画像計測による疲労き裂進展速度の推定手法

名古屋大学	学生	員	判治	剛	名古屋大学	ΤĒ	員	舘石	和雄
トピー工業(株))正	員	山田	聡	(株)ビーエムシー	ĪЕ	員	阿部	允

1.はじめに

近年,鋼橋の使用年数や大型車の交通量,重量の増加に 伴い,多くの鋼橋に疲労き裂が発生している.補修・補強 の順序やその必要性の有無などを決定するためには、き裂 の進展性に関する検討が必要である.従来,応力拡大係数 とき裂進展速度の関係はパリス則により明らかにされてい るので,応力拡大係数から疲労き裂の進展性を定量的に評 価することができる.しかし,実橋にみられる疲労き裂の 応力拡大係数を求めることは一般的に容易ではない.そこ で本研究では,応力拡大係数を簡易に推定する手法として, マイクロスコープを用いた画像計測によってき裂開口変位 を測定し、それより応力拡大係数を推定する手法を提案し た.提案した手法を用いて応力拡大係数を推定し,応力拡 大係数とき裂進展速度との関係から,き裂進展速度を推定 する手法の有効性について示した.また,実橋に適用する ためには,き裂開口幅が終始変化している動画像からき裂 進展速度を推定する必要がある.そこで,試験中に記録し た動画像からき裂開口変位を推定し、その精度を検討した.

2.試験方法

試験体および画像記録方法を図1に示す.疲労き裂を発生させた試験体 に0~224KN(0~200MPa)の繰り返し荷重を与え,1000回毎に試験を止め, き裂先端を静止画像として記録し,1000回毎のき裂の伸びを測定した. 同時に,静的な荷重を載荷し,そのときのき裂の開口状態も静止画像とし て記録した.また,疲労試験中のき裂の開口状態を動画像として記録した. これらから,き裂開口変位を測定し,き裂進展速度を推定した.使用した マイクロスコープの仕様を表1に示す.

3. 画像処理方法

(a) 静止画像 撮影した画像の例を図2に示す.記録した画像をグレースケールに変換し,各画素の濃度を0~100までの数値で表した.き裂開口幅を測定するために,画素の濃度を1列とりだし,グラフ化した(図3).そして,本研究では,濃度の最大値の90%をしきい値とし,それ以上の濃度領域をき裂部分と考えることとした.

(b) **動画像** 画像処理ソフトを用いて1フレームずつ解析を行った. 今回は図4に示すように,き裂を挟むように付けた 2 つの目印の相対変





表1 マイクロスコープの仕様

撮像素子	1/2インチCCI		
有効画素数	850 × 954		
レンズ倍率	175 倍		
重量	約 8.3kg		
レンズ部寸法	径:35mm 全長:260mm		



図2 記録した画像



図3 き裂開口幅と画素濃度



因于 到回家仍处理기况

位 (y₂ - y₁)を求めた.この処理を繰り返し行うことで軌跡を求め,その軌跡からき裂開口変位を推定した. +-ワード き裂進展速度,画像計測,疲労き裂 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院土木工学専攻

-248-

4.き裂進展速度の評価法

無限板中に存在する半無限き裂において,き裂開口変位vと応力拡大係数Kの関係は次式で近似できる 2).

$$K = 2G\sqrt{\frac{2\pi}{r}}\frac{v}{(\kappa+1)} \tag{1}$$

K:モードの応力拡大係数,G:せん断弾性係数,r:き裂先端からの距離, $\kappa = (3-v)/(1+v)$ v:ポアソン比(=0.3)

また,き裂進展速度 da/dN は次式で求められることがわかっている(日本鋼構造協会).

 $da/dN = C(\Delta K^n - \Delta K^n_{th})$

(2)

C:定数(=1.5×10⁻¹¹), n:定数(=2.75), ΔK_{th} :下限界応力拡大係数範囲(=2.9 $MPa\sqrt{m}$) 式(1)から求めた応力拡大係数を式(2)に代入することによって,き裂進展速度を求めることができる.

5 . 試験結果

(a) 静止画像 応力拡大係数と荷重の関係を図5に示す. 応力拡大係数と荷重は線形の関係にあり,低荷重の領域で も直線上から外れてないので,計測の精度は高いと考えら れる.また,その応力拡大係数から推定したき裂進展速度 と,1000回毎に記録した画像から実測したき裂進展速度の 関係を図6に示す.き裂進展速度の実測値と画像計測によ る推定値とはよく一致しており,本手法が有効であること がわかる.

(b) 動画像 動画像からき裂開口変位を推定した結果 を表2に示す.静止画像から測定したものとよく一致して おり,動画像への本手法の適用性は高いと考えられる.

6.まとめ

本研究では、マイクロスコープを用いた画像計測によっ てき裂開口幅を測定し、それより応力拡大係数を求めた. そして、応力拡大計数とき裂進展速度との関係からき裂進 展速度を推定した.その結果、画像計測より推定したき裂 進展速度は実測したものとよく一致しており、実用上十分 な精度であると考えられる.また、動画像から推定したき 裂開口変位は静止画像から測定したものとよく一致してお り、動画像にも本手法が適用可能であると考えられる.今 後は、本手法の実橋への適用性についての検討が必要であ ると考えている.

【謝辞】本研究の一部は文部省科学研究費補助金基盤研究 C (2)(代表者 舘石和雄)の援助を受けて行ったものである.

【参考文献】

- 1) 舘石和雄,小山田拡人,魚本健人,足立一郎:画像計 測による応力拡大係数の簡易測定手法,鋼構造論文集, Vol.6,No.23,pp.99-104,1999.
- 2) 岡村弘之:線形破壊力学,培風館,1998.





表2 動画像の処理結果

国油料	4	31	Hz	5 Hz		
<u> </u>	K.	動画像	静止画像	動画像	静止画像	
き裂開口変化	<u> 対</u> (mm)	0.0279	0.0276	0.0254	0.0250	
応力拡大 [。] (MPa	係数 m)	44.9	44.5	44.2	43.5	
き裂進展速度 (mm/cycle)	測定値	0.00053	0.00051	0.0005	0.00048	
	実測値	0.00	0542	0.000502		

-249-