

交通渋滞のシミュレーションと疲労設計荷重・同時載荷係数

法政大学 正会員 ○森 猛

1. はじめに

2002 年 3 月に発刊された「鋼道路橋の疲労設計指針」では、橋上に複数の車両が同時に載ることによる応力増分の影響を疲労設計荷重の重量を割り増すこと（同時載荷係数）で考慮することとしている。同時載荷係数の具体的数値は、橋上を車両が停止することなく一定の速度で走行する場合を対象とした検討結果に基づいて設定されている。本研究では、渋滞時の車両走行をシミュレートするためのプログラムを開発し、それを利用した応力変動解析を行うことにより、交通渋滞時の同時載荷係数について検討する。

2. 渋滞時の交通シミュレーション

渋滞状態となると、車両の走行は先行車両の走行状態に影響を受ける。すなわち、追従走行を行うようになる。この追従走行を、式(1)に示すように車両の加速度が前方車両との相対速度と車間距離に依存すると考えることにより模擬する。

$$\ddot{x}_i(t) = \alpha 1(\dot{x}_{i-1}(t-T) - \dot{x}_i(t-T)) + \alpha 2[\{x_{i-1}(t-T) - x_i(t-T)\} - \{\beta 0 + \beta 1\dot{x}_i(t-T) + \beta 2\ddot{x}_i(t-T)\}] \quad (1)$$

$\ddot{x}_i(t)$: 加速度, $\dot{x}_i$: 速度, x_i : 位置, $\alpha 1 \sim \beta 2$: 係数, T : 反応遅れ時間

式(1)中の T は反応遅れ時間であり、車両が前方車両との相対速度と車間距離を認識してから、加速あるいは減速するまでに要する時間である。また、車両が一列になって追従走行している時の最小車間距離 $S_m(m)$ は、その車の速度 $v[km/hr]$ に依存する事が知られており、以下の経験式で模擬することとした。

$$S_m = 1.3 + 0.14v + 0.022v^2$$

以上のような車両走行特性を考慮し、車種構成と先頭車両の走行状態をパラメータとして車両配列と車両重量を確率変量とした交通流のモンテカルロシミュレーションと車両走行による変動応力、さらに変動応力にレインフロー法を適用して応力範囲頻度分布と疲労損傷度を求めるプログラムを構築した。疲労損傷度は、応力範囲頻度分を構成する応力範囲を $\Delta \sigma_i$ 、その頻度を n_i とすると、 $\sum (\Delta \sigma_i^3 \times n_i)$ から求められる。同時載荷係数は交通流のモンテカルロシミュレーションにより求めた疲労損傷度を、線形重ね合わせ則を利用して同じ条件で同時載荷のない状態で求めた疲労損傷度で除したものの 3 乗根で求められる

3. 解析条件

車両モデルは同指針で同時載荷係数を設定する際に用いられたものと同じ 8 種類（表 1 参照）とし、大型車混入率を 32.5%とした。解析対象は、単純桁橋支間中央(A)、三径間連続桁橋の中央径間中央(B)と側径間中央(C)としそこでの曲げモーメントの影響線（図 1 参照）を応力の影響線として用いた。基線長 L は 20、30、50、80、100m である。車線数は 2 車線とし、1 車線当たりの総交通量を 10 万台とした。先頭車両の走行は 0～10、5～15、15～25km/hr の範囲で一定の加速度（1.5m/sec²）で加速・減速するものとした。平均速度はそれぞれ 5、10、20km/hr となる。後続の車両はアーラン分布に基づき車頭間隔を決定し、その走行速度は先頭車両の平均速度とした。なお、車両の発生位置は橋端より 100m の位置とした。

4. 解析結果

(1) 同時載荷係数と基線長の関係

図 2 に影響線 A における平均速度を 5、10、20km/hr とした場合と通常の走行状態（車両の走行速度が 50km/hr で一定、時間交通量は 1 車線につき 1000 台/hr）の同時載荷係数を示した。いずれの場合も基線長が長くなるに従って同時載荷係数は大きくなっている。また、通常の走行状態よりも渋滞時の同時載荷係数の

キーワード 疲労設計荷重, 同時載荷係数, 交通渋滞, シミュレーション

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学都市環境デザイン工学科 TEL 042-387-6279

表1 車種構成比

車 種	構 成
乗用車	0.551
小型トラック	0.124
中型トラック	0.131
大型トラック	0.103
大型ダンプ	0.030
タンクロー	0.017
セミトレー	0.034
大型バス	0.010

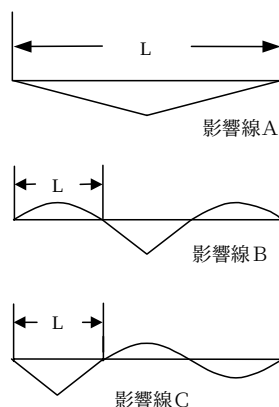


図1 影響線形状

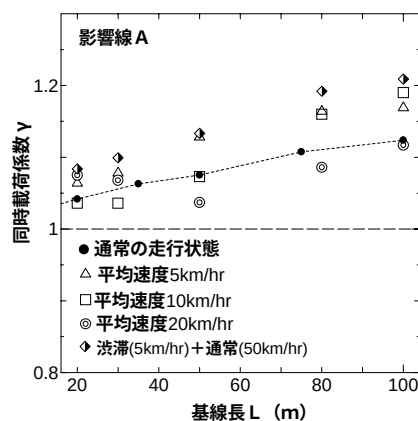


図2 同時載荷係数と基線長

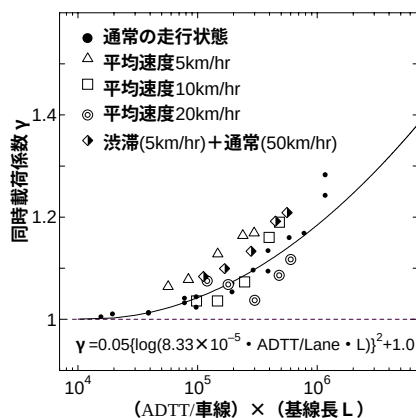


図3 ADTT/車線×基線長による整理

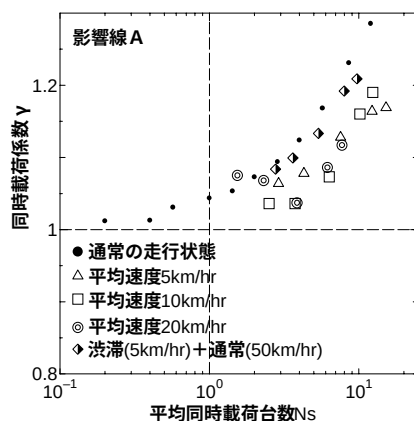


図4 平均同時載荷台数による整理

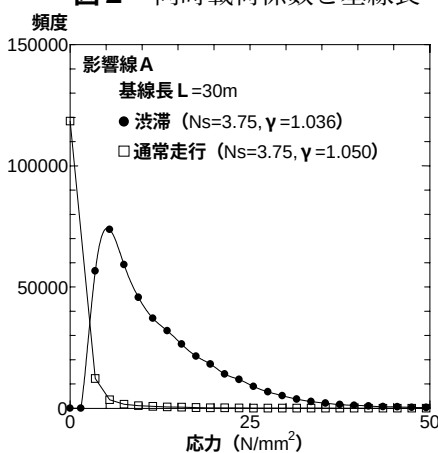


図5 下限応力の頻度分布

方が大きくなっている。これは基線長が長くなることにより、また渋滞により、橋上で同時に載荷される車両の台数が増え、これによる応力の増分が大きくなるためと考えられる。

（2）同時載荷係数とADTT/車線×基線長の関係

図2で示した同時載荷係数を1車線あたりのADTTと基線長の積で整理したものを図3に示す。ADTTとは1日当たりの大型車交通量であり、疲労設計指針では、1車線あたりのADTTと基線長の積により同時載荷係数が整理されている。図中の曲線は疲労設計指針に示されている同時載荷係数の算定式である。渋滞時の同時載荷係数は算定式より上に位置している場合が多く、指針に示されている算定式を用いると危険側の評価となる。

（3）同時載荷係数と平均同時載荷台数の関係

平均同時載荷台数とは支間上に同時に載る車両の平均台数であり、基線長、時間交通量、平均速度を用いて以下のように表すことができる。

$$\text{平均同時載荷台数}(N_s) = \frac{(\text{基線長}) \times (\text{時間交通量})}{(\text{平均速度})}$$

図2を平均同時載荷台数で整理した結果を図4に示す。図2、3では通常の走行状態よりも渋滞時の同時載荷係数の方が高い値を示したが、図4では渋滞時の方が小さくなっている。これは、渋滞時には常に平均同時載荷台数とほぼ等しい台数の車両が同時に載ることが多くなるために図5のように下限応力が高くなり、応力の変動幅が小さくなるためと考えられる。

以上より、渋滞時においても平均同時載荷台数をパラメータとして同時載荷係数を整理すれば、通常の走行状態に比べて危険側の評価となることはないと言える。