UIT による溶接継手の疲労強度改善効果の推定方法の検討 その2

新日鐵住金	正会員	o島貫 広志
法政大学	正会員	森 猛
新日鐵住金	正会員	田中 睦人

1. 背景と目的

疲労強度が要求される溶接構造物は一般に継手や負荷の形式ごとの S-N 曲線を基準として疲労設計されることが多い. 近年 HFMI (High-Frequency Mechanical Impact)処理と総称される溶接部の疲労対策処理として一般化している超音波衝 撃処理(UIT)¹⁾等のピーニング処理は従来から行われている溶接止端形状の改善以外に,溶接止端部へ圧縮残留応力導 入を行い、局所的な平均応力を下げることで疲労強度改善効果を得ているため、疲労設計の為の S-N 線図が整備されてい ない. この為, 鋼構造物の溶接部疲労強度向上に UIT を有効に利用できるよう, UIT 等 HFMI 処理継手の S-N 曲線の設定 や疲労強度の適切な推定方法の確立が急務となっている. 継手の S-N 曲線は通常,鋼材強度や応力比の影響をあまり受 けないが,著者らは強度の異なる鋼材の UIT 継手を用い様々な応力条件で疲労試験^{23.4}を実施し,この結果, UIT 継ぎ手 は高応力比で疲労強度改善代が小さくなることや、高強度鋼ほど UIT による疲労強度向上効果が大きいことを示してきた。 また,前報⁵など⁶では UIT の疲労強度向上メカニズムに基づいて止端の応力集中や溶接・UIT 処理で導入される残留応 力を考慮した UIT 継手の疲労強度予測法を提案してきた. 本報告では, 最近 IIW13 委員会で提案され盛んに議論されてい

るHFMI処理継手の簡易推定S-N線図⁷⁾について,著者 らの実験結果^{2,3,4)}と比較し,妥当性について検討した.

2. 提案されている HFMI 処理継ぎ手用 S-N 線図

IIW では最近 Marquis らから提案されている S-N 線図 の案 ⁷⁾をベースにその妥当性を検討している. この線図 (例を図1に示す)の特徴としては、①S-N 線図の傾き m は5(ただし107回以上は9)となっており,通常の継手の m=3 よりも大きい.この為,高応力側では溶接ままの線図 が HFMI 用の線図を上回る部分が生じるが、この場合は 溶接ままの方を用いることになる. ②対象の鋼材強度に 比例してFATクラスを上昇させる. ③応力比によってFAT

クラスの上昇限度を制限する点である. なお,評価に用いる応力のと 図 1 り方として論文⁷⁾ではHot spot 応力や Effective notch 応力を使う場合も紹介され 40 ているが、ここでは、試験体の公称応力ベースで検討を行うこととした.

3. 検証に用いた疲労試験データ

疲労試験データとして,同一試験体形状で鋼材強度と試験の応力比が異 なる面外がセット継手の疲労試験のデータ^{3,4)}と、一部荷重非伝達型十字継手 の疲労試験のデータ²⁾を準備した.試験片形状は図2(a),(b)に示した.鋼 材は橋梁用高強度鋼 SBHS700(降伏応力(YS):753N/mm², 引張強度(TS):810 N/mm²), SBHS500(YS:575N/mm²,TS:665N/mm²), SBHS400(YS:453-458N/mm², TS:549-561N/mm²). 溶接は SBHS700 のみソリッドワイヤーによる CO2 溶接で, その他 は FCAW による溶接である.なお,十字継手はすみ肉溶接で面外ガセットはすべて 完全溶け込みである. UIT 施工は ESONIX[®]27 UIS にて, 直径 3mm の打撃ピンを 用いて元の止端が見えなくなる様処理した.この際の止端部の凹みは0.2~0.3mm程度で ある. 疲労試験は繰り返し周波数 5~14Hz の軸力で, 様々な応力比で実施した.



Number of cycles

IIW XIII 委で提案されている S-N カーブの考え方



(a) 荷重非伝達型隅肉十字継手試験片



高張力鋼,疲労強度,応力集中,超音波衝擊処理,残留応力 キーワード 連絡先 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1番8号 新日鐵住金(株)鉄鋼研究所 材料信頼性研究部

4. HFMI用 S-N カーブ案と疲労試験結果の比較

疲労試験結果と新しく提案されている HFMI 用の S-N 曲線を比較して図中に示す. HFMI 用の S-N 曲線は継手形状や強度・応力比ごとに異なるため,まず,図3の(a),(b),(c)で面外ガセット継手の試験データを強度ごとに分けて表示し,比較した. なお,使用した SBHS400 は実質の引張強度が僅かに550MPa を超えるが,鋼材本来のクラスに合わせて550MPa 以下のクラスとした.この結果,強度クラスごとの応力比の影響については,実験で得られている傾向をほぼ表しているもの,現時点ではプロットの数が不十分な結果もあり,妥当性を決定づけるほどの結果とはなっていない.しかし,特に,繰返し負荷が200万回を超えるようないわゆる疲労限に近い領域では提案のS-N曲線がかなり低めの疲労強度を与える場合があることが分かる.また図4に示した十字継手の結果では,提案の曲線が実験データに対して全体的にかなり低めの値を示しており,提案のS-N曲線は妥当とは言い難い.



図 3(c) SBHS700 の面外ガセット継手の疲労試験結果と推定結果

図4 SBHS500 隅肉十字継手の疲労試験結果と推定結果

5. まとめ

IIW 第13委員会で検討されている HFMI 用の S-N 曲線の妥当性について著者らの実験結果を用いて検討した結果,長寿命側の推定や十字継手での推定精度が不十分と感じられる結果であった. HFMI での疲労強度向上メカニズムは残留応力によるところが大きいため,推定精度向上の為にはより実際の残留応力に基づいた推定が有効であると考えられる.

参考文献

(1) 例えば野瀬: 溶接学会誌, 第77巻, 第3号, pp.4-7, 2008. (2) 島貫ら: 第65回土木学会年講, I-100, 2010. (3) 島貫ら: 第67回土木学会年講, I-260, 2012. (4) 町田ら: 第68回土木学会年講 I-542, 2013. (5) H.Shimanuki, et.al: Doc. IIW, XIII-2495-13, 2013. (6) 島貫ら: 第68回土木学会年講, I-543, (7) G. Marquis, et.al: Doc. IIW-2393, 2013.