

である。

7. 結 言

従来造船所と云えば "百雷の如き鉸鉄の響" と形容されていたが、最早や鉸鉄の時代は過ぎ去つた。

然し rivet ship より一躍して all weld ship に発

展した時 Welding は痛烈に出身を押しかれた。即ち 6 項に述べた諸種の問題のために後退を余儀なくされたのである。現在世界の共通な造船の傾向は最小限の鉸鉄を熔接構造に combine して熔接に依る欠陥を補つている。100% welded ship より稍々後退して 90~95% welded と云うのが今日の現状である。

熔 接 橋 と 鉸 接 橋 の 比 較

日本橋梁 K K 研究所長代理 久 末 達 雄
(渡 辺 教 授 紹 介)

最近の熔接技術の進歩はあらゆる工業に影響を及ぼしての製造形態を変化せしめておる。此の力は橋梁製作にも大きな迫力を以つてせまつて来ている。従来橋梁工業は新しい研究を取入れることの遅い業種で、従来慣習をそのまま踏襲して来たものである。然るに此の目醒しい熔接技術の進歩は橋梁製作に一大転換をもたらそうとしている。

我國の熔接橋の現状は未だ微々たるものであるが次第にその数を増して来ており、担当者にも熔接に対する関心が高まつて来ている事は明らかである。戦前に架設された熔接橋は 8 橋あり戦後では製作中のものを併せて 12 橋、合計 20 橋の熔接橋が日本に有る。現在新設の橋にしても鉸接橋が大きな割合を占めている。而し前にも述べた様に熔接橋の方向に向いつゝあることは確かである。

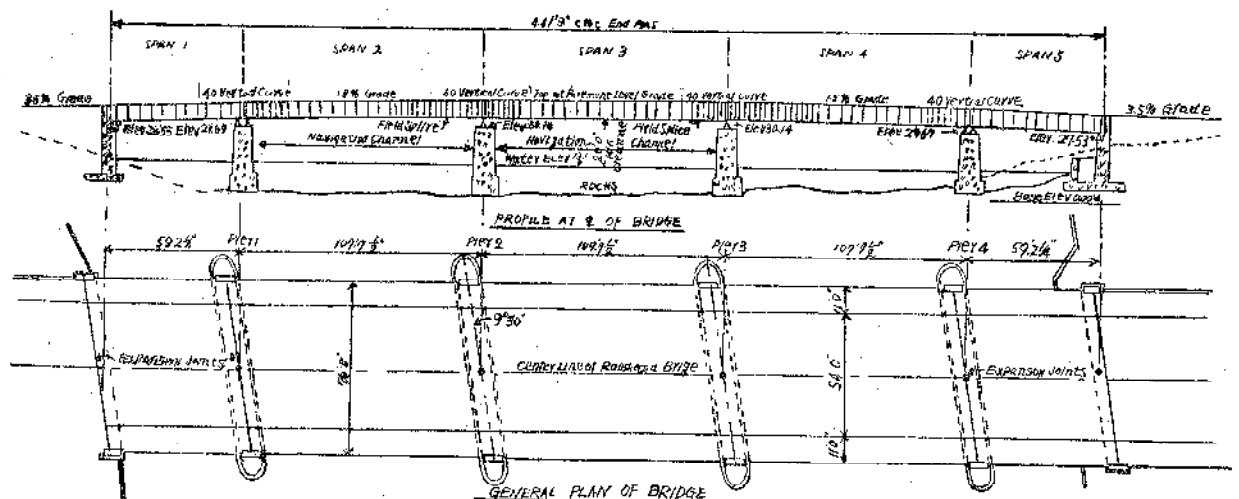
熔接が鉸接より優れていると云うても總ての型式の橋には適用出来ないで、今の現状では鉸接橋に於てその優秀性が発揮出来るので他の型式ではその構造其物を変

えて熔接に適する形態にもつて来ねばならぬと考える。鉸接橋に就いて熔接の勝る点を実例によつて述べてみよう。

巾 76' 長さ 444' の鉸構造上路鉸桁道路橋を熔接構造に設計し直したもので Fig 1 (略) にその橋を示す。Fig 2 は上部構造として必要条件を示す。

此等の条件をそなへ且つ周囲の美観を害しない構造にするため新設の橋は車道 54'-0" 歩道 11'-0" 5 径間上路鉸桁として設計した。中央の 3 径間は桁高を低くするために連続桁とした。橋脚の中心線で 9°-30' の斜角をもつ。約 5'-1 1/2" 間隔に床桁を置き、13'-11" ごとに 5 ケの縦桁を配置し歩道は bracket を用いる。4 個の橋脚を設け 5 span とし、両岸は約 60'-0" 他の 3 span は 107'-7 1/2" とした。両端の短い span に架る桁は単桁として設計した。

かくして先ず最初に鉸構造で設計した。この設計に要した図面は見積図面及び 24" x 36" 角で 16 枚、製作図



第 2 図

以上の3種類の設計を検討せし結果第3の設計を取入れることになり、これにより得られる種々の節減は設計によるよりも溶接を採用した為に生ずるものであると云うことが出来る。

設計の方針としては、許す限り部材断面を最小にすること、構造の簡單化、製作の容易化、溶接コストの輕減、架設の迅速等を考査して設計を行つた。

Detail の簡單化、溶接を利用すれば detail を簡單にすることが出来た。両者の設計を比較すれば、それが明らかに証明出来る。

歩道の bracket は angle のかわりに plate を使用する以外に銲接橋と変りはない。溶接した bracket は Fig 3 に示す。両者を比較すると次の如くなる。

One Sidewalk bracket

	銲構造	溶接構造
全重量	883lbs	681lbs
部材数	18	13
工場銲の数	792本	
現場銲の数	23本	
組立孔及ボルト	23	10

One intermediate floor beam

	Simple beam riveted	Simple beam welded	Continuous beam welded
使用断面	21"WF 59 lbs	18"WF 57 lbs	18"WF 47 lbs
1'当り重量	58.6 lbs	55.6 lbs	47.8 lbs
部材の数	3	2	3
工場銲	18		
現場銲	14		
工場切斷	top and bottom flange	top flange	top flange
組立用孔	18	4	6
工場溶接		1/4" x 40" 隅肉	
現場溶接		1/4" x 50" "	1/2" x 27" 隅肉 1/2" x 24" " 1 1/8" x 7" 衝合

溶接設計の cost は両者ともほとんど変りないことが示されており、continuous beam の方が最良の条件を具へておる。

end span の girder では cover plate や filler を用いず angle を plate に置換へること等が溶接設計で行はれておる。bottom flange plate の巾を bending moment によつて 14" から 20" まで徐々に變へて設計した。top flange の巾は floor の取付のため、18" に一定した。内側の stiffener は上の方で切斷し floor beam を取付ける seat を溶接した。次にその両者を比較する。

工場溶接	1/4" x 26' 1/2" x 4.5" 隅肉
現場溶接	1/4" x 4' 1/2" x 2.5" "

floor beam は全鋼材重量の 1/4 以上になる。その detail は Fig 3 に示す。銲の設計では top flange と bottom flange は両端で切られ web は girder の stiffener に 7/8" 銲7個で現場絞めされて居る。銲は single shear で girder web より離れているため、其の joint は横荷重にもたない。以上の欠点を除き及重量を減少するために溶接による simple beam と continuous beam に就き検討した。continuous beam の detail は Fig 3 に示す。これでは溶接結合は beam の全強度を發揮せしむる様に設計した。erection clearance を考へ之を Fig 3 に示す。次に Simple beam を検討し、此の beam は stiffener seat の上に置かれて居る。beam の clearance end に loose bar 3/4" x 3/8" を挿入し其の隙間を溶接でうめるのだが、活荷重が生じて、beam が deflection した際、溶接による残留応力のため過剰応力を生ずる可能性があり、好ましくない。以上3方法を比較してみると次の如くなる。

One Girder for Span 1 and 5

	銲接	溶接
全重量	22,644 lbs	15,435 lbs
1 foot 当りの重量	377 "	260 "
部材数	102	79
工場銲数	1,350	
工場溶接		1/4" x 309' 隅肉 3/4" x 6' X型衝合 3/8" x 15.5' V型衝合

Continuous Girder の detail は end span の girder

生産と技術

とよく似ておる。この判点は Fieldsplice が簡単になることである。Fieldsplice は仮止ボルトを用い、75ton erection traveler の集中荷重と鋼材重量とに耐え得る splice plate を用いる様設計した。次に鉄構造との比較を示す。

One Continuous Girder

	鉄構造	溶接構造
全重量	182,436 lbs	114,368 lbs
1'当りの重量	564 lbs	350 lbs
部材の数	444	415
工場鉄の数	7,170	
工場溶接		14" × 2,109' 隅肉及び衝合

現場溶接 $\frac{3}{8}$ " × 14' V衝合 13 $\frac{1}{2}$ " × 6' × 衝合 14 × 23' 隅肉

Detail を簡単にするには使用する材料の型が影響するもので、部材を標準化すると組立も自ずと楽つて来るものである。此等は製図や技術的面に於て経済的であり、製作や架設を簡単にして cost を減少せしめるものである。

以上を総括して両者の鋼材重量を比較してみると第1表の如くなる。此の表から明らかな如く溶接橋の方が有利であることが分る。

Cost について。—Cost を見積るには材料費、労力費、設備費等を計算して行つた。

第 1 表 鋼材重量の比較

位置	鉄	接	溶	接	溶接による減少	減少率%
----	---	---	---	---	---------	------

One Simple Span Bridge 60feet Long

Masonry plates	4,750	4,703	47	1.0
Sidewalk	17,211	16,401	810	4.7
Bracing	7,438	5,961	1,477	19.9
Floor beams	43,005	38,325	4,680	10.9
Girders	110,200	77,713	32,487	29.5
合計	182,604 lbs	143,103 lbs	39,501 lbs	21.6 %

One Continuous Three Span Bridge 323 Feet Long

Masonry plates	25,033	24,892	141	0.5
Sidewalk	87,788	82,601	5,187	5.9
Bracing	31,054	27,032	4,022	12.9
Floor beams	213,326	175,624	37,702	17.7
Girders	874,681	579,208	295,473	33.7
合計	1,231,882 lbs	889,357 lbs	342,525 lbs	27.7 %

Total Five Span Bridge 444 Feet Long

Masonry plates	34,533	34,298	235	0.7
Sidewalk	122,210	115,403	6,807	5.5
Bracing	45,930	3,954	6,976	15.2
Floor beams	299,335	252,274	47,061	15.7
Girders	1,095,080	734,634	360,446	32.9
合計	1,597,088 lbs	1,175,563 lbs	421,525 lbs	26.4%

使用した主な単価は次の如くである。

労働費 (1時間当りドル)	材料費	
	工場	現場
鉄構加工工	0.85	1.20
機械工	0.85	1.20
鉸鉸工及び溶接工	0.85	1.20
先手(助手)	0.55	0.60
普通工	0.45	0.55
監視人	0.37 $\frac{1}{2}$	0.37 $\frac{1}{2}$

鋼材 1.89 ドル/100ポンド
 溶接棒 0.10 ドル/ポンド
 電力 0.02 ドル/KWH
 運賃 0.12 ドル/100ポンド

上記により溶接橋について見積を行った結果は第2表の如くなる。
 又溶接のみの Cost を第3表に示した。此の場合溶接は全部手溶接で、機械の効率を50%と見做し単価は上記のものを使用した。

第2表 溶接橋の見積表

材料 工場渡	\$ 21,500.00	輸送	2,000.00
工場作業		架設	
切断, 加工, 運搬	\$ 4,000.00	架設	\$ 6,200.00
溶接直接作業	2,500.00	溶接直接作業	670.00
溶接間接作業(消費, 疲労, 仮組立, 清掃)	3,000.00	溶接間接作業	630.00
工場塗装	1,500.00	現場監督	2,500.00
其他	3,500.00	総合計	\$ 10,000.00
	\$ 14,500.00		\$ 48,000.00

第3表 直接工場溶接作業コスト (単位ドル)

溶接の型	溶接長 (フット)	労働費		電力費		溶接棒費		原価
		単価	合計	単価	合計	単価	合計	
1/4" 隅肉 下向	17,066	0.0425	725.31	0.0114	194.55	0.0370	631.44	1,551.30
1/2" " "	1,218	0.0850	103.53	0.0228	27.77	0.0700	85.26	216.56
3/8" 衝合	448	0.0606	271.44	0.0120	5.37	0.0580	25.98	302.79
1/2" " "	27	0.0940	2.54	0.0450	1.22	0.1400	3.78	7.54
1 3/16" " "	120	0.1420	17.04	0.5200	62.40	0.1900	22.80	102.24
1 3/8" " "	30	0.3400	10.20	1.7930	53.79	0.3700	11.10	75.09
1 7/8" " "	60	0.4720	28.32	2.9020	174.12	0.4350	26.10	228.54
合計	18,969		1,158.38		519.22		806.46	2,484.06

第4表 直接現場溶接作業コスト (単位ドル)

溶接の型	溶接長	労働費		電力費		溶接棒費		原価
		単価	合計	単価	合計	単価	合計	
1/4" 隅肉 下向	609	0.0600	36.54	0.0114	6.94	0.0370	22.53	66.01
1/4" 隅肉 立向	638	0.1263	76.79	0.0137	8.33	0.0420	25.54	110.66
1/2" 隅肉 下向	935	0.1200	108.60	0.0228	20.63	0.0700	63.35	192.58
3/8" 衝合 立向	73	0.1091	7.96	0.0136	1.00	0.0440	3.21	12.17
1 3/16" " 下向	15	0.2000	3.00	0.1900	2.85	0.5202	7.80	13.65
1 1/8" " "	234	0.4950	115.83	0.0940	22.00	0.3220	75.35	213.18
1 7/8" " "	15	0.6670	10.00	2.9020	43.53	0.4350	6.53	60.06
合計	2,459		358.72		105.28		204.31	668.31

以上溶接橋に関する種々の data を示したが、両者の全製作費は次の如くなる。

コストの比較

	重量	単価	総金額
		\$	\$
鋸接橋	1,597,088 lbs	0.037\$	59,092.25
溶接橋	1,175,563	0.0408	48,004.00
	421,563		\$ 11,092.25

溶接橋は鋸接橋に比し 18.8% の節減が出来る

上記の比較で明らかな如く溶接橋は 1 ポンド当りの単価は鋸接橋より高いが、全体の総数から見ると \$11,000.00 の節減で、之は 18.8% に相当するものである。

此の著者は次の如き結論をなして居る。即ち、溶接橋と鋸接橋との比較を検討した結果、顯著に示された事が二つある。その一つは困難な技術的問題を解決するには再設計を行つて検討することが必要である。構造物を造る場合には、その前に十分な研究を行い、且つ正確な分析を行うことである。第二の結論は Plate Girder bridge の製作には溶接が最も適當していると云うことである。

部材の配列、応力、設計方法等を出来る丈け同一にした、此の様な特殊な場合に於て溶接は如何なる利点があったか次に示してみよう。

1. 部材や結合の detail を簡単にすることが出来た。又部材の数が減少し、仕事の型が少くなつた。之は製図、製作、架設等全コストの減少に影響するものである。

2. 重量において 26.4% の減少が得られた。
3. 総原価に於て \$ 11,000.00 の減少が得られ、之は 18.8% の節減となる。
4. 現場架設は時間にして 28 $\frac{1}{2}$ % 早く出来る。
5. 故に同種構造の橋梁であれば溶接の方が経済的に製作し得るのである。

以上アメリカの文庫により溶接橋と鋸接橋との比較を記したが之をそのまま日本にあてはめることは出来ないと思う。製作機材が違い、人件費が違い、其他色々な条件が異なるので、日本では前記の data と相当異つたものが出て来るであろう。而し傾向としては大体同じであることは確実である。即ち鋸接橋も溶接橋も共にアメリカの現在の状態を基礎にして比較したものであるからである。かゝる見地より日本に於ても Plate Girder の製作は溶接の方が経済的であると云うことが出来る。

Plate Girder に対し溶接は経済的であり結合として良好であると云うことが分つたが他の型式の橋即ち truss や arch 等に於てはどうであろうか。勿論過去に於てこれ等の型式の橋が溶接で製作されているが、これ等が溶接に適した構造であると云うことは出来ない。そこには幾多の研究を要する問題が存在している。将来溶接に適した構造を研究して行かねばならぬと考へる。

一先ず Plate Girder の溶接構造に於ては技術的にも経済的にも何等支障なく鋸構造より有利であることを記してこの稿を終る。

(以上の data は Arc Welding in Design, Manufacture and Construction によるものである。)

溶接應力の緩和法

大阪大学教授 渡辺正紀

1. 緒 論

溶接構造物を建造するに当り、溶接後に発生すべき応力並に歪の問題は何時の場合でも問題となる。残留応力の影響に関しては従来から多数の研究がなされてはいるが未だ決定的な結論は得られるに到っていない。然し何れにしても残留応力がないのにとした事はない。現在残留応力の緩和法として実際に工業的に使用せられている

方法には次のような方法がある。

(1) Stress Relieving Heat Treatment—一般に応力焼鈍又は低温焼鈍といわれ、一般に最も信頼すべき方法とせられている。

(2) Low-Temperature Stress Relieving—この方法は Oxy-acetylene flames により溶接線の両側をある一定巾丈ほゞ 150°C ~ 200°C に加熱し次で水で冷却する方法である、この操作は未だ日本では余り実用にせられ