

I-A194

突合せ溶接継手における許容欠陥寸法の検討

東京工業大学 学生員 金井 卓

東京工業大学 フェロー 三木 千壽

東京工業大学

Fauzri Fahimuddin

東京工業大学 正会員

穴見 健吾

1. はじめに

溶接継手の疲労強度は、溶接欠陥の存在によって低下する。しかし、溶接欠陥を完全に除去することは不可能であり、また非合理的とも言える。したがって、継手の要求性能を満たすことを条件とし、溶接欠陥の存在を前提とした破壊制御が必要である。本研究では平面的な欠陥である融合不良、立体的な欠陥であるブローホールを含む突合せ溶接継手について非破壊検査、疲労試験、疲労亀裂進展解析を行い、それぞれの欠陥が疲労強度に及ぼす影響を明らかにし、許容欠陥寸法の検討を行うことを目的とした。

2. 試験体および疲労試験

図1に試験体の形状および寸法を示す。溶接ままでは余盛りは削除していない。供試用鋼材はSM490Aである。化学成分および機械的性質を表1に示す。溶接条件を表2に、溶着金属の化学成分、機械的性質を表3にそれぞれ示す。溶接部にはあらかじめ欠陥が入るよう工夫を施した。放射線透過試験を行い、その結果、欠陥が試験体の中央に位置するように機械加工で切り出した。融合不良の入った試験体については超音波探傷試験も行った。

疲労試験は動的能力 $\pm 30\text{ton}$ の電気油圧式疲労試験機を用い、応力比はほぼ0で行ったが、試験機の能力の制約上、高応力域については $R=0.5$ もしくは $R=1$ で行った。応力波形は正弦波、繰返し速度は $0.5\sim 15\text{Hz}$ で与えた。一部の試験体については疲労亀裂の発生・進展形状を調べる目的で、最大応力を一定としたまま所定の繰返し回数毎に応力範囲を半減するピーチマーク試験を行った。

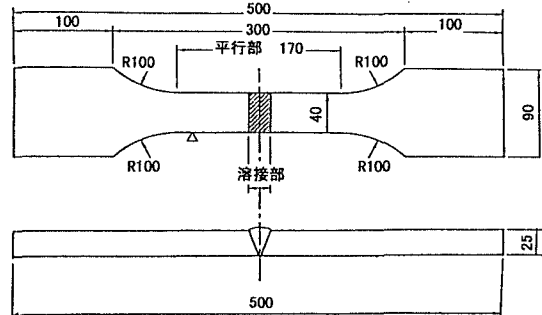


図1 試験体の形状および寸法

表1 供試鋼材の化学成分および機械的性質

C	Si	Mn ×100(%)	P	S	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)
0.17	0.44	1.44	0.013	0.006	343	532	33

表2 溶接条件

溶接方法	溶接材料	ワイヤ径	溶接姿勢
CO ₂ 半自動	DW-Z100	1.2mm	下向き
電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cpm)	入熱量 (kJ/cm)
160~300	27~38	13.5~65.5	8.3~31.3

表3 溶着金属の化学成分および機械的性質

C	Si	Mn ×100(%)	P	S	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)
0.05	0.45	1.35	0.013	0.009	510	570	30

3. 疲労試験結果

疲労破面を写真1に示す。実際の破面から測定した融合不良の欠陥形状を図2に示す。欠陥を矩形で囲んだときの短軸方向の長さは $2\sim 4\text{mm}$ であるが、長軸方向の長さは $4\sim 10\text{mm}$ と大きく変化しており、長軸方向の欠陥長さが疲労強度低下の影響因子と考えられる。

図3にS-N図を示す。JSSCによる健全な横突合せ溶接継手(非仕上げ)の強度等級はD(2×10^6 回強度 100MPa)である。サイズ小の欠陥については、いくつかの試験体で高応力側で欠陥から疲労亀裂が発生せず、溶接止端部から亀裂が発生し、破壊に至った。止端部から破断したものはいずれも、欠陥から破断したものよりも疲労強度は高かった。これらの試験体は溶接止端部の応力集中が

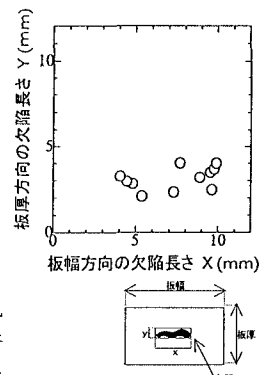


図2 融合不良の欠陥形状

キーワード 許容欠陥、疲労、破壊力学、非破壊検査

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1 TEL 03-5734-2596 FAX 03-5734-3578

欠陥よりも厳しかったということを意味しており、許容欠陥を考える上での基準となる。またブローホールについては止端部から破断した試験体が融合不良の試験体よりも多く、ブローホールが疲労寿命に影響を及ぼさない場合が多いことが分かる。

融合不良、ブローホールについて破壊力学的手法により実際の欠陥寸法を用いて解析した破断寿命と実際の破断寿命とを比較した結果を図4に示す。高寿命域では実際の疲労寿命とほぼ同じ、またはやや安全側の評価を示したが、低寿命域では実際の破断寿命が解析値よりも小さく、JSSCの平均設計曲線の係数を用いた弾性解析では危険側の評価を示した。

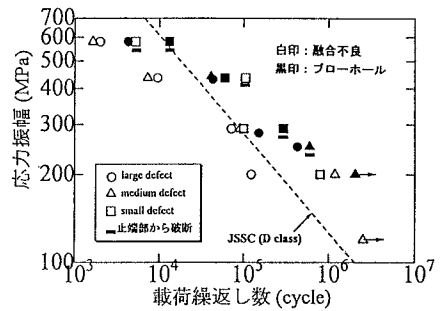
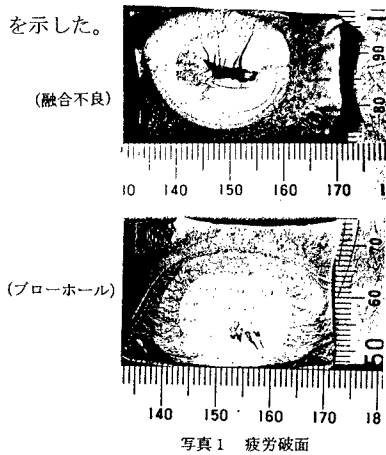


図3 S-N図

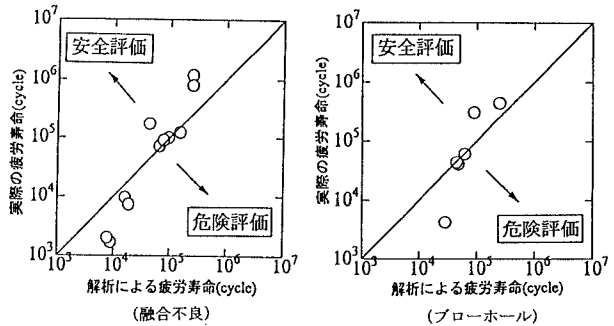


図4 解析値と実際の破断寿命の比較

疲労試験結果より得られた強度等級と、欠陥サイズを対応させたグラフが図5である。融合不良の方は止端部から破断した試験体を除けば、最小二乗法による回帰直線で表すことができ、健全な突合せ溶接継手の強度等級D等級を満たす欠陥長さは7mm程度となる。

実際の構造物では寸法効果の影響があるため、大型試験体での実験が必要である。また、実験データ数が少なく、疲労強度のばらつき等を考えるとさらに実験を進めていく必要がある。

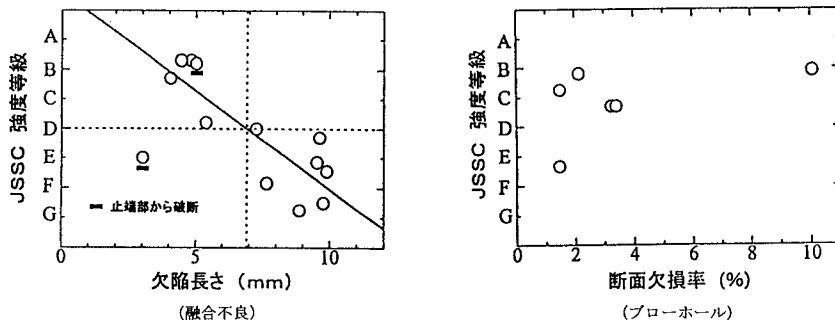


図5 欠陥サイズと強度等級

4. 謝辞

本研究は、東京工業大学創造プロジェクト、都市基盤施設研究体の中の高性能鋼の橋梁への利用技術研究会の活動の一環として、鋼材クラブからの研究助成金を受けて実施したものであり、謝辞を表します。