

溶接金属の変態膨張を利用した疲労強度向上対策

Fatigue Strength Improvement Using the Weld Metal Transformation Expansion

1. 概要

鋼材は、高強度化すると鋼材そのものの疲労強度も増加するが、溶接継手にすると高強度化しても疲労強度が増加しないといわれている。そのため、疲労が問題となる構造物においては、鋼材高強度化のメリットが発現できないと考えられてきた。ここでは、溶接金属の変態にともなう膨張を利用し、溶接継手の疲労強度を向上させる技術について紹介する。

2. 結果およびまとめ

この技術における疲労向上メカニズムは、溶接金属の変態膨張を鋼材が拘束することにより疲労発生部分の残留応力を圧縮にするというものである。一般の場合でも溶接金属が変態する場合は膨張をともなうが、変態そのものが高温で発生・終了するため変態後の熱収縮で引張り残留応力状態となる。この技術では、溶接金属の成分を調整し変態開始温度を低く抑え、変態終了後の熱収縮を小さくすることにより、変態膨張時に発生した圧縮応力を室温まで冷却した段階でも残留できるようにしている。

図1は、疲労試験片の形状を示している。図1は角回し溶接継手といわれるもので、応力集中が厳しく、溶接構造物全体の疲労強度を決定している継手と考えることができる。図1においては、付加ビード部分以外は各試験片共通で、付加ビードの成分を変化させることで疲労強度への影響を見た。付加ビードに用いた溶接材料は3種類で、通常の570MPa級溶接材料(記号L62EL)、10%Ni添加材料(記号N19)、15%Cr7%Ni材料(記号C15N)である。付加ビード方式を採用したのは、溶接ビード全線に対してN19やC15Nを適用した場合、溶材コストが高くなるという配慮からである。また、付加ビードによる形状の差の影響をなくすため、通常の溶接材料も付加ビードに適用した。なお、フォーマスター試験では、N19、C15Nの変態開始温度はそ

れぞれ350℃、230℃であった。

図2は、疲労試験結果である。試験は応力比 $R=0.1$ の条件で実施した。試験は、荷重を500万回負荷しても疲労亀裂が発生しない場合を疲労限とした。亀裂発生個所は、付加ビードの溶接止端部であり、この部分に疲労亀裂が発生しなかったデータは図2中で矢印で示してある。なお、500万回に達していない試験片で矢印があるものは、図1中のAの部分から(本ビードの重ね部分)でた亀裂のため試験が中断してしまったものである。

図2によれば、N19、C15Nともに疲労限を大幅に向上させることができる。また、C15NとN19を比べればわかるように、変態開始温度を350℃程度まで低減させれば、変態開始温度を230℃程度まで低減した場合と同等に疲労限を向上させることが可能である。一方、シャルピー吸収エネルギーは、例えば0℃では、N19で100J程度、C15Nで30J程度であった(N19では-80℃で、50J以上確保されている)。従って、疲労強度向上効果がN19とC15Nでほぼ同等であることから、不必要に変態開始温度を下げずに、その分、他の特性を確保するほうがより実用的と考えられる。

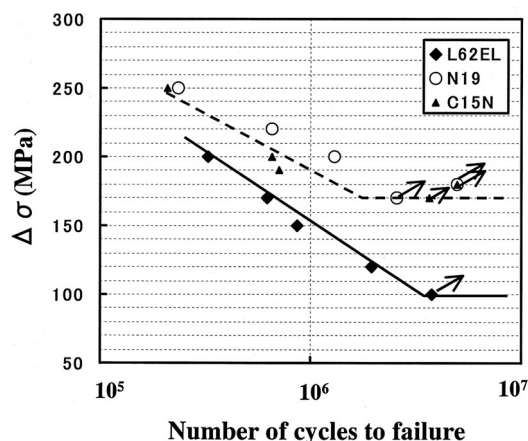


図2 疲労試験結果
Results of fatigue tests

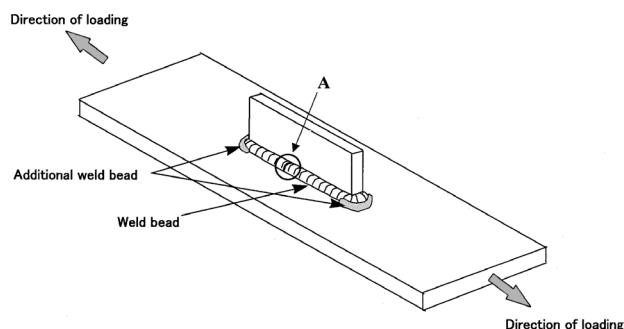


図1 角回し継手疲労試験片
Fatigue test piece of corner boxing joint