米國に於ける鐵骨の鎔接法

FRANK P. McKIBBEN

最近鎔接法はビルディングの鐵骨組立や橋梁の補強用として盛んに利用され現在では既に試験時代を過ぎて實行時代に移つて來た。四年以前迄はビルディングや橋梁に鎔接法を採用する事を疑問視し且之を危惧するものが多かつたのであるが今では此等の懷疑説は消え從來の古き慣習を破つて鎔接法は殆んど總ての建造物に採用される迄に著しい發達を遂げたのである。

鎔接法が鉄締法に比し優りたるものは第一に騒音を發しない事と第二には古い鐵橋やビルディングの修理や補強に適し且經濟的である点に在る。或る大規模の鐵道會社では鐵橋の steel girder や truss member の補強に使用して好成績を收めてゐる。

§ 建 築 物

1930年の初期に建設された著名なる建築物の中で全部或は部分的に鎔接法を採用したものを挙げれば次の如くである。

南カルフォルニア、エヂソン會社事務所

高さ 150呎 truss 及耐震部は鎔接 他は鉄締

エヂソン電氣照明會社事務所

14階 鎔接及鉄締併用

紐育市會堂

全 部 鎔 接

工學實驗室 (在ワットパルフ、ペンシルバニア州)

11階 全部鎔接

工 場 (在ブリッヂポート、コンネクティクット州)

4 階 全部溶接

工 場 (オクラハマ市)

高 45 呎 間口 140 呎 奥行 2,600 呎 全部溶接

鐵骨には酸素アセチレン又は電弧何れの方法も使用されるが先ず酸素アセチレンに依り溶接した最大建築物は紐育科學研究所で高さ 42½ 呎 間口 75 呎 奥行 260 呎である。瓦斯溶接は一般には使用されてゐるが水素吹付電弧溶接やテルミット等と同様ビルディングの鐵骨には余り使用されてゐない。現在では鐵骨の溶接は殆んど金屬電弧溶接法に依られてゐる。

電氣抵抗溶接は bar joist 等の点溶接或は突合溶接に用ひられてゐるが此方法は小さな工場作業用として適してゐる。

米國合衆國に於いて全部或は部分的に溶接されたビルディングは百以上に及ぶが未だ溶接部には何等の故障も起きてゐない。

§ 機 械 溶 接

過去に於ては鐵骨や鋼管の工場製造に自動瓦斯或は自動電氣溶接を可成使用してゐた。普通 beam と beam 或は beam と column との溶接接手には機械溶接を用ひず手溶接が行はれ plate girder 又は column 等の如き比較的長い溶接部を持つものには自動溶接が經濟的に次第に盛んに使用され好成績を示してゐる。此等の適例はミシシッピバレイ建築會社が二個の電極を有する自動電弧溶接機を使用して plate girder の web を flange plate に二列の fillet 溶接を同時に行つたものである。

クレバランド クレイン會社では traveling crane box girder を自動電

弧銲接機に依つて二個の web を一枚の flange plate に同様に銲接してゐる。

§ 經 濟

騒音除去の經濟的價值を除いて銲接に依り輕減し得らるゝものは主として truss や girder に於ける材料の節約である。高層建築では frame が銲接された beam や column から成つてゐる爲鋼材の重量輕減は beam が連續的なものでない限り僅少なものであるが其代り bending moment は可成減じて beam の重量は輕減されて来る。然し補修銲接に依り材料節減費は幾分相殺される爲に他の方法に比較してどの位の節約となるかは確然と示されない。

一般に機械工場に用ひられる様な roof truss の結構に於ては可成の材料節減となる。例へば 580 呎 6 時の span を有する roof truss では各銲接せる truss の重量は 5,000 封度であるに之を鉋締に依ると 6,800 封度となり 78 呎 span の truss では銲接に依れば 9,200 封度であるに反し鉋締では 13,200 封度となる。即ち以上の truss では銲接法に依り 1,800 封度 或は 4,000 封度の材料節減となるのである。

第 一 表
鉋締及銲接 girder の重量比較

號數	重量(封度)	第一號ニ比シ輕減重量	輕減百分率	摘 要
1	7,498			鉋 締
2	6,455	1,043	13.9	"
3	6,282	1,216	16.3	銲 接
4	5,572	1,926	25.7	"
5	6,012	1,486	19.8	"
6	5,467	2,031	27.1	"

Plate girder の結構では第一表に於て六個の Plate girder (二個は鉋締他は鉋接) を以つて比較せる如く鉋接に依れば大なる材料節減となる。

第 一 圖

各 girder は 40 呎 span に一樣に吸當り 4,000 封度の荷重を負ふ様に設計されてゐる。此等 girder の斷面は第一圖に示す如くで第一號の鉋締 girder の重量は 7,498 封度 なるに第六號の鉋接 girder は夫れと同一用目的で 5,467 封度 となり 2,031 封度即ち 27.1% の重量輕減となる。

§ Battledack Floors

米國スチール コンストラクション學會では Battledack Floor と稱する建築用の steel floor の型を定めてゐる。之れは主として 20 呎幅の薄い鋼板で平行せる I beam の上部に載せるもので各 plate の継目を I beam flange に沿ふて置きその継目に間隙を残して此處を銲接すれば各 plate は I beam の上部に銲接され是くて composite beam が出來上る。此場合銲接は單に I beam に plate を固着せしむるのみでなく composite beam の flange に於ける longitudinal shear を移動せしめるものである。

この floor を作るには自動銲接機を使用し 275 アンペヤ、22 ヴォルトの電弧を發生し平均 $9\frac{1}{2}$ 吋 毎分の速度を以て $\frac{3}{16}$ 吋の steel floor の seam 銲接をなす。但し使用銲接棒は $\frac{3}{16}$ 吋のものを使用する。

§ 銲 接 及 建 築 法

米國合衆國に於ては大抵の都市に建築法が定められその中七十七の都市では鐵骨の銲接を許してゐる。之等の規定に仕様された静止負荷に對し銲接接目に關する最大許容單位廣力は次の如くである。

銲接の throat を通る斷面に於ける剪斷力……11,300 封度/平方吋

銲接の throat を通る斷面に於ける應張力……13,000 封度/平方吋

銲接の throat を通る斷面に於ける應壓力……15,000 封度/平方吋

上記の數字は亦米國銲接協會に依り指定された標準である。

§ 銲接工の訓練並に資格

銲接技術は過去二年間に長足の進歩を來たし銲接工の資格に就て一歩から喧しく主張されて來た。一人前の銲接工としての資格を與へられるには次の試験片に合格しなければならない。

第二圖に此等の試験片を示すもので B 型は $9 \times \frac{1}{2} \times 12$ 吋の二片を

凡そ 12×16 吋 の一片に突合銲接したもので銲接邊は圖示の如く double-vee の開先を取る。銲接工は先ずこの試験片に依り垂直銲接及 水平銲接が出来なければならない。銲接後は銲接せる凸部を plate の厚さに等しく削り取り張力試験片として二吋の幅に切り取る。而して試験の結果銲接試験片の平均張力が 45,000 封度/平方吋 を低下せず最悪のもので 40,000 封度/平方吋以上でなければならない。

第 二 圖

L型は $2 \times \frac{1}{2} \times 8$ 時の二枚の plate を圖示の如く重ね合せ銲接をなすもので $\frac{1}{2}$ 時の fillet 銲接を 6 時の邊に沿ふて行ふものである。銲接後は之を冷却し而る後銲接せざる 6 時の邊の重ね目に楔を打つて銲着せる二枚の plate を裂離して銲接部の破壊面を検べるのである。この検査に當つて銲接金屬と基礎金屬とは充分融着してゐなければならぬのは云ふ迄もなく銲接金屬が fillet の根元迄よく侵徹し光澤を有し且稠密にして肌理細かく結晶或は纖維狀をなしたものでなければならぬ。

F 型は $4 \times 1 \times 12$ 時の二枚の plate を二枚の $3 \times \frac{3}{4} \times 6 \frac{1}{2}$ 時の splice plate を以て fillet 銲接をなすものである。此銲接斷面は $\frac{3}{8}$ 時の三角形、長さは $2 \frac{1}{2}$ で splice plate の兩側に 10 時の fillet を施す。其張力試験には少くとも 44,000 封度/平方時の平均限界剪斷應力を有し最惡のもので 38,000 封度/平方時以上でなければならぬ。

第二表は三人の銲接工の資格檢定試験表で張力試験に依る銲接部の限界抗張力は $2 \times \frac{1}{2}$ 時の strip に於て 49,000 乃至 55,700 封度/平方時である。

第三表は第二圖に於ける F の如き fillet 銲接試験片に依れるもので限界荷重が 133,100 乃至 155,200 封度である。但し $\frac{3}{8}$ 時 fillet を使用する。

第二表及第三表の試験成績表は此種銲接の代表的なもので一般の場合の設計にはこの表に依つて充分である。

第 二 表

銲接工資格檢定試驗表

突合銲接張力試驗、試驗片最小斷面積 2×4吋 (第二回B試驗片)

銲接工	試驗片	斷 面 積 (平方吋)	試 驗 力 (磅/平方吋)	破壞箇所
A	B1	0.88	53,400	銲接外
A	B1	0.87	50,400	"
A	B1	0.88	53,800	"
A	B1	0.88	54,200	"
A	B1	0.88	54,400	"
A	B2	0.88	54,600	"
A	B2	0.87	55,000	"
A	B2	0.87	54,800	銲接部
A	B2	0.90	54,600	銲接外
A	B2	0.86	55,700	"
B	B1	0.94	54,500	銲接部
B	B1	0.94	55,000	"
B	B1	0.98	54,000	"
B	B1	0.98	54,600	"
B	B1	0.98	53,800	銲接外
B	B2	0.93	50,600	銲接部
B	B2	0.97	51,200	"
B	B2	0.97	52,200	"
B	B2	1.00	53,400	"
B	B2	0.99	49,000	"
C	B1	0.83	52,600	"
C	B1	0.89	55,200	銲接外
C	B1	0.89	52,800	銲接部
C	B1	0.85	50,600	"
C	B1	0.85	52,000	"
C	B2	0.88	52,800	"
C	B2	0.88	50,200	"
C	B2	0.90	50,800	"
C	B2	0.87	52,700	"
C	B2	0.89	53,400	銲接外

第 三 表

鋸接工資格檢定試験表

張力試験 1/2吋 fillet 鋸接 (第二圖 F 試験片)

鋸接工	降伏点(封度)	限界荷重(封度)	限界荷重 (封度/fillet—吋當り)
A	117,000	149,000	14,900
A	116,000	154,000	15,400
B	119,000	133,600	13,360
B	117,500	133,100	13,310
C	115,500	140,500	14,050
C	114,500	155,200	15,520

§ 鋸接に依る鐵骨の補強

鋸接を橋梁やビルディングの補強用として近來盛んに應用されて來た。橋梁鐵骨に關しては著名な實例を舉げれば次の如くである。

カンサス洲に於けるミシシッピー河に架したる古い鐵橋の補強作業で此鐵橋は steel truss を以て 400 呎の movable draw span 及二つの 300 呎の mixed span からなり 225,000 封度の鋼材が新しく附加鋸接された。此作業は 1928 年二月より四月迄に施行され平常の列車運轉を妨害せずに 7,500 呎の鋸接部と 2,000 封度の鋸接棒を使用してゐる。

truss や girder を補強の際原形に新しく鋼材を附加鋸接する場合に原形より附加した材料に死荷重應力の一部が移されなければならない。若しそうでないと死荷重應力は何れにも移動されず原形中に大きな應力となつて保持される事となる。例へば二つの angle からなる plate girder tension flange に flange の面積を増加せしむる爲に一枚の plate を鋸接する場合を考へて見るに若し豫熱を與へずして plate を鋸接すれば死荷重應力は angle のみに掛る事となる。plate に應力の

一部を傳へる爲には鋸接中 girder を一時的に支持するか然らざれば plate を適當な溫度に豫熱して鋸接せる際死荷重を充分分擔せしむる機にしなければならない。例式を示せば

(1) 附加鋸接せる鋼材に於て之に單位應力を與へるに必要な溫度上昇は幾何か。

$$\text{應力に依る附加鋼材の長さの變化} = \frac{SL}{E}$$

$$\text{熱に依る附加鋼材の長さの變化} = DCL$$

是等二式を等しく置いて D を求める

$$D = \frac{S}{EC}$$

但し S = 附加鋼材の單位應力

L = 附加鋼材の長さ (吋)

D = 華氏溫度

C = 華氏一度に對する長さの膨張率

E = ヤング彈性限度

(2) 單位應力に對する上記の溫度變化を最も簡單に決定する方法如何。此處に 300 吋の長さを有する附加 plate があり其應力を 10,000 封度/平方吋ならしむるには plate を華氏幾度に熱すべきか又其の長さの膨張は幾何かを求むるには

$$D = \frac{S}{EC} = \frac{10,000}{30,000,000 \times 0.000007} = 50 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{長さの膨張} = DCL = 50 \times 0.000007 \times 300 = 0.1 \text{ 吋}$$

$$\text{或は} \quad = \frac{SL}{E} = \frac{10,000 \times 300}{30,000,000} = 0.1 \text{ 吋}$$

此の方法は紐育ブロンクスに於り紐育中央鐵道の高架鐵橋に用ひられてゐる。

§. 銲接接手の設計

銲接接手の設計は鉋締に於けると同様次の一般法則に従つてゐる。即ち truss member の重心軸は一点に會し且偏心に依る餘裕を作つてをかなければならない。尙銲接箇所は重心軸の位置に依つて定めなければならぬ。一般に truss に於ける接目は平行剪斷力(longitudinal shear)に對して fillet 銲接を施さなければならないが然し直交剪斷力(transverse shear)に於ても fillet 銲接を行ふ必要が起きて来る。實驗に依れば平行及直交剪斷力に對する限界剪斷力は殆んど同一である事が示されてゐる。

平行剪斷力に對する fillet 銲接に施せる接手の例を挙げれば第三圖に示す如くで42,000封度の應力がA板からB板へ働いてゐる。然し此例は 11,300封度/平方時に於て $\frac{3}{8}$ 吋の三角 fillet を用ひてゐる。銲接部の throat 或は最小寸法は 0.266吋で兩側に於て7吋即ち 14吋の fillet が必要で fillet の時當りの應力は 3,000封度である。

第 三 圖

然し張力片 A が非對稱な斷面を有してゐる場合は銲接箇所は第三圖の如くするを常とする。時當り 3,000 封度の應力を有する fillet の總和は 15吋で第四圖に示した如く X 側に於て 10吋 Y 側に於て 5吋である。

$$X \text{ に於ける fillet} = \frac{15 \times 4}{6} = 10 \text{ 吋}$$

$$Y \text{ に於ける fillet} = \frac{15 \times 2}{6} = 5 \text{ 吋}$$

一般式に表はせば

$$X \text{ に於ける fillet} = \frac{Pb}{S(a+b)}$$

$$Y \text{ に於ける fillet} = \frac{Pa}{S(a+b)}$$

但し S は fillet の許容單位強度 (封度/平方吋) で a 及 b は重心軸より plate の周邊迄の距離である。

非對稱な斷面を有するものに於ては其銲接部の moment は fillet の斷面を異にして平衡せしめなければならない。

第五圖は channel よりなる flange を斷續銲接に依つて plate girder の web へ銲接されたものである。web の寸法は $42 \times \frac{5}{16}$ 吋で channel は 12 吋で 25 封度の重さである。重心の位置は、flange の縁より 0.68 吋の處にあり web の厚さ 0.53 吋 面積 7.35 平方吋 girder に於ける終端直剪斷力は 40 呎 span に於て 4,000 ポンドの荷重に依り 60,000 封度となる。9/8 吋 1 吋 長の斷續銲接を以て 12 吋の

channel を $42 \times \frac{5}{16}$ 時の web に銲接する場合 flange より web に平行剪断應力を傳へしめる爲には各 fillet をどれだけ離すべきか。この場合には 1 時の fillet に対して時當り 3,000 封度を採つゐる。

girderの終端に於ける長さの shear は第五圖 G に示した二つの fillet に対して $\frac{80,000 \times 153}{8338} = 1,470$ 封度/時 但し片側の fillet に対しては $\frac{1470}{2} = 735$ 封度/時

上式中 153 は girder の中性軸に関する channel の statical moment 即ち $7.35(21.53 - 0.68) = 153$ で 8,338 は girder の中性軸に於ける moment of inertia で次の如くして求める

$$\frac{1}{12} \times 42 \times \frac{5}{16} \times 42^3 = 1,929$$

$$2 \times 7.35(21.53 - 0.68)^3 + 4.5 = \frac{6409}{8339}$$

girder の終端に於て $\frac{3}{8} \times 1$ 時の各 fillet 間に必要な距離は $\frac{3000}{735} = 4$ 時とし 3 時の間隔を以て $\frac{3}{8} \times 1$ 時の fillet 銲接をなし若し $\frac{3}{8} \times 2$ 時の fillet を使用した場合は各 fillet 間の距離は $\frac{3000}{735} \times 2 = 8$ 時となり web の兩側に 6 時の間隔を置いて 2 時の fillet 銲接をしなければならぬ。然し此計算は實例を示した迄で多くは此場合には連續銲接で連續銲接は用ひられない。

第 六 圖 米國GE會社電弧銲接鐵骨

§ 銲接の性質試験

銲接後の結果を試験するには破壊試験に依るを理想とするが此方法は實際的ではなく普通一般には破壊試験に依らざる方法に依つてゐる。最も廣く利用されてゐる方法は外見的觀察に依るもので銲接せるビルディングの鐵骨や橋梁に於ては大部分は此方法にのみに依られてゐる。其他の主な試験方法を挙げれば次の如くである。

電氣的：— 電氣抵抗に依り銲接内部の缺陷の位置と大さを檢出する方法

聽診器：— 聽診器を銲接片の各部に當て槌打して其音を聞き缺陷の有無を檢出する方法

X光線：— X光線に依り銲接部を寫眞に撮り缺陷の位置を知る方法

以上三方法は簡易且經濟的ではあるが一般には余り使用さるゝことには至つてゐない。(完)

第六號正誤表

頁	行	誤	正
3	6	Rivetted	Riveted
4	4	W'	W,
5	13	flang	flange
14	13	35.5呎	39.37呎
"	14	7.2呎	7.05呎
"	15	27 耗	25.4 耗
"	16	7 2 0	750馬力
"	"	2075	20.75
"	19	160瓩	166瓩
"	"	80瓩	80瓩
16	1	80瓩	80瓩