

第1部門 添付材の疲労き裂進展を利用した橋梁の疲労損傷度評価法

大阪大学 学生員

○田口達也

大阪大学 正員

堀川浩甫、崎野良比呂

はじめに

橋梁の疲労損傷度を評価する際、任意の評価対象部が一定期間に受ける累積被害（対象部が受けるさまざまな応力振幅を、基準応力振幅に換算したのちの総繰返し数）を推定する必要がある。¹⁾ そのための方法として、評価対象部に犠牲試験片を取付け、犠牲試験片の損傷状況から評価対象部の累積被害を求める手法が考えられる。犠牲試験片とは評価対象部材にき裂が発生する前に、評価対象部材に先行して損傷する試験片を指す。その意図するところは評価対象部に作用する累積被害のモニタリングである。本研究では犠牲試験片として、中央にき裂を有する薄板を用い、薄板のき裂進展量から評価対象部の累積被害を推定する手法を提案する。この手法が成り立つことを実証するための基礎的研究として、犠牲試験片に繰返し荷重を載荷した時の繰返し数とき裂進展量の関係について報告する。

本手法の概要

本手法は次の手順で累積被害を測定するものである。

1. 評価対象部に犠牲試験片を取付ける
2. 一定期間の後、犠牲試験片のき裂進展量を計測する
3. き裂進展量から基準応力に換算した総繰返し数（累積被害）を求める

本手法が成り立つための前提条件として、次の三点を確認する必要がある。

- 1) 犠牲試験片に評価対象部材と相似なひずみが作用すること
- 2) 犠牲試験片のき裂進展量と、き裂のない評価対象部材の受ける累積被害（線形累積被害則の仮定から得られる値）とが一对一で対応すること
- 3) 実橋に取付けた期間に実動荷重によってき裂が進展すること

このうち1) については取付け方法として高張力万力を用いての予備実験により確認済みである。

3) については犠牲試験片を実橋に取付けて実験を行う予定である。今回2)を確認するため実験を行った。

実験

厚さ 9mm の主材に厚さ 0.5mm の犠牲試験片を取付け、一軸疲労試験機により主材に一定振幅荷重をかけた(図1)。取付け方法として高張力万力を用いた。板の材質は共に軟鋼である。応力振幅は完全片振りで 60MPa と 80MPa と 120MPa の3種類について行い、それぞれについて繰返し数と片側き裂長さの関係を測定した。

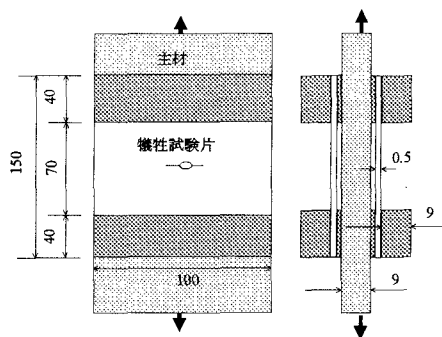


図1 試験体図

結果と考察

各荷重のもとでのき裂長さとし進展速度の関係を図2, 3, 4に示す。各荷重とも片側き裂長さが2cmから4cmの範囲では進展速度が一定であることがわかる。

本実験では犠牲試験片は変位制御されていると考えられる。変位制御された部材においては、板がき裂長さ方向に半無限とみなせるとき、応力拡大係数は次式で示される。²⁾

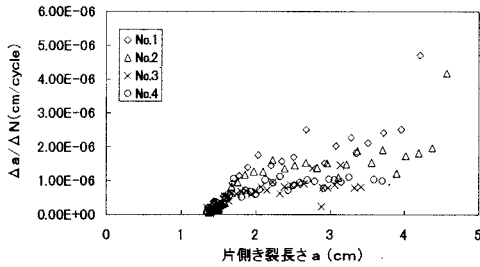


図2 き裂長さと進展速度の関係(σ=60MPa)

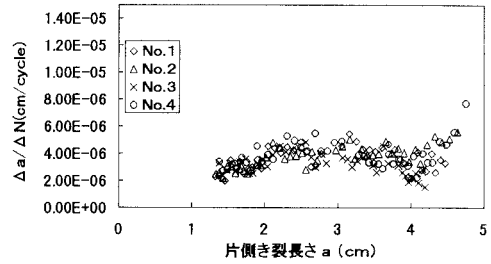


図3 き裂長さと進展速度の関係(σ=80MPa)

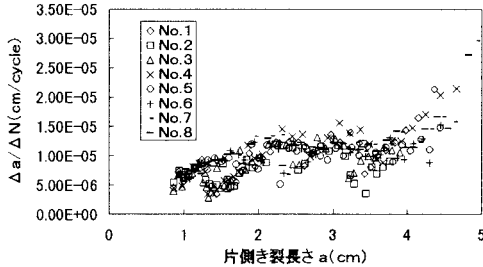


図4 き裂長さと進展速度の関係(σ=120MPa)

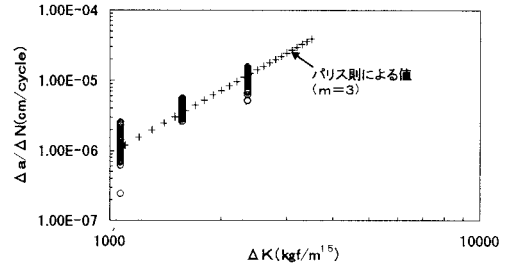


図5 ΔKとΔa/ΔNの関係

$$K_I = \frac{E}{\sqrt{1-\nu^2}} \frac{v_0}{\sqrt{H}}$$

ここに、 v_0 : 荷重点変位, $2H$: 荷重点間隔

応力拡大係数がき裂長さに無関係であることからわかるように、変位制御型試験ではき裂進展速度は一定となる。犠牲試験片はき裂長さ方向に有限であるが、片側き裂長さが 2 cm から 4 cm の範囲では半無限板と同じく上式を適用でき、繰返し数とき裂進展量は比例することがわかった。

さらにこの範囲の値を用いての、き裂進展速度と応力拡大係数との関係は、パリス則と一致している(図5)。よって上記の範囲ではパリス則をもちいて、き裂進展量から基準応力のもとでの総繰返し数を求められることがわかった。

また、犠牲試験片と評価対象部材が同質材であれば、パリス則を式変形して得られる S-N 曲線と疲労試験から得られる S-N 曲線の傾きは等しくなる。よって S-N 曲線を用いての線形累積被害則の仮定から得られる累積被害と、き裂進展量からパリス則を用いて得られる累積被害は等しくなる。

まとめ

使用した犠牲試験片の片側き裂長さ 2 cm ~ 4 cm の範囲において次のことが確認できた。

1. 変位制御型応力拡大係数を適用でき、繰返し数とき裂進展量は比例する
2. き裂進展量からパリス則を用いて、犠牲試験片に作用した累積被害を求められる
3. 犠牲試験片の累積被害と評価対象部材の累積被害は一致する

以上より、犠牲試験片のき裂成長量からき裂のない評価対象部材の累積被害(線形累積被害則の仮定から得られる値)を、パリス則をもちいて推定できるといえる。

【参考文献】

- 1) 森猛: 繰返し荷重を受ける溶接構造物の寿命予測, 溶接学会誌 第 66 巻 (1997) 第 8 号, pp. 6-10
- 2) 岡村弘之, 培風館: 線形破壊力学入門