

法政大学 学生員 林 暢彦
法政大学 正 員 森 猛

1. はじめに 著者らは荷重非伝達型十字すみ肉溶接継手を対象として、疲労損傷の進行にともなう疲労損傷に寄与する応力範囲の限界値(限界応力範囲 $\Delta\sigma_w$)の変化を疲労亀裂進展解析から明らかにし、それを線形累積被害則に組み込んだ変動振幅応力下での疲労強度評価方法を提案した。本研究では、疲労強度の異なる代表的な継手を選び、疲労亀裂進展解析を行うことにより限界応力範囲と疲労損傷度の関係を明らかにし、その関係が継手によりどの様に变化するかについて検討する。

2. 解析方法 解析対象は鋼構造物での代表的な構造部をモデル化した①帯板、②横突き合わせ継手、③荷重非伝達型溶接十字継手、④カバープレート溶接継手、⑤面内ガセット溶接継手である。それらの模式図を図1に示す。板厚はすべて25mmである。これら継手の疲労強度等級はJSSC(日本鋼構造協会)疲労設計指針(案)で①B②D③E④G⑤Hと定義されている。疲労亀裂進展解析は、疲労亀裂進展速度と応力拡大係数範囲の関係初期亀裂から限界亀裂寸法まで数値積分することによりおこなった。初期亀裂は深さ0.1mm、表面での長さ0.4mmの半楕円形の表面亀裂で、解析対象①②③④については初期亀裂を板幅方向の中央、⑤は板厚方向の中央に設置した。限界亀裂寸法は板厚あるいは板幅の80%とした。解析には構造部材での応力範囲頻度分布をよく表現することが確かめられている2母数Weibull分布を用いた。

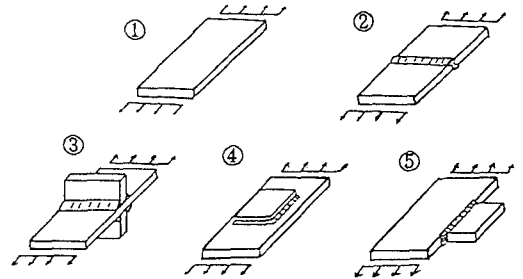


図1 解析対象の模式図

$Q(\Delta\sigma/\Delta\sigma_{max}) \exp[-(\Delta\sigma/\Delta\sigma_{max})^h \cdot \ln N_0]$ (1)
2つのパラメータ h (累積頻度分布の形状を表すためのパラメータ)、 N_0 (想定する寿命での応力繰返し数)の値を変えることにより計40種類の応力範囲頻度分布を対象とした。

3. 解析結果 各継手

の一定振幅応力下での疲労亀裂進展解析の結果を図2に示す。継手の疲労強度はJSSC指針での強度等級と同様に①②③④⑤の順序となっている。図3に変動振幅応力下での疲労亀裂進展解析により求められた④カバープレート溶接継手の限界応力範囲 $\Delta\sigma_w$ と疲労損傷度

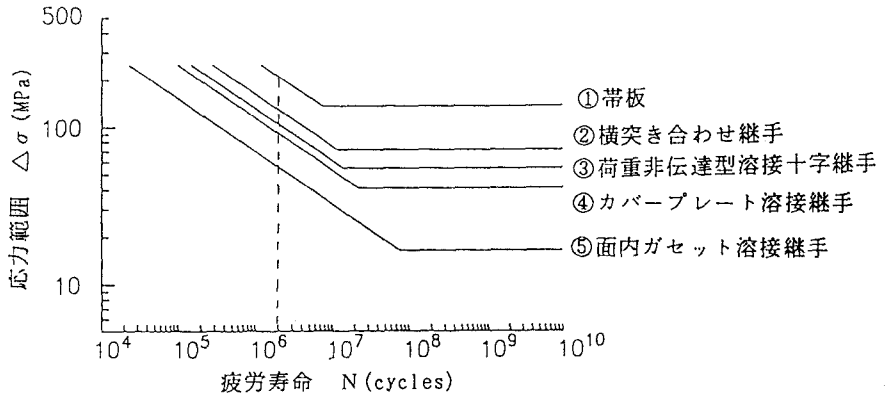


図2 各継手の一定振幅応力下での疲労亀裂進展解析結果

Dの関係の例を示す。疲労損傷度Dは(2)式で定義される。

$$D = \sum n_i / N_i \quad (\Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_w) \quad (2)$$

n_i は変動応力の応力範囲成分 $\Delta\sigma_i$ ($i=1, 2, \dots$)の頻度、 N_i は $\Delta\sigma_i$ に対する一定振幅応力下での疲労寿命である。図の縦軸は $D=0$ の時の限界応力範囲 $\Delta\sigma_{w0}$ (一定振幅応力下での疲労限度)で無次元化している。Weibull分布のパラメータ h を $0.5\sim 2.0$ 、 N_0 を $10^4\sim 10^8$ と変化させても、 $\Delta\sigma_w/\Delta\sigma_{w0}-D$ 関係はさほど変化していない。他の継手においても同様であった。

疲労亀裂進展解析により求められた各継手の $\Delta\sigma_w/\Delta\sigma_{w0}$ と D の関係を図4に示す。図中の曲線は $\Delta\sigma_w/\Delta\sigma_{w0}$ と D の関係を、次式で近似したものである。

$$\Delta\sigma_w/\Delta\sigma_{w0} = (1-D)^c \quad (3)$$

c は $\Delta\sigma_w/\Delta\sigma_{w0}-D$ 関係の形状を表すパラメータであり、この関係は $c < 1$ で上に凸、 $c > 1$ で下に凸の形状となる。疲労強度が高い継手では $\Delta\sigma_w/\Delta\sigma_{w0}-D$ 関係は上に凸な形状で、疲労強度が低くなるにしたがって、下に凸な形状へと変化している。ここで求めたパラメータ c の値と一定振幅応力下での200万回疲労強度 $\Delta\sigma_{200}$ の関係を表1と図5に示す。継手ごとの c と $\Delta\sigma_{200}$ の関係を直線回帰すると(4)式が得られる。

$$c = -(1/148)\Delta\sigma_{200} + 1.95 \quad (4)$$

4. まとめ 疲労損傷に寄与する限界応力範囲と疲労損傷度の関係を(3)式で近似し、 c の値と一定振幅応力下での200万回疲労強度との関係を明らかにした。

表1 c と200万回疲労強度

継手	c	200万回疲労強度
①	0.69	212.16MPa
②	0.98	130.22MPa
③	1.03	105.52MPa
④	1.15	92.09MPa
⑤	1.91	56.65MPa

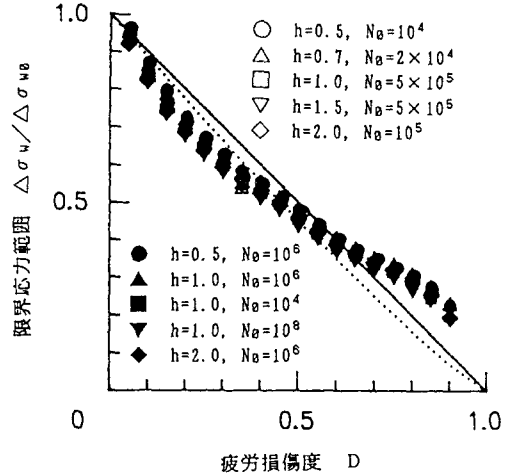


図3 カバープレート溶接継手の限界応力範囲と疲労損傷度の関係

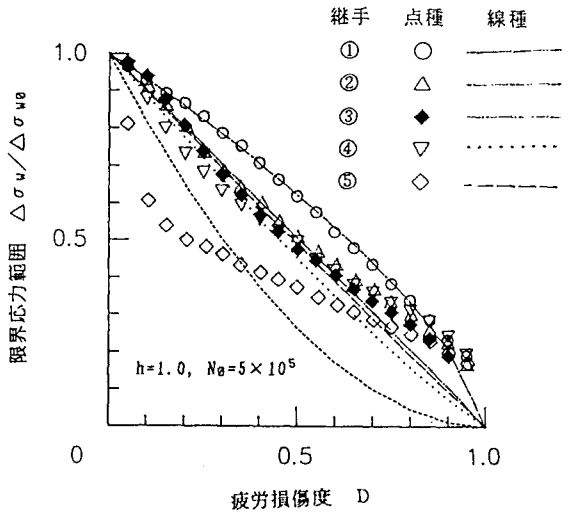


図4 各継手の限界応力範囲と疲労損傷度の関係

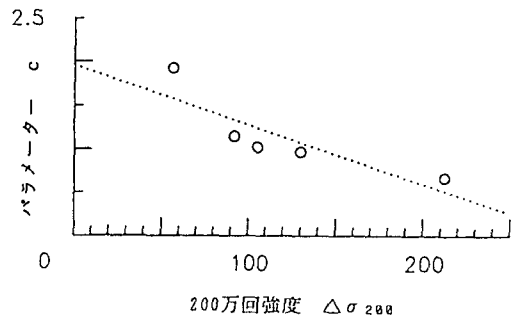


図5 c と200万回疲労強度の関係