

複数の超音波振動を利用した溶接残留応力の低減に関する研究

研究代表者	東京都立産業技術高等専門学校	青木 繁
研究分担者	東京都立産業技術高等専門学校 産業技術大学院大学	栗田 勝実 越水 重臣

研究成果概要（平成 25 年度）

1. 緒言

溶接は多くの構造物に用いられている接合法である。表面に生じる引張残留応力は部材の疲労強度などに悪影響を及ぼす。そのために、引張残留応力を低減する方法が研究され、熱処理やショットピーニングが実用化されている。しかしながら、特殊な装置が必要であり、時間がかかる。本研究では、複数の超音波振動を加えることによって引張残留応力を低減する方法を提案し、その有効性を明らかにすることを目的としている。平成 23 年度は、まず、ひとつの超音波振動を加えながら溶接した場合の引張残留応力の低減について確認した。平成 24 年度は 2 つの超音波振動を用いるとともに残留応力が低減されることを確認した。平成 25 年度は解析モデルを用いたシミュレーションによって実験結果を検証した。

2. 実験概要

昨年度の実験の概要を示す。図 1 に示す寸法の試験片の中央を 150mm に渡って溶接した。試験片の材質は一般構造用圧延鋼材（SS400）とした。図 2 に示す 2 点に 37.5kHz と 47.5kHz の超音波振動を加えた。

図 3 にビード上で測定したビード方向の残留応力を示す。横軸は溶接開始点からの距離である。×は超音波振動を加えないで溶接した場合、◆は 37.5kHz、■は 47.5kHz の超音波振動を単独で加えながら溶接した結果である。▲は両方の超音波振動を同時に加えながら溶接した結果である。ひとつの超音波振動を加えながら溶接した場合には引張残留応力が低減されている。2 つの超音波振動を同時に加えながら溶接した場合にはひとつの超音波振動を加えながら溶接した場合よりも引張残留応力が低減されることが明らかになった。

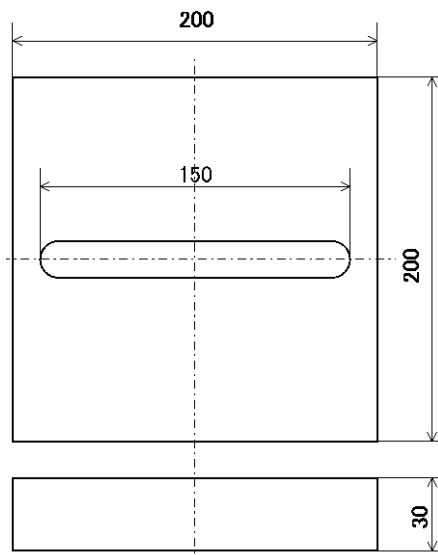


図 2 試験片寸法(mm)

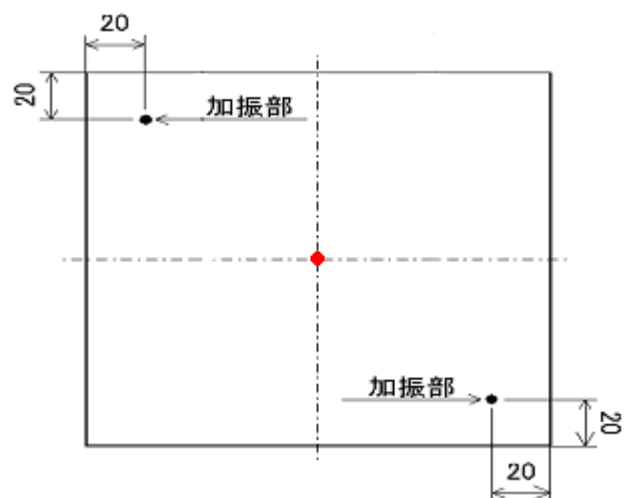


図 3 加振部の位置 (mm)

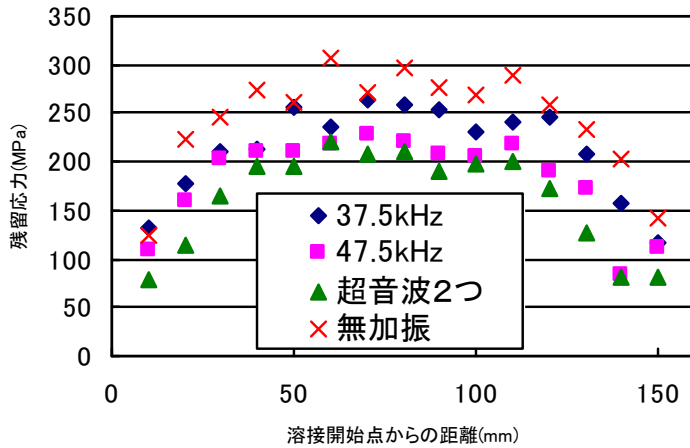


図3 ビード上の残留応力

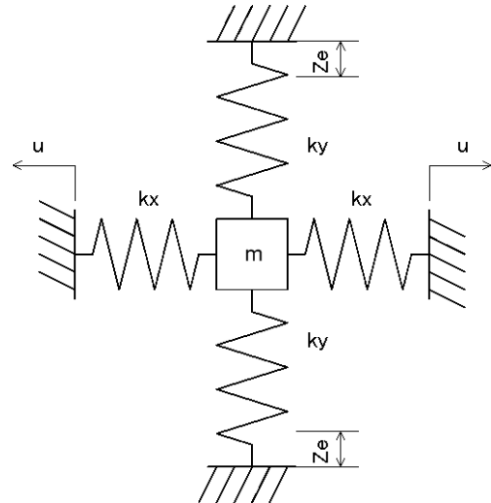


図4 解析モデル

3. 解析モデル

上述の結果を解析モデルを用いたシミュレーションによって検討した。図4に示す2次元モデルを用いた。y軸がビード方向であり、直角方向のx軸方向に振動入力を受けるものとする。 k_x および k_y はそれぞれx軸およびy軸方向のばね定数である。ビード方向のばねが釣合い位置から Z_e 引張られた状態を考え、 $k_y Z_e$ が振動を加えない場合の残留応力とする。このモデルがx軸方向に振動入力 u を受ける。溶接直後の溶接部は小さい力で塑性変形を生じる。このことを考慮して、ばねが塑性変形するものとして、完全弾塑性復元力特性をもつものとした。また、x軸方向とy軸方向のばねはトレスカの降伏条件に従うものとして、ばねが降伏することによって残留応力が低減されるものとした。

4. 解析結果

得られた結果を表1から表3に示す。表の上段は降伏力と入力振幅の比、下段は振動を加えた場合と振動を加えない場合の残留応力の比を示す。すべての条件で残留応力の比が1以下で、振動を加えながら溶接すると残留応力が低減されている。また、入力振幅が大きいほど残留応力が低減されている。表1および表2はひとつの超音波振動を加えながら溶接した場合であり、表3は2つの超音波振動を加えながら溶接した場合である。2つの超音波振動を加えた方が残留応力が低減され、実験結果と同様の結果が得られた。

5. 結言

溶接によって生じる引張残留応力を低減する方法として、超音波振動を加えながら溶接する方法を提案した。実験結果から、2つの超音波振動を加えながら溶接した場合はひとつの超音波振動を加えた場合よりも引張残留応力が低減されることが明らかになった。このことを塑性変形を考慮した解析モデルを用いたシミュレーションによって検証することができた。

表1 37.5kHzの超音波振動を加えた場合の結果

F_x/mU	0.005	0.007	0.010
$F_{yt}/k_y Z_e$	0.92	0.97	0.98

表2 47.5kHzの超音波振動を加えた場合の結果

F_x/mU	0.005	0.007	0.010
$F_{yt}/k_y Z_e$	0.95	0.98	0.99

表3 37.5kHzおよび47.5kHzの超音波振動を加えた場合の結果

F_x/mU	0.005	0.007	0.010
$F_{yt}/k_y Z_e$	0.79	0.87	0.93