

大阪大学大学院 学生員 ○渡辺 洋
大阪大学工学部 正会員 大倉一郎

1.はじめに 本研究の最終目的はモニタリング橋の応力実測結果を鋼橋の疲労安全性および維持管理に役立てる手法を開発することである。既報告¹⁾において著者らは疲労抵抗度と疲労蓄積度を提案した。本報告では疲労蓄積度の定式化を行う。

2.疲労蓄積度 q の定式化

疲労蓄積度は次式で定義される¹⁾。

$$q = \sum_{i=1}^k n_i (\Delta \sigma_i)^m \quad m=3 \quad (1)$$

ここに、 $\Delta \sigma_i$: 変動応力範囲スペクトルの中の一応力範囲成分

n_i : $\Delta \sigma_i$ の繰返し回数、 k : i の総数

鋼橋に生じる応力変動は設計応力と実動応力の違いや桁の動的応答、自動車の連行特性に影響される。これらの影響を考慮して、疲労蓄積度を次のように定式化した。

$$q = x(a_1 a_2)^m (P_{\max}/P_d)^m y^m \phi_{13} (\Delta \sigma_d)^m V \quad (2)$$

ここに、 $m=3$ 、 $\Delta \sigma_d$: 設計応力範囲

V : 設計車両台数、 $P_{\max}$: 自動車の最大重量

P_d : 疲労設計荷重 (集中荷重)

a_1 は橋に生じる実応力範囲と設計実務において計算される応力範囲の比であり、次式で表される¹⁾。

$$a_1 = h_1 l + h_2 \quad (3)$$

ここに、 l : 支間長、 h_1, h_2 : 係数

a_2 は桁の動的応答の影響を考慮する変数である。応力範囲に対する桁の動的応答の影響が明らかにされていないので、道路橋示方書に規定される衝撃係数で代用する。

$$a_2 = 1 + i \quad (4)$$

ここに、 $i = 20/(50 + l)$: 衝撃係数、 l : 支間長(m)

係数 y は次式で定義され、等価荷重係数と呼ぶ。

$$y = \left\{ \int_0^{P_{\max}} \left(\frac{P}{P_{\max}} \right)^m f_P(P) dP \right\}^{\frac{1}{m}} \quad (5)$$

ここに、 $f_P(P)$: 自動車の重量分布

ここで、次式で定義される P_e を等価荷重と定義する。

$$P_e = \left\{ \int_0^{P_{\max}} P^m f_P(P) dP \right\}^{\frac{1}{m}} \quad (6)$$

式(5)と(6)から P_e と $P_{\max}$ は次の関係を持つ。

$$P_e = y P_{\max} \quad (7)$$

変数 ϕ_{13} は、自動車の連行特性の影響を考慮するための変数である。変数 ϕ_{13} の特性は次章で述べる。

変数 x は疲労蓄積度の経年変化を考慮するための変数である。

式(7)を式(2)に代入すると次式を得る。

$$q = x(a_1 a_2)^m (P_e/P_d)^m \phi_{13} (\Delta \sigma_d)^m V \quad (8)$$

ここで $\alpha = (P_e/P_d)^m$ とおくと、式(8)は次式となる。

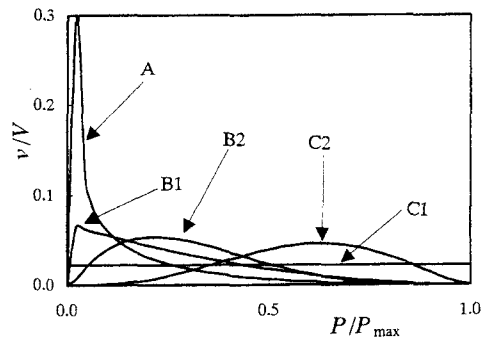
$$q = x(a_1 a_2)^m \phi_{13} (\Delta \sigma_d)^m \alpha V \quad (9)$$

α は疲労設計荷重を基準とした大型車混入率の定義を与える。

3.変数の ϕ_{13} の定式化 シミュレーション解析を用いて、表-1 に示す自動車重量分布と車頭間隔分布に対して変数 ϕ_{13} の特性を調べた。

表-1 自動車重量分布と車頭間隔分布

自動車重量 【分布】ベータ分布			車頭間隔 【分布】アーラン分布(3次)		
TYPE	γ	(u, v)	平均車頭間隔 $\bar{d}$		
A	0.25	(0.5, 3.5)	25m	50m	100m
B1	0.37	(1, 3)			
B2	0.37	(2, 4.8723)			
C1	0.63	(1, 1)			
C2	0.63	(4, 2.8723)			



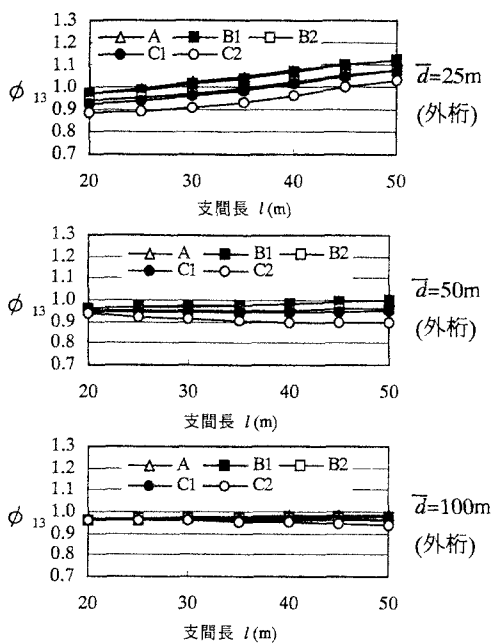


図-1 変数 ϕ_{13} と支間長 l の関係

変数 ϕ_{13} と支間長 l の関係を図-1 に示す。変数 ϕ_{13} は次式で近似される。

$$\phi_{13} = \frac{h_3}{\bar{d}^{h_4}} l + h_5 \bar{d}^{h_6} \quad (10)$$

ここに、 l : 支間長(m)

$\bar{d}$: 平均車頭間隔(25m ≤ $\bar{d}$ ≤ 100m)

h_3, h_4, h_5, h_6 : 係数

表-1 の各自動車重量分布に対する係数 h_3, h_4, h_5, h_6 の値を表-2 に示す。

表-2 変数 h_3, h_4, h_5, h_6 の値

TYPE	h_3	h_4	h_5	h_6
A	0.7505	1.5715	0.6839	0.075
B1	0.7693	1.5715	0.6833	0.0734
B2	114.17	3.161	0.6043	0.1046
C1	1.0E+12	9.8626	0.5531	0.1251
C2	4.0E+12	11.481	0.4595	0.1706

4. 疲労蓄積度の時間変化

文献(2)の応力実測結果に対して疲労蓄積度の時間変化を調べた。応力実測が行われた橋の一般図と応力計測位置を図-2 に示す。この橋は3径間連続鋼床版箱桁である。ひずみゲージG1～G3は箱桁下フランジ、ひずみゲージR1～R5は鋼床版横リブ下フランジ、ひずみゲージP1～P5は鋼床版縦リブ、ひずみゲージD1, D2はデッキプレートに貼付されている。1993年9月10日から

1993年12月27日までの93日間、応力実測が行われた。レインフロー法によって変動応力範囲スペクトルが作成された。

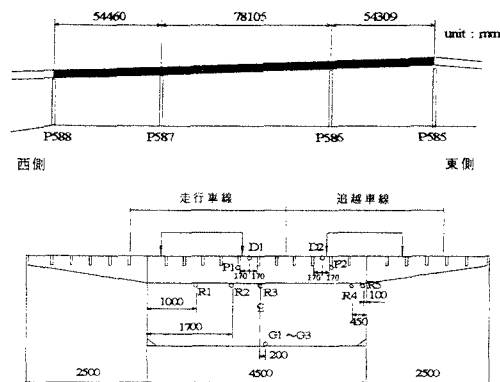


図-2 応力実測が行われた橋

得られた変動応力範囲スペクトルに対し式(1)を適用して疲労蓄積度を求めた。ひずみゲージ貼付位置G1とD1における疲労蓄積度 q と時間 t (日)の関係を図-3 に示す。

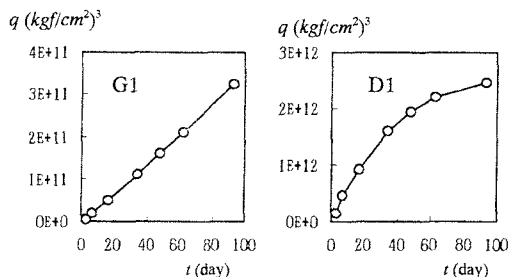


図-3 疲労蓄積度 q と時間 t (日)の関係

箱桁下フランジの疲労蓄積度と時間の関係は線形関係にある。これは、自動車の重量特性と走行特性が応力の実測期間中変化していないことを意味する。

デッキプレートの疲労蓄積度の増加率は時間の増加とともに減少している。これは、夏から冬に向かう応力実測で、気温が高温から低温に変化することによってアスファルト舗装が硬化したためと考えられる。

【参考文献】

- 1) 大倉・渡辺：モニタリング橋の応力実測結果の疲労安全性照査への適用、平成7年度土木学会関西支部年次学術講演会、1995。
- 2) 阪神高速道路公団：疲労設計荷重に着目した荷重実態調査業務：概要報告書、1994年3月。