2$$

これに對する許容剪断力は $\sigma_{ni} = 0.65 \times 1400 = 910 \text{ kg/cm}^2$ にして充分なる強度を有す。

この接合法は其構造の單簡なる點、並に銲接作業の容易なる點にて (a) の工法より、はるかに優れてをる。

B. 突縁鋼の接合

今銲接の許容應力 σ_s と母材許容應力 σ_{st} との比を α に示すとすれば、次の關係がある。

$$\sigma_s = \alpha \sigma_{st} = \alpha \frac{\text{最大 } S}{F} \dots\dots\dots (a)$$

こゝに最大 S は断面 F なる母材に作用する外力である。

然るに銲接部に作り應力 σ は、其喉断面積を F_s とすれば

$$\sigma = \frac{\text{最大 } S + \frac{1}{2}(\text{最大 } S - \text{最小 } S)}{F_s} \dots\dots\dots (b)$$

にて示さるゝが故に、母材接合に要する銑接の喉断面積は

$$F_s = \frac{F}{\alpha} \frac{\text{最大 } S + \frac{1}{2}(\text{最大 } S - \text{最小 } S)}{\text{最大 } S} \dots\dots\dots (c)$$

となる。

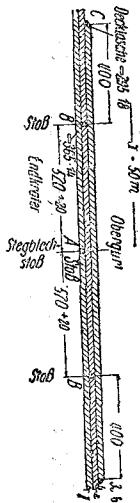
曲げモーメントの働く場合には (c) 式にて S の代りに M と置けばよい。

この例にては $\alpha = 0.65$, 最大 $M = 345.5$ 最小 $M = 32.8$ なるが故に

$$F_s = \frac{F}{0.65} \frac{345.5 + \frac{1}{2}(345.5 - 32.8)}{345.5} = \frac{F}{0.65} \times 1.45 = 2.23 F$$

即ち接合に必要な銑接の喉断面積は母材断面の 2.23 倍となる。

今第 104 圖に示すが如く、突縁鋼 1 (断面 $F_1 = 36.5 \times 1.4 = 51.1 \text{ cm}^2$) を A 點に接合し、これの接目鋼として平鋼 $B B$ (断面 $F_2 = 33.0 \times 1.6 = 52.8 \text{ cm}^2$) を使用する。接目鋼の断面積並に慣性モー



第 104 圖

メットは母材たる突縁鈹より大きい、この接目鈹を母材に銲着するに要する隅肉の喉断面積は、接目鈹の断面積に對し

$$F_5 = 2.23 \times 52.8 = 117.74 \text{ cm}^2$$

よつて AB の長さを、兩端の蓋に對し 20 mm を見込み、 $520 + 20 \text{ mm}$ とし、隅肉の脚長を鈹厚 16 mm に等しとすれば、實喉断面積は、 $2 \times 1.13 \times 52 = 117.52 \text{ cm}^2$ となる。(第 105 圖)

突縁蓋鈹 I は I の接目鈹と BB にて突き合せとなる、よつて、其外側に第二の接目鈹 (断面 $F_6 = 29.5 \times 1.8 = 53.1 \text{ cm}^2$) をあてる、この接目鈹の断面積並に慣性モーメントは突縁蓋鈹 II ($F_2 = 52.8 \text{ cm}^2$) に比して小しく大である、これが銲着に要する銲接喉断面は、接目鈹断面積 53.1 cm^2 に對し

$$F_7 = 2.23 \times 53.10 = 118.41 \text{ cm}^2$$

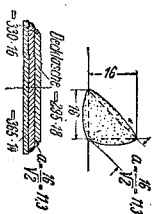
これに對し、 B 點の外側に長 400 mm の側面隅肉と、鈹幅に相當する前面隅肉銲接を行ふものとし、隅肉の脚を 16 mm 、前面隅肉に對し蓋 35 mm を扣除すれば、全隅肉長 $l = 2 \times 400 - (295 - 35) = 1060 \text{ mm}$ 。従つて隅肉喉断面積は

$$F_8 = 1.13 \times 1060 = 119.78 \text{ cm}^2$$

となる。

下突縁の接合も上突縁と同様にして突縁鈹 III ($F_9 = 32.0 \times 1.6 = 51.2 \text{ cm}^2$) は A' にて接目鈹 ($F_4 = 37.5 \times 1.4 = 52.5 \text{ cm}^2$) にて接合せられる。(第 106 圖) 接目鈹に要する隅肉銲接の所要喉断面積は

$$F_8 = 2.23 \times 52.5 = 117.08 \text{ cm}^2$$



第 105 圖

これに對し 14 mm 隅肉銲接を $A'B' = 615 \text{ mm}$ 施行するものとす、今壺に對し 15 mm を見込めば、實喉斷面積は

$$F'_5 = 2 \times 0.99 \times (61.5 - 1.5) = 118.8 \text{ cm}^2$$

となる。

この接目鉞と突縁蓋鉞 N ($F_4 = 52.5 \text{ cm}^2$) との接合點 B' の外側に第 2 の接目鉞 ($F = 41.0 \times 1.3 = 53.3 \text{ cm}^2$) を添接する。これに必要な銲接喉斷面積は

$$F'_5 = 2.23 \times 53.3 = 118.86 \text{ cm}^2$$

これに對し 13 mm 隅肉銲接を用ひ、側面銲接 480 mm と鉞幅 375 mm に相當する前面隅肉を施行するものとすれば、隅肉全長 $l = 2 \times 480 + (375 - 35) = 1300 \text{ mm}$ にして、隅肉喉斷面積は

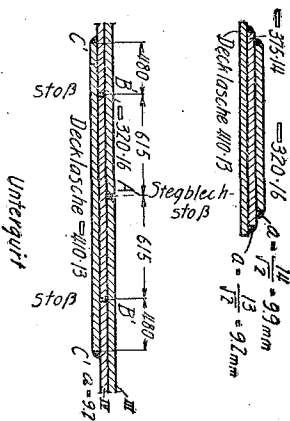
$$F'_5 = 0.92 \times 130.0 = 119.6 \text{ cm}^2$$

となる。(第 106 圖)

而して外側接目鉞の幅と厚との比は $\frac{b}{f} = \frac{410}{13} = 31 > 30$ なるが故に本橋 17 (第十六卷第一號記載) によれば、接目鉞に孔銲接を設ける方が妥當である、併しこの場合としては鉞厚を 14 mm に改むる方が使用鋼鉞の種類を減ずる意味から云つても一層得策であらう。

例題 5. 突縁蓋鉞の取り付け

支間 10 m の鉞桁橋が列車荷重によつて、突縁蓋鉞として斷面 ($F = 22 \times 1.6 = 35.2 \text{ cm}^2$) のものを要し、其理論長



第 106 圖

が 5.60 m なりとす、以下はこの蓋鉄端部の取付法を示さんとするものである。

今理論端に於ける最大曲げモーメントを、最大 $M = \text{最大 } M_g + \varphi \text{ 最大 } M_p = 12.5 + 145.2 = 157.7 \text{ tm}$ とし、最小曲げモーメントを、最小 $M = 12.5 \text{ tm}$ とすれば、蓋鉄断面 352 cm^2 の取付に要する銲接断面面積は

$$F_s = \frac{352}{0.65} \frac{157.7 + \frac{1}{2}(157.7 - 12.5)}{157.7} = 54.1 \frac{230.3}{157.7} = 79.5 \text{ cm}^2$$

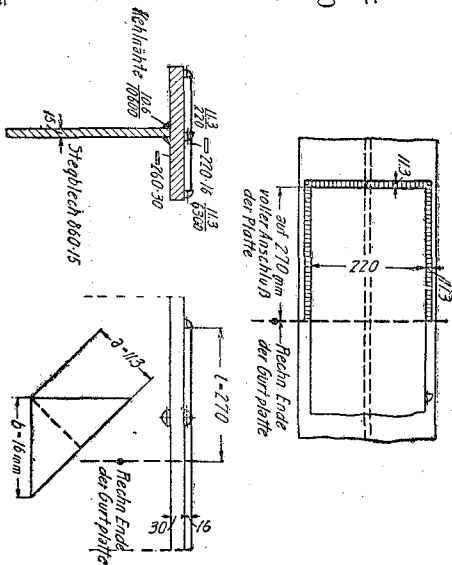
となる。

接合用隅肉銲接の脚長を鋼厚に等しく 16 mm にとるものとせば $a = \frac{b}{\sqrt{2}} = \frac{16}{\sqrt{2}} = 11.3 \text{ mm}$ にして、片側 270 mm の側面隅肉と、鋼幅に相當する 220 mm の前面隅肉とによつて有効喉斷面積は

$$F_s = 11.3 \{ 2 \times 270 + (220 - 35) \} \\ = 81.9 \text{ cm}^2$$

となる。

而して本例に於てはこの側面隅肉長 270 mm は、全部蓋鉄理論長の外側にとつた。(第 107 圖)



第 107 圖

第三節 鑄接トラス橋

26. 鑄接トラス橋の現状 部材の連結法として今日先づ第一に考へらるゝ、側面開肉並に前面開肉鑄接は反覆並に衝擊に對しては、切欠作用のために低荷重にても疲勞破壞を起す懸念が多い、殊に側面開肉鑄接に於ては應力傳達に際して其端部に應力の局部的増積ありて、この傾向が著しいとされてをる。

この意味に於て將來衝合鑄接の強度が、今日以上に信頼しうるものとなり、部材接合にこれを自由に使用しうるに至るまで、重荷重による反覆衝擊應力をうる鑄接トラス橋の架設は幾分躊躇さるべきである。

獨逸に於ける現狀では鑄接トラスは建築の小屋根等の靜荷重をうるものに限られてをり、其他中歐諸國の例を見ても輕荷重の道路橋程度に限定されてをり、鐵道橋として作られたものは米國合衆國 *Chicopee Falls* 橋支間 53 m のものゝるに止まる。

27. 部材断面形 壓縮部材の断面形として環狀断面の優秀なることは衆知の事柄であり、鑄結トラス橋の部材として米國の *Forth* 橋、米國合衆國の *Bads* 橋等の著名橋梁に使用されてをるが、鑄結による細部構造の困難は、これが一般的の使用を阻害し、今日では互に直角に交る片々の集りよりなる壓延鋼を集めて部材を構成することが一般の慣習となつた。

併し接合に鑄接が用ひらるゝ場合、鑄結に於けるが如き細部構造の困難は全くなく、自由に環狀断面を使用しうる譯であるが、今日の鑄接部材用としての環狀壓延鋼の製造を見ざるが故に、從來の鑄結用として發達せる壓延鋼を當分の間使

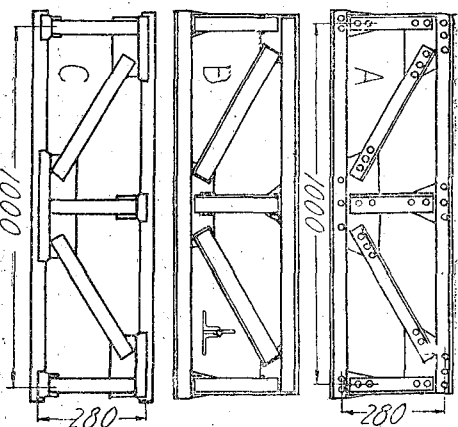
用せざるを得ざる状態にある。

環状断面の部材の優秀さは Karl Bunn が第 108 圖に示す 3 種のトラスについて行つた實驗でも知ることが出来る。A、B は兩種とも山形鋼を部材とせるものなるも、前者は鉄結後者は鉄接である。C 種は山形鋼と同等の強度を有する環状断面部材を用ひて鉄接したものである。

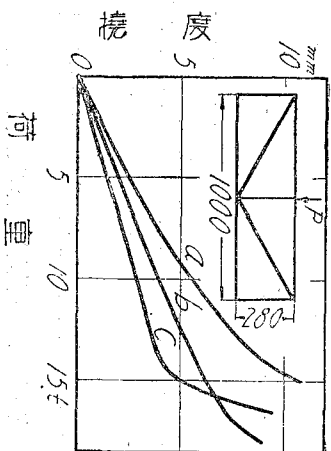
3 トラスの重量は A 種の鉄結のもの最も重く、B 種は A 種に比して 17%、C 種は 50%、輕量となつてを、第 109 圖に示す荷重撓み圖其他から次の如き結論が下されてを。

1. 比例限界は鉄接トラスが鉄結のものに比して遙かに大である、而して環状断面のものは山形断面のものより更に大である。

2. トラスの撓みが各部材の歪に基因する點より見て、鉄結トラスは局部的に最も大なる變形をうくる部分のあることが認められ、且つ環状断面を用ひた



第 108 圖 鉄結トラスと鉄接トラス

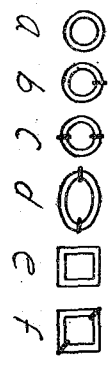


第 109 圖 鉄結並鉄接トラスの撓み比較圖

トラスに於て、鋼材が最も一樣に利用されることがわかる。

3. 應力の分布傳達は鉸結トラスに比し、鉸接殊に環状断面トラスに於て遙かに一樣である。

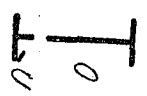
以上の如く環状断面部材の使用が極めて有利なることは多言を要せざるところなるも、これが形成に利便なる壓延材の未だ製作せられざる今日、比較的容易に求めうべき環状又はこれに近き断面形は第 110 圖に示すが如きものである。中 a 及 e は鋼材原形共儘を利用するもの、 b は鋼板を彎曲したる後一箇所鑲着して得らるゝもの、 c 及び d は鋼板を彎曲するか、又は半圓又は半楕圓形の壓延鋼の鑲着によつて得らるゝもの、 f は山形鋼 2 個の鉸接によるものである。



第 110 圖 鉸接環状部材断面形

以上は比較的小型の壓縮材断面として應用せらるべきもので、稍大型のもの並に引張材断面としては山形鋼、溝形鋼、 H 形鋼等の壓延鋼が其儘使用せらるゝことは鉸結トラスと同様である。

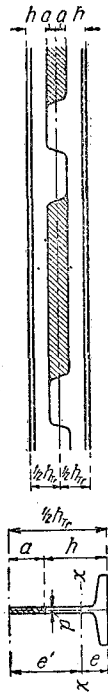
輕鉸接トラスにては臥材として I 形鋼を 2 分したるものを使用したものがある、格點にて部材接合に腹板幅の狭小を感じる場合は第 111 圖の如く I 形鋼を非對稱の 2 片に分割することあるも、ほかに殘片を利用のみちなき場合は不經濟である、この不經濟を免れんがために第 111 圖の如き考察をしたものもある、Gottfeldt によればこの場合 T 型断面の縱横兩中立軸に對する慣性モーメントを等しからしむるためには、 a を次式にて與へらるゝものとすればよい。(第 112 圖)



$$a^4 - a^3 \frac{2F}{d} + a^2 \frac{12S}{d} - a \frac{6(J_x - J_y)}{d} = \frac{3}{d^2} \{ 4S^2 - F(J_x - J_y) \} \dots\dots\dots (21)$$

茲に F, S, J_x, J_y は I 形鋼原形の断面積、断面一次モーメント並に兩軸に對する慣性モーメントである。

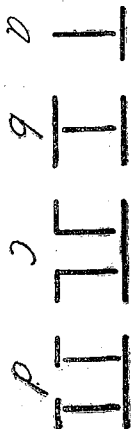
これによつて一個の I 形鋼より 2 個の弦材を切り取ることが出来、腹鉄の廣幅の部分を繋鉄として使用せんとするものである。第 125 圖にはこの工法による弦材を用ひたるトラスの一例を示した。



第 112 圖 I 形鋼よりの弦材切取

部材が更に大となれば壓延鋼による集成断面が使用せらるゝも、其組合せ方は鉄結のもと幾分趣きを異にし、其材片連結には山形鋼を必要としない、第 113 圖は其數例を示したものである。

集成断面にて其鉄厚、寸法等はほぼ鉄結のものに準ずる、例へば蓋鉄厚は蓋鉄と腹鉄との銜接線距の $\frac{1}{40}$ を最少限度とし、突縁又はこれに類似の鉄の厚さは其突出長の $\frac{1}{15}$ 以上とする。



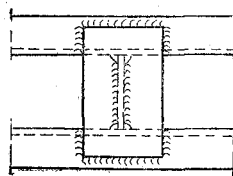
第 113 圖 形鋼による集成部材断面形

孰れの断面形にせよ、其銜接線が断面に關し、對稱の位置に存しないものは、銜接組立に當つて熱歪みを起し易く、施工に特別の注意を必要とするの缺點がある。

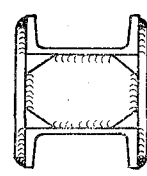
28. 部材の集成 集成壓縮部材の材片組合用の銜接は連鉄又は斷鐵孰れにても可なるも、部材端は部材幅の 1 倍乃至 1.5 倍を連鉄銜接とする、中間に斷鐵銜接を用ふるるとき其最小長は脚の 4 倍、其銜接間隔は壓縮材のとき鉄の最小厚の 8 倍引張材のとき 10 倍以下とする。尙部材の露出する場合には斷鐵銜接間隔は輕銜接にて水密とする方が安全である、この場合銜接片の銜接間隔は前記の 2 倍程度とするも差し支へない。

部材集成に2枚以上の鉄が重ね合わされたとき、其幅が鉄厚の約25倍を越すとき、兩側縁部の隅肉銲接のほかに鉄の中央部に孔銲接を施す。

集成厚縮材に取付ける綴鉄の長さは銲結部材のものと同様で、中間綴鉄にて幅の $\frac{1}{2}$ 、端綴鉄にて幅と同一とする、又其鉄厚は幅の $\frac{1}{50}$ 以上とする。第114圖は2溝形鋼よりなる集成斷面の綴鉄並は隔鉄取付の一例を示したものである。集成部材の腹鉄間に綾釘を取りつくととき、其厚さは單綾綴のとき長さの $\frac{1}{40}$ 、複綾綴のとき $\frac{1}{60}$ 以上とする、其傾斜角は銲結のものと同様である。

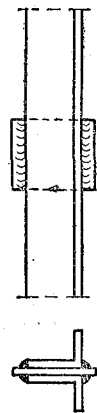


銲接による複綾綴の取付は其細部構造に可成の困難が伴ふがため、これに代ふべき方法として、Lowiez 橋では第129圖の如き工法を用ひてをる。即ちほゞ腹鉄高に相當した間隔で溝形鋼小片の綴鉄を取りつけ、3個毎に同じく溝形鋼による隔鉄が取りつけられてをる。



2個の山形鋼よりなる部材の組合には第115圖の如く兩山形鋼間に挿んだ鋼鉄を用ひてをる、其間隔は銲結の場合に準ずればよい。

第114圖 綴鉄の取付



第115圖 山形鋼より成る部材

ら、大なる集成斷面を有する部材の試みられたるものなく、これに用ひらるべき綴鉄、綾釘、繫綴等の工法に関する充分なる研究が行はれてをらない。従つてこれに對する確定的の工法は今後の實驗研究によつて解決せらるべきものと考へる。(未完)