

疲労試験データベースを利用した鋼溶接継手の疲労強度等級設定の試み

法政大学大学院 学生会員 ○甲 弓子
 法政大学 正会員 森 猛
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明

1. はじめに

鋼構造物の部材や、継手の疲労設計には、日本鋼構造協会の疲労設計指針（JSSC 指針）あるいはそれを基とした基準類が用いられることが多い。JSSC 指針には、8つの疲労強度等級（A～H、応力範囲 $\Delta\sigma$ と疲労寿命 N の関係）が定められており、各継手の $\Delta\sigma - N$ 関係は、数多くの疲労試験結果に基づいて設定されている。JSSC 指針で設定されている継手の強度等級分類の基となった疲労試験データは、今日から約20年前までのものである。その間、溶接方法の主流は、手溶接（被覆アーク溶接）から半自動溶接（ CO_2 溶接など）へ変化した。そのため、現在の溶接継手については、JSSC で規定している強度等級が適切ではない恐れもある。

本研究では、JSSC 指針の基となったデータに最近20年間の試験データを加え、新たにデータベースを構築し、それを解析することにより JSSC 指針の疲労強度等級の見直しを行う。さらに、データベースを利用して疲労強度に対する鋼種、溶接方法、板厚、溶接後処理の影響について検討する。

2. データベースの構築と解析方法

疲労試験データベースの構築には、Microsoft Access を利用した。データの収集には、土木学会論文集などに掲載された研究論文や、データシートの形で公表された文献を利用した。収集した文献は PDF ファイルとして保存している。現在までに収集した文献の数は922であり、その内、著者らが新たに収集した文献の数は287である。

疲労試験データは JSSC 指針に記載されている継手形式に応じて分類しているが、分類できない特殊な継手試験体の疲労試験結果データも保存している。データベースの入力項目は、試験シリーズデータと $\Delta\sigma - N$ データに分け、それぞれ材料規格・溶接方法・試験体寸法・仕上げ方法など、応力範囲・疲労寿命・破断状況などとしている。これらのデータベースから各項目の条件に合致するデータを抜き出し、以下のように解析する。

JSSC 指針では、 $\Delta\sigma$ と N の関係を、 $\Delta\sigma^3 \cdot N = C$ （ C ：継手の等級に応じて定められる定数）という式で与えている。この式は、 $\Delta\sigma$ と N が両対数紙上で傾き $-1/3$ の直線関係にあることを意味している。条件に合致する $\Delta\sigma - N$ データを、傾き $-1/3$ という条件で最小二乗を利用して、 C の値を求め、さらに疲労寿命200万回に対応する疲労強度を求めた。その際、平均の強度だけではなく、「平均 $-2s$ 」（ s ：標準偏差）の200万回疲労強度も求めている。なお、JSSC 指針では、 $\Delta\sigma - N$ データの下限あるいはそれに相当する「平均 $-2s$ 」の $\Delta\sigma - N$ 関係にもとづいて各継手の強度等級が設定されている。

3. データベースの解析結果

データベースの解析は、データ数が特に多かった面外ガセット溶接継手、荷重非伝達型十字溶接継手、横突合せ溶接継手について行なった。そして、疲労強度に対する鋼種、溶接材料、板厚の影響を整理するとともに、各継手の疲労強度等級について検討した。ここでは、面外ガセットの解析結果を示す。

キーワード：疲労試験データベース，疲労強度等級，鋼種，溶接材料，板厚

連絡先：〒184 - 8584 東京都小金井市梶野町 3 - 7 - 2 法政大学工学部 TEL 042-387-6287

図1にここで収集した $\Delta\sigma$ -Nデータを鋼種によってマークを変えて示す。図2は、これらの $\Delta\sigma$ -Nデータに最小二乗法を適用して求めた「平均」と「平均-2s」の200万回疲労強度を各鋼種の引張強度の保証値で整理したものである。この鋼種による疲労強度の違いは認められない。図3は200万回疲労強度と溶接材料、図4は200万回疲労強度と板厚の関係を示したものであるが、疲労強度に対する溶接材料と板厚の系統的な影響も認められない。

JSSC 指針では、面外ガセットの疲労強度等級をガセットの取り付け長さにより、F (100mm 以下) あるいは G (100mm を超える) と規定している。図5は、JSSC 指針を設定する際に参考とされたデータと最近20年間のデータでマークを変えて、 $\Delta\sigma$ -N データを示している。いずれの場合も疲労試験データの下限は JSSC 指針で規定されている強度等級の $\Delta\sigma$ -N 関係とほぼ一致している。したがって、JSSC 指針で規定されている強度等級は妥当と言える。荷重非伝達型十字継手、横突合せ継手についても JSSC 指針で規定されている強度等級は妥当という結果が得られた。

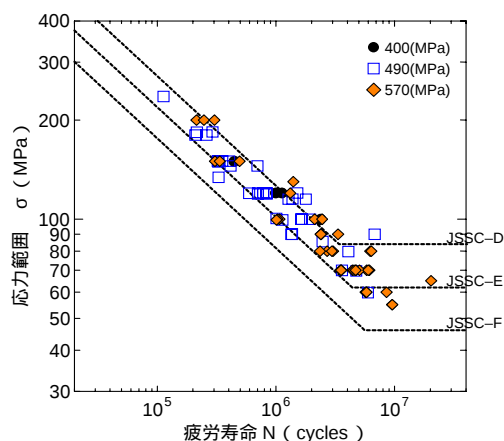


図1 鋼種の影響 (S-N 線図)

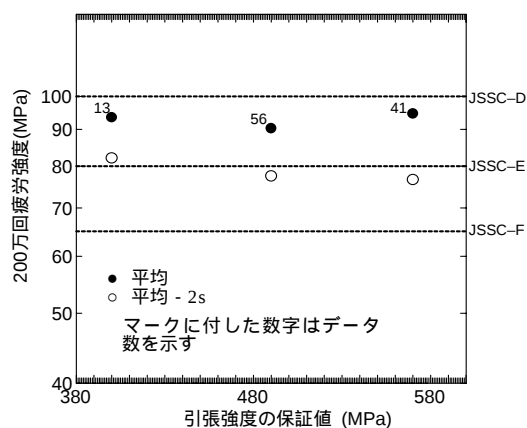


図2 鋼種の影響 (200万回疲労強度)

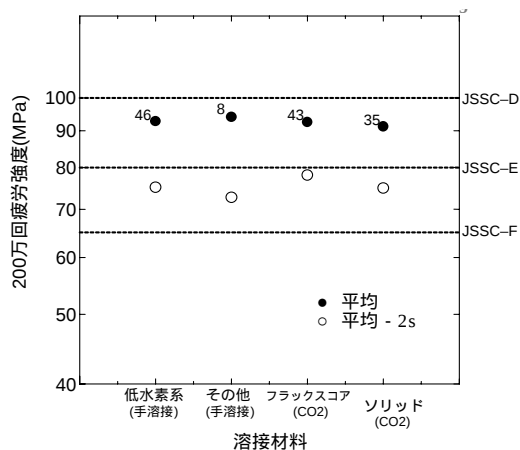


図3 溶接材料の影響 (200万回疲労強度)

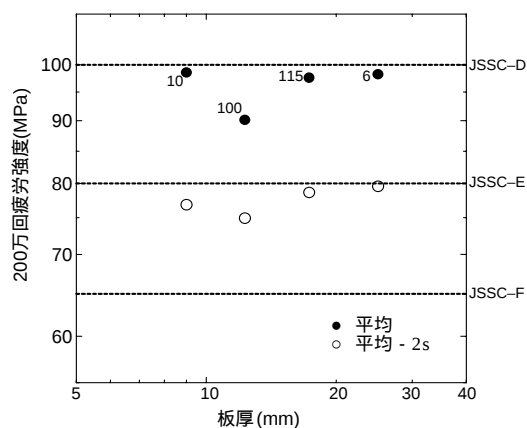


図4 板厚の影響 (200万回疲労強度)

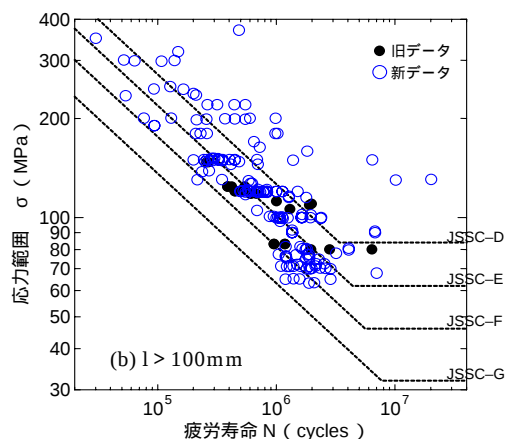
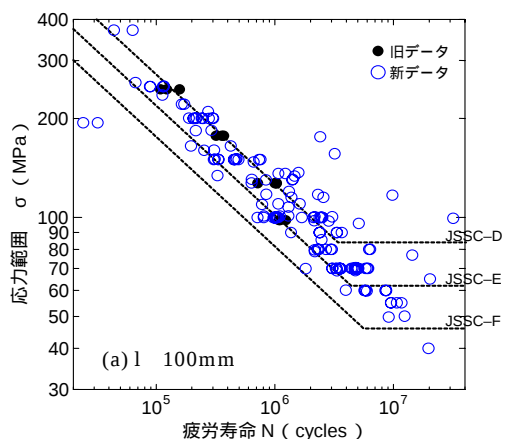


図5 疲労強度等級の見直し