

長寿命域変動荷重下の面外ガセット溶接継手の疲労強度

岐阜大学 ○今村 明登
岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. はじめに

実橋における応力測定結果から、鋼道路橋に作用する応力範囲は低応力範囲側に偏った変動応力となる。従って、鋼道路橋溶接継手部の疲労強度評価に関して、低応力範囲、すなわち、長寿命域でかつ、変動応力下の疲労強度評価が重要となる。長寿命域における疲労強度の評価法として、我が国では鋼道路橋の疲労設計指針に示される打ち切り限界付き修正 Miner の方法が一般的に用いられてきているが、継手種類によらず同様の方法で打ち切り限界が設定されている¹⁾。このため、継手種類ごとに打ち切り限界の位置が異なるなどを疲労設計曲線に反映させることにより、より正確な評価手法の確立に繋がると考えられる。

本研究では、曲げを受ける面外ガセット溶接継手を対象に、破壊力学の手法を用いた疲労き裂進展解析を実施することで、変動応力に対する打ち切り限界の位置について検討した。

2. 疲労き裂進展解析方法

解析対象は面外ガセット溶接継手とし、その形状および寸法を図-1に示す。解析対象は山田ら²⁾により検討された主板、並びに付加板厚 12mm、幅 300mm で溶接脚長は 6mm とした片持ちはり型の試験体で自由端側の偏心モータの起震により曲げを与えている。なお、山田らの実験では、試験体にショットブラスト処理が施されているが、試験体に予荷重を与えた片振り試験を実施した場合、ショットブラストの影響は殆ど無くなること示されている。疲労き裂進展解析プログラムは、鋼構造物の疲労設計指針・同解説³⁾に従い構築した。疲労き裂は山田らの実験²⁾を参考に、ガセットの回し溶接部前面の止端部から発生し、主板の深さ方向に半楕円形状に進展すると仮定した。疲労き裂形状は、深さ方向を a 、表面長さ初期き裂の形状 b とし、き裂形状比 a/b は、止端に沿ってき裂が複数発生し、合体して深さ進展することから 0.2 と仮定した。き裂の最深部における応力拡大係数範囲 ΔK は、坂野らの研究⁴⁾を参考に式 (1) により求めた。

$$\Delta K = F_e \times F_s \times F_t \times F_g \times \sqrt{\pi a} \quad (1)$$

ここで、 F_e 、 F_s 、 F_t および F_g は補正係数であり、 F_e 、 F_s 、 F_t はそれぞれ以下の式により求めた。

$$F_e = 1 / \sqrt{1 + 1.464(a/b)^{1.65}} \quad (2)$$

$$F_s = 1.12 - 0.12(a/b) \quad (3)$$

$$F_t = (1 - 0.025\lambda^2 + 0.06\lambda^4) \sqrt{\sec(\pi\lambda/2)} \quad (4)$$

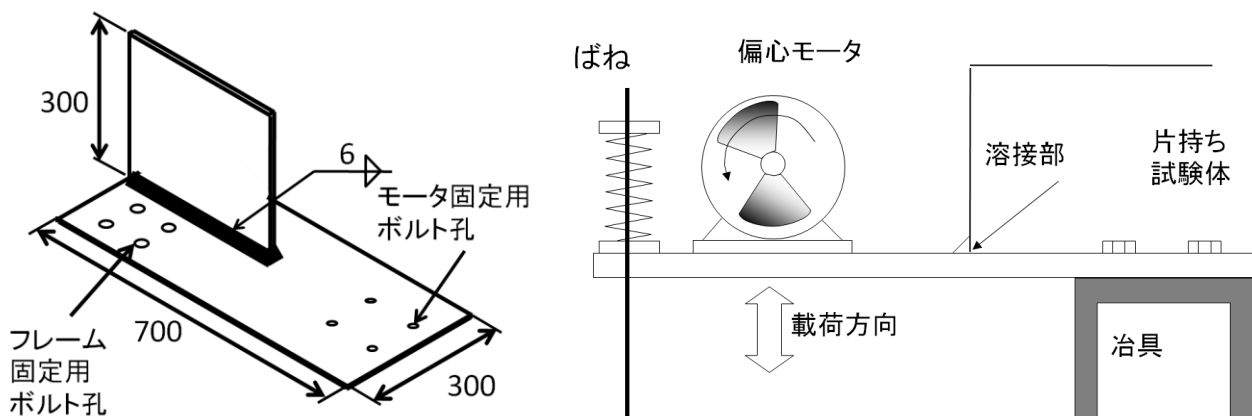


図-1 解析対象および载荷条件

ここで、 λ は at であり、 t は主板厚である。補正係数 F_g は、重ね合わせの原理を用いてFEM解析によりき裂が無い場合のき裂面に作用する応力分布をき裂面に作用させたときの応力拡大係数範囲から求めた。初期き裂深さは0.1mm、限界き裂深さは主板厚の80%と仮定した。疲労き裂進展速度 da/dN と ΔK の関係は、高い引張残留応力が生じる溶接部に対して、鋼構造物の疲労設計指針・同解説で最も安全側に設定されている次式を用いた。

$$da/dN=2.75^* \quad (5)$$

ここに、 $\Delta K_{th}=2.0$ 。本解析の妥当性については、山田らの一定振幅応力下における疲労試験結果との比較により検証する。

上述したように実際の応力頻度は低応力側に偏った分布となることから、長寿命域の変動応力下の疲労強度を求める上で、実際の構造物の応力頻度分布を再現することが望ましい。Albrechtら⁴⁾は190の実際の道路橋の応力頻度計測から、図-2のような低応力側に偏った応力範囲頻度分布を算出してきていることから、本研究ではAlbrechtら⁴⁾の研究を参考に、応力頻度分布から算出した変動ブロック载荷とした。なお、载荷ブロック順序は、乱数を発生させて、その乱数に基づいて順番を付けたものである。

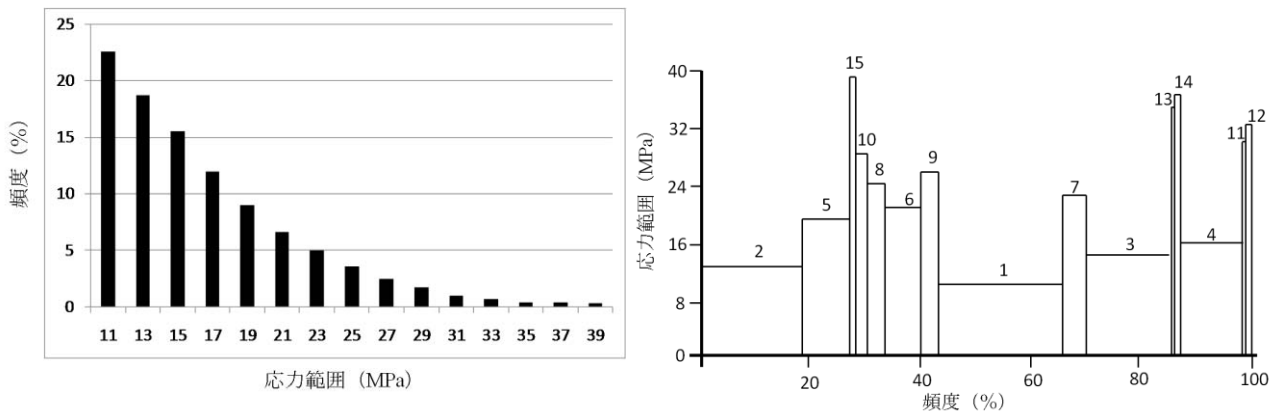


図-2 応力範囲頻度分布（ブロック载荷）と载荷ブロック順序

3. 進捗状況

現在、疲労き裂進展解析プログラムの補正係数 F_g を求めるためにFEM解析モデルを作成中である。FEM解析には汎用有限要素解析ソフトABAQUSを用いて実施する。その後、解析対象の一定振幅応力下における実験とき裂進展解析を実施し、本解析手法の妥当性について検証した上で、長寿命域変動荷重下の疲労強度について検討する。

参考文献

- 1) 三木千壽・坂野昌弘：疲労亀裂進展解析による疲労設計曲線の検討，土木学会構造工学論文集，Vol.36A，pp.409-416，1990.3.
- 2) 山田健太郎ら：面外ガセット溶接継手の曲げ疲労強度に及ぼすショットブラストの影響，土木学会構造工学論文集，Vol.54A，pp.522-529，2008.3.
- 3) 日本鋼構造教会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993.
- 4) 坂野昌弘，新井正樹，三上市蔵：疲労亀裂進展解析による面外ガセット継手の寸法効果の検討，土木学会構造工学論文集，Vol.37A，pp.503-510，1991.3.
- 5) Albrest, P. and Friedland, I.M. : Fatigue-limit effect on variable-amplitude fatigue of stiffeners, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.105, No.ST12, pp.2657-2675, 1979.