

疲労照査の信頼性向上に向けた疲労試験データベースの活用と今後の課題

(国研)土木研究所 (現：パシフィックコンサルタンツ株式会社)
 (国研)土木研究所
 (国研)土木研究所
 法政大学大学院
 名古屋大学大学院
 名古屋大学大学院

正会員
 正会員
 正会員
 フェロー会員
 フェロー会員
 正会員

○石原 大作
 青木 康素
 村越 潤
 森 猛
 館石 和雄
 判治 剛

1. はじめに

これまでに国内で多数実施されてきた疲労試験については、試験条件や試験結果がデータベース（以下、疲労データベース）として蓄積されており、それらの統計分析結果は、例えば2012年に改定されたJSSC疲労設計針²⁾における疲労強度等級の設定に際し活用されている。それ以降にも、主に鋼道路橋の溶接継手を対象とした疲労試験は多数実施されており、それらを含めて疲労照査の信頼性向上に向けた疲労強度をあらためて評価することが重要である。本報文では近年実施された疲労試験結果を収集し、疲労データベースの更新及びその中から面外ガセット溶接継手を例として分析を行った結果を報告するものである。

2. 疲労データベース更新状況

表-1に今回の疲労データベース更新で追加した試験結果数を示す。今回の更新では主に2008年以降に実施された疲労試験を対象とした。継手形式では面外ガセット溶接継手の疲労試験体数が最も多く、次いで荷重伝達型十字溶接継手となっている。

最も試験体数が多い面外ガセットについて、既往データと追加データ及び試験方法によって比較したものを図-1に示す。全体のうち約1/4が今回追加したデータであり、大多数が軸引張試験により実施されている。一方で、板曲げ振動試験機³⁾を用いた曲げ疲労試験（以下、板曲げ振動試験）の実施が近年増加しつつある。

既往の疲労試験データと今回追加したものをJSSC疲労設計曲線とあわせて図-2に示す。両者でばらつきの程度はやや異なる傾向が確認できるが、現行の疲労強度等級の妥当性が確認できる。なお、図-2には止端未処理かつガセット長さ100mm以上の結果のみ示している。

3. 脚長及び曲率半径の疲労強度への影響（面外ガセット）

面外ガセット溶接継手の全データを対象に、まわし溶接部の脚長及び曲率半径と疲労強度との関係について分析したものを図-3、4に示す。脚長については6mm以下、6mm～10mmの1mm毎、及び10mm以上で分類した。溶接方法による分類はしていない。脚長が大きくなるにつれて、最小二乗法により算出した近似曲線から得られる200万回疲労強度は大きくなり、S-N曲線上の傾きは小さくなっていることから、脚長の増加が疲労強度の上昇に寄与する傾向が確認できる。曲

表-1 疲労データベース¹⁾への追加数

継手形式	試験方法
非溶接継手	0体
横突合せ溶接継手	軸引張試験：46体
縦方向溶接継手	3体
荷重非伝達型十字溶接継手	軸引張試験：29体
荷重伝達型十字溶接継手	軸引張試験：62体 桁試験体：4体
面外ガセット溶接継手	軸引張試験：383体 桁試験：39体 板曲げ振動試験：79体
面内ガセット溶接継手	0体
合計	645体

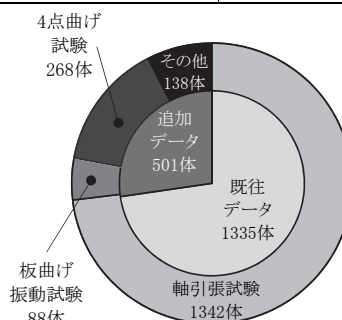


図-1 既往データ数と追加試験データ数及び試験方法によるデータ数の比較（面外ガセット溶接継手）

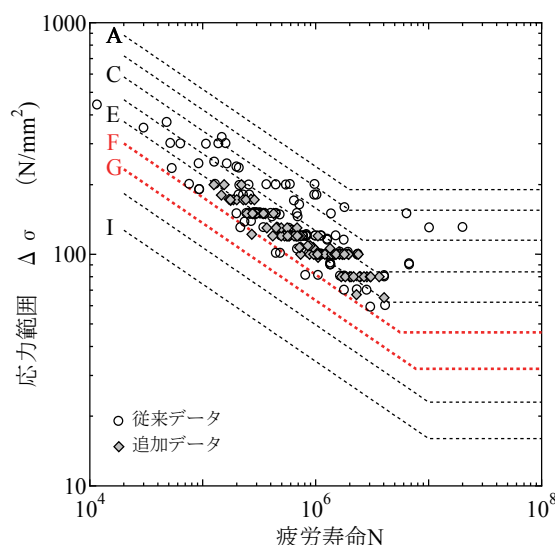


図-2 既往データと追加試験データ（面外ガセット溶接継手、溶接まま）

keywords：疲労試験データベース、疲労強度、面外ガセット、曲率半径、脚長、信頼性

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

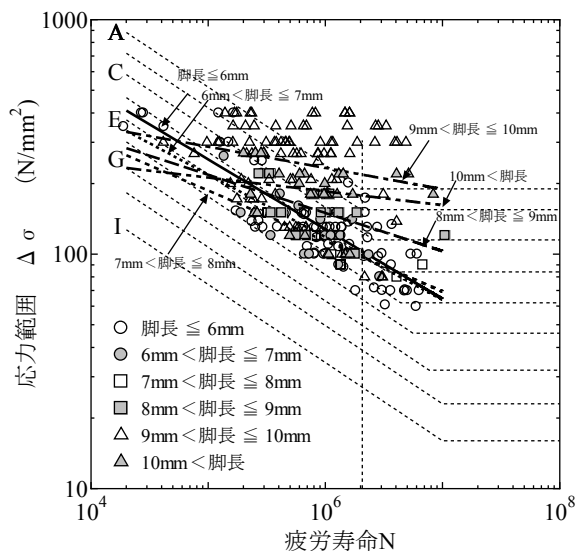


図-3 脚長の疲労強度への影響
(面外ガセット溶接継手)

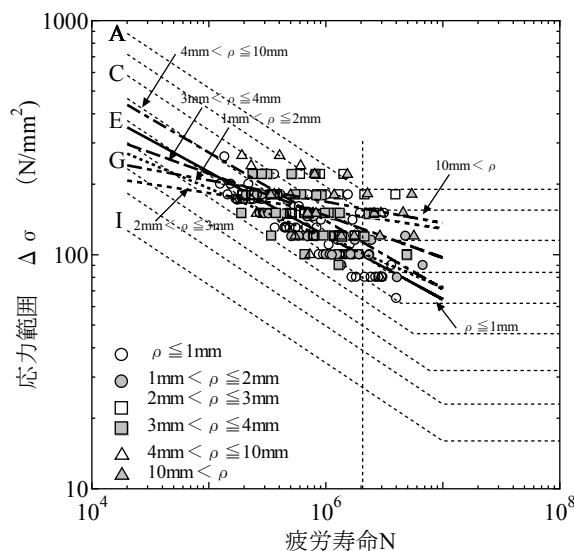


図-4 曲率半径の疲労強度への影響
(面外ガセット溶接継手)

率半径については、曲率半径 1mm 以下の範囲が最も 200 万回疲労強度が低く、曲率半径が大きくなるにつれて疲労強度が概ね上昇する傾向が確認できる。

4. 板曲げ振動試験と軸引張試験結果の比較

疲労試験方法のうち、軸引張試験と板曲げ振動試験による疲労試験結果を比較した。ここでは、軸引張試験は既往の疲労データベースに含まれるものと、板曲げ振動試験の結果としては館石ら⁴⁾、鶴田ら⁵⁾、石川ら^{6),7)}、及び松本ら⁸⁾による試験結果を比較する(板曲げ応力補正及び応力比の補正は無し)。図-5に示すように、同じ S-N 曲線に図示した場合、板曲げ振動試験結果の方が 1 等級程度低い疲労強度を示す傾向にあることがわかる。板曲げ振動試験の疲労寿命はまわし溶接止端部から発生したき裂が主板表面に 30mm 進展したとき (N_{30}) としている点に留意が必要であるが、一様な引張応力状態となる軸引張試験と、試験体の先端を振動させ板厚方向に応力が異なる板曲げ振動試験に対しては、き裂発生から進展する速度によって寿命が大きく異なる等、疲労寿命の等価な評価については今後の検討が必要である。

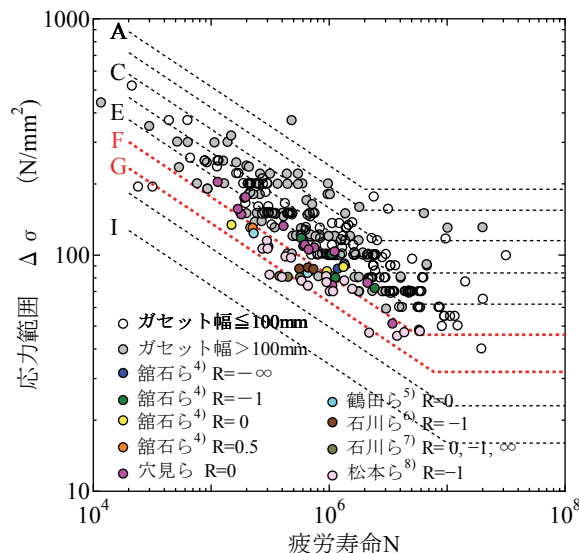


図-5 板曲げ振動試験と軸引張試験の結果
(面外ガセット溶接継手)

5. 今後の課題

本報文では溶接継手の疲労強度を対象とした疲労試験データの更新状況及び分析結果を示した。今後は、疲労強度のばらつき要因の詳細分析を行う予定である。また、近年試験数が増加している板曲げ振動試験について、現行の疲労設計曲線との関係性を明確にし、今後の疲労強度の設定に向けて疲労データベースの分析を進める予定である。

謝辞

本研究の実施に際して、関西大学の坂野昌弘教授、石川敏之准教授、芝浦工業大学の穴見健吾教授より試験データをご提供いただいた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

1) 森ら: JSSC 疲労設計指針の継手溶接疲労強度と強度評価法の検討, 鋼構造論文集, 第 18 巻, pp.71-81, 2011.3. 2) 社団法人 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 2012.6. 3) 山田ら: 垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験, 鋼構造論文集, 第 14 巻, pp.1-8, 2007.9. 4) 館石ら: 引張または曲げ荷重を受ける溶接継手に対する ICR 処理の効果, 構造工学論文集, Vol.61A, pp.627-637, 2015.3. 5) 鶴田ら: 面外曲げを受ける溶接継手への溶接補修の適用性に関する検討, 土木学会第 67 回年次学術講演会, pp.243-244, 2012.9. 6) 石川ら: ICR 処理による面外ガセット溶接継手に発生した疲労き裂の寿命向上効果, 土木学会論文集 A, Vol.66, pp.264-272, 2010.6. 7) 石川ら: 溶接止端から離れた位置のピーニングによる面外ガセット溶接継手の疲労強度向上効果, 鋼構造論文集, 第 22 巻, pp.39-46, 2015.3. 8) 松本ら: ピーニング処理された溶接継手の疲労強度に圧縮の過荷重が及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol.61A, pp.638-649, 2015.3.