

I - 245

軟質溶接による縦方向溶接部の疲労強度

東京工業大学 正員 三木千寿 東京工業大学 正員 館石和雄
 東京鉄骨橋梁製作所 正員 田中雅人 東京工業大学 学生員 ○慶 甲秀

1. はじめに

一般に、母材の疲労強度は、材料の引張強度の上昇に連れて疲労強度も上昇する、いわゆる材料依存性が明確に表われる。しかし溶接部では、疲労強度の材料依存性はないといわれてきた。しかし、最近の大型モデルの疲労試験結果は、高強度鋼を用いた溶接構造物の疲労強度は軟鋼材のそれより低いものを示すものもある。

プレートガーダーのフランジとウェブや箱断面部材は隅肉溶接により組み立てられる。このような溶接部での疲労亀裂はブローホールなどの溶接欠陥から発生しやすい。溶接部の疲労強度は欠陥の寸法、位置、ブローホールからの亀裂発生率、溶接継手の形状、溶接条件及び使用材料等に依存されると考えられる。

軟質溶接は、等質溶接と比べて溶接割れ防止、予熱作業軽減に有効であるといわれている。

本研究は、溶接構造部材で最も基本になる継手である縦方向溶接部の疲労強度の材料依存性を実験的に検討するものである。その方法として、ここではSM58母材について溶接棒を可能な限り強度が低い棒、いわゆる軟質化して縦方向溶接部の疲労特性を調べる。さらに、フランジウェブの縦方向溶接部の疲労強度における材料依存性および軟質溶接の影響を明らかにする。そして、溶接部でのブローホールの発生率、ブローホールからの亀裂発生率に対する材料依存性を調べる。

2. 疲労実験

試験体としては、4タイプの縦方向溶接桁を3種(SM58, SM41, SS41)の鋼種を使って軟質溶接と等質溶接により製作された。疲労試験は最大荷重290KNの4点曲げ条件下で行った。応力波形は正弦波、繰り返し速度は、疲労試験では1.5Hz、ビーチマーク試験では2Hzで行った。疲労亀裂の測定は磁粉探傷で行った。

疲労試験終了後、一部の試験体について溶接線のルート線に沿って溶接部を露呈して、全溶接線についてブローホールの状況を観察し、欠陥寸法を測定した。ブローホールから換算直径への計算はブローホールを等価な円板上の疲労亀裂とみなした時の直径で下式により与えられる。

$$\text{換算直径} D = 0.94 \cdot W^{0.29} \cdot H^{0.48} \quad \text{--- (1)} \quad \text{ただし、} W, H \text{ は、各々ブローホールの幅及び高さ}$$

3. 実験結果および考察

図2は大型疲労試験から得られた疲労試験結果を鋼種別でまとめたものである。鋼材の強度の増加に連れて疲労強度が減少する、いわば逆の材料依存性が溶接部でも存在していることを示している。

図3は、本研究での疲労試験の結果を応力範囲と破断寿命の関係で示すものである。すべての試験体の疲労強度は、縦方向溶接継手についてのJSSCの疲労規定(CあるいはD等級)に対する許容応力を満足している。また、軟質溶接部材の疲労強度は等質溶接部材より若干高い傾向を示している。疲労亀裂は主として溶接ルート部のブローホールから発生した。

図4は大型疲労試験結果及び本研究の疲労試験結果を疲労亀裂の原因となったブローホールを(1)式の等価直径 D の亀裂とみなして計算した応力拡大係数範囲と疲労寿命の関係で整理したものを示すものである。ただし、ここでの疲労寿命とは、疲労亀裂が溶接ビードで初めて見つけた時の繰り返し数である。この図は、等質溶接が軟質溶接に比べてより低い応力拡大係数範囲で疲労亀裂が発生しているものを示している。これは等質溶接の方が欠陥についてより敏感であることを示すものである。

図5は欠陥率に対する各部材の疲労強度である。この場合でも、欠陥率の上昇に従って疲労強度が若干低下するのが見られる。疲労強度は軟質溶接の場合におけるは、異種鋼材を使用した試験体の方が若干低い傾向を示した。

図6と図7は、各々等質溶接及び軟質溶接の試験体に存在するブローホールについて、ブローホールからの疲労亀裂発生率を鋼種に従って整理したものである。本実験でのブローホールからの疲労亀裂発生率は、本州大型疲労実験のそれよりかなり低い。また本実験の中では高強度の溶接棒の方が軟質棒より若干高い傾向を示している。すなわち、ブローホールからの疲労亀裂発生率でも材料依存性が認定された。これは高強度鋼の高い切欠き感受性及び引張残留応力に起因すると考えられる。

4. まとめ

- 1) 縦方向溶接部での疲労強度の材料依存性が認定された。
- 2) 軟質溶接部材の疲労強度は縦方向溶接継手に対するJSSCの疲労規定を十分満足する。
- 3) 軟質溶接部材の疲労強度は等質溶接部材より若干高い。

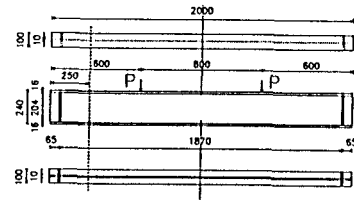


図1. 試験体の寸法及び形状

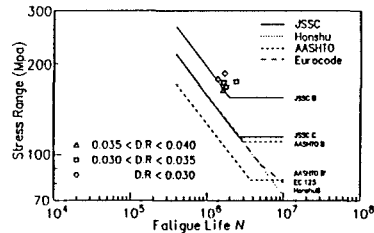


図5. 欠陥率による S - N 線図

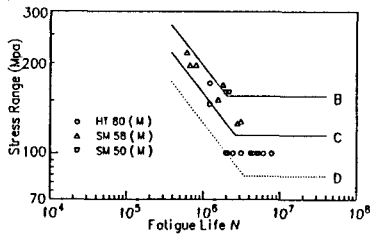


図2. 鋼種による S - N 線図

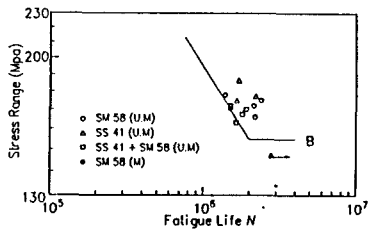


図3. 本研究での S - N 線図

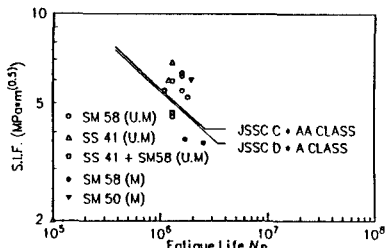


図4. $\Delta K_B - N_p$ 線図

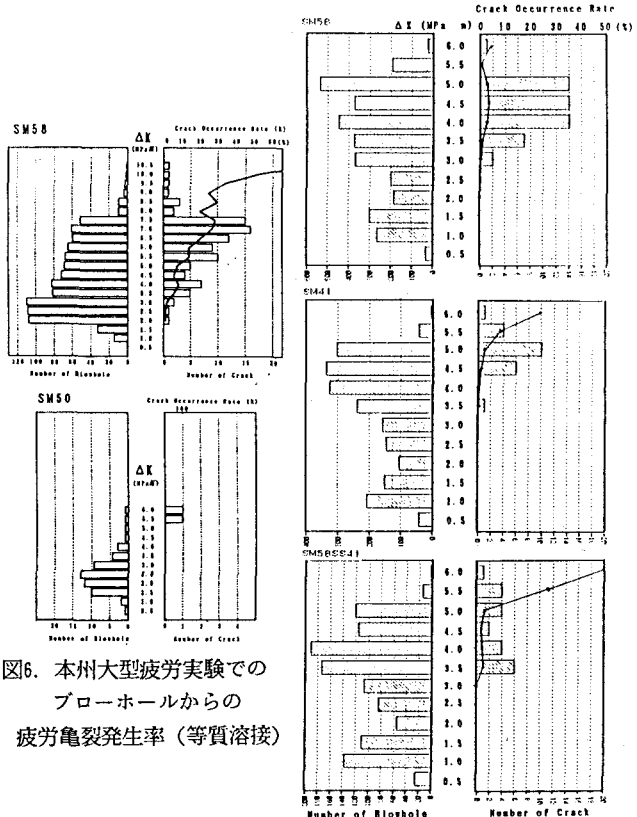


図6. 本州大型疲労実験でのブローホールからの疲労亀裂発生率（等質溶接）

図7. 本研究でのブローホールからの疲労亀裂発生率（軟質溶接）

参考文献

1. 大江慎一 外、構造工学論文集、Vol. 38A, 1992. 3. pp 1031 - 1044
2. 竹名興英 外、土木学会論文集、第404号/I-11、1989. 4