

I-134

道路橋実働応力下における疲労きれつ進展

建設省 正員 村越 潤
群馬大 正員 坂野昌弘

東京工大 正員 三木千寿
東京工大 正員 森 猛

1. はじめに

道路橋では、橋梁上にいろいろな重量のかついろいろな形式の車両が不規則な順序および車両間隔で通過するため、橋梁各部に生じる応力の変動は非常に複雑である。したがって破壊力学の手法を用いてその疲労寿命解析をする場合、そのような変動応力下での疲労きれつ進展性状を明らかにすることが非常に重要である。本研究では車両の配列、重量および車間距離を確率変量として荷重列のシミュレーションを行い、その荷重列が通過した際に橋梁部材に生じる応力変動をそのまま入力信号とした疲労きれつ進展試験を行い、特に ΔK_{th} 近傍の進展挙動を検討した。

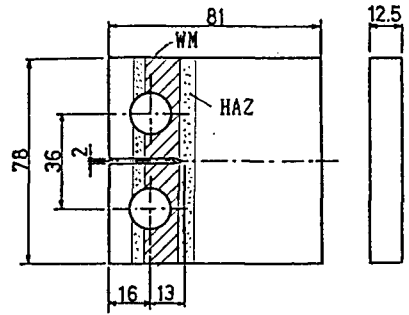


図-1 試験体の寸法および形状

2. 試験方法

供試鋼材は板厚12.5mmのSM58である。試験体の形状および寸法を図-1に示す。道路橋において疲労が問題となる箇所には高い引張残留応力が生じていることが多い。そこで試験体にはきれつと直角方向に溶接を行い、引張残留応力を導入している。

本研究では、文献1)に示す車種構成A（大型車混入率85%）1時間交通量1500台の条件でシミュレーションでえられた自動車列が支間20mの単純桁上を通過したときに、支間中央で生じる曲げモーメントの変動を入力波形として疲労きれつ進展試験を行っている。シミュレーションでの発生車両数は10万台である。疲労きれつ進展試験の所要時間を短縮することおよび低い応力繰返しの影響を調べる目的で、発生させた変動波形のうち最大値に対してある割合以下の変動波形成分を削除した波形で疲労きれつ進展試験を行った。図-2に試験に用いた変動応力波形の一部およびそれをレインフロー法で頻度解析した結果を示す。

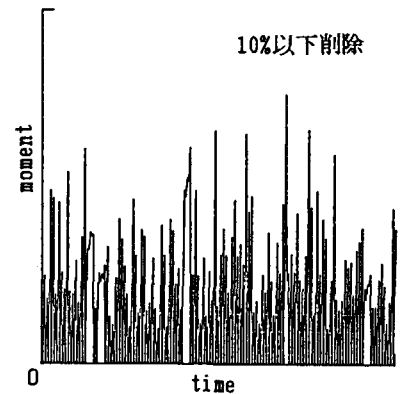


図-2(a) 変動応力波形

3. 試験結果とその検討

図-3に一定応力範囲繰返し下での疲労きれつ進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK との関係を示す。 $da/dN > 5 \times 10^{-7} \text{ mm/cycle}$ 部分では両者は対数紙上で直線関係にあり、Paris 則が成立することがわかる。疲労きれつ進展下限界応力拡大係数 ΔK_{th} は2.1 MPa $\sqrt{\text{mm}}$ である。 $da/dN < 10^{-6} \text{ mm/cycle}$ 以上の試験結果について最小自乗法を用いることにより $C=1.03 \times 10^{-6}$ 、 $m=3.01$ が得られる。

変動応力下での疲労きれつ進展速度は、ある応力繰返し数(block)で区切り、その区間内の平均的な速度で表わすことになる。その際、線形被害則から導かれる等価応力拡大係数範囲 Δ

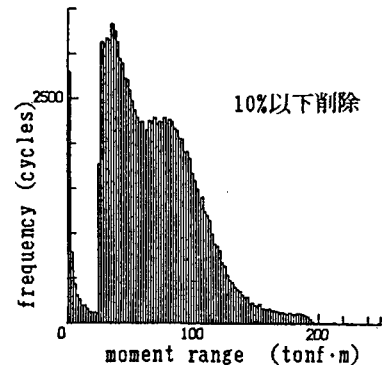


図-2(b) 変動応力の頻度分布

K_{eq} を用いる。

$$\Delta K_{eq} = [(\sum \Delta K_i^m N_i) / (\sum N_i)]^{1/m}$$

図-4に変動荷重下での疲労き裂進展挙動を示す。 da/dN はどのような変動応力波形においても ΔK_{eq} が下がるにつれて徐々に低下し、一定振幅荷重試験で ΔK_{th} 近傍でみられるような急激な da/dN の低下は認められない。すなわち、 ΔK_{eq} が ΔK_{th} 以下でも見かけ上、き裂は進展している。

図-4中の3本の線はそれぞれ一定応力範囲繰返し下の疲労き裂進展に対して

- (1) ΔK_{th} を無視する。
- (2) 進展速度を折線で表わす。(Paris則と ΔK_{th})
- (3) ΔK_{th} を含んだ曲線... $da/dN = C \cdot (\Delta K^m - \Delta K_{th}^m)$

として線形被害則を適用し変動荷重下での疲労き裂進展速度を予測した結果である。

下限界を考慮しない(1)による推定では安全側の評価になる。(3)による推定値に対しては、実験値の方が大きくなっている。これに対して、一定振幅荷重下での進展速度に対して ΔK_{th} 近傍で多少安全側の評価となっている(2)による推定値(da/dN)_{est}が変動荷重下の疲労き裂進展速度を良く予測していることがわかる。このことから、変動荷重下の進展速度は、下限界近傍で一定振幅荷重下と比較して同一の ΔK に対してわずかながら進展下限界値以下の応力の繰返しによる加速効果が現れているものと考えられる。

参考文献：1)三木ほか：シミュレーションによる道路橋の疲労設計活荷重の研究，構造工学論文集，Vol.32A,1986.3.

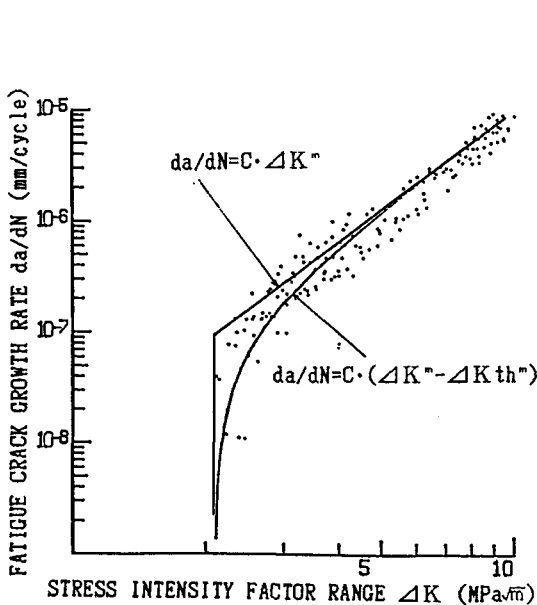


図-3 $da/dN \sim \Delta K$ 関係 (回帰式)

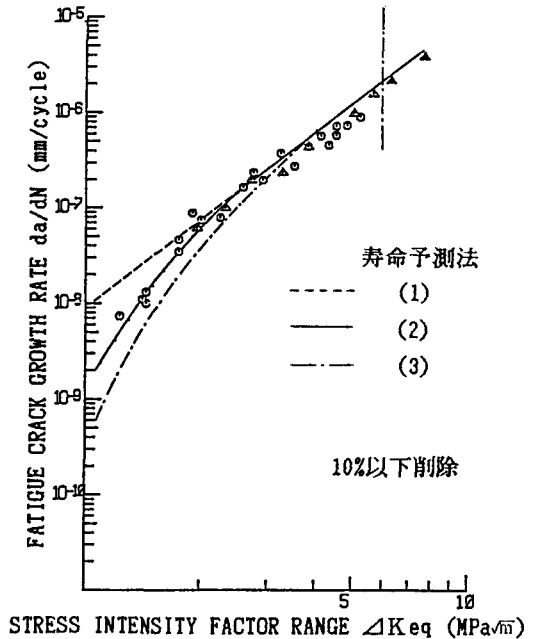


図-4 $da/dN \sim \Delta K_{eq}$ 関係 ($\Delta K_{min} < \Delta K_{th}$)