

阪神高速道路公団 正員 畠田 穰
 阪神高速道路公団 正員 頼川 幸彦
 三菱重工業(株) 高野 元太
 三菱重工業(株) 正員 奥 哲夫

1. まえがき 最近、交通量の増大に伴ない、設計時に予想した以上の繰返し荷重が負荷される橋梁が増えてきている。このため一部の橋梁では疲労き裂が発生し、補修あるいは補強工事が必要となっている。この溶接工事は現地で施工するために、種々の問題点を解明しておく必要がある。ここでは既設橋梁の現地溶接補修の可能性を基礎的に検討した。

2. 現地溶接補修の問題点と対策

現地溶接施工においては工場内溶接と異なり、①溶接部には死荷重による応力が作用している、②使用中のため各種の振動が加わる、③溶接姿勢が限定され、作業環境が劣る、等の問題がある。これらによって生じる現象と対策を図1に示すが、この考え方をまとめると次のようになる。

①溶接部断面欠損による強度不足 溶融金属部は約2000℃であり、溶融池近傍は高温になる。一般に鉄鋼材料では600℃以上になると降伏点は非常に低くなり、力をうけもたないとしている。そこで実施工の溶接施工条件における温度解析を行い、高温部を断面欠損として強度解析して安全性を確認する。

②溶接表面欠陥(ビード形状) 振動が付加される状況においては、表面ビード形状が乱れアンダカット等の欠陥が入りやすい。そのため、現地工事で要求される姿勢、振動条件において欠陥のない溶接施工法を確立する。

③高温割れ 振動が付加された場合の溶接で最も発生が懸念される欠陥は高温割れである。すなわち凝固しつつある領域に急激な変位が加わると高温割れが生じる。この高温割れの発生には付加歪量と歪速度が影響するため、実際に付加される歪量および材料の高温割れ感受性を調査し、高温割れが発生しないようにする。

④低温割れ 低温割れは高張力鋼では重要な因子であるが、凝固後かなり低温になって発生することから振動の影響はないと考えられる。むしろ現地溶接における溶接環境の悪さ(水素源が多いこと)が影響する。このため、天候、錆等に注意して予熱を厳重に行えば問題ない。

⑤座屈荷重 死荷重が作用している状態で溶接を行えば、作用していない場合と比較して残留応力分布が異なる可能性がある。特に圧縮荷重が作用している場合、溶接引張残留応力が増大して圧縮残留応力も大きくなる可能性がある。もし圧縮残留応力が大きくなれば、設計時に行った座屈解析の見直しが必要となる。このために死荷重が作用している場合の溶接残留応力を調査し、座屈荷重に問題ないかどうか検討する。

3. 実験内容 現地溶接施工では2項で述べたように5つの現象の対策を確立する必要があるが、施工上解決できる表面欠陥と低温割れを除くと残りは3つとなる。そこで、溶接時の温度分布、高温割れ感受性、溶接残留応力分布について実験的検討を行った。

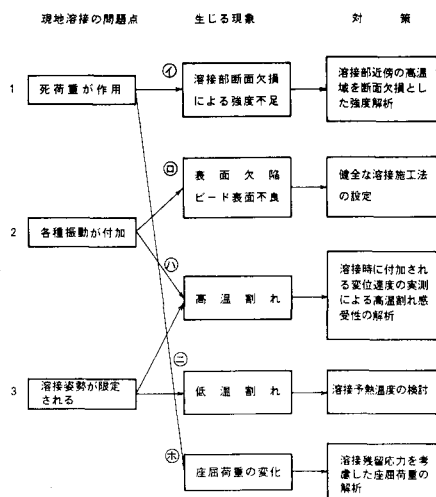


図1 現地溶接補修の問題点と対策

4. 実験結果

4.1 溶接時の温度分布 ウェブにブラケットを取付ける場合を想定して溶接部近傍の温度分布を検討した。実験は図2に示すように板厚12mmと板厚16mmのSS41鋼板のすみ肉溶接を行い、ウェブ(板厚12mm)の表裏面21点で温度計測を行った。溶接は被覆アーク溶接により、立向上進法で行い、溶接入熱は 13.8kJ/cm (ストレート法)と 37.2kJ/cm の2レベルとした。温度分布測定結果とRykalinが求めた2次元熱流(薄板の溶接)の熱源中心の温度分布の近似式より計算した値を図2に示す。300℃以上に加熱される領域はストレート法で幅20mm×長さ60mmであり、ウィービング法で幅60mm×長さ110mmであった。また、600℃以上に加熱される位置はウィービング法で溶接ビード端から約10mm以内の範囲であった。

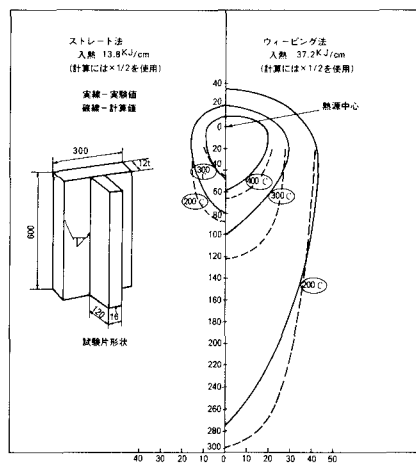


図2 溶接熱源中心の温度分布

4.2 高温割れ感受性 SS41鋼板の高温割れ感受性をTrans Varestraint Cracking Testにより求めた。試験は図3に示すように鋼板上をTIG溶接中に、急速に歪を付加して試験片を曲げブロックにそって曲げ、表面に発生する割れ長さを付加歪との関係で求める。そして溶接線上の温度分布を計測して割れ長さを割れ発生時の温度に換算する。このようにして求めた凝固脆性温度域を図3に示す。付加歪量が0.9%以上で歪速度が $1.2 \times 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$ 以上の場合にのみ高温割れを生じる。この温度に対する歪速度に冷却速度を乗じれば時間に対する歪速度となり、この時間に対する歪速度の限界値と実際の振動によって生じる歪速度を比較することになる。通常のアーク溶接では冷却速度は 100°C/sec 以下と考えられるため、本試験で使用した材料では $1.2 \times 10^{-1} 1/\text{sec}$ 以下の歪速度あるいは付加歪が0.9%以下であれば、溶接中に歪が付加されても高温割れは生じない。

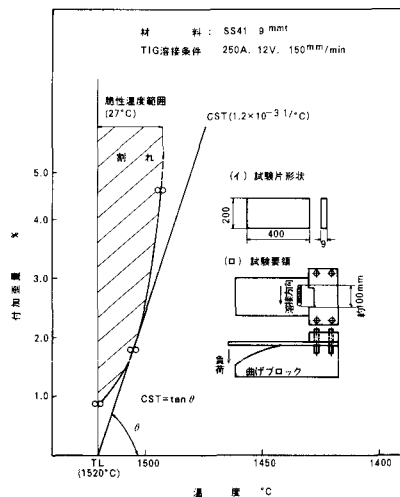


図3 凝固脆性温度域

4.3 溶接残留応力分布 あらかじめ片側のブラケットを溶接しておき、次に引張あるいは圧縮の荷重を負荷した条件で反対側のブラケットを溶接した。負荷荷重は25 ton(応力 15.6kgf/mm^2)とし、比較のために負荷荷重なしも行った。溶接終了後、荷重を除荷してから試験板の表裏面にストレインゲージ(FCA-2, ゲージレンジ2mm)を貼付し、切り出し法により残留応力分布を測定した。図4に測定結果を示すが、圧縮荷重が負荷されている場合は負荷荷重なしとほぼ同じであり、引張荷重が負荷されている場合は負荷荷重なしと比較して、最大引張残留応力および最大圧縮残留応力ともに小さくなった。

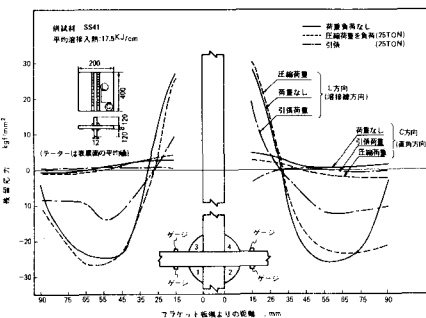


図4 溶接残留応力分布

5. まとめ 既設橋梁の現地溶接補修上、問題と考えられる溶接時の高温域、高温割れ、残留応力分布についての基礎データを得た。

実施工にあたっては現地条件とこれらのデータとを比較検討して実施の可否を判断する必要がある。