

306 強度的不均質をもつ溶接継手の動的負荷による変形および強度特性

大阪大学大学院 ○望月正人 大村剛 安圭栢 豊田政男

Deformation and Strength in Welded Joint with Strength Heterogeneity under Dynamic Loading

by Masahito Mochizuki, Takeshi Ohmura, Gyu-Baek An and Masao Toyoda

1. 緒言

溶接継手は熱影響部のような強度的不均質を有することが多い。また、高強度鋼の溶接では溶接割れ防止の観点から、低強度溶接金属を用いた軟質継手が意図的に用いられる場合がある。このような強度的不均質をもつ溶接継手が地震荷重のような動的負荷を受ける場合、その変形および強度特性は、強度不均質による塑性拘束、高速変形による温度上昇、負荷速度の影響を重畳して受けると考えられる。そこで本研究では、軟質部の相対厚さを変化させた強度不均質継手を用いて、種々の歪速度と試験温度での強度および破壊挙動について実験およびFEM解析により検討する。

2. 実験および解析方法

軟質部を含む継手は、母材にHT80鋼、軟質部にHT50鋼を用いて拡散接合により作成した。軟質部の相対厚さ $X=H/D$ は、Fig. 1に示すように0.15, 0.3, 1.0と変化させた。引張試験は負荷速度0.01~200mm/s, 試験温度 -80°C ~ $+40^{\circ}\text{C}$ で実施した。また、解析では均質材の引張試験で得られた機械的特性を用い、高歪速度による強度の上昇、塑性仕事による熱の発生および拡散を考慮した温度と応力を連成させた熱弾塑性解析を行った。

3. 結果および考察

3.1 変形および強度特性と軟質部の相対厚さの関係

軟質部の相対厚さと降伏応力および引張強さとの関係をFig. 2およびFig. 3にそれぞれ示す。図中にはFEM解析の結果および理論解析による結果を合わせて示す。三者は静的負荷時（負荷速度: 0.1mm/s）の場合はもちろん、動的負荷時（負荷速度: 100mm/s）の場合にもよく一致していることがわかる。また、負荷速度によらず、相対厚さが小さくなるにつれ軟質部の強度は母材の強度に近づいていることがわかる。なお、負荷速度の上昇に伴って降伏応力と引張強さは上昇するが、その割合は降伏応力の方が大きくなっている。Fig. 4には相対厚さと絞りの関係を示す。軟質部の相対厚さが小さくなるにつれ、「くびれ」のできる範囲が狭くなることから絞りも小さくなっているが、負荷速度の絞りに及ぼす影響はほとんど見受けられない。なお他の試験温度の場合についても、降伏応力や引張強さおよび絞りと相対厚さの関係は同様の傾向を示し、試験温度の低下に伴い降伏応力と引張強さは上昇するが、絞り値はほとんど変わらないことを確認している。

3.2 延性－脆性遷移挙動に及ぼす歪速度および温度上昇の影響

各相対厚さの軟質部をもつ継手の脆性破面率の温度依存性および負荷速度依存性をFig. 5に示す。相対厚さが小さくなるほど延性－脆性遷移曲線は高温側に移行していることがわかる。これは、破壊の起点となる軟質部の中央部における塑性拘束の差が起因していると考えられる。一方、動的負荷時（負荷速度: 100mm/s）の場合における遷移曲線は、静的負荷時（負荷速度: 0.1mm/s）に比べて低温側にあるが、これはFig. 6に示すように考えることができる。すなわち、静的負荷時の遷移曲線を基準として、動的負荷時の遷移曲線は、歪速度の増大による高温側への移動と、破壊点近傍の塑性変形に伴う温度上昇による低温側への移動という、相反する影響を受ける。これらの影響の重畳作用として、動的負荷時の遷移曲線が決定されると説明することができる。

4. 結言

軟質部の相対厚さを変化させた強度不均質継手に動的負荷による変形・強度特性と破壊挙動を実験および解析的手法により明らかにした。

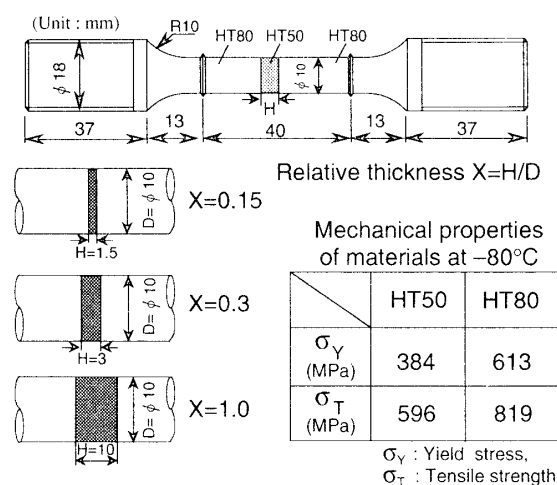


Fig. 1 Configuration of round-bar tension specimen and mechanical properties of materials at -80°C .

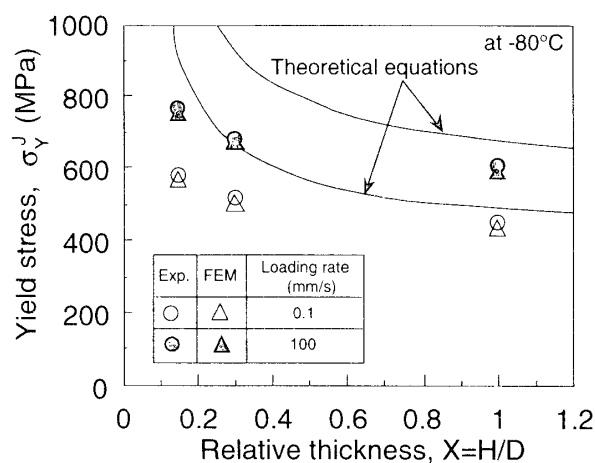


Fig. 2 Relation between yield stress and relative thickness.

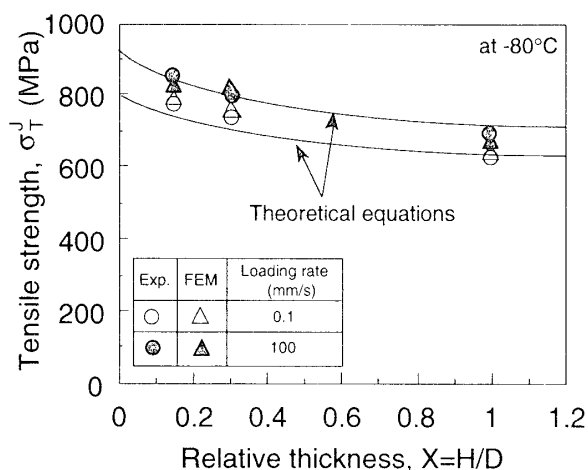


Fig. 3 Relation between tensile stress and relative thickness.

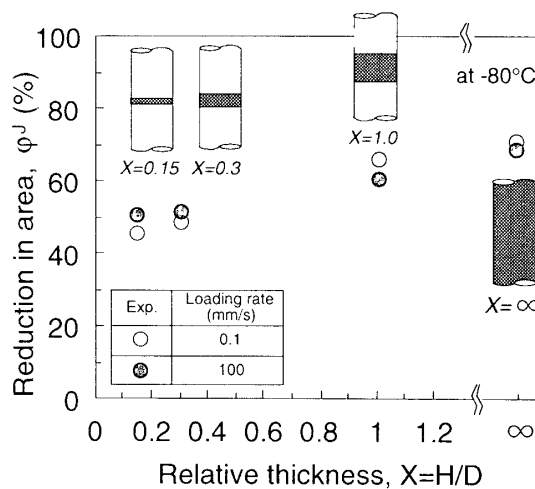


Fig. 4 Relation between reduction of area and relative thickness.

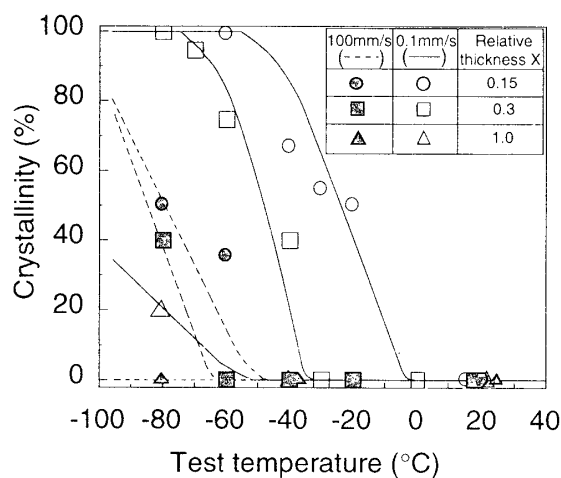


Fig. 5 Comparison of crystallinity and ductile-to-brittle transition temperature.

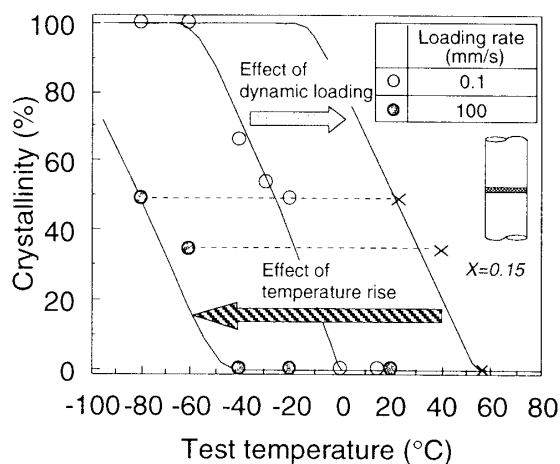


Fig. 6 Effect of strain rate and temperature rise on shift of ductile-to-brittle transition temperature.