

大阪大学溶接工学研究所 正員 徳澤 直紀
大阪大学溶接工学研究所 正員 堀川 浩南

1. まえがき

橋梁の現場溶接について最近関心が高まってきており、昨年の土木学会全国大会でも研究討論会がもたれた。その時色々な話題があったが、未解決の問題として、現に供用中で応力の働いている部材への溶接が挙げられた。その要点は、継手の材質は保てるか、残留応力の分布は変わるか、および溶接ひずみに伴って橋梁が変形することはないか、であった。これについて実験的に検討したので報告する。

2. 実験方法

実験は、試験片への負荷時期と溶接時期に関し、

図1に示す4つのタイプを基本として、その溶接部の機械的性質と残留応力を比較した。

- TYPE (1) ; 溶接のみ(無負荷)。
- TYPE (2) ; 溶接後、許容引張応力程度の負荷を与える。

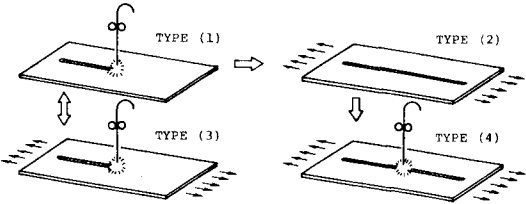


Fig.1 Combination of Weld and Load

- TYPE (3) ; 許容引張応力程度の負荷を与えた状態で溶接する。
- TYPE (4) ; 既に溶接したものに許容引張応力程度の負荷を与え、さらに重ねて溶接する。

試験片はSS41(板厚6mm)で、ガス切断により6×15×300の板材に切出し、約620℃でSR処理したものである。溶接方法は、細径ワイヤ小型サブマージ溶接機を用い、機械的性質用試験片は溶接線に沿って幅5mm深さ3mmに加工した溝に溶接し、残留応力測定用試験片はビードオンプレートのみとした。引張負荷は14kg/mm²で、溶接中・溶接後に常に荷重を一定に保つ必要があるので油圧サーボ制御のTRC試験機を用いた。

3. 溶接金属の機械的性質

TYPE (1)～(4)の試験片から、引張試験片各2本(平行部断面6×15)、2mmノッチシャルピー試験片各3本(5×10のサブサイズ)を採取した。図2にその採取要領を示す。表1に引張・衝撃両試験結果を示す。表1の最後の項は、ASTM A593-72を参考に標準試験片(10×10)に換算した値である。結果から明らかな様に、降伏点・引張強さにはほとんど変化がみられない。衝撃吸収エネルギーには若干のばらつきはあるが、TYPE

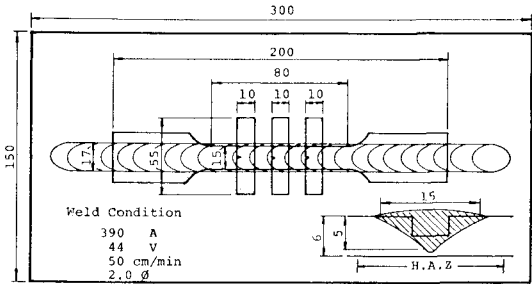


Fig.2 Picking Position of Specimens

E(1)を下回るものはない。TYPE (4)の吸収エネルギーが他より高いのは、既存ビードの上に重ねて再溶接したため溶着金属の組織が細粒化され、靱性が向上したものと考えられる。溶接してから負荷

TYPE	Yield Stress kg/mm ²	Tensile Strength kg/mm ²	Elongation %	Reduction of Area %	Ab.Energy at 0°C kg·m	ASTM A-593-72 kg·m (ft·lb)
(1)	(32.7) (31.5) 32.1	(48.2) (47.8) 48.0	(26) (24) 25	(50) (50) 50	(0.95) (1.01) 0.97 (0.95)	1.66 (12)
(2)	(32.2) (32.5) 32.4	(48.4) (49.0) 48.7	(28) (23) 26	(43) (40) 42	(1.26) (1.33) 1.19 (0.98)	2.28 (17)
(3)	(33.9) (33.5) 33.9	(49.4) (49.4) 49.4	(29) (24) 27	(40) (40) 40	(0.95) (1.23) 1.02 (0.89)	1.79 (13)
(4)	(34.7) (34.5) 34.6	(49.1) (48.7) 48.9	(30) (27) 29	(44) (45) 45	(1.39) (1.35) 1.37 (-)	2.70 (20)

Table.1 Summary of Tensile and Impact Test

を与えても、またその逆の負荷を与えて溶接しても、溶接金属自体の機械的性質が特に劣化することはない。

4. 残留応力

残留応力は、予め貼られたワイヤストレインゲージ(ゲージ長 2mm)の間に鋸でスリットを入れ、その時のひずみ解放量を測定することによって求めた。図3は継手方向残留応力測定結果である。図3には、 25kg/mm^2 程度で引張負荷を与えた状態で溶接を行なったものをTYPE(5)として付け加えた。母材と溶接金属の降伏点をそれぞれ(B.M), (W.M)として図中に矢印で示した。

溶接金属が50キロ級の高張力であること、またビードオンプレートという片面溶接であるので、ひずみ解放前に曲げ変形が存在する。このため、試験片表面での残留応力分布は鋭いピークを示し、裏面では母材の降伏点を越えることのない頭打ちの形状である。しかし、引張負荷を与えた状態で溶接したTYPE(3)は、溶接熱によって試験片の降伏点が低下するため、塑性伸び変形が進行し、試験片装着時の誤差もキャンセルされ、溶接終了後の曲げ変形量も大きくならない。このため、表面と裏面の測定値は比較的良好に一致する。表面、裏面両者の平均値を図4に示す。

溶接後および溶接中に引張負荷を与えたTYPE(2)(3)(4)の残留応力は、TYPE(1)に比べて、その負荷応力 14kg/mm^2 だけピークが低下している。これらは各々同じ緩和される傾向に分布しているが、TYPE(3)(4)は負荷中の溶接熱によって降伏点低下が母材に生じるため、その温度勾配の影響で引張領域から圧縮領域へゆるやかに移行する。TYPE(5)の場合、負荷応力分の約 25kg/mm^2 、そのピークで低下しているが、溶接直後の伸びが3.5%と増大したため、既に母材自体は必ず硬化領域にはいつてしまったと考えられる。これは、図3に示した裏面の測定値が、ビード下でほぼ無応力状態を示しているにもかかわらず、その少し端側で $+10\text{kg/mm}^2$ を観測されたことから明らかである。前節の結果も共に考慮すると、応力が存在する部材に溶接した場合、まず母材が変形し、その後、溶接部が温度低下とともに応力受けもつようになり、その時の母材の伸びの程度は溶接金属には影響しないので、溶接部固有の機械的性質には変化が起らないかと推定される。

5. まとめ

引張応力下にある部材へ溶接することが、溶接金属の機械的性質、残留応力分布に与える影響を実験的に調査したが、本実験の範囲に於いては、応力存在下の平板への溶接による溶接金属の降伏点、引張強さ、衝撃吸収エネルギーは、無負荷状態で溶接したものとは比べて著しく劣化するという事実は認められなかった。また、引張負荷を与えた状態で溶接した平板の残留応力は、無負荷で溶接した平板を自然冷却の後同程度の負荷を与えたものとは比べて、ややゆるやかに分布するが、両者ともそのピークで、同程度の残留応力が緩和された。

既設橋梁の補強もしくは其幅のための現場溶接は、応力が存在している場で溶接するという意味で、現場溶接の中でも特異なものである。本報告ではこれに対処するため、溶接金属の機械的性質、残留応力に関して検討したが、変形までは及んでいない。今後は、梁の模擬補強試験を行ない、その変形挙動を中心に検討したい。

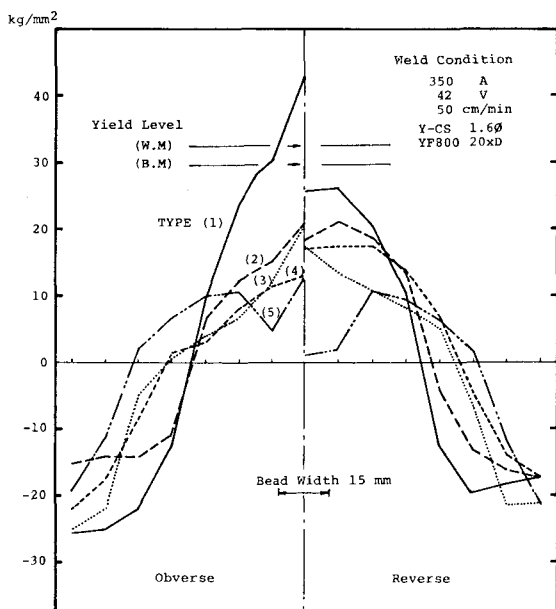


Fig.3 Distribution of Residual Stress

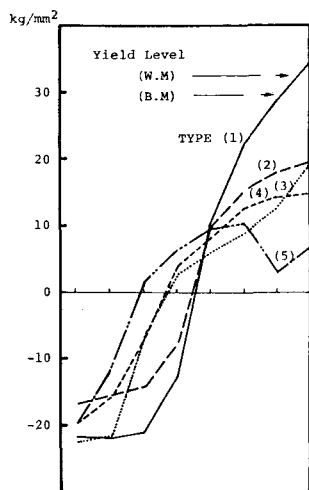


Fig.4 Distribution of Residual Stress (mean value)