

交通渋滞が疲労設計荷重・同時載荷係数に及ぼす影響

法政大学 学生員 福井勝治

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。同指針での同時載荷係数は、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の解析結果に基づいて設定されている。本研究では、橋上で交通渋滞が発生して、車両の満載が続く状態での同時載荷係数について、車両交通のモンテカルロシミュレーションを利用した応力変動解析を行うことにより検討する。

2. 渋滞時の交通シミュレーション

交通量が多くなり渋滞状態になると、車両の走行挙動は先行車両の影響を受ける。これを追従走行と言い、本研究では、前方車両との相対速度から反応強度を介して追従車両の加速度が決まるとするモデル〔式(1)〕を用いて車両走行のモン

$$\ddot{x}_i(t) = [\dot{x}_{i-1}(t-T) - \dot{x}_i(t-T)] \quad (1)$$

$\ddot{x}_i(t)$: 加速度 : 反応強度

$\dot{x}_i(t)$: 速度 : T : 反応遅れ時間

テカルロシミュレーションを行い、渋滞状態を模擬する。このような車両走行による応力変動を求め、それにレインフロー法を適用して、応力範囲頻度分布を求める。そして応力範囲頻度分を構成する応力範囲を σ_i 、その頻度を n_i とし、疲労損傷度[$(\sigma_i^3 \times n_i)$]を計算する。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基づいて求めた疲労損傷度を、線形重ね合わせ則に基づい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乗根として算出する。

$$\text{同時載荷係数} = \sqrt[3]{\frac{\text{シミュレーションによる疲労損傷度}}{\text{線形重ね合わせ則による疲労損傷度}}}$$

表1 車種構成比

車種	構成比
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
タンクローリー	0.017
セミトレーラー	0.034
大型バス	0.010

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)(図1参照)とし、そこでの曲げモーメントの影響線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。先頭車両の走行挙動は0~5、5~15、15~25km/hrの範囲で一定の加速度(1.75m/s²)あるいは減速度で速度を変えるものとした。その平均速度はそれぞれ2.5、10、20km/hrとなる。後続の車両はアーラン分布に基づき0.5~6.0mの間で車間距離を決定し、初速度を前の車両の速度+5km/hrとした。

4. 検討結果

同時載荷係数と基線長 L の関係を図2と図3に示す。図2は影響線Aにおいて、平均速度を2.5、10、20km/hrとした場合と通常の走行状態（車両が橋上を一定速度で走行した場合のことで、速度は50km/hrで一定、時間交通量は1車線

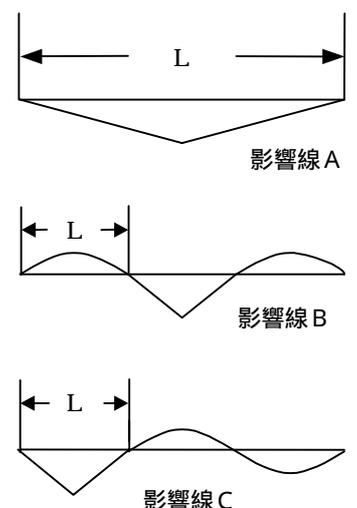


図1 影響線形状

キーワード 疲労設計荷重 同時載荷係数 交通渋滞 モンテカルロシミュレーション

連絡先 住所 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 電話番号 042-387-6279

につき 1000 台/hr)の同時乗荷係数を示した。いずれの場合も基線長が長くなるに従って同時乗荷係数は大きくなっている。また、通常の走行状態より渋滞時の同時乗荷係数の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、橋上で同時に乗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。図 3 は平均速度 10km/hr の時の影響線 A、B、C における同時乗荷係数を比較したものである。影響線 A に比べて影響線 B、C の同時乗荷係数が小さくなっている。これは、渋滞により車両が同時に載るものの、影響線の負の領域に乗荷される車両も増えるため、全体の応力がさほど大きくなり、応力の変動幅が小さくなったためと考えられる。

渋滞時の同時乗荷係数を平均同時乗荷台数により検討する。平均同時乗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、

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

平均同時乗荷台数をパラメータとし、通常の走行状態における同時乗荷係数と比較した結果を図 4 と図 5 に示す。図 2 と図 3 では通常の走行状態よりも渋滞時の同時乗荷係数の方が高い値を示した。しかし、図 4 と図 5 では渋滞時の同時乗荷係数は、通常の走行状態よりも小さくなっている。通常の走行状態では、橋上に載る車両の台数にばらつきがあるため下限応力も低くなる。そのため応力の変動幅が大きくなり、同時乗荷係数が大きくなる。一方、渋滞では常に平均同時乗荷台数とほぼ等しい台数の車両が同時に載ると考えられるため下限応力が高くなる。そのため応力の変動幅は小さくなり、同時乗荷係数も小さくなる。したがって、渋滞時においても平均同時乗荷台数をパラメータとすれば、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。

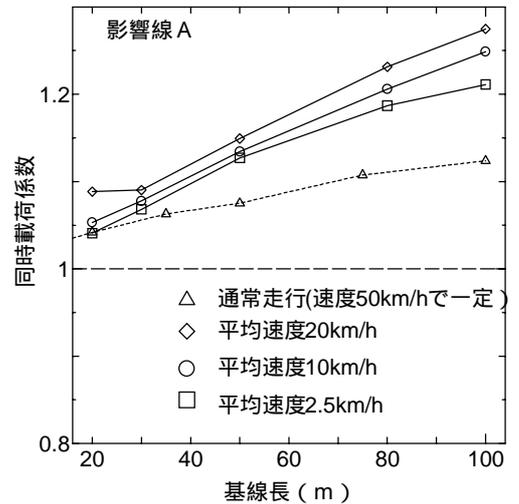


図 2 影響線 A の同時乗荷係数と基線長

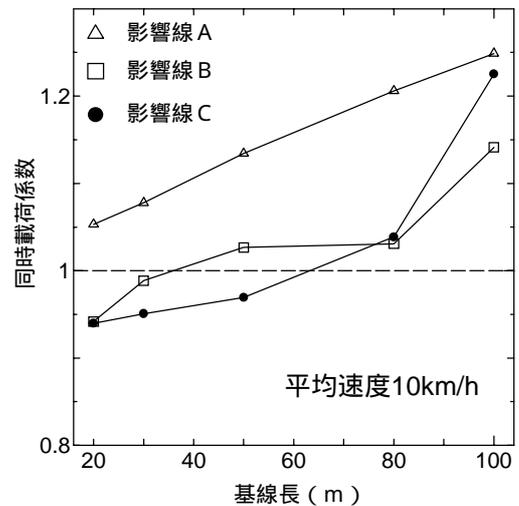


図 3 影響線 A、B、C の同時乗荷係数と基線長

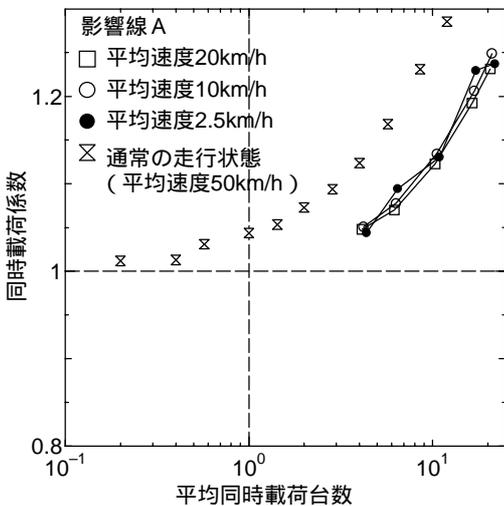


図 4 影響線 A の同時乗荷係数と平均同時乗荷台数

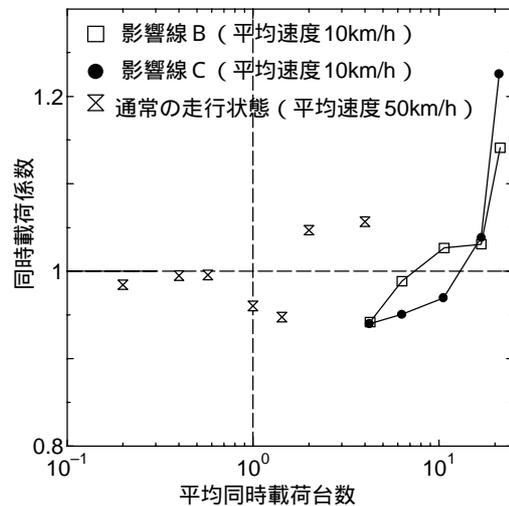


図 5 影響線 B、C の同時乗荷係数と平均同時乗荷台数