

I - A209 橋梁部材に働く累積疲労荷重の犠牲試験片によるモニタリング

大阪大学 学生会員 田口達也

大阪大学 正会員 堀川浩甫

大阪大学 正会員 崎野良比呂

研究の目的

「橋梁部材が受ける累積疲労荷重のモニタリングに犠牲試験片を用いる」というアイデアの実用可能性を実験により検討することが本研究の目的である。

犠牲試験片

犠牲試験片とは、重要構造物に取り付けておき、本体に先行して損傷させる試験片である。重要構造物と同じ環境下で、先に損傷する犠牲試験片の様子を観察することで、重要構造物に将来生じる損傷を予測することが可能となる。適切に利用すれば重要構造物の維持管理に役立てることが可能である。

本研究では犠牲試験片として図 1 のような中央き裂入りの葉書サイズの薄板を用いる。材質は軟鋼である。この犠牲試験片を橋梁部材に、部材のひずみが犠牲試験片に伝達するようにして取付けると、部材に作用する変動荷重によって犠牲試験片の中央き裂が進展する。このことを利用すれば、逆に犠牲試験片のき裂進展量から部材に働く累積疲労荷重を測定できると考えた。

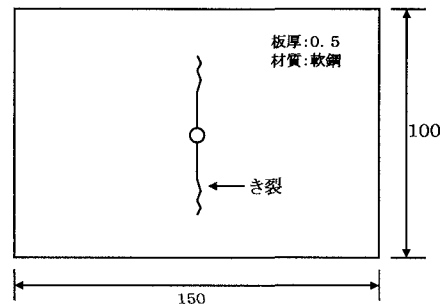


図1 犠牲試験片寸法

累積疲労荷重

橋梁部材には、様々な大きさの荷重が不規則に作用する。こうした変動荷重の1つの応力成分を σ_i 、その作用回数を n_i としたときの $\Sigma (\sigma_i^m n_i)$ を累積疲労荷重と名づける。 m は部材S-N曲線の傾きで、鋼材については第一近似として3を用いて良いとされている。橋梁部材に働く累積疲労荷重を測定出来れば、次式で表される、疲労損傷度Dが求まる。

$$D = \Sigma (\sigma_i^m n_i) / C_0$$

上式の C_0 は、部材の疲労強度等級ごとに異なる定数である。この式が示すように疲労損傷度Dとは、部材が一定期間に受けるダメージを、部材の全寿命に対する割合として表す値である。部材が一定期間に受ける疲労損傷度が求まると、その値が年月を経ても大きく変化しない範囲においては、部材の残余耐用年数を予測できる。部材の残余耐用年数を予測できると、より合理的な橋梁維持管理が可能になると考える。

変動荷重下の犠牲試験片き裂進展量

犠牲試験片のき裂進展量から部材に働く累積疲労荷重を測定できるとする根拠を示す。

犠牲試験片をモニタリング対象部材に、部材のひずみが犠牲試験片に伝達するようにして取付けると、部材に作用する変動荷重によって犠牲試験片の中央き裂が進展する。変動荷重のうち、1つの荷重によるき裂進展量はパリス則に従う。犠牲試験片には、き裂長さの影響を受けない変位拘束型応力拡大係数K

$$K_i = B \sigma_i \quad B : \text{定数}$$

犠牲試験片 疲労損傷度

大阪大学接合科学研究所 信頼性設計学分野 tel 06-6879-8667 fax 06-6879-8647

を適用できる。これをパリス則に代入すると次式を得る。

$$da_i/dn_i = A (B \sigma_i)^m \quad a_i : \sigma_i \text{ によるき裂進展量} \quad m, A : \text{定数}$$

定数 m は鋼材については、第一近似として3を用いて良いとされている。この式を変形すると次式を得る。

$$a_i = AB^m (\sigma_i^m n_i)$$

実働荷重下ではそれぞれの応力成分によるき裂進展量が、見かけ上相互に影響をおよぼさず単純に加算されるため、トータルなき裂進展量 a は次式の値を示す。

$$a = AB^m \Sigma (\sigma_i^m n_i)$$

つまり、理論なき裂進展量 a から累積疲労荷重 $\Sigma (\sigma_i^m n_i)$ を得られることがわかる。

実験概要

犠牲試験片を実橋下フランジに取付け、半年間に渡ってき裂進展量を計測した。同時に、従来用いられてきた応力計数式測定法で累積疲労荷重を計測しておき、その値と犠牲試験片のき裂進展量から得られる値を比較した。取付け対象として選んだ橋梁は阪神高速道路3号神戸線摩耶一生活田川間の高架橋である。平成10年の4月23日に犠牲試験片を取りつけ、同年12月6日に撤去した。

測定結果を早期に得るため、部材に働くひずみを増幅させて犠牲試験片に伝達させる取付け法を用いた。写真1のように、厚さ0.5mmの犠牲試験片を厚さ10mmの治具ではさんで皿ボルトで締め、治具両端だけを下フランジに接触させ、高張力万力で取付けた。高張力万力は建設現場で用いられるもので、トルクレンチで軸力を与え、締めつけるタイプのものである。板厚の厚い治具を仮に剛体とみなすと考えやすいが、この方法を用いると、接触点間の下フランジの伸びが犠牲試験片に集中することになる。

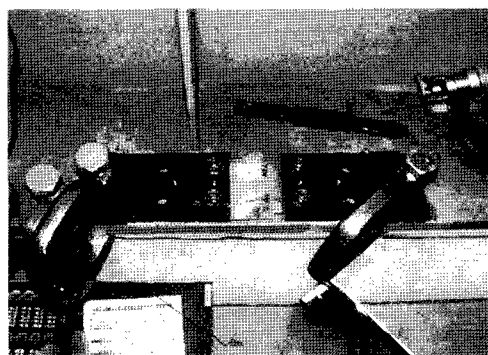


写真1 現場取付け

犠牲試験片が圧縮応力の作用によりたわむことを防ぐため、犠牲試験片に引張応力を与える取付け方法を用いた。治具を取付けた犠牲試験片を温め、膨張させた状態で治具両端を高張力万力で固定した。温度が常温に戻ると、膨張していた体積が収縮するが、両端を固定しているため犠牲試験片に引張応力が発生する仕組みである。

結果及び考察

応力計数式計測法で測定した累積疲労荷重と、犠牲試験片中央き裂の両方向き裂進展量平均値より算出される累積疲労荷重を比較する（図2）。結果によると、5月19日までの両者の値はよく一致している。その差は5%以内である。ところが、取付け期間が長くなるにつれて、犠牲試験片による測定値が応力計数式計測法による測定値と比較して過小評価されている。誤差が生じた原因は経時の何らかの変状によるものと推測できるが、確かな原因を特定することはできなかった。

まとめ

本報告では、「犠牲試験片の実用を試み、犠牲試験片取付け後1ヶ月の間、デジタル式計測法による値と比較して5%の誤差で累積疲労荷重を測定できた」ことを示した。アイデアを即実用するには課題が多いが、実用可能性は証明できたと考える。

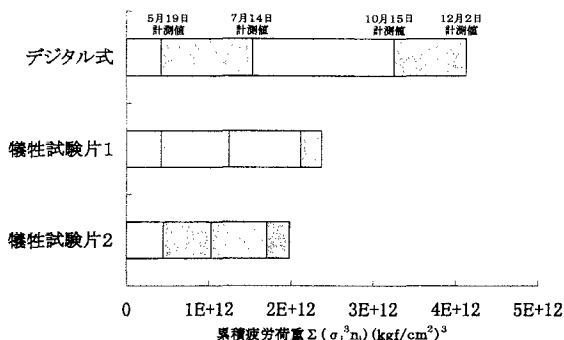


図2 測定値の比較