

連続桁を支持する鋼製橋脚隅角部の疲労設計に用いる単一車線の活荷重補正係数

長崎大学大学院 学生会員○田川拓哉
長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

長崎大学工学部 正会員 中村聖三
長崎大学工学部 正会員 呉 慶雄

1. 序論

わが国の鋼道路橋においても疲労による損傷が無視できなくなってきたおり、平成 14 年 3 月の道路橋示方書・同解説では照査すべき限界状態の一つになった。橋梁上部構造に対しての活荷重補正係数に関する研究¹⁾は既に発表されているが、近年疲労損傷が発見されている鋼製橋脚隅角部の疲労設計に用いるための活荷重補正係数は検討されていなかったため、著者らは当該部における活荷重補正係数の検討を始めた。前報²⁾では単純桁を支持する場合の検討結果を示したが、今回は連続桁を支持する場合の検討結果を報告する。

2. 荷重列のシミュレーション^{1), 3)}

荷重列のシミュレーションは、まず車種を決定し、次にその車両重量を決定した後に、次の車両との車頭間隔距離を決定する。この手順を繰返し 20000 台の模擬交通流を発生させる。各過程での計算方法は次のとおりである。

(1) 車種構成

車種は図 - 1 に示す 8 種類のモデルに分類する。また本研究では、表 - 1 に示された 3 種類の車種構成モデル⁴⁾を対象とし、それぞれの車種構成率に従うように一様乱数によって車種を決定する。

(2) 車両の重量分布

2 種類の小型車両 (C, ST) の疲労被害に対する寄与は無視できるものと考えられるので、解析を簡略化するため 6 種類の大型車両 (MT, LT, LD, TR, TT, BS) の重量分布のみを考慮する。これらの大型車両重量は対数正規分布に従うものと仮定する。各大型車両の重量に対する平均値、標準偏差としては表 - 2 に示す値⁴⁾を用いる。

(3) 車頭時間間隔

車頭時間間隔は式(1)で表現されるアーラン分布に従うと仮定する。その際、文献 5)に従い、 $n=3$ とする。

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} (\lambda t)^{n-1} / (n-1)! \cdots (1)$$

平均値 ; $E(t)=n / \lambda$

分散 ; n / λ^2

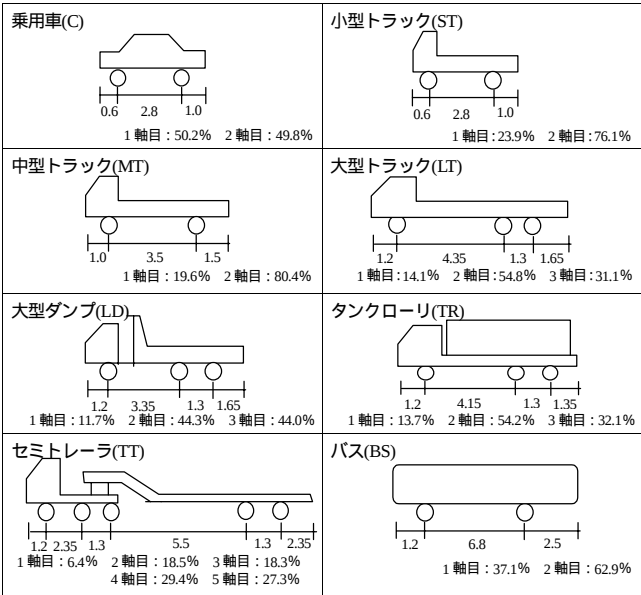


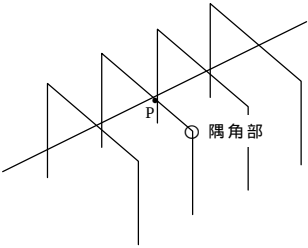
図 - 1 車両モデルおよび各軸重

表 - 1 シミュレーションに用いた車種構成 (%)

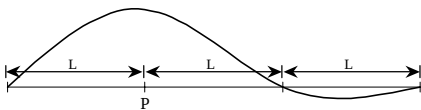
大型車混入率	C	ST	MT	LT	LD	TR	TT	BS
20%	65.3	14.7	8.1	6.8	1.8	1.1	2.1	0.6
40%	49.0	11.0	16.1	12.7	3.7	2.1	4.2	6.3
60%	32.7	7.3	24.2	19.0	5.6	3.2	6.3	1.7

表 - 2 車種別平均・標準偏差

車種	平均 (tonf)	標準偏差 (tonf)
MT	6.19	2.50
LT	16.75	6.29
LD	19.62	9.54
TR	13.82	6.31
TT	24.78	12.92
BS	13.84	2.41



(a) 対象構造



(b) 影響線形状

図 - 2 解析モデルと影響線

キーワード ; 疲労 , 設計荷重 , 鋼製橋脚 , 補正係数 , モンテカルロシミュレーション

長崎県長崎市文教町 1 番 14 号 電話(095)819 - 2613 FAX(095)819 - 2613

3. 解析方法⁴⁾

本研究では、図-2(a)に示すスパン L の三径間連続桁を支持する橋脚の隅角部を検討対象とする。この場合、検討位置に生じる応力は図-2(a)の P 点での反力と比例関係にあるので、この反力を用いて活荷重補正係数を求めていくことにする。シミュレーションにより求めた荷重列が通過するときの反力の変動は、図-2(b)の影響線形状を用いて P 点の反力の時刻歴に変換し、これに対してレインフロー法を適用して反力範囲の頻度分布を求める。得られた頻度分布から、次式により等価反力範囲を求める。

$$V_{eq} = \sqrt[3]{\sum (V_{ri})^3 \cdot f_i} \cdots (2)$$

V_{ri} は反力範囲、 $f_i = n_i / \sum n_i$ 、 n_i は反力範囲 V_{ri} に対する頻度である。また、同じ荷重列を同時載荷の全く生じない状態で載荷させた場合と代表荷重 20tonf を載荷させた場合についても、同様に等価反力範囲を求める。

最終的に、当該部における同時載荷係数 γ_1 および T 荷重補正係数 γ_{20} は次式により算定される。

$$\gamma_1 = \sqrt[3]{\frac{\text{シミュレーションによる等価反力範囲}}{\text{同時載荷がない場合の等価反力範囲}}} \cdots (3) \quad \gamma_{20} = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷がない場合の等価反力範囲}}{\text{代表荷重20tonfによる等価反力範囲}}} \cdots (4)$$

本研究では、支間長 L 、車両速度 V 、時間交通量 Q をパラメータとし、それぞれを $L = 10, 20, 30, 50, 80, 100(\text{m})$ 、 $V = 50, 70, 100(\text{km/hr})$ 、 $Q = 500, 1000, 1500, 2000, 2500(\text{台/hr})$ と変化させて検討を実施した。

4. 解析結果による算定式の提案

ここでは解析結果に基づき、大型車混入率 60% の場合に対する同時載荷係数 γ_1 と T 荷重補正係数 γ_{20} の算定式を示す。

(1) 同時載荷係数 γ_1

解析結果より、同時載荷係数の値は 1 つのスパン上での同時載荷車両数によって支配されると考えられるため、式(5)で表される平均同時載荷台数 NS ⁴⁾ をパラメータとし、式(6)のような算定式を提案する。シミュレーション結果と提案式を比較して図-3に示す。

$$NS = (\text{支間長 } L \times 2) \times (\text{時間交通量 } Q) / (\text{車両速度 } V) \cdots (5)$$

$$\gamma_1 = (4 \times 10^{-7}) \alpha^3 - (2 \times 10^{-5}) \alpha^2 + (3 \times 10^{-4}) \alpha + 1.0032 \cdots (6)$$

$$\alpha = 25.19 \ln(NS) + 27.678$$

(2) T 荷重補正係数 γ_{20}

解析結果より、荷重補正係数は支間長 L によって支配されると考えられるため、 L をパラメータとする式(7)のような算定式を提案する。シミュレーション結果と提案式を比較して図-4に示す。

$$\gamma_{20} = 0.0212 \ln(L) + 0.8941 \cdots (7)$$

図-3、図-4より、両算定式はシミュレーションの結果とほぼ一致していることがわかる。

5. まとめ

本研究では、連続桁を支持する鋼製門形ラーメン隅角部の疲労設計に用いる活荷重補正係数の算定式を提案した。しかし、その結果と指針⁴⁾の規定値との相違は最大でも 10% 程度であったしたがって、実用上は指針⁴⁾の規定を用いても問題ないものと考えられる。今後は、単純桁および連続桁において 1 方向多車線になった場合の活荷重補正係数についても検討していく予定である。

参考文献

- 1) 三木千壽ら：鋼道路橋の疲労照査のための荷重に関する研究，構造工学論文集，Vol.36A，pp.975～984，1990。
- 2) 田川拓哉ら：鋼製橋脚の疲労設計に用いる単一車線の活荷重補正係数，土木学会第 57 回年次講演会 I-164，pp.327～328，2002-9。
- 3) 三木千壽ら：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，pp.597～608，1986。
- 4) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，pp.81～97，2002-4。
- 5) 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。

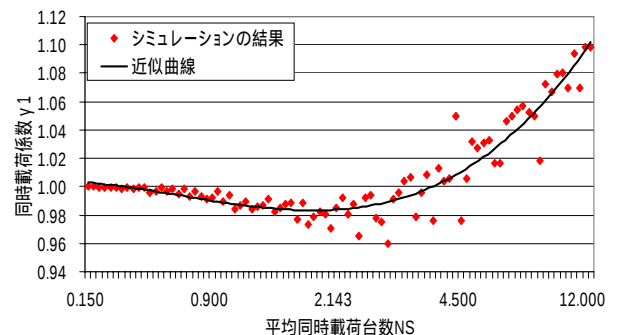


図-3 γ_1 と NS の関係

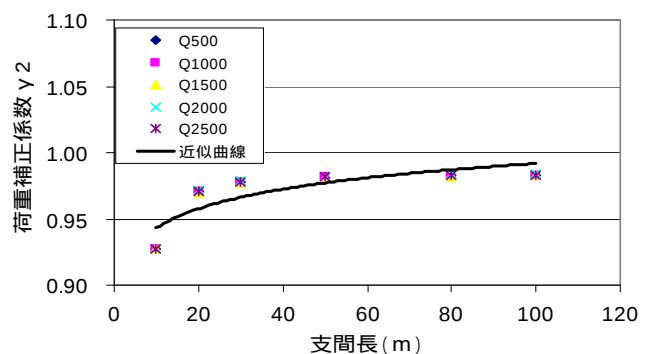


図-4 γ_{20} と L の関係