

実橋のモニタリングデータの活用について

明星大学 正員 鈴木博之

1. はじめに 既存橋梁の健全性を検討する場合、荷重車による載荷試験やある期間を定めて交通車両による応力頻度を計測することがある。ここでは、上述の測定によって得られた応力の疲労照査への適用について考える。また、荷重を用いた疲労照査についても考察する。なお、本稿では直応力を例として述べることにする。

日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に述べられている簡便な疲労照査においては、設計寿命中に予想される最大の応力範囲 $\Delta\sigma_{\max}$ と対象とする継手の一定振幅応力に対する応力範囲の打切り限界 $\Delta\sigma_{ce}$ が以下の関係を満足することを確かめることになっている。

$$(\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i) \Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_{ce} \cdot C_R \cdot C_t \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 γ_b ：冗長度係数、 γ_w ：重要度係数、 γ_i ：検査係数、 C_R ：平均応力の影響を考慮して基本許容応力範囲を補正するための係数、 C_t ：板厚の影響を考慮して基本許容応力範囲を補正するための係数

2. 実働応力係数を用いた評価 ここで、(1)式の $\Delta\sigma_{\max}$ について考える。 $\Delta\sigma_{\max}$ は設計寿命中に予想される最大の応力範囲であるから、適当な単位期間にわたって、疲労を照査しようとする継手位置の応力を実測した場合、 $\Delta\sigma_{\max}$ は(2)式で表される。

$$\Delta\sigma_{\max} = F_t \cdot \Delta\sigma_m \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 F_t ：活荷重の大きさおよび量の変化を考慮するための係数、 $\Delta\sigma_m$ ：適当な単位期間にわたって、疲労を照査しようとする継手位置で測定した応力範囲の最大値

F_t は、実測した単位期間中の活荷重より大きな活荷重を考える場合には1より大きく、小さな活荷重を考える場合は1より小さくなる。ここで、適当な単位期間にわたって、実測した応力範囲の最大値 $\Delta\sigma_m$ と T 荷重 1 組により生じる応力範囲の実測値 $\Delta\sigma_{T1}$ の比を実働応力係数と定義し、 F_{si} と表すことにすると、 $\Delta\sigma_m$ は次のように表すことができる。

$$\Delta\sigma_m = F_{si} \cdot \Delta\sigma_{T1} \quad \text{----- (3)}$$

図 - 1 に実働応力係数の例を示す。図 - 1 は建設省土木研究所が実施した 30 橋の測定結果に基づいて作成したものである。図の縦軸が実働応力係数 F_{si} であり、T-20 荷重による応力の計算値との関係を示している。この図からは、実働応力係数 F_{si} は安全側の評価として 6 程度とみなして良いように思われる。

3. 設計計算応力補正係数を用いた評価 実働応力係数 F_{si} は、同一車線内を複数の車両が通行する場合、複数の車線内を複数の車両が通行する場合、車線内の走行位置のばらつきなど、車両の実際の通行形態をすべて含んでいる。また、衝撃の影響も含んでいる。それゆえ、実働応力係数 F_{si} は

$$F_{si} = F_L \cdot (1+i) \cdot \alpha \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 F_L ：いわゆる荷重係数と呼ばれるもので、実働荷重が T 荷重 1 組の何倍に相当するかを表す係数、 i ：衝撃係数(実測値を使うことができる)、 α ：設計計算応力補正係数または実応力比

キーワード：維持管理，モニタリング，疲労，設計計算応力補正係数，実働応力係数

連絡先：〒191-8506 東京都日野市程久保 2 - 1 - 1，TEL&FAX：042-591-9645

と表すことができる．したがって，疲労を照査しようとする継手位置の適当な単位期間にわたる応力範囲の実測値がない場合は，次式によって照査することも可能となる．

$$\Delta \sigma_m = F_L \cdot (1+i) \cdot \alpha \cdot \Delta \sigma_d$$
----- (5)

ここに， $\Delta \sigma_d$ ：T 荷重 1 組による応力の計算値
(5)式における $\alpha \cdot \Delta \sigma_d$ は T 荷重 1 組を静的載荷した時に着目する継手位置に生じる応力の測定値に相当し， $(1+i) \cdot \alpha \cdot \Delta \sigma_d$ は T 荷重 1 組の走行時における応力の測定値に相当する．実応力比は，単純合成 I 桁橋ならびに単純非合成 I 桁橋における主桁下フランジの，荷重非伝達型，非仕上げのすみ肉溶接の場合，ほぼ 0.6 とみなして良いようであるとの報告がある．

4．荷重を用いた評価 2．および 3．では，応力範囲を用いた疲労の評価について述べたが，ここでは活荷重を用いた疲労の評価について考えることにする．活荷重の実測データを用いて疲労を照査することが可能であれば，ひずみゲージを部材に貼付するといった手間がなくなり，非常に実用的である．

活荷重の測定データには，表 - 1 に示すような車重・軸重の測定データや，活線上の交通の測定データなどがあるが，現在のところ，これらを用いた疲労照査の方法はない．しかしながら，T 荷重 1 組が走行したときの，疲労を照査しようとする継手位置に生じる応力 $\Delta \sigma_{T1}$ が既知であり，車重・軸重や活線上の交通の測定データから何らかの方法で着目部位に最大の応力を生じさせる荷重 P_{max} が求められれば， $\Delta \sigma_{max}$ は

$$\Delta \sigma_{max} = F_t \cdot (P_{max} / P_{T1}) \cdot \Delta \sigma_{T1}$$
----- (6)

ここに， F_t ：活荷重の大きさおよび量の変化を考慮するための係数， P_{T1} ：T 荷重 1 組

によって求めることができる．このとき， P_{max} は，同一車線内を複数の車両が通行する場合，複数の車線内を複数の車両が通行する場合，車線内の走行位置のばらつき，衝撃などの影響をすべて含んでいる必要がある．なお， $\Delta \sigma_{T1}$ の代わりに T 荷重 1 組による応力の計算値 $\Delta \sigma_d$ を使う場合，(6)式は次式となる．

$$\Delta \sigma_{max} = F_t \cdot (P_{max} / P_{T1}) \cdot \{(1+i) \cdot \alpha \cdot \Delta \sigma_d\}$$
----- (7)

(6)式あるいは(7)式を用いるためには，車重・軸重や活線上の交通の測定データから着目部位に最大の応力を生じさせる荷重 P_{max} を求める方法が必要である．

走行中の荷重を計測する方法として，静電容量型の可搬式車両重量計やせん断ひずみ検出方式荷重変換器による方法が報告されている．また，主桁のひずみおよび車両の走行位置を測定して，影響線解析により軸荷重を推定する方法，2 次部材のひずみ変化を測定することで車両重量を推定する方法なども報告されている．

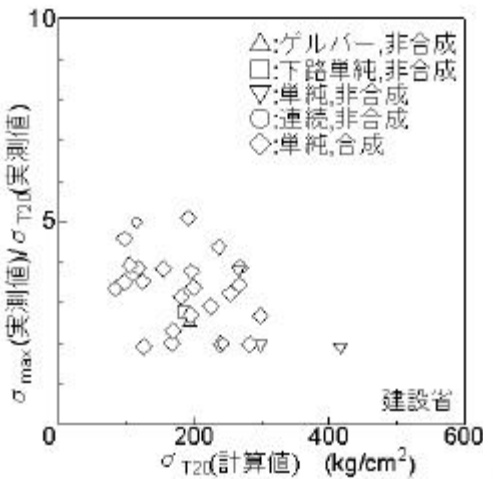


図 - 1 実働応力係数

表 - 1 車重・軸重の最大値(単位:tf)

				阪神高速道路 公団 ¹⁾	日本道路公団 ²⁾	大阪府 ³⁾	大阪市 ⁴⁾	建設省 土木研究所 ⁵⁾
車重	大型トラック	2 軸車		27.3	57.8	33.4	—	25.6
		タンデム軸車		46.9	58.6	52.8	—	69.0
	トレーラ	—		80.1	90.8	79.6	—	95.4
	全車種			80.1	90.8	79.6	81.8	95.4
軸重	大型トラック	2 軸車	単軸	19.7	51.6*	20.8	—	18.4
		タンデム	単軸	25.4		24.8	—	
		軸車	タンデム軸重和	39.7	38.4	—	—	28.9
	トレーラ	単軸		22.9	—	24.8	—	—
		タンデム軸重和		44.5	49.2	—	—	29.9
	全車種	単軸		25.4	51.6*	24.8	—	28.9
		タンデム軸重和		44.5	49.2	—	—	29.9

1)6 年間の取締りデータ(昭和 54 年～59 年重量違反車)，2)9 ヶ月の本線内軸重計データ(平成 2 年 4 月～12 月通常走行)，3)平成 6 年土木学会年次学術講演会で発表されたデータ，4)24 時間の桁ひずみ計測値からの算定データ(昭和 58 年)，5)昭和 62 年八戸，有明，草加のデータ