

一車線鋼ラーメン橋剛結部の疲労設計用活荷重補正係数

長崎大学工学部 学生会員 峰 穂高 長崎大学工学部 正会員 中村 聖三
長崎大学工学部 フェロー 高橋 和雄

1. まえがき

近年,さまざまな鋼部材で自動車荷重が原因と考えられる疲労損傷の発生が報告されるようになってきており,平成14年3月の「道路橋示方書・同解説」では疲労の影響を考慮することが規定された.具体的な疲労設計の方法については,同時期に発行された「鋼道路橋の疲労設計指針」¹⁾(以下,指針)に示されているが,そこに規定されている荷重の補正係数は単一の断面力のみを考慮した検討に基づくものであり,複数の断面力が同時に変動する場合に対する適用性は明らかではない.そこで本研究では,曲げモーメントに加え軸力も変動する鋼ラーメン橋の剛結部(柱側)に着目し,自動車荷重列のモンテカルロシミュレーションを利用し,当該部の疲労設計に用いる同時載荷係数およびT荷重補正係数を算出し,軸力の影響について検討する.

2. 荷重列のシミュレーション²⁾

本研究では,シミュレーション台数を10万台³⁾とし,また時間交通量500~2000台,車両走行速度50~100km/hr,大型車混入率20~60%の範囲の種々の条件において解析を行う.なお車種は,指針¹⁾を参考に乗用車(C),小型トラック(ST)の2種類の小型車と,中型トラック(MT),大型トラック(LT),大型ダンプ(LD),タンクローリ(TR),セミトレーラ(TT),バス(BS)の6種類の大型車の全8種類のモデルに分類し,表-1に示す車種構成率に従うよう一様乱数によって決定する.また車両重量,車頭時間間隔はそれぞれ対数正規分布,アーラン分布⁴⁾に従うと仮定する.

3. 解析方法

図-1に示すような2種類の鋼ラーメン橋剛結部を対象とし柱側に着目した.着目断面に作用する曲げモーメントを M ,軸力を N とすると,応力は式(1)で求められる.

$$\sigma = \frac{M}{Z} + \frac{N}{A} \quad \dots (1) \quad (A: \text{断面積}, Z: \text{断面係数})$$

式(1)の両辺に断面積 A を乗じると式(2)を得るが, F (ここでは代表断面力と呼ぶ)と応力 σ は線形関係にあることから,疲労損傷度の算定においては σ に代わって F を用いることとする.

$$F = \sigma \times A = \frac{M}{Z/A} + N \quad \dots (2)$$

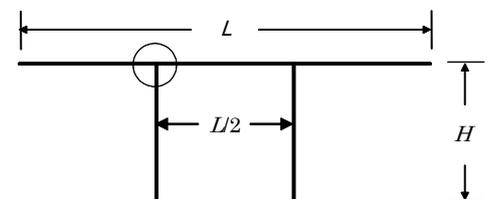
各係数の算定手順は次のとおりである.まずシミュレーションにより発生させた荷重列が橋上を通過する際の F の変動を,影響線を用いて計算する.変動範囲の頻度解析にはレインフロー法を適用し,得られた頻度分布から次式により疲労損傷度を求める.その際, N を無視した場合についても同様に計算し, N の影響を調査する.

$$\text{疲労損傷度} = \sum (\Delta F_{ri}^3 \cdot n_i) \quad \dots (3) \quad (F_{ri}: \text{変動代表断面力範囲} \quad n_i: F_{ri} \text{の頻度})$$

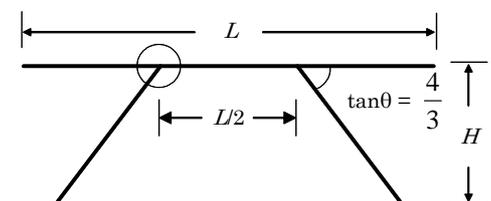
次に,同じ荷重列を同時載荷の全くない状態で載荷させた場合と,T荷重を載荷させた場合について同様

表-1 車種構成率

車種	構成率		
C	0.653	0.490	0.327
ST	0.147	0.110	0.073
MT	0.081	0.161	0.242
LT	0.068	0.127	0.190
LD	0.018	0.037	0.056
TR	0.011	0.021	0.032
TT	0.021	0.042	0.063
BS	0.006	0.012	0.017



(a) 形ラーメン橋



(b) 方杖ラーメン橋

図-1 対象構造

キーワード モンテカルロシミュレーション, 疲労設計, 活荷重補正係数, 鋼ラーメン橋

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-819-2613

に疲労損傷度を求め、同時乗荷係数 γ_s と T 荷重補正係数 γ_T を次式により算定する。本研究における T 荷重補正係数の定義は、指針¹⁾とは異なることに注意されたい。

$$\gamma_s = \sqrt[3]{\frac{\text{同時乗荷する場合の疲労損傷度}}{\text{同時乗荷しない場合の疲労損傷度}}} \dots (4)$$

$$\gamma_T = \sqrt[3]{\frac{\text{同時乗荷しない場合の疲労損傷度}}{\text{T 荷重による疲労損傷度}}} \dots (5)$$

4. 解析結果と考察

(1) 軸力の影響

各パラメータが活荷重補正係数に及ぼす影響の構造形式による差異はあまりなかったため、ここでは 形ラーメン橋の結果のみ示すこととする。図-2 は断面形状パラメータ Z/A を変化させ、軸力を考慮した場合としない場合の各係数を比較したものである。一般に、 Z/A の値が大きくなると着目部位の代表断面力に対する軸力の寄与が増加する。しかし同時乗荷係数に関しては、 Z/A を大きくしても軸力を考慮した場合としない場合の値に、ほとんど差が見られない。一方 T 荷重補正係数に関しては、 $Z/A=2.0m$ の場合に、軸力考慮の有無により最大で 10% 程度の誤差が生じた。誤差が大きくなった場合について詳細に検討したところ、当該部に作用する代表断面力範囲の影響線の最大縦距が小さくなるにつれて、誤差が大きくなる傾向にあった。このことから Z/A の値が一般の断面において考えられる範囲内であっても、T 荷重補正係数の決定に軸力の影響を無視できなくなる場合があると言える。

(2) 指針の算定式の適用性

図-3 は 形ラーメン橋における同時乗荷係数を平均同時乗荷台数 NS で整理したものである。 NS は次式で表される。

$$NS = (\text{橋長}) \times (\text{時間交通量}) / (\text{車両速度}) \dots (6)$$

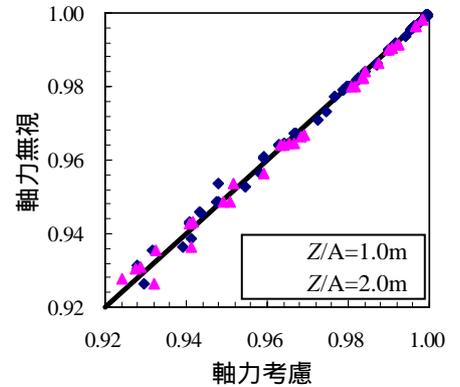
指針¹⁾においては、影響線が正負交番する場合、同時乗荷係数は $\gamma_s=1.00$ と規定されているが、本研究で対象とした構造で $\gamma_s=1.00$ を超えるのは 1% 程度におさまり、方杖ラーメン橋についても同様な結果が得られた。よって、今回対象としたラーメン橋の同時乗荷係数に関しては、指針の規定が適用できると言える。

5. まとめ

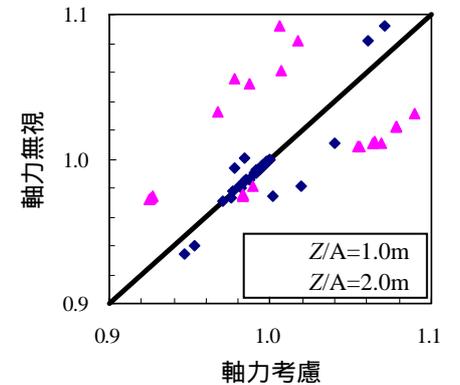
本研究では断面形状 Z/A を一般的な断面の上限と考えられる値まで変化させ解析を行った結果、ここで対象としたラーメン橋については一部のケースを除き、軸力の影響を無視してよいという結論を得た。しかし本研究では単一車線におけるものであり、複数車線数の場合については明らかではない。対象構造以外にも複数の断面力が変動する構造形式にはアーチ橋などもあり、ここでの結果を一般的なものにするにはさらに多くの解析が必要である。

【参考文献】

1) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，2002.3 2) 三木千壽ら：シミュレーションによる道路橋の疲労設計荷重の研究，構造工学論文集，Vol.32A，pp.597～608，1986.3 3) 森猛：2車線道路橋の疲労設計荷重に用いる同時乗荷係数の検討，土木学会論文集，No.759/I-67，pp.247～258，2004.4 4) 久保雅邦ら：自動車交通流の配列に関する確率的考察，土木学会第38回年次講演会，1983-10



(a) 同時乗荷係数



(b) T 荷重補正係数

図-2 各係数の比較

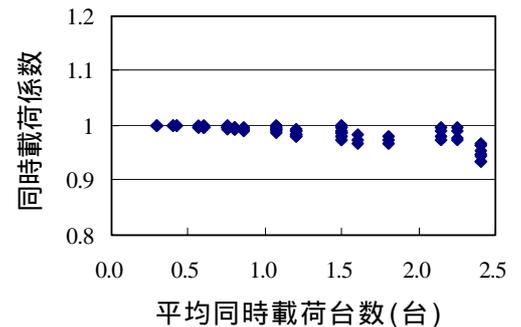


図-3 γ_s NS 関係