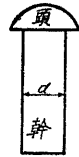


第四章 鋌及仕上ボルト

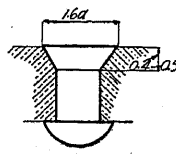
第一節 鋌

1. 形状 鋌 (Rivet) は幹 (Shank) と稱する圓筒形の部分と頭 (Head) と稱する半球形のもの (第 43 圖) より成り、 d を鋌徑と謂ふ。

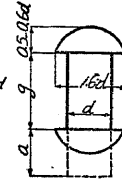
鋌は鋌孔にピッタリと合ふ様に打たねばならないから、第 45 圖の形状のものを鋌孔に挿入して a の部分を叩いて皿形となすのである。



第 43 圖



第 44 圖



第 45 圖

$$a = \alpha d + 0.1 g$$

として $\alpha = 1.1 \sim 1.3$ とし、 g は働長 (Grip) にして $4d$ を超過してはいけない。若し應力を傳ふる鋌にして其の働長が $4d$ を超過するときは、超過 1 mm 毎に鋌の所要數を 0.01 倍宛増加する。橋梁工事に用ふる鋌徑は普通 $13, 16, 19, 22, 25 \text{ mm}$ であるが、一つの橋梁に對しては鋌徑を一種類乃至二種類に制限する方がよい。鋌打ちに際し不完全なものが出來たならば必ず打ち替へねばならない。

2. 鋌孔 (Rivet hole) 鋌徑を一名公稱直徑と稱するが、鋌孔は常に夫より約 $\frac{d}{10}$ 大きい。

A. R. E. A. の示方書に依れば第 46 圖に於て

$$d < d' \leq d + 1.6 \text{ mm}$$

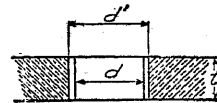
となす。鋌徑と鋌孔との關係を示せば次の如し。

鋌 徑 d (mm)	13	16	19	22	25	28	32
鋌孔の徑 d' (mm)	14	17	20.5	23.5	26.5	29.5	34

鋌孔の作り方には三種ある。

- (1) 穿孔 (Punching)
- (2) 豫穿孔 (Subpunching) 竝に擴孔 (Reaming)
- (3) 鑽孔 (Drilling)

(1) 穿孔。穿孔は最初から鋌孔の直徑の大きさに孔を明けるのであるから鋌孔周圍の材質を痛めるのみならず、如何に周到の注意を以てしても組合すべき各材片の孔を吻合せしむること困



第 46 圖

難だから、鉄の厚 20 mm 以下、若くは重要ならざる部分に用ふることは差支ないが、成る可く避けた方がよい。A. R. E. A. (1929年)の道路橋に対する示方書では、材片の厚が鉄径より大ならざるとき及 22 mm より大ならざるとき、又は基鉄 (Base plate)、填材 (Filler) 及重要ならざる部分で其の厚が $d+3\text{ mm}$ より大ならざるときは、穿孔に依るも差支ないと定めてある。鉄の厚が上記の制限以上となつたならば必ず (2) 或は (3) の方法に依る。

穿孔は完全にしなければならぬが、其の正確の程度は穿孔された各材片を重ねたときに、鉄径より 3 mm 小さい圓筒形ピンが少くも一かたまりの孔数の 75% を通過し得ることが必要で、若し此の條件に適合しないときは不完全に穿孔された材片は使用しない。又 100 或は夫以下の一かたまりの孔数の内で、其の 10% が鉄径より 8 mm 小さいピンを通過せしめ得ざるときも、該穿孔の材片は使用しない。

(2) 豫穿孔並に擴孔。穿孔は材質を痛めるから、先づ鉄径より小さく d'' に穿孔する、之れを豫穿孔と謂ふ (第 47 圖)。次に之れを d' まで削り擴げる、之れを擴孔と謂ふ。此の場合には

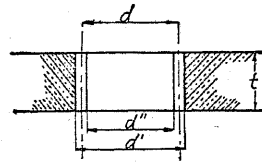
常に $t \cong d$ とする。豫穿孔の大きさは

$$d > 19\text{ mm} \quad d'' = d - 5\text{ mm}$$

$$d = 19\text{ mm} \quad d'' = 17.5\text{ mm}$$

$$d \cong 16\text{ mm} \quad d'' = d$$

とし、各材片を假ボルトで締合せた後 $d' = d + 1.6\text{ mm}$ に擴孔する。



第 47 圖

従つて穿孔の不規則な形は全部取除かれるわけである。

穿孔は Punch と Die とを取り付けた穿孔機 (Punching machine) に依るが、之れには所要の間隔に穿孔する Spacing punch と、同時に多數の鉄孔を穿孔する Multiple punch とがある。擴孔には扭錐 (Twist drill) 或は擴孔機 (Reamer) を用ふる。穿孔及擴孔のあとには、削り屑を完全に取り除いて、熱した鉄が容易に入り得る様にして置かねばならない。

(3) 鑽孔。材片の厚が 19~26 mm を超過する場合及鑄鐵、鑄鋼、合金鋼並に磷鋼等の如く質が堅いか、或は厚が厚いために穿孔が出来ないものに用ふる方法で、孔の大きさは $d' = d + 1.6\text{ mm}$ とする。

何れの場合にも孔は圓筒形をなし材片に直角に穿つことが必要である。鑽孔機 (Drilling machine) には、固定的と可動的のものがあるが、可動的のものは擴孔機と同一のものが用ひられ、其の工具の Reamer が Drill に代るだけである。

鑽孔の場合も別々にすれば、穿孔の場合と同様上下材片の孔が吻合しないから、各材片を重ね

合せて同時に行ふことを要する。

3. 鉄打ち (Riveting) 鉄打ちを容易にするために、働長の許す限り径の大きい鉄を用ひて其の数を減じ、且つ鉄打ちに必要な間隔を残すことが肝要である。

鉄打ちの前に、鉄は石炭又は電氣鉄焼機で薄櫻色を呈する程度に加熱す、之れを鉄焼と稱す。鉄焼きした後鑄滓其の他の附着物を落し鉄孔に押し込んで、人力又は機械力で之れをカシメる (鉄打ちを俗に鉄カシメと云ふ)。鉄打機械には壓力鉄打機 (Pressure riveter) がある、之れは固定された Stationary riveter と、移動出来る Horse-shoes riveter とに區別され、何れも水壓又は壓搾空氣を用ふる。鉄桁及構部材の腹鉄の鉄は前者により、蓋鉄及綾釘の鉄の如きは後者による場合が多い。上記の Pressure riveter にてカシメることの出来ない部分は、Gun riveter を用ひ壓搾空氣を其の動力となす。是等の機械力によるものを機械打ち (Machine riveting)、手でカシメるのを手打ち (Hand riveting) と稱してゐるが、現今では手打ちは特別の場合の外行はれない。

工場での鉄打ちを工場打ち (Shop riveting) と謂ひ、之れに屬する鉄を工場鉄 (Shop rivet)、現場での鉄打ちを現場打ち (Field riveting) と謂ひ、之れに屬する鉄を現場鉄 (Field rivet) と稱する。一般に現場打ちは工場打ちに劣つてゐるから其の許容強度を低減する。現場鉄の数は各径及長に對して計算上要する數に 10%+10 だけの餘裕を準備する。

4. 鉄頭 (Rivet head) 鉄頭には次の三種類がある。

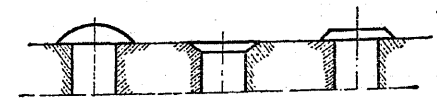
(1) 丸鉄 (Full head rivet, Full bottom head rivet) 第 48 圖 (a)

(2) 皿鉄 (Countersunk head rivet)

第 48 圖 (b)

(3) 平鉄 (Flattened head rivet)

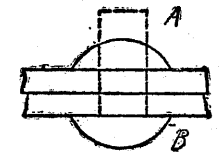
第 48 圖 (c)



(a) (b) (c)

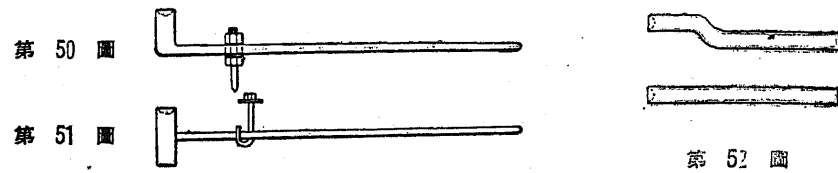
第 48 圖

(1) 丸鉄。鉄焼きの後鉄孔へ押込まれた鉄は、始め第 49 圖點線の形をなしてゐる。之れをカシメるには、既成鉄頭 B を支持しながら他端 A に頭型 (Snap) を當て、之れに鉄打機で打撃を加へながら押しつぶすので、頭型の有する型に依つて鉄頭は饅頭型に造らるゝのである。



第 49 圖

頭型は反覆の應力を受くるから、材料を吟味して硬度高き特殊の鋼で造る。若し Gun riveter を使用するとき、B の所には當盤 (Backing up tool) を用ふるが、之れには壓搾空氣を利用する Holder-on、撞木當盤 (第 50 圖)、



天秤當盤 (第 51 圖) 及カチコミ當盤 (第 52 圖) がある。

(2) 皿鉄。鉄結せる部材を互に接觸せしむるとき、丸鉄を用ふるだけの間隙がないときは皿鉄を用ふる、これは鉄の厚が 10 mm 以上のときに限らるゝ。部材を充分密接する必要あるときは、皿鉄にして其の面を完全に削除するを要す。

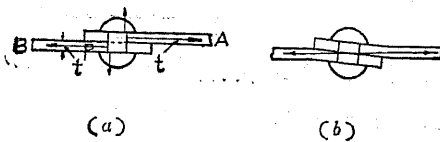
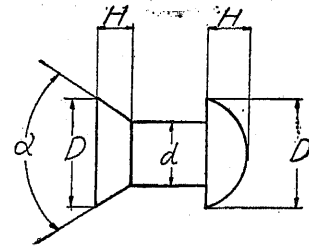
(3) 平鉄。部材間に丸鉄を用ふるだけの餘裕がない箇所に使用する。

鉄の寸法及重量を示せば第 28 表の如し。

第 28 表
鉄の寸法及重量

寸法は (mm), 面積は (cm²)

種別	鉄 徑 d	6	8	10	13	16	19	22	25	28	32	36	40
	鉄 孔 徑	7	9	11	14	17	20.5	23.5	26.5	29.5	34	38	42
皿鉄	鉄頭徑約 D	10	12.5	15.5	21	25	30	35	39.5	39.5	45	51	57
	鉄頭高 H	2.5	3	3.5	5	8	9.5	11	12.5	14	16	18	20
	皿の角度 α	75°	75°	75°	75°	60°	60°	60°	60°	45°	45°	45°	45°
丸鉄	鉄頭徑 D	10	13	16	21	26	30	35	40	45	51	58	64
	鉄頭高 H	4	5.5	7	9	11	13.5	15.5	17.5	19.5	22.5	25	28
	鉄頭表面積 $\frac{\pi D^2}{4}$.503	.950	1.539	2.545	3.801	5.726	7.548	9.621	11.946	15.904	19.635	23.499
鉄	1 鉄頭の重量 (gr)	1.496	3.549	6.934	15.232	28.394	47.568	73.839	108.344	152.205	227.225	323.477	443.777



第 53 圖

5. 鉄接合 (Riveted joint) 鉄接合は製接合 (Lap joint) と衝頭接合 (Butt joint) との二種類がある。製接合 (第 53 圖) の場合には、鉄は A と B の鉄の間に起る剪力(單

剪) 及各鉄の支壓力を受け、衝頭接合 (第 54 圖) の場合には、鉄は二枚宛の鉄の間に起る剪力 (複剪) 及各鉄の支壓力を受くる。若し A の厚が $2B$ の厚さより小なるときは (最も普通に起る)、 A の支壓力が最大となる。



第 54 圖

鉄が短くて其の受くる彎曲率が小なる時は彎曲率を無視し得るも、鉄の数が多くなり或は鉄の厚が大きくなれば、鉄には第 53 圖 (b) の如く彎曲を生じ鉄は張力を受くる様になる。所要鉄数は製接合の場合には剪應力、衝頭接合の場合で A が薄いときは支壓力、 A が比較的厚いときは複剪應力で決定さるゝ。一般に鉄の添接には衝頭接合を、部材の接合には製接合を用ふる。

6. 鉄抵抗—鉄の強さ (Rivet value) 鉄打ちの後鉄が冷却するに従つて其の徑も長も共に多少收縮する。徑の收縮は極少僅少で鉄と孔との間に空隙を生ずるに至らないが、長の收縮は稍大きくて鉄頭の鉄と接觸する部分に摩擦を生ずる。鉄に作用する直應力が或る大きさに達するまでは、鉄に少しばかりの扭れが起るのみで、鉄は鉄の緊結力より生ずる摩擦で其の位置を保つも、一旦其の摩擦抵抗が剪力に制服さるゝに至らば、こゝに始めて鉄が這る様になつて鉄が剪力に抵抗することとなる。普通鉄の強さを定むるに用ひらるゝ應力は剪應力と支壓力とであるが、鉄が長いときは彎曲應力、鉄の冷却の際生ずる收縮及軸張力を考慮するの要あるも、實際には鉄の長さ及鉄の配置に或る制限を設けるのみで是等を計算しない。

(1) 剪力。

d は鉄徑

τ は鉄の許容剪應力

S は鉄の抗剪強

とせば

$$\left. \begin{aligned} \text{單剪 (Single shear) に対しては } S &= \tau \frac{\pi d^2}{4} \\ \text{複剪 (Double shear) に対しては } S &= \tau \frac{\pi d^2}{2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

(2) 支壓力。

σ_b は鉄の許容支壓力

B は鉄の支壓強

t は最薄鉄の厚

単位 (kg)

鉄径 mm	断面面積 cm ²	應 剪		各 鉄		支 壓		強																		
		許容 kg/cm ²	許容 kg/cm ²	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25								
13	1.327	現場	750	995	1.500	1.560	1.755	1.950	2.145	2.340	2.535	2.730	2.925	3.120	3.315	3.510	3.705	3.900	4.095	4.290	4.485	4.680	4.875			
		工場	850	1.128	1.700	1.768	1.989	2.210	2.431	2.652	2.873	3.094	3.315	3.536	3.757	3.978	4.199	4.420	4.641	4.862	5.083	5.304	5.525	5.746		
16	2.011	現場	750	1.508	1.500	1.440	1.680	1.920	2.160	2.400	2.640	2.880	3.120	3.360	3.600	3.840	4.080	4.320	4.560	4.800	5.040	5.280	5.520	5.760	6.000	
		工場	850	1.709	1.700	1.632	1.904	2.176	2.448	2.720	2.992	3.264	3.536	3.808	4.080	4.352	4.624	4.896	5.168	5.440	5.712	5.984	6.256	6.528	6.800	
19	2.835	現場	750	2.126	1.500	1.425	1.710	1.995	2.280	2.565	2.850	3.135	3.420	3.705	3.990	4.275	4.560	4.845	5.130	5.415	5.700	5.985	6.270	6.555	6.840	7.125
		工場	850	2.410	1.700	1.615	1.938	2.261	2.584	2.907	3.230	3.553	3.876	4.199	4.522	4.845	5.168	5.491	5.814	6.137	6.460	6.783	7.106	7.429	7.752	8.075
22	3.801	現場	750	2.851	1.500	1.980	2.310	2.640	2.970	3.300	3.630	3.960	4.290	4.620	4.950	5.280	5.610	5.940	6.270	6.600	6.930	7.260	7.590	7.920	8.250	
		工場	850	3.231	1.700	1.870	2.244	2.618	2.992	3.366	3.740	4.114	4.488	4.862	5.236	5.610	5.984	6.358	6.732	7.106	7.480	7.854	8.228	8.602	8.976	9.350
25	4.909	現場	750	3.682	1.500	1.875	2.250	2.625	3.000	3.375	3.750	4.125	4.500	4.875	5.250	5.625	6.000	6.375	6.750	7.125	7.500	7.875	8.250	8.625	9.000	9.375
		工場	850	4.172	1.700	2.125	2.550	2.975	3.400	3.825	4.250	4.675	5.100	5.525	5.950	6.375	6.800	7.225	7.650	8.075	8.500	8.925	9.350	9.775	10.200	10.625

(註) 工場鉄の内許容剪断力強度 850 kg/cm² の列及同鉄に對する鉄の支壓強度 1700 kg/cm² の列は道路構造に關する細則に依る値を示し、他の列は鐵道橋設計示方書に依る値を示す。現場鉄値及び之に對する鉄の支壓強度は兩者共通なり。鉄の支壓強度中の左の太線及び右の太線は其の左側の支壓強度が夫々單剪鉄値及複剪鉄値より小なるを示す。本表に記載せざる厚さの鉄の支壓強度は厚 10 mm の鉄の支壓強度の 1/10 に鉄厚を乗じて求める。

とせば

$$B = \sigma_b dt \dots\dots\dots (2)$$

普通

$$\sigma_b = 2\tau$$

とする。

(3) 鉄の強さ。S と B の内小なる方を鉄の強さ (R) と謂ふ。

單剪の場合には $\tau \frac{\pi d^2}{4} \leq \sigma_b dt$
 $d \leq 2.55 t \dots\dots\dots (3)$

複剪の場合には $\tau \frac{\pi d^2}{2} \leq \sigma_b dt$
 $d \leq 1.27 t \dots\dots\dots (4)$

なるが故に單剪の場合は

$$d < 2.55 t \quad \text{なるときは} \quad R = \tau \frac{\pi d^2}{4} \dots\dots\dots (5)$$

$$d > 2.55 t \quad \text{なるときは} \quad R = \sigma_b dt \dots\dots\dots (6)$$

複剪の場合は

$$d < 1.27 t \quad \text{なるときは} \quad R = \tau \frac{\pi d^2}{2} \dots\dots\dots (7)$$

$$d > 1.27 t \quad \text{なるときは} \quad R = \sigma_b dt \dots\dots\dots (8)$$

に依つて鉄の強さを見出すを得。部材の張力を P、鉄の強さを R とし、P は總ての鉄に平等に働くものとせば、所要の鉄数は次式に依りて求める。

$$n = \frac{P}{R} \dots\dots\dots (9)$$

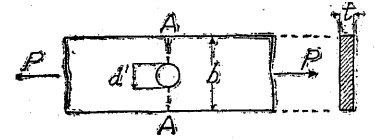
(4) 實用上の鉄孔径。鉄孔の徑 $d' > d$ なるが故に、鉄の強さの計算には d の代りに d' を用ひて可なる理由なるも、安全のために d を用ふる。

抗張材に鉄孔があるときは、第 55 圖に於て A—A 断面の所で切斷される處がある。此の断面の有効幅は

$$b - d' = b - (d + 1.6) \text{ mm} \dots\dots\dots (10)$$

となるも、鉄孔を穿つときに其の周圍が濡めらるゝので、安全を取り

$$b' = b - (d + 3.0) \text{ mm} \dots\dots\dots (11)$$



第 55 圖

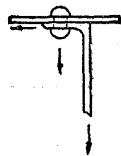
を其の有効幅とする、故に抗張材の純断面 (Net area) は tb' となり、抗圧材の總断面 (Gross area) は tb となる。

今鉄の厚と鉄径との関係を示せば次の如し。

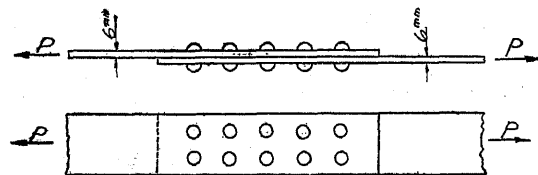
軽い建築工	鉄の厚	6 ~ 12 mm	鉄径	12 ~ 22 mm
普通の橋梁工	"	10 ~ 19 mm	"	19 ~ 22 mm
大きい橋梁工	"	25 mm	"	25 mm
特別大きい橋梁工	"	25 mm 以上	"	25 mm 以上

(5) 彎曲。鉄の長が長くなると彎曲を生ずる、之れに抵抗するには径の大きい鉄を用ふのが利益であるから、長い鉄を使用の場合は径も比較的大きくなる。然し一方では径の大きい鉄は径の小さいものより鉄打ちが困難なるのみならず、部材の有効断面を縮小すること多大であるから、結局かゝる場合には鉄数を増加するの外はない。

(6) 鉄の受くる張力。第56圖に示すが如く鉄の方向に張力が働くときは、鉄頭が飛び去る虞がある。鉄は之れに對して最も脆く且つ不安であるから、出來得る限り斯かる構造を避くる様にしなければならない。若し張力を受くときは鉄の強さとしては、剪力に對するときの半分の許容強度を採る、此の場合には皿鉄を使用してはいけない。



第 56 圖



第 57 圖

[例 1] $P = 22t = 22000 \text{ kg}$ なるとき、 22 mm の工場鉄を用ふるものとせば、此の應力を傳達するには幾本の鉄を必要とするや (第 57 圖)。

22 mm 鉄の許容應剪強 (單剪) は

$$850 \times 3.801 = 3230 \text{ kg} \text{ (但し径 } 22 \text{ mm 鉄の斷面積は } 3.801 \text{ cm}^2)$$

所要鉄数は

$$\frac{22000}{3230} = 6.8 \therefore 7 \text{ 本}$$

第 100 圖

22 mm 鉄の許容支壓強は

$$1700 \times 2.2 \times 0.6 = 2244 \text{ kg}$$

所要鉄数は

$$\frac{22000}{2200} = 9.8 \therefore 10 \text{ 本}$$

鉄数は支壓強に依つて定まり 10 本を用ふる。

[例 2] $P = 30t = 30000 \text{ kg}$ 、鉄径を 16 mm (工場鉄) とせば、其の應力を傳達するに要する鉄数を求む (第 58 圖)。

16 mm 鉄の許容應剪強 (複剪) は
 $2 \times 850 \times 2.011 = 3420 \text{ kg}$

所要鉄数は

$$\frac{30000}{3420} = 8.8 \therefore 9 \text{ 本}$$

16 mm 鉄の許容支壓強は

$$1700 \times 1.6 \times 1.2 = 3260 \text{ kg}$$

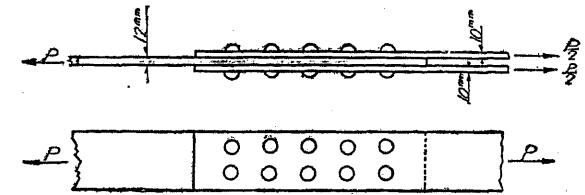
所要鉄数は

$$\frac{30000}{3260} = 9.2 \therefore 10 \text{ 本}$$

10 本を用ふる。

上記二例の計算に第 29 表を用ふれば、計算の手数が省け、且つ鉄数は支壓強に依つて決定出来る事がわかる。

7. 鉄の検査 鉄の良否は構造物の死命を制するのであるから、其の嚴重なる検査を行はねばならない。第一に鉄頭が其の幹と中心を同うするやを検し其の偏倚せるもの、第二に鉄頭の外觀見をて鉄頭にあばたのあるもの及龜裂の生じたるもの、第三に槌 (Hammer) で鉄頭を叩いて鉄の締り加減を検し、締りの悪いものは全部取換へることが必要である。一旦冷却した不良鉄の切り取りは中々困難で、鉄頭の焼き切りの際附近の鋼質に害を及ぼし勝ちであるから、鉄打手が不良鉄が出來たと感じたときは、鉄がまだ赤い中に切り取つて打ち換へる様にする方がよい。

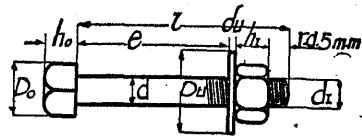


第 58 圖

第二節 仕上ボルト

橋梁の或る箇所では人力にても機械力にても鉄打ちが出来ないから、ボルトを用ふることがある、勿論剪力に抵抗するを要す。此のボルトの孔はボルトの径より 3 mm だけ大きく剪孔又は擴孔して、ボルトはピッタリと之に嵌まる様に僅に大きい径のものを削りあげて作る。之を仕上ボルト (Turned bolt) と謂ひ、常にナツトと坐鐵を併用するが、坐鐵の厚は 6 mm 以上となす。

第 30 表
ボルト及ナット (Whitworth 氏ボルト)

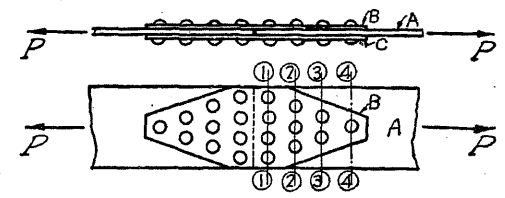


ボルト						鉄頭とナット			坐 鐵		重 量	
直 徑		斷面積	ボルト螺山			ナット	鉄 頭		直徑	厚	鉄頭	ナット
d	d_1	F	n	L		h_1	h_o	D_o	D_u	δ_u	G	G
in	mm	mm ²	長 25.4mm 中の数	in		mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg
1/4	6.35	4.72	0.175	20	5	6	4	13	14	1.5	0.013	0.014
5/16	7.94	6.13	0.295	18	5 5/8	8	6	16	18	2.0	0.022	0.024
3/8	9.52	7.49	0.440	16	6	10	7	19	21	2.5	0.033	0.035
7/16	11.11	8.79	0.610	14	6 1/8	11	8	21	24	3	0.048	0.051
1/2	12.70	9.99	0.785	12	6	13	9	23	28	3	0.067	0.072
5/8	15.87	12.92	1.310	11	6 7/8	16	11	27	34	3	0.120	0.130
3/4	19.05	15.80	1.960	10	7 1/2	19	13	33	40	4	0.198	0.210
7/8	22.22	18.61	2.720	9	7 7/8	22	15	36	45	4	0.287	0.310
1	25.40	21.33	3.570	8	8	25	18	40	52	5	0.415	0.445
1 1/8	28.57	23.93	4.500	7	7 7/8	29	20	45	58	5	0.574	0.615
1 1/4	31.75	27.10	5.770	7	8 3/4	32	22	50	62	5	0.755	0.815
1 5/8	34.92	29.50	6.835	6	8 1/4	35	24	54	68	6	0.988	1.060
1 1/2	38.10	32.88	8.390	6	9	38	27	58	75	6	1.260	1.360
1 5/8	41.27	34.77	9.495	5	8 1/8	41	29	63	80	7	1.570	1.700
1 3/4	44.45	37.94	11.310	5	8 3/4	44	32	67	85	7	1.940	2.100
1 7/8	47.62	40.40	12.820	4.5	8 7/8	48	34	72	92	8	2.360	2.550
2	50.80	43.57	14.910	4.5	9	51	36	76	98	8	2.830	3.100
2 1/4	57.15	49.02	18.370	4	9	57	40	85	110	9	3.960	4.260
2 1/2	63.50	55.37	24.080	4	10	64	45	94	122	9	5.400	5.780
2 3/4	69.85	60.55	28.800	3.5	9 5/8	70	49	103	134	10	7.100	7.620
3	76.20	66.90	35.150	3.5	10 1/2	76	53	112	146	11	9.100	9.780

第三節 鉄 の 配 置

部材の或る断面に於て各鉄の應力を均一となさば、鉄の應力も従つて均一となり、最大摩擦力が起らないで済むことになる。接合箇所を鉄を二列に打てば應力の均一は容易に得らるゝが、

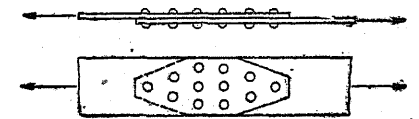
列を増加すれば一枚の鉄は其の幅を變へなければならぬから断面も増加する。第 59 圖に於て添接鉄 B 及 C は菱形となせる故、鉄数は断面 1~1 では 4 本、断面 4~4 では 1 本に減じてゐる。此の場合鉄の應力は全部等しいものと假定せば



第 59 圖

鉄	断面	應 力	B 及 C の斷面積
B 及 C	3-3, 4-4 間	$\frac{1}{10}P$	$\frac{1}{9} \times A$ の斷面積
A	"	$\frac{9}{10}P$	
B 及 C	2-2, 3-3 間	$\frac{3}{10}P$	$\frac{3}{7} \times "$
A	"	$\frac{7}{10}P$	
B 及 C	1-1, 2-2 間	$\frac{6}{10}P$	$\frac{6}{4} \times "$
A	"	$\frac{4}{10}P$	

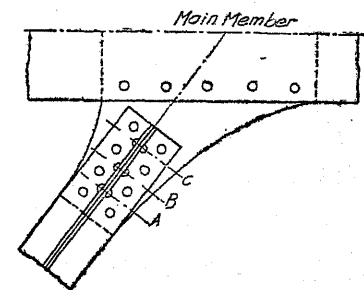
故に此の最後の條件に略適合せしむるためには、添接鉄を圖の如く菱形にするより外はないが、此の方法に依れば添接鉄を四角にした場合よりも應力を最善に分布することになる。製接合にも第 60 圖の如き配置を用ふる。



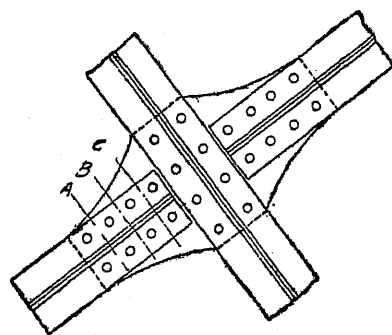
第 60 圖

接合の設計に於て第 61 圖、第 62 圖及第 63 圖の如き傾斜或は曲線形を有する繫鉄 (Gusset plate) を用ふれば、鉄の應力を均一となすことを得。

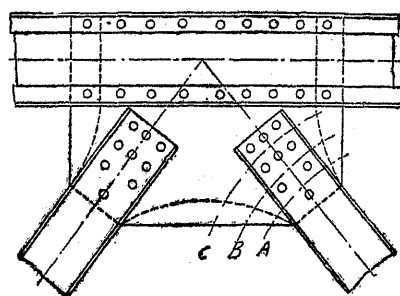
何れの場合にも B の断面は A の断面より大きく、又 C の断面は B の断面より大きくして繫鉄の應力に比例する様になつてゐる。鉄の縁は普通直線となすも、外觀のため第 61 圖及第 62 圖の如く曲線となす事がある。第 63 圖の點線で示せ



第 61 圖

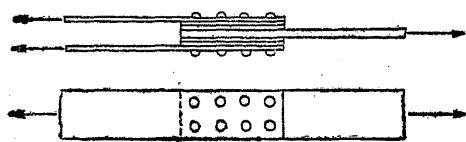


第 62 圖

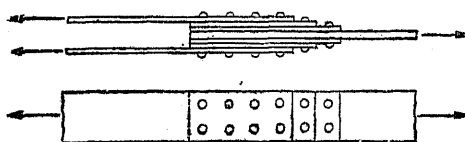


第 63 圖

るが如き曲線形となさば、應力の分布は直線形の場合より良好となる。添接鉄或は緊鉄を以上述べたる如き形となすことを得ざる場合は、両端にある鉄は中間のものより餘分の應力を受くるから、其の部分の添接鉄を長くするか、又は補強鉄を用ひ鉄距も比較的小さくする。



第 64 圖



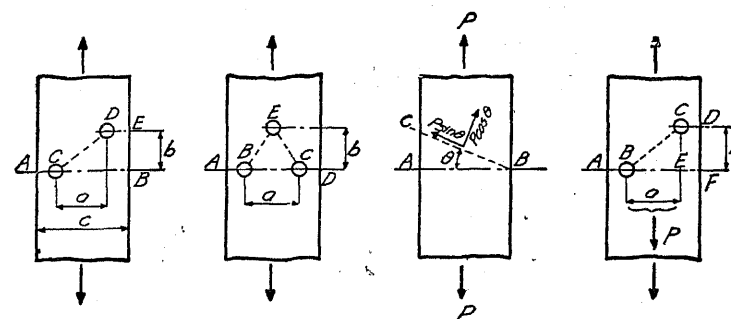
第 65 圖

主鉄と添接鉄との間に填材を用ふるときは、第65圖の方が第64圖に優る。第64圖では鉄は大なる彎曲率を受くるのみならず、鉄應力も均等でないから摩擦抵抗が小となり、鉄が其の全剪力抵抗を發揮する前に接合は著しく屈曲するに至る。第65圖に於ては填材は各別に短い鉄で締付けられてゐるから、應力は均等に分布し、摩擦抵抗は増加し、長い鉄の彎曲率は減少する。

第四節 鉄孔に依る斷面の減少

數列の鉄を用ふる場合に抗張材の純斷面を見出す方法は複雑で、斜破壊 (Diagonal rupture) を避くるため必要とするく字形鉄及其の場合の純斷面の計算方法には種々の規則があるが、最も簡明にして安全の方法は、部材の軸に直角或は斜線に沿うて部材を切る最小斷面を採つて鉄斷面を決定することである。

第66圖に於て最小純斷面となる斷面は、 AB 或は $ACDE$ である。但し此の場合の張應力は、斜斷面 CD に沿うても、直角に切つた斷面に沿うても同一なりとの假定を設けてある。



第 66 圖

第 67 圖

第 68 圖

第 69 圖

d' を鉄孔の直徑とせば

AB の純斷面積

$$c - d'$$

$ACDE$ の純斷面積

$$c - (a + d') + (\sqrt{a^2 + b^2} - d')$$

$$= c - a - 2d' + \sqrt{a^2 + b^2}$$

兩純斷面積を等しくするためには

$$d' = a + 2d - \sqrt{a^2 + b^2}$$

鉄線間の距離 b は

$$b = \sqrt{2ad' + d'^2} \dots \dots \dots (12)$$

第67圖に於て、 $ABECD$ と $ABCD$ との純斷面積を同一にすための b の値は

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{2ad' + d'^2} \dots \dots \dots (13)$$

若し斜張力を計算し、之れに對する餘裕を採れば以上の値より小さくなる。第68圖に於て最大張力は AB 上に起るが、斜線 BC 上に於て應力を剪力と軸應力とに分解せば、全張力は $P \cos \theta$ 、全剪力は $P \sin \theta$ となる。第69圖に於ては斷面 BC と BE は同一荷重を負ひ又同一強度でなければならぬから、 BC 上の單位張應力は BE 上の單位張應力を超過しては行けない。今 a の部分で受くる全荷重を P とせば、 BE 上の單位應力は $\frac{P}{at}$ となる (t は鉄の厚)。

此の應力の BC と直角をなす分力は

$$P \cos \theta = P \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

BC 上の純斷面積は $(\sqrt{a^2 + b^2} - d')t$

BC 上の單位應力は $\frac{Pa}{\sqrt{a^2 + b^2} (\sqrt{a^2 + b^2} - d')t}$

となる故、之を $\frac{P}{at}$ に等しくして b に對して解けば

$$b = \sqrt{\frac{1}{2}d'^2 + d' \sqrt{\frac{1}{4}d'^2 + a^2}} \dots\dots\dots (14)$$

$\frac{1}{4}d'^2$ は a^2 に比し小なるが故に

$$d' \sqrt{\frac{1}{4}d'^2 + a^2} = d'a$$

とせば

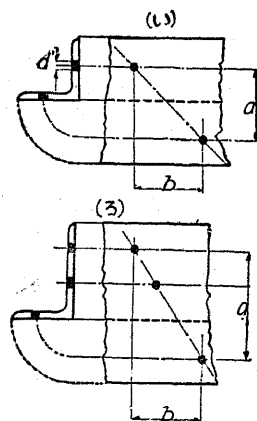
$$b = \sqrt{ad' + \frac{1}{2}d'^2} = 0.7\sqrt{2ad' + d'^2} \dots\dots\dots (15)$$

即ち (12) 式に依つて求めた b の値の $\frac{7}{10}$ となる。

鐵道省示方書第二十條—抗張材の純斷面積は、其の總斷面積より鉄孔に依つて失はるべき斷面積を控除したるものとし、控除すべき鉄孔の數は次の方法に依つて決定するものとす(第70圖)。

第 31 表
b の 値 單位 mm

a	鉄 徑		a	鉄 徑	
	19	22		19	22
240	106	113	100	70	75
220	101	108	95	69	74
200	97	104	90	67	72
180	92	99	85	65	70
170	90	96	80	64	69
160	87	93	75	62	67
150	85	91	70	60	65
140	82	88	65	58	63
130	79	85	60	56	61
120	76	82	55	54	59
110	73	79	50	52	57



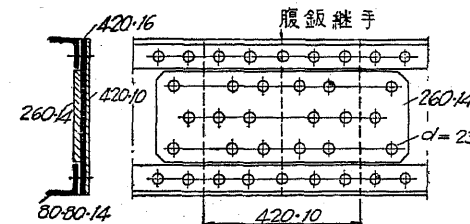
第 70 圖

$b \geq \sqrt{2ad' + d'^2}$ なるときは、控除すべき鉄孔は (a) の場合には1箇、(b) の場合には2箇。

$b < \sqrt{2ad' + d'^2}$ なるときは、控除すべき鉄孔は (a) の場合には2箇、(b) の場合には3箇。

第五節 部材の鉄接合

部材の継手に於ては多くの場合に、腹鉄の全幅に亘り其の兩側に添接鉄を置くことは出来ないから、第71圖に示すが如く一枚は腹鉄の全幅に、一枚は兩山形の間だけに添接する。添接鉄の斷面積を F_1 及 F_2 とせば、其の内の厚い鉄は薄い方よりも餘分の鉄數を必要とする。



第 71 圖

兩添接鉄により複剪を受くる鉄數を n 、其の鉄の強さを $N^{(2)}$ 、 F_1 の鉄に於ける單剪を受くる鉄數を n_1 、其の鉄の強さを $N^{(1)}$ 、 F_2 の鉄に於ける鉄數を n_2 とせば、部材の負擔すべき力 P との間には次の關係が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \frac{n}{2}N^{(2)} + n_1N^{(1)} &= \frac{F_1}{F_1+F_2}P \\ \frac{n}{2}N^{(2)} + n_2N^{(1)} &= \frac{F_2}{F_1+F_2}P \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

計算の順序としては最初 n を選定し、次に上式より n_1 及 n_2 を求むる。 F_1 及 F_2 には總斷面を用ふる。

【例】第71圖に於て

$$F_1 = 42.0 \times 1.0 = 42 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = 26.0 \times 1.4 = 36.4 \text{ "}$$

腹鉄に作用する力を $P = 67t$ とせば、一つの添接鉄は

$$P_1 = \frac{42.0}{42.0+36.4} \times 67.0 = 35.9 t$$

他の添接鉄は

$$P_2 = \frac{36.4}{42.0+36.4} \times 67.0 = 31.1 \text{ "}$$

を分擔することとなる。

$$\text{許容應力} \begin{cases} \text{單剪} = 1000 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{支壓} = 2000 \text{ "} \end{cases}$$

とせば

$$\text{鉄徑 } d = 23 \text{ mm} \text{ に対しては } N^{(1)} = 4.15 t, N^{(2)} = 7.36 t \text{ (支壓力に依る鉄の強さ)}$$

継手の片側に於て複剪を受くる部分に6本の鉄を用ふれば、此の6本の鉄に依り各添接鉄は

$$\frac{n}{2} N^{(2)} = \frac{6}{2} \times 7.36 = 22.08 \text{ t}$$

の鉄を受くる様になるから、 420×10 の鉄に於ける過剰の力

$$35.9 - 22.08 = 13.82 \text{ t}$$

は

$$n_1 = \frac{13.82}{4.15} \doteq 4$$

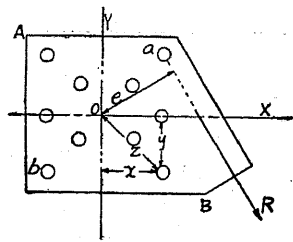
の鉄(単剪)に依り山形突縁に傳はる。 420×14 の鉄は

$$31.1 - 22.08 = 9.02 \text{ t}$$

の過剰の力を受くるから、更に $n_2 = 3$ の鉄(単剪)が用ひらるゝだけ狭い方の添接鉄を長くして腹鉄と鉄結する。

第六節 偏心鉄結

接合に於ける應力を均等にするためには、接合すべき各部材の働線 (Line of action) をして鉄群の重心を通過せしむる。此の條件が満足されない場合には其の接合は多少偏心となり、鉄の



第 72 圖

應力は均等でないから、之が如何に分布せるかを決定する必要がある。

第72圖は偏心鉄結を示したものだ、縦鉄 (Joint plate) AB は殆ど鞏固なる支承と考へ得べき大きな部材に鉄結されてゐる。縦鉄に働く他の力の合成力 R が、鉄群の重心に對して偏心的に作用するとき、各鉄の應力及最大鉄應力を決定せんとす。

今鉄群の重心を O とせば、若し R が O 點を通過せば鉄應力は總て均等で、其の値は R を鉄數で除した商に等しくなる。若し圖の如く R が偏心距 e を有すれば、縦鉄に對する力率は Re となるから、之がために各鉄に添加應力を生ずることとなる。

n は鉄數

$$r_a \text{ は鉄の直應力} = \frac{R}{n}$$

r_m は鉄の彎曲應力

r_o は O 點より單位の距離に在る鉄の彎曲應力

r は鉄の合成應力

x, y は O 點を通過する X 軸及 Y 軸に對する座標

z は O 點より鉄に至る距離

とし、縦鉄 AB と部材とは相對的に固定し、各鉄の彎曲應力は重心からの距離に比例し、其の抵抗力率は此の距離の自乗に比例するものと假定せば

$$r_m = r_o z \dots\dots\dots (17)$$

$$r_m z = r_o z^2 = r_o (x^2 + y^2)$$

となり、

$$r_o (\sum x^2 + \sum y^2) = R e \dots\dots\dots (18)$$

或は

$$r_o = \frac{R e}{\sum x^2 + \sum y^2} \dots\dots\dots (19)$$

となり、鉄の全應力は r_m と r_a との合成力となる。 r_m の方向は O 點より鉄への半径と直角をなし、 r_a の方向は R と平行となるから、合成力を求むるには圖式に依り或は代數的に r_m と r_a とを OX と OY とに平行なる分力に分解し、其の水平分力の和と鉛直分力の和との合成力を見出せばよろしい。第72圖に於ては a に最大應力を生じ、b には最小應力又は a とは方向反對なる應力を生ずる。

多くの場合に鉄の配置は對稱となれる故、鉄群の重心を求むること容易なるも、若し對稱ならざる場合は各鉄を 1 と假定して、面積の重心を求むるときと同一の方法に依り計算する。

〔例 1〕 縦鉄に於ける鉄の配列及力の作用は第 73 圖に示す通りとす。

鉄列 1 に對しては	$\sum x^2 = 3 \times 88^2 = 23\,232$
” 2 ”	$= 2 \times 38^2 = 2\,888$
$\sum x^2$ の全値は	$2(23\,232 + 2\,888) = 52\,240$
鉄列 1 に對しては	$\sum y^2 = 2 \times 100^2 = 20\,000$
” 2 ”	$= 2 \times 50^2 = 5\,000$
$\sum y^2$ の全値は	$2(20\,000 + 5\,000) = 50\,000$

$$(19) \text{ 式より } r_o = \frac{13\,600 \times 152}{52\,240 + 50\,000} = 20.2$$

$$\text{鉄 } a \text{ に至る距離 } z = \sqrt{100^2 + 88^2} = 133$$

$$\text{故に } r_m = 133 \times 20.2 = 2\,687 \text{ kg}$$

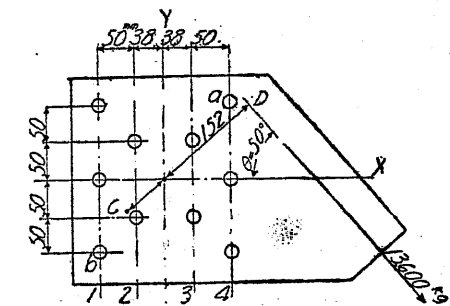
$$r_a = \frac{13\,600}{10} = 1\,360 \text{ ”}$$

$$r_m \text{ の鉛直分力 } 2\,687 \times \frac{88}{133} = 1\,780$$

$$r_m \text{ の水平分力 } 2\,687 \times \frac{100}{133} = 2\,020$$

$$r_a \text{ の鉛直分力 } 1\,360 \times \sin 50^\circ = 1\,040 \text{ kg}$$

$$r_a \text{ の水平分力 } 1\,360 \times \cos 50^\circ = 875 \text{ ”}$$



第 73 圖

$$\text{鉛直分力の和} = 1780 + 1040 = 2820 \text{ kg}$$

$$\text{水平分力の和} = 2020 + 875 = 2895 \text{ #}$$

$$\text{合成應力} = \sqrt{2820^2 + 2895^2} = 4040 \text{ #}$$

鋸 b は a と同一の彎曲應力を有するも其の方向は反對で、其の全應力は

$$\sqrt{(1780 - 1040)^2 + (2020 - 875)^2} = 1370 \text{ kg}$$

となる。

第七節 鋸距及鋸と縁との距離

1. 鋸の大きさ 普通用ふる鋸径は、計算上の應力を採る部材に在りては 19 mm 及 22 mm とし、径 16 mm のものは山形鋼の 65 mm の邊、150 mm 及 180 mm の I 形鋼及溝形鋼の突縁以外には用ひられない。

計算上の應力を採る山形鋼に於ける鋸径は、鋸結せらるべき脚の幅の $\frac{1}{4}$ を超過してはいけなから、計算上の應力に依つて其の大きさを定める譯にはいかない。山形鋼に於ては次の鋸径を用ふることを得。

脚幅 (mm)	鋸径 (mm)
50	16
65	19
75	22
90	25

16 mm の鋸を用ふる事の出来ない様な形鋼は、高欄以外には使用してはいけな。

2. 鋸距 (Rivet pitch)

(1) 最小鋸距。鋸の最小中心間隔は鋸径の 3 倍となすも、成る可く次に示す値以上とする。

鋸径 (mm)	最小鋸距 (mm)
16	55
19	65
22	75
25	90

(2) 抗壓材端の鋸距。組合せ抗壓材の端に於て主要應力の方向の鋸距は、其の部材の最大幅の 1 倍半の間は鋸径の 4 倍を超過してはいけな。此の點を越したれば、部材の最大幅の 1 倍半

に相當する長に鋸距をかへて行つて、最後に最大鋸距に達する様にする。

(3) 最大鋸距。鋸の最大中心間隔は應力の方向に 150 mm、或は鋸結せらるべき最外側鋸若くは山形鋼の厚の 16 倍を超過してはいけな。

鋸径 (mm)	最大鋸距 (mm)
19	130
22	150

山形が二鋸線を有し之れをく字形に鋸結する場合は、各鋸線の最大鋸距は上記限度の 2 倍 (最大 250 mm) とする。

2 枚以上の腹鋸が接觸するときは、之れを繋結するに縫鋸 (Stich rivet) を用ふるが、抗壓材に在りては、其の鋸距は應力の方向には 150 mm (或は最薄の鋸厚の 12 倍) 以下、之れと直角の方向には 300 mm (或は最薄の鋸厚の 24 倍) 以下とする。抗張材及鋸桁に在りては、何れの方向にも最外側鋸の厚の 24 倍 (或は 300 mm) 以下、二山形鋼が接觸して抗張材を組立てるときは 300 mm を超過してはいけな。

(4) 鋸と縁との距離。鋸の中心より剪斷縁 (Sheared edge) に至る最小距離は次の如し。

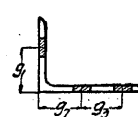
鋸径 (mm)	最小距離 (mm)
16	28
19	32
22	37
25	44

鋸の中心より壓延縁 (Rolled edge) 又は仕上縁 (Planed edge) に至る最小距離は次の如し。但し I 形鋼及溝形鋼の突縁を除く。

鋸径 (mm)	最小距離 (mm)
16	25
19	28
22	32
25	38

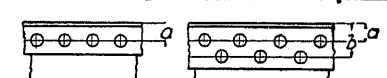
鋸の中心より縁に至る最大距離は、鋸結せらるべき最外側鋸の厚の 8 倍とす。但し 150 mm を超過してはいけな。第 32 表は鐵道省標準、第 33 表及第 34 表はメラン氏の示方書に據る。

第 32 表
山形鋼の鋸線 単位 mm



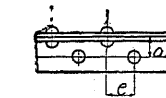
		脚	200	175	150	130	125			
	g_1		115	100	90	80	75			
	g_2		80	65	65	65	65			
	g_3		75	75	50	30	25			
	最大鋸		22	22	22	22	22			
脚	100	90	80	75	70	65	60	50	45	40
g_1	65	55	45	40	40	35	30	30	25	25
g_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
g_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
最大鋸	22	22	22	22	19	19	13	13	10	10

第 33 表
山形鋼の鋸距 単位 mm



		脚	60	65	70	75	80	90	100
鋸 徑	16		20	20	23	23	23	23	26
a	33		35	40	43	45	50	55	
b	—		—	—	—	—	—	—	—
脚		110	120	130	140	156	160	—	
鋸 徑	26		26	26	26	26	26	—	
a	60		45	50	50	60	60	—	
b	—		80	90	100	110	115	—	

第 34 表
鋸距 e の値 単位 mm



		脚	60	65	70	75	80	90	100
a			33	35	40	43	45	50	55
鋸 徑	16	$e =$	25	20	15	15	0	0	0
	18		25	25	20	20	0	0	0
	20		—	30	25	25	15	0	0
	23		—	—	—	—	25	25	0
	26		—	—	—	—	—	—	20
脚			110	120	130	140	150	160	—
a			60	45	50	50	60	60	—
鋸 徑	16	$e =$	0	0	0	0	0	0	—
	18		0	0	0	0	0	0	—
	20		0	15	15	0	0	0	—
	23		0	25	25	15	0	0	—
	26		0	35	35	30	20	20	—