

荷重作用下にあるプレートガーダーへの溶接

WELDING TO PLATE GIRDERS UNDER LOADING

堀川 浩甫*・鈴木 博之**

By Kohsuke HORIKAWA and Hiroyuki SUZUKI

This paper describes experimental studies on

- (1) the repair works of the fillet welds between web plate and bearing stiffener plates,
- (2) the repair works of the fillet welds between web plate and upper flange plate, and
- (3) the reshape works from uniform plate girder to non-uniform one.

In these experiments, heating works such as gouging, welding, gas cutting and correction using gas were done under loading in order to study the safety during works, and ultimate strength after heating works was also obtained. Through these experiments, possibility and cares of repair or reshape works with heating works were investigated.

1. 緒 言

供用開始後の鋼橋の損傷には疲労亀裂の発生、腐食、衝突による過度の変形などがある。近年の交通量ならびに重量車の増加により道路橋にも疲労亀裂の発生が報告されている。その発生箇所は鉄道橋と類似しており、支点付近および横構取付け補剛材付近などに多い^{1)~4)}。

また、腐食は支点まわりのエキスパンションジョイント近傍や支承销付近などの水のたまりやすい箇所に生じ、錆の発生、進行により板厚が減少する。極端な例としては支点付近において床版からの遊離石灰を伴う漏水のためにウェブと下フランジを継ぐ隅肉溶接が欠損しているものがある⁵⁾。

このような損傷を受けた橋梁の補修・補強対策が大きな課題となっている。補修・補強方法にはいくつかの方法が考えられるが、多くの場合溶接の使用は避けられる傾向にある。この理由の1つには現場溶接の信頼性や品質管理の難しさ、作業性の悪さなどの問題もあるが、溶接熱により一時的に構造物の剛性が低下すること、新たに残留応力が導入されることなどのために、作業中の安

全性および作業後の耐荷力の減少が懸念されるからである。やむを得ず溶接を用いる場合には仮支点を設けるなどの方法により応力を除去した状態で施工されることが多い。仮支点を設けずに荷重作用下で溶接することが可能であればその経済的効果は大きいものと考えられるが、荷重作用下での溶接に関する研究は必ずしも十分ではない。

本報告では、

- 1) 負反力により損傷した支承销の取換え工事の際に、仮支点の補強のために補剛材を溶接取付けすること
- 2) ウェブの面外曲げ変形により発生した疲労亀裂を溶接補修すること

3) 腐食によりウェブと下フランジを継ぐ隅肉溶接が欠損したプレートガーダーを腐食部分を削除して切欠き桁に改造すること

の可能性を検討するため

- 1) プレートガーダーの支点上補剛材の補修
- 2) プレートガーダーの圧縮フランジとウェブを継ぐ隅肉溶接の補修

3) 等断面プレートガーダーの切欠き桁への改造を想定した。そこで、荷重作用下にあるプレートガーダーにガウジング、溶接、ガス切断ならびに加熱矯正などの一連の加熱作業を実施し、作業中の安全性および作業後

* 正会員 工博 大阪大学助教授 溶接工学研究所
(〒567 茨木市美穂ヶ丘11-1)

** 正会員 工修 大阪大学助手 溶接工学研究所(同上)

の耐荷力を確認し、このような補修あるいは改造作業の実施の可能性と留意点を検討した。

2. 支点上補剛材の隅肉溶接の補修

(1) 実験方法

本実験では実際の橋梁の支点上補剛材を溶接補修することを想定した。試験桁を図-1に示す。材質はSS41である。ウェブのせん断座屈に及ぼす補修溶接の影響に着目したので、補修作業はウェブに許容せん断応力度が生じる荷重 $P=109\text{ t}$ 作用下で行った。試験桁への荷重は3点曲げである。

補修作業は図-2に示すように支点上補剛材をウェブに取り付けている4本の溶接線に対して行われた。1溶接線の作業は溶接線全長にわたって未溶接部がみえるまでガウジングした後、新しく隅肉溶接を再施工した。溶接線1本について作業がすべて完了した後、次の溶接線の作業を行った。

1試験桁の両側の支点上補剛材は異なった条件で実験することとし、以下の4条件となった。

- ケース1：無補修…As fabricate (S-1, Bパネル)
- ケース2：無応力下溶接補修 (S-2, Bパネル)
- ケース3：応力作用下溶接補修 (S-2, Aパネル)
- ケース4：応力作用下溶接補修,その後加熱矯正(S-1, Aパネル)

応力作用下の補修溶接により2.(2)のb)に述べるように桁端に少なからざる変形が生じたので、ケース4では応力作用下でこの変形が矯正できるかどうかを検討した。矯正はジャッキを併用したガス炎による加熱であ

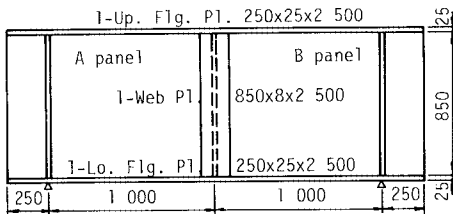


図-1 S-1~3試験桁の形状・寸法

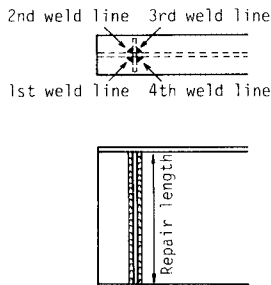


図-2 溶接線および溶接範囲

り、下フランジを加熱する方法とウェブを加熱する方法の2種類である。このとき、現場における施工を考慮し、水冷は行わなかった。

実験は以下の手順で行われた。

- | | |
|-----------------|-----------|
| S-1 | S-2 |
| ①109 t 荷重 | ①109 t 荷重 |
| ②Aパネル補修溶接 | ②Aパネル補修溶接 |
| ③冷却後除荷 | ③冷却後除荷 |
| ④再負荷 | (ケース3終了) |
| ⑤Aパネル加熱矯正 | ④Bパネル補修溶接 |
| ⑥冷却後除荷 (ケース4終了) | (ケース2終了) |

すべての補修作業が終了した後、3点曲げで破壊試験を行った。1試験桁の両側の支点上補剛材を別の条件で実験したので、片側のパネルの耐荷力を求めた後、いったん除荷し、アングルと高力ボルトを用いて補強し、再び荷重して他方の耐荷力を求めた。

(2) 実験結果および考察

a) 補修作業時における温度分布

溶接熱の伝導による最高到達温度の測定は191, 146, 101および52°Cの温度ペイントを使用して行われた。図-3にウェブの最高到達温度の分布を示す。191°Cの温度ペイントはヒュームの付着のため溶けているかどうか判定不能であったが、ヒュームの付着した領域は溶接線から幅30 mm程度であったので、191°Cを超える領域は30 mmを超えることはない。146°Cの範囲は補剛材中心から最大でも70 mm程度であった。

補剛材端部は溶接線から110 mm離れているにもかかわらず、その最高到達温度は146°Cを超えていた。これは補剛材端部における熱の反射によるためであると考えられる。すなわち、ウェブは補剛材に比べて部材が大きく、溶接線までの距離が最短である桁端でさえ250 mm離れているので、ウェブを伝導する熱は広範囲に逃散するのに対して、補剛材は幅が110 mmと狭いので補

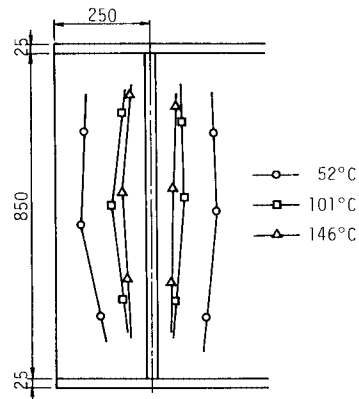


図-3 ウェブの最高到達温度の分布

剛材端面で熱は反射し蓄積するためであると思われる。

また、接触温度計で作業中あるいは作業後のウェブと補剛材の温度を測定した結果によれば、溶接線からの距離が100 mm 以内の領域においても150°Cを超えることはなかった。

解析により150°Cを超える領域を求めると次のようになる。

瞬間平面熱源による熱伝導解析結果によれば最高到達温度は次式で表わされる⁶⁾。

$$T_m = 0.242 \times \frac{q}{c\rho} \times \frac{1}{r} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 c は比熱、 ρ は密度、 q は瞬間熱源の強さ、 r は距離である。

式(1)において $T_m = 150^\circ\text{C}$ 、 $c = 0.114 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ 、 $\rho = 7.85 \text{ g/cm}^3$ 、 $q = 3700 \text{ cal/cm}^2$ とすると $r = 6.7 \text{ cm}$ となり、溶接線にごく近い領域だけが150°Cを超えることがわかる。ここで瞬間熱源の強さは熱効率70%として溶接条件から求めたものである。

b) 補修作業における変形挙動

荷重作用下で補修作業が行われたケース3および4においても全作業中にわたって試験桁は終始安定した挙動を示し、不安定にはならなかった。

補修溶接ならびに矯正の前後における変形の最大値および変動の最大値を表-1に示す。この表におけるケース1の値はケース4の実験終了後に測定されたものである。

これらの変形において特徴的であったのは跳出しパネルの変形モードが補修溶接前にはすべて一次モードであったが、補修作業後には写真-1に示すように二次モードになったことである⁸⁾。応力作用下で補修された

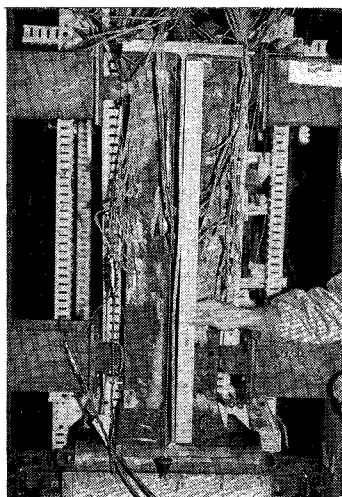


写真-1 補修作業後の跳出しパネルの変形モードの一例 (Case 3)

表-1 変形量および耐荷力

		ケース1 無補修 S-1B	ケース2 無応力下 溶接補修 S-2B	ケース3 応力下 溶接補修 S-2A	ケース4 応力下 補修・矯正 S-1A
中央 パネル (mm)	補修溶接前	2.3	-1.3	1.2	1.4
	補修溶接後	[1.8]	[1.4]	[-1.0]	[1.2]
	変動量	0.5	2.7	0.8*	0.4*
跳出し パネル (mm)	補修溶接前	2.4	-0.4	1.7	1.9
	補修溶接後	[(3.1)2.7]	[(2.3)1.8]	[(4.4)3.5]	(3.2)2.5
	変動量	0.3	2.2	3.7*	1.9*
	加熱矯正後	—	—	—	[(0.5)0.4]
	変動量	—	—	—	(2.7)2.3
耐荷力 (t)		198	209	204	204
弾性せん断座屈荷重 (188t)に対する比		1.05	1.11	1.09	1.09
全塑性せん断耐力 (243t)に対する比		0.81	0.86	0.84	0.84
許容せん断耐力 (109t)に対する比		1.82	1.92	1.87	1.87

注1. *印では変形の最大値と変動の最大値は必ずしも同一箇所に生じていないので変動量が溶接前後の変形の算術差になっていない。
 2. [] 内の数値は耐荷力試験時の変形量。
 3. () 内の数値は跳出しパネル先端の値。
 () 外の数値は先端より50mm内側の値。

ケース3および4が特に明瞭な二次モードとなった。これは作用応力と溶接の相乗効果によるものではないかと考えられる。

この跳出しパネルの変形が生じる過程は以下のとおりであった。

- ① 最初の溶接線の溶接によりこの溶接線に引張られるような一次モードの変形が生じた。この変形の最大値はケース2を例とすると約10 mmであった。
- ② 2番目の溶接線の溶接により①の変形の大半が打ち消された。
- ③ 中央パネル側の3および4番目の溶接線の溶接は跳出しパネル端の変形に影響を及ぼさなかった。
- ④ すべての溶接が終了し、冷却過程に変形のモードが一次から二次に変化した。

ケース3および4において補修溶接後の跳出しパネルの変形が道路橋示方書の規定、桁高を h として $h/250 = 850/250 = 3.4 \text{ mm}$ を超えた。そこで、荷重作用下でガスバーナーで赤熱にならない程度に加熱し、この変形を矯正したところ、十分な平坦度0.4 mmを得ることができた。

c) 補修後の耐荷力

補修作業後の破壊試験から得られた耐荷力を表-1に示す。ケース1~4の耐荷力は198~209 tである。これらは公称板厚により計算した弾性せん断座屈荷重の105~111%、全塑性せん断耐荷力の81~86%、許容せん断耐荷力の182~192%に相当し、耐荷力の減少は認められなかった。また、中央パネルあるいは跳出しパネル

の変形量と耐力の間に関連性は見出せない。この程度の初期変形は座屈挙動にそれほど影響を及ぼさないものと考えられる。

(3) ま と め

本実験の結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 支点上補剛材とウェブを継ぐ4本の隅肉溶接を荷重作用下で全長にわたってガウジングし、新たに隅肉溶接を施工したが、全作業中にわたって試験桁が不安定となることはなかった。

(2) 補修溶接により150°C以上の最高到達温度を示した領域はウェブの橋軸方向に70mmと補剛材全幅110mmの範囲であった。

(3) 跳出しパネル端の補修溶接中の変形は最大で10mm程度であったが、ウェブに関して対称に溶接することによりこの変形は打ち消された。また、中央パネル側の溶接は跳出しパネルの変形に大きな影響を与えなかった。

(4) 補修溶接による変形は中央パネル側では少なかったが、跳出しパネル側には少なからざる変形を生じた。この変形は二次モードであり、荷重作用下で補修溶接されたときに特に顕著であったが、荷重作用下でジャッキを併用した加熱矯正により跳出しパネルの変形を軽減できた。

(5) 補修作業により跳出しパネルの面外変形が道路橋示方書の規定値を超えるものもあったが、各桁間の耐力には5%程度の差しかなく、その耐力は弾性せん断座屈荷重の105~111%、全塑性せん断耐力の81~86%で、許容せん断耐力に対しては182~192%であった。

3. ウェブと上フランジを継ぐ隅肉溶接の補修

(1) 実験方法

本実験ではウェブと上フランジを継ぐ隅肉溶接の補修を想定した。試験桁は図-1のS-3と図-4のS-4であり、材質はSS41である。S-3ではウェブのせん断座屈に及ぼす補修溶接の影響に着目したので、補修作業はウェブに許容せん断応力度が生じる荷重 $P=109t$ 作用下で行った。試験桁への荷重は3点曲げである。S-4ではフランジの曲げ圧縮座屈に及ぼす補修溶接の影響に着目したので、補修作業はフランジに許容圧縮応力度が生

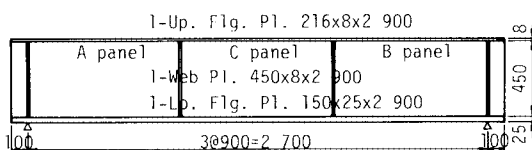
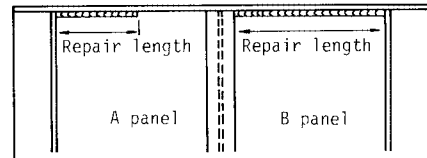
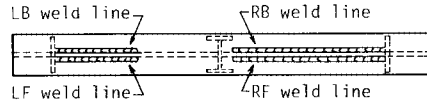
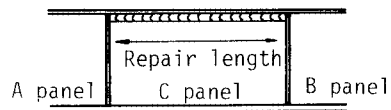
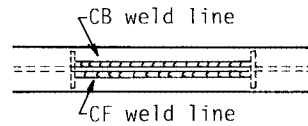


図-4 S-4 試験桁の形状・寸法



S-3 試験桁



S-4 試験桁

図-5 溶接線および溶接範囲

じる荷重 $P=32t$ 作用下で行われた。試験桁への荷重は4点曲げである。

補修作業は図-5に示すようにウェブとフランジを継ぐウェブの両側の隅肉溶接に対して行われた。1溶接線の作業はS-1, S-2に同じである。

S-3の両側のパネルは異なった条件で実験することとしたので、以下の3条件となった。

- ケース5：溶接線半長 (S-3, Aパネル)
- ケース6：溶接線全長 (S-3, Bパネル)
- ケース7：溶接線全長 (S-4, Cパネル)

実験手順を以下に示す。

- | | |
|----------------|----------------|
| S-3 | S-4 |
| ①109t 荷重 | ①32t 荷重 |
| ②Aパネル補修溶接 | ②Cパネル補修溶接 |
| ③冷却後除荷(ケース5終了) | ③冷却後除荷(ケース7終了) |
| ④再負荷 | 了) |
| ⑤Bパネル補修溶接 | |
| ⑥冷却後除荷(ケース6終了) | |

(2) 実験結果および考察

a) ウェブの面外変形

ウェブの面外変形挙動に着目したケース5および6では、2.と同様の手順で溶接線全長の補修溶接を行ったケース6でさえ、作業中にわたって試験桁は不安定になることはなかった。ケース6の作業中のウェブの面外変形を図-6に示す。測定点はパネル中央であり、RF側へのはらみ出しを正とした。ウェブは補修溶接施工中の

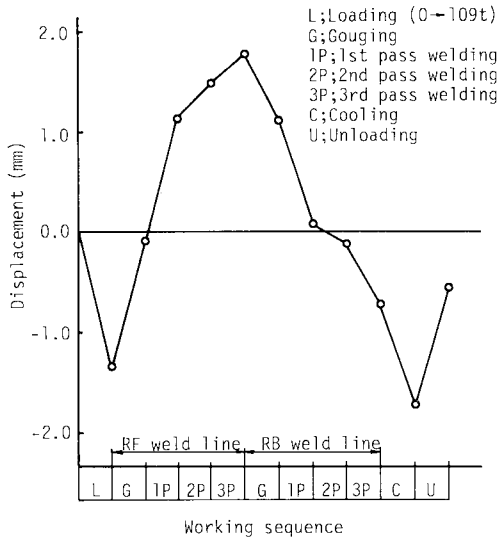


図-6 ケース6における作業中のウェブの面外変形

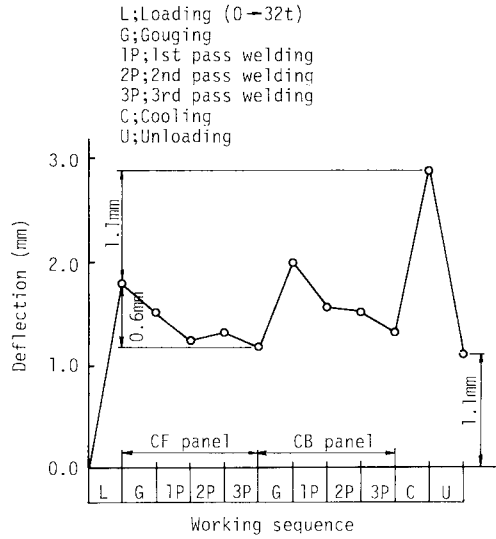


図-8 ケース7における作業中の桁中央のたわみ

溶接線の方にはらみ出す変形を示した。これは溶接熱により溶接部およびその近傍が膨張するためであると考えられる。先に施工されたRF溶接線の作業中にウェブは約3mm RF側にはらみ出したが、この変形はRB溶接線の作業により大半は打ち消され、冷却により109t 載荷時にはほぼ等しくなった。補修作業の結果約0.4mmの変形の増加が認められ、これが除荷後の残留変形にはほぼ相当している。

ケース7においても図-6と同様な傾向を示し、除荷後の残留変形は約0.6mmであった。また、作業中の変形の最大変動量は0.9mmであり、作業中に試験桁が不安定となることはなかった。

b) フランジの変形

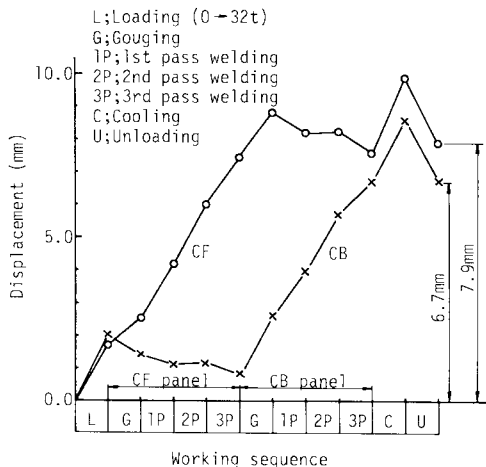


図-7 ケース7における作業中の上フランジの変形

後述の8mmの上フランジでは大きな変形を生じたが、S-3の上フランジは板厚が25mmであったので、ケース6では補修作業の結果生じたフランジの残留変形はその両端において約1.5mm(0.01rad)であり、ごくわずかな角変形しか示さなかった。

フランジの曲げ圧縮挙動に着目したケース7では溶接線全長の補修溶接を等モーメント区間に施したが、作業中にわたって試験桁は不安定となることはなかった。しかし、溶接による角変形のためフランジに過大な変形が生じた。

図-7に上フランジの変形を示す。測定は載荷点間中央のフランジ端より10mm内側の点で行った。CF側フランジの変形はCF溶接線作業中に大きく増加し、CB溶接線作業中にはむしろ減少するような傾向を示している。CB側フランジも同様である。補修作業の結果生じた残留変形はCF側で約8mm、CB側で約7mmであった。これはそれぞれ0.08、0.07radに相当する。この変形量は無応力下で溶接した場合に比べて過大であると思われる、荷重作用下での溶接作業であるので、荷重と溶接による相乗効果の結果であると考えられる。なお、温度ペイントを用いた最高到達温度測定結果によれば、溶接線の両側約50mmの範囲が191°C以上となっていた。

c) 桁中央部のたわみ

ケース6では試験桁の剛性がケース7に比べてかなり大きいので、たわみの変化はケース7ほど明確ではなかったがケース7と類似の挙動を示し、補修作業の結果生じたたわみの増加は0.2mm程度であった。

ケース7の桁中央部のたわみを図-8に示す。図の横

軸の略記号は図-7と同じである。荷重によるたわみ約1.8 mmが補修作業中に減少している。これはガウジングおよび溶接による熱が試験桁上部に与えられたので、この部分が膨張し、負の曲げモーメントが生じたためである。このことは荷重を一定に保つためにガウジングおよび溶接作業中に試験桁の変位を減少させるように試験機を操作したことから明らかであると思われる。

補修作業が終わり、冷却過程に入るとたわみは増加し、室温まで冷却したときのたわみはおよそ2.9 mmとなり、補修作業の結果約1.1 mmのたわみの増加が認められた。

(3) まとめ

本実験の結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 補修作業中にウェブは約±3 mmの面外変形を示したが、試験桁は作業中に不安定になることはなかった。片側の補修溶接により生じた面外変形もウェブに關して対称に溶接することによってほぼ打ち消された。

(2) フランジは補修溶接により0.07~0.08 radの角変形を示したが、許容曲げ圧縮応力度作用下で試験桁は終始安定していた。

(3) 溶接による膨張のため負の曲げモーメントが生じ、作業中に桁中央部のたわみの減少が認められた。桁中央部のたわみは溶接部の冷却とともに増加し、最終的にたわみの増加は60%に達した。

4. 切欠き桁への改造

(1) 実験方法

本実験では腐食により支点付近の下フランジとウェブを継ぐ隅肉溶接が欠損したため、この腐食部分を切断し、新たに下フランジを溶接して切欠き桁へ改造する作業を想定した。

試験桁を図-9に示す。材質はSS 41である。この実験においては桁端から支点上を含む範囲にわたってウェブおよび下フランジを切断するので、高力ボルトと添接板により支点上補剛材上部に接合される門形の治具を用

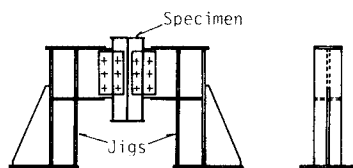
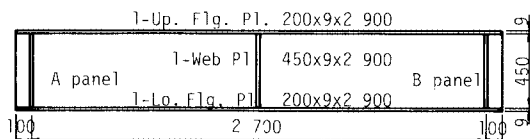


図-9 S-5試験桁の形状・寸法および支持治具

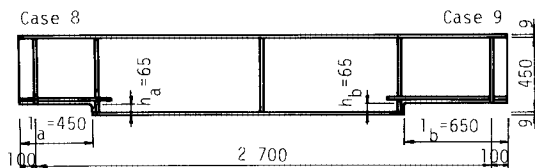


図-10 改造作業における切欠き長さおよび切欠き高さ (Case 8, 9)

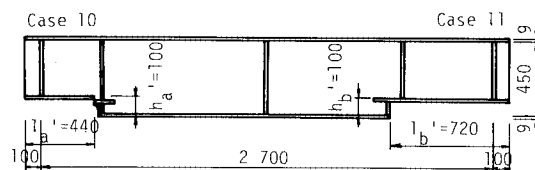


図-11 改造作業における切欠き長さおよび切欠き高さ (Case 10, 11)

いて支持することとした。試験桁への载荷は3点曲げである。改造作業中の荷重は40 tであり、実橋におけるウェブのせん断応力度に近い50 MPaのせん断応力をウェブに生じさせるようにした。

改造作業における切欠き長さおよび高さはAパネルについては実橋におけるプロポーションにならって、 $l_a = 450$ mm、 $h_a = 65$ mmとし、Bパネルについては道路橋の死活荷重比を考慮して切欠き端における下フランジの応力が100 MPaとなるように $l_b = 650$ mm、 $h_b = 65$ mmとした(図-10)。

ガス切断と下フランジの取付け順序は、まず

① 下フランジを分割して溶接した後、ガス切断した。しかし、図-10に示すように下面が平滑でなく支承の取付けにおいて不具合が懸念されたので、

②再度、ガス切断した後、1枚のフランジを溶接した。

このときの桁の切欠き長さおよび高さは、A、Bパネルそれぞれ $l'_a = 440$ mm (先に取り付けた垂直補剛材の手前まで)、 $h'_a = 100$ mm、 $l'_b = 720$ mm (先に取り付けた垂直補剛材を越えて)、 $h'_b = 100$ mmとした(図-11)。

したがって、実験条件は

ケース 8 : $l_a = 450$ mm (S-5, A パネル)

ケース 9 : $l_b = 650$ mm (S-5, B パネル)

ケース 10 : $l'_a = 440$ mm (S-5, A パネル)

ケース 11 : $l'_b = 720$ mm (S-5, B パネル)

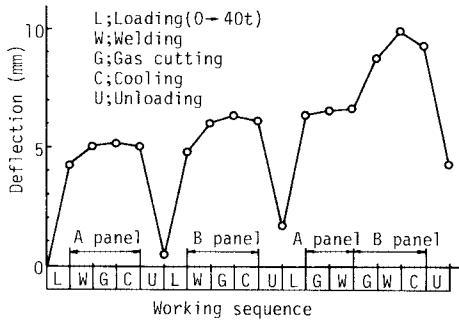
となった。図-10, 11にそれぞれの実験条件の改造後の形状を示す。

すべての改造作業が終了した後、耐荷力を求めるため3点曲げで破壊試験を行った。このときには支持治具によらず支承を用いた。

(2) 実験結果および考察

a) 作業中の変形挙動

作業中における载荷点直下のたわみを図-12に示す。

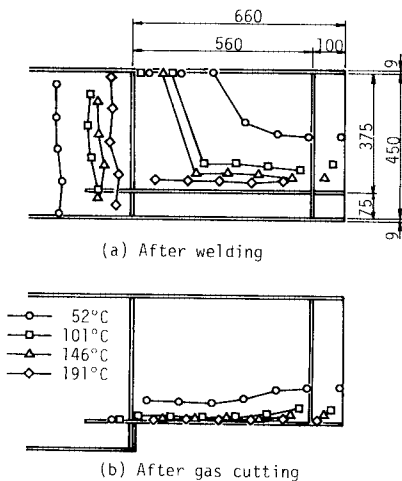


図—12 作業中の載荷点直下のたわみ

下フランジを先に取り付け、その後ガス切断したケース 8 および 9 では切断長さによる違いは認められるものの、たわみの増加はただだか 1 mm 程度であり、試験桁は作業中に不安定となることはなかった。このたわみの増加に占めるガス切断の影響の割合はごくわずかであり、また冷却により回復し、溶接終了時のたわみにほぼ等しくなる。

ガス切断を先に行い、その後下フランジを溶接した場合、垂直補剛材を切断しなかったケース 10 では試験桁は終始安定した挙動を示し、たわみの増加も 0.2 mm 程度であった。一方、垂直補剛材を切断したケース 11 では垂直補剛材を越えた中央側のウェブのガス切断時に荷重が 40 t から 36 t まで減少し、また下フランジの割込み部分を溶接したときにも荷重が減少した。これらにより 3.5 mm のたわみの増加があった。ケース 10 および 11 より垂直補剛材の寄与が大きいことがわかる。

ウェブの面外変形は全作業中(ケース 8~11)にわたってせいぜい 0.5 mm 程度であり、ケース 11 においてたわみの増加が認められたときにもほとんど面外に変形し



図—13 溶接およびガス切断によるウェブの最高到達温度の分布

ていなかった。

b) 作業中の温度分布

溶接およびガス切断によるウェブの最高到達温度の分布を図—13 に示す。補剛材溶接時の温度分布は水平および垂直補剛材の溶接による熱の和であるので、補剛材および上フランジで囲まれたパネルの等温線は水平および垂直補剛材のコーナーに向かって凸な曲線となっている。

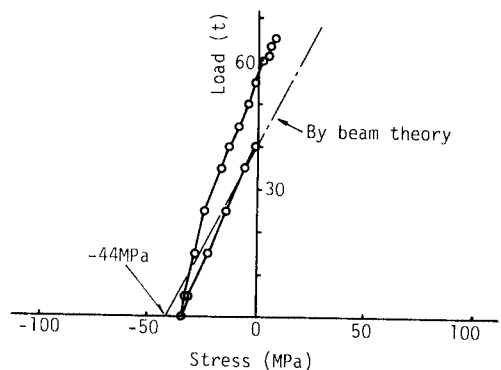
ガス切断による熱の広がり最高到達温度が 101°C となる領域が切断線からただだか 50 mm であり、溶接による熱の広がりも 191°C 以上になったのは 100 mm 程度であった。したがって、温度上昇によって降伏点、ヤング率の低下する領域は溶接線のごく近傍に限られるので、詳細な検討を省略しても安全性を損なうことは少ないと考えられる。

c) 作業後の耐荷力

破壊試験の結果によるとこの桁の耐荷力は 65 t で、崩壊は載荷点に設けた支圧板の両端に隣接する上フランジの局部座屈であった。切欠き桁に改造した箇所は曲げモーメントが小さかったため、試験桁の耐荷力を支配するものではなかった。

なお、この桁を道路橋示方書によって照査すると、桁の横倒れ座屈から決まる上フランジの許容応力度によって、許容荷重は 22 t となり、この桁の耐荷力 65 t は 22 t に対して 3.0 倍であった。

ガス切断、溶接などの加熱作業終了後、室温まで冷却するのを待って、除荷する前に、新たに取り付けた下フランジ下面にひずみゲージを貼った。そのひずみゲージによる応力を改造作業の除荷過程における応力とともに図—14 に示す。この図においては除荷前の 40 t 載荷時を応力の原点として表示した。一点鎖線は初等はり理論によるものである⁵⁾。死荷重に相当する荷重作用下で取り付けられた下フランジには荷重の増減がない限りは伸縮を生ぜず、ひずみを生じない。合成桁においてコンク



図—14 除荷過程および破壊試験における下フランジの応力

リート断面が合成前死荷重に寄与できないのと同じように、下フランジは取付け作業時にすでに載荷されていた荷重に対しては応力を発生せず断面に寄与しない。したがって、新たに取付けた下フランジの応力は除荷による変化量であり、一点鎖線で示される計算値とよい一致を示している。

(3) ま と め

本実験の結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 下フランジを先に取り付け、その後ガス切断を行った場合には、切欠き端の下フランジの応力が100 MPa、ウェブのせん断応力が50 MPaの位置で切断しても桁中央のたわみの増加は微小であり、試験桁は作業中安定していた。

(2) ガス切断を先に行い、その後1枚の下フランジを溶接した場合、垂直補剛材を切断したときとしないときで作業中の変形挙動に大きな違いがあり、垂直補剛材の寄与が大きいことが明らかとなった。

(3) 溶接による熱の影響範囲は溶接線のごく近傍に限られていたので、詳細な検討を省略しても安全性を損なうことは少ないと考えられる。

(4) 改造後の桁の耐荷力は65 tであり、切欠いた箇所が耐荷力を支配するものではなかった。この桁の道路橋示方書によって照査した許容荷重は22 tで、改造後の桁の耐荷力はこの許容荷重の3.0倍であった。

5. 結 言

支点上補剛材の隅肉溶接の補修実験は負反力により支承が破損したための支承の取換え工事に端を発したものである。支承の取換え工事においては仮支持点の補強のための補剛材などの取付けを溶接を用いて行うことの可能性について種々の検討を行った。溶接箇所が曲げ応力が低いところであったこと、交通量のわりには振動が少なかったことなど施工上有利な点にも恵まれ、工事は無事完了した⁹⁾。

また、切欠き桁への改造は都市内高速道路の出路にあるプレートガーダーの補修工事を行うにあたって実施されたものである。実施工は本実験の結果を踏まえて、最初に垂直および水平補剛材を溶接し、十分な補強を施した後ガス切断を行い、最後に1枚の下フランジを溶接し

た。これらの作業は全面的な交通遮断をすることなく実施され、無事完了した。詳細は別の機会に紹介したいと考えている。

以上のように、荷重作用下の溶接とはいっても、溶接の特徴をよく理解し、現場の状況を十分に把握したうえで、細心の注意を払い、慎重に計画を立案し、実施すれば安全を確保できるものと考えられる。したがって、溶接を使用するためには解決しなければならない問題が数多くあることも事実であるが、生じた問題点を積極的に解決し、より簡便な補修・補強方法を策定する必要がある。

6. あとがき

本研究の一部は阪神高速道路公団と共同して行われたものである。

本研究を実施するにあたり、大阪大学中辻義弘技官、および(株)東京鉄骨橋梁製作所田中雅人氏(当時、受託研究員)の協力を得た。また、溶接などの加熱作業はタカラ技研(株)の作業員によって行われた。

記して謝辞とします。

参 考 文 献

- 1) 阿部英彦ほか：鋼鉄道橋における疲労問題と補修・補強、橋梁と基礎、Vol.17, No.8, pp.24~29, 1983.
- 2) 堀川浩甫：橋梁の損傷と補修、連載講義「溶接構造物の損傷とその防止、II. 各種構造物の損傷とその防止対策」、溶接学会誌、Vol.52, No.7, pp.13~22, 1983.
- 3) 三木千寿ほか：海外の橋梁における疲労問題と補修・補強、橋梁と基礎、Vol.17, No.8, pp.30~34, 1983.
- 4) 西川和広：道路橋における疲労問題と補修・補強、橋梁と基礎、Vol.17, No.8, pp.19~23, 1983.
- 5) 堀川浩甫ほか：荷重作用下にあるプレートガーダーの改造に関する実験、橋梁と基礎、投稿中
- 6) 佐藤邦彦ほか：溶接工学、理工学社
- 7) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説
- 8) 田中雅人ほか：供用中の橋梁への補修・補強溶接、橋梁と基礎、Vol.19, No.3, pp.14~19, 1985.
- 9) 加藤修吾ほか：交通供用下で溶接を用いた橋梁補修工事、土木技術、Vol.39, No.3, pp.55~65およびNo.5, pp.81~91, 1984.

(1985.4.13・受付)