

# 鋼板の溶接後熱処理による残留応力の緩和と変形挙動に関する実験的研究

名古屋大学 学生会員 ○森 博啓  
名古屋大学大学院 正会員 廣畑 幹人

## 1. はじめに

腐食や疲労損傷が生じた既設鋼構造物の要補修部位は、狭隘で複雑な形状であることが多く、ボルト接合による補修が困難な場合がある。その際に溶接による補修の可能性が考えられるが、溶接残留応力が疲労強度に及ぼす影響や、入熱による熱影響部の脆化が懸念される。これに対し溶接後熱処理(PWHT:Post-weld Heat Treatment)の適用が考えられるが、以下の点が課題となる。(1) 土木鋼構造物は大型で複雑な形状をしており加熱炉を使用できない。(2) 一般に溶接後熱処理が適用される压力容器等の構造物と比較して土木鋼構造物は板厚が薄く、変形を生じやすい可能性がある。(1)については、作業現場に適し局所加熱が可能な熱源としてセラミックヒーター<sup>1)</sup>を使用することを検討する。(2)については薄板に溶接後熱処理を適用した事例が少なく、熱処理中の変形挙動について不明な点が多々ある。そこで本研究では、局所加熱による溶接後熱処理がビードオンプレート溶接鋼板の残留応力緩和および変形挙動に及ぼす影響を明らかにするための実験的検討を実施した。

## 2. 実験方法

実験供試体には事前に応力除去焼鈍した 500×500×12mm の SM400A 鋼板 (図-1) を用いた。6 枚の鋼板の中央線に沿ってビードオンプレート溶接を施し (図-2)、3 枚に対し応力弛緩法により残留応力を測定した。残りの 3 枚と、溶接していない 3 枚の鋼板に後熱処理を実施した。後熱処理時の入熱にはセラミックヒーター<sup>1)</sup>を使用し (図-4)、JIS Z 3700<sup>2)</sup>を満たすように鋼板に熱電対を取り付けて温度管理を行った (図-5)。供試体の下側にヒーターを設置して片面から加熱を行い、2 枚は溶接ビード側を下向きに、1 枚は溶接ビード側を上向きにして加熱した。後熱処理時には鋼板の 3 点 (鋼板の縁 2 点と中央 1 点) で鉛直変位を測定し、縁に対する中央の相対鉛直変位を求めた (図-3)。

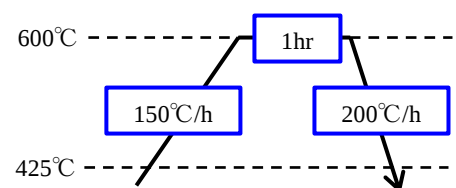
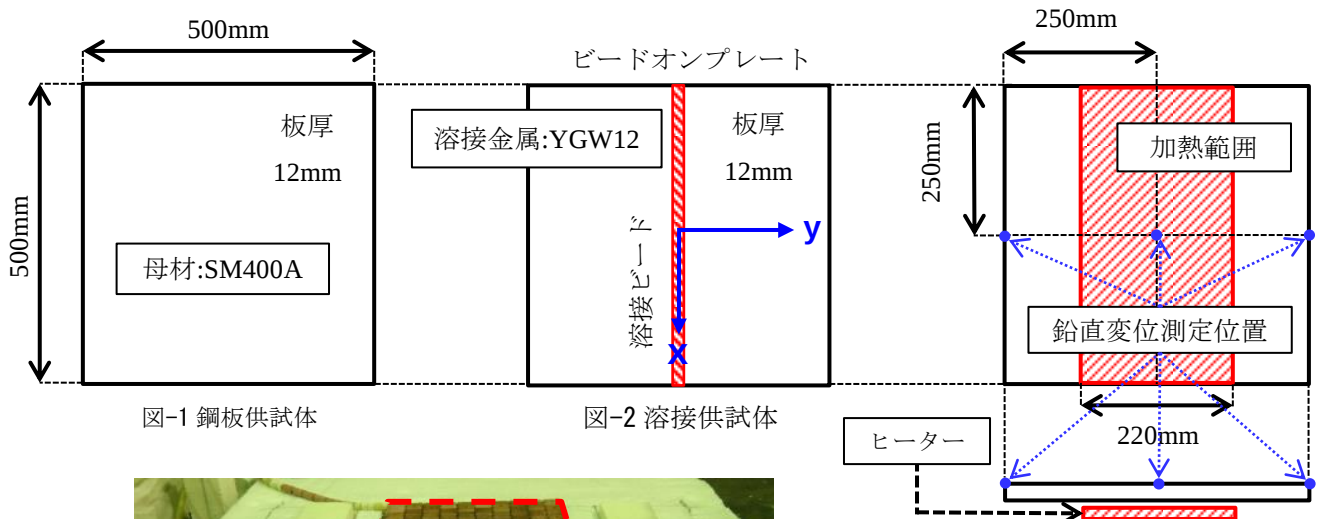


図-4 セラミックヒーター

図-5 425℃以上における温度履歴<sup>2)</sup>

### 3. 実験結果

#### 3.1 面外変形挙動

後熱処理時の鋼板供試体と溶接供試体の変形挙動を図-6～8に示す。鋼板供試体が熱処理後はほぼ元の形状へと戻っている一方で、溶接供試体は熱処理後も残留変形が生じている。溶接の有無によって後熱処理時の変形挙動が異なることを結果は示唆している。

また、溶接供試体において加熱位置の違いが変形挙動に及ぼす影響を調べるため、溶接ビード側と溶接ビードの裏側からそれぞれ加熱した場合の変形挙動を比較した(図-7および8)。どちらも熱処理前後は溶接による変形(開始時)が大きくなる方向に残留変形が生じていた。

#### 3.2 残留応力

後熱処理前後の応力分布を図-9に示す。溶接ビードに近い範囲においては、約20～35MPaの残留応力低下が確認できた。一方で、加熱範囲の外側においては後熱処理後に圧縮応力が増加する傾向があり、また、全体的に残留応力が増加する傾向が確認された。本実験では焼鈍の効果が十分に得られたか不明であるため、熱弾塑性解析を行い検討を継続する。

### 4. まとめ

- (1) 溶接ビードのない鋼板に溶接後熱処理の温度履歴を与えると、熱処理中に変形しても熱処理後の残留変形はほとんど生じなかった。
- (2) 溶接ビードのある鋼板では、ビードのある側、ない側のいずれから加熱しても、溶接変形と同じ傾向の変形が生じ、溶接変形よりも0.2mm程度大きな残留変形が生じた。
- (3) 本実験の範囲では、セラミックヒーターを用いた局所加熱による溶接残留応力の低減効果が十分に得られたか否かは不明であった。これに関して、熱弾塑性解析によるシミュレーションを行い今後さらなる検討を継続する。

### 謝辞

本研究の一部は(一社)日本溶接協会平成28年度次世代を担う研究者助成事業を受けて実施した。本研究の熱処理作業にはJEMIX(株)平松慶大氏、重信敏男氏の協力を賜った。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 平松卓也：溶接後熱処理(PWHT)，2011。
- 2) 日本溶接協会/日本規格協会：溶接後熱処理方法 JIS Z 3700:2009，2009。

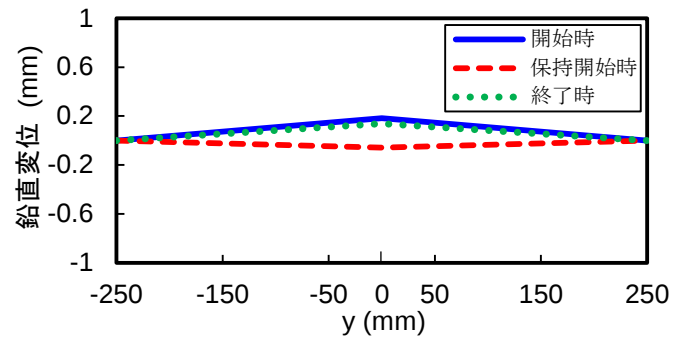


図-6 後熱処理時の変形(溶接ビードなし)

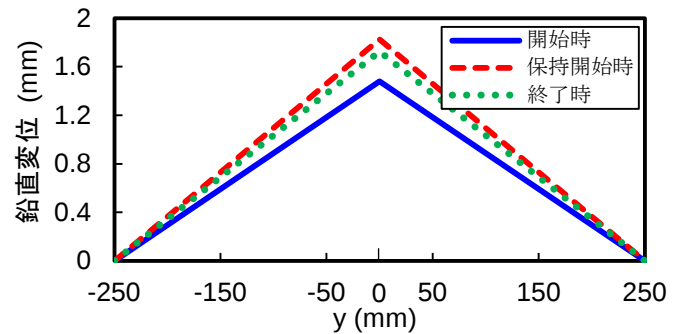


図-7 後熱処理時の変形(溶接ビード側から加熱)

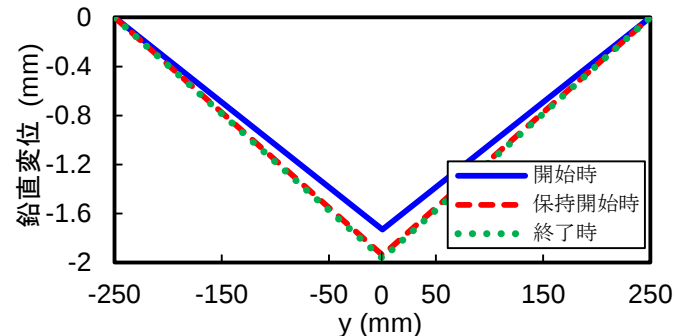


図-8 後熱処理時の変形(溶接ビードの裏側から加熱)

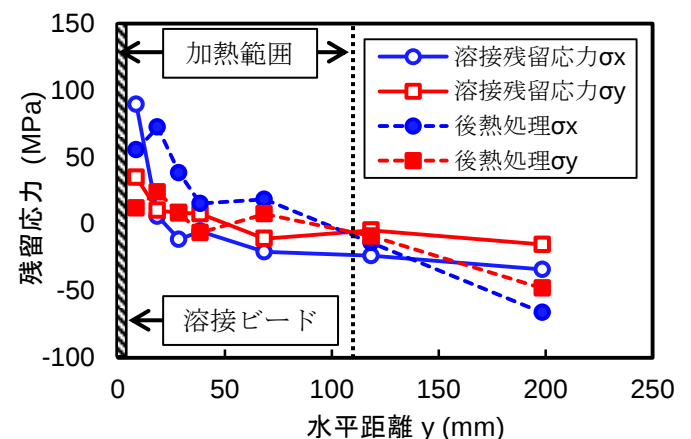


図-9 後熱処理前後での残留応力の変化