

(I-62) 複数車線を有する道路橋の疲労設計荷重・同時載荷係数の検討

法政大学 学生員 井上 史崇

法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

道路橋の疲労設計荷重は、それが橋上を走行することによる繰返し応力の累積疲労損傷度と、様々な形式・重量の車両が単独に走行するときの繰返し応力の累積を比較することによって検討される。しかし、このような検討では、橋上に複数の車両が同時に載荷することによる応力の増分を考慮することはできない。ここでは、同時載荷の影響を疲労設計荷重を割り増すことにより考慮することとし、その割り増し率（同時載荷係数）について、応力範囲頻度分布の線形重ね合わせ則と交通流のモンテカルロシミュレーションを用いた変動応力解析に基づき検討する。

2. 検討方法

検討対象は、支間を 10、20、35、50、75、100m、車線数を 1、2、3、4、6、8 車線とする計 36 種類の単純桁橋梁である。基準とする車両の形式は、建設省により示された、乗用車、小型トラック、中型トラック、大型トラック、大型ダンプ、タンクローリ、セミトレーラー、バスの 8 種類とした。また、これらの車両の構成比と重量分布も建設省によって示されたデータに従った。中型トラック以降の車両が大型車とされているが、大型車混入率は 32.5% である。これらを基に、車両が同時に橋上に載ることがない場合の車両走行による疲労損傷度を計算した。疲労損傷度は、車両の走行により生じる応力変動に対してレインフロー法を適用することにより応力範囲頻度分布を求め、各応力範囲成分を $\Delta\sigma_i$ 、その頻度を n_i として、 $\sum (\Delta\sigma_i^3 \cdot n_i)$ から求められる。同時載荷が生じる実際の車両交通による疲労損傷度は、交通流を交通量とその車種構成で代表させ、自動車の配列、重量と車間距離を確率変数として自動車荷重列のモンテカルロシミュレーションを行い、荷重列が道路橋上を通過する際に生じる応力変動を解析することにより求める。その際、時間交通量は 1 車線あたり 1000 台/hr、車両の走行速度は、幹線国道を想定し 50km/hr としている。車両の走行台数は、2 車線で支間が 50m の道路橋を対象としてシミュレーション台数を 50 台～100 万台と変化させ変動応力解析を行った結果に基づいて 1 車線当たり 10 万台とした。その検討結果を図 1 に示す。なお、同じ台数で 3 回のシミュレーションを行っている。このような交通流のシミュレーションにより実際に同時載荷が生じる車両交通を模擬することができる。解析された応力変動は、レインフロー法により応力範囲頻度分布に変換する。この応力範囲頻度分布から疲労損傷度を計算する。同時載荷係数 γ は、次式から求められる。

$$\gamma = \sqrt[3]{\frac{\text{シミュレーションにより求めた疲労損傷度}}{\text{線形重ね合わせ則から求めた疲労損傷度}}}$$

3. 検討結果

同時載荷係数と橋梁支間の関係を図 2 に示す。支間が長くなるにしたがって、また車線数が増加するにしたがって、同時載荷係数の値も増加している。これは橋上に載荷される車両の台数が増加するため、発生する応力も大きくなるためと考えられる。このような橋梁支間及び車線数による γ の変化を式で表すことを試みた。既に 1 車線道路橋に対する同時載荷係数 (γ_1) の算定式は以下のように提案されている。

$$\gamma_1 = 1.0 \quad (\text{NS} \leq 1.0)$$

$$\gamma_1 = 0.275 \alpha^{0.368} \cdot \log(\text{NS}) + 1.0 \quad (\text{NS} > 1.0)$$

α : 大型車混入率

NS : 1 車線当たりの平均同時載荷台数

キーワード : 同時載荷係数 疲労設計荷重 道路橋 鋼構造

連絡先 : 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 研究室 TEL042-387-6279

この γ_1 を利用して2車線以上の同時乗荷係数の推定式を表すために次のような検討を行った。なお、NSは(支間)・(時間交通量)／(車速)で与えられ、ここで用いた条件では支間が50mのときに1となる。

各車線数の橋梁で得られた同時乗荷係数を同じNSで得られた γ_1 で除し、それとNSの関係を整理した。その結果を図3に示す。NSが1以下では、NSが増加するにしたがって同時乗荷係数も増加している、しかし、NSが1を超えると、同時乗荷係数はほぼ一様となっている。このような関係に基づき、以下の同時乗荷係数の推定式を得た。

$$\gamma = \{0.0045\log(N)-0.00006\} \cdot 50NS+0.0182N+0.9798 \qquad (NS\leq 1.0)$$

$$\gamma = (0.045N+0.9789) \cdot \gamma_1 \qquad (NS>1.0)$$

$$\gamma_1=0.275 \alpha^{0.368} \cdot \log (NS) +1.0$$

NS：1車線当たりの平均同時乗荷台数

N：車線数

α ：大型車混入率

図4に推定式より求めた同時乗荷係数とシミュレーションから求めた同時乗荷係数の関係を示す。図中の破線は誤差5%の位置を示している。いずれのデータも誤差5%の範囲内に位置している。

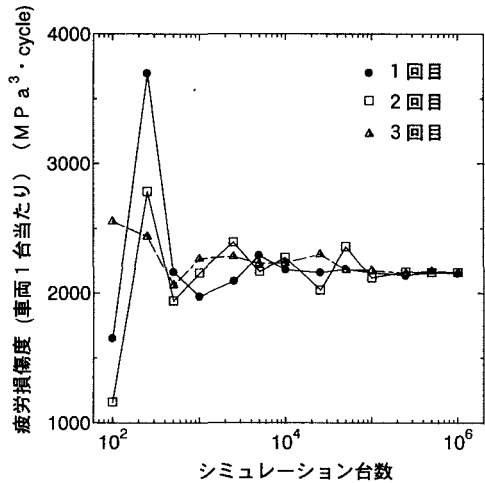


図1 通過台数と疲労損傷度の関係

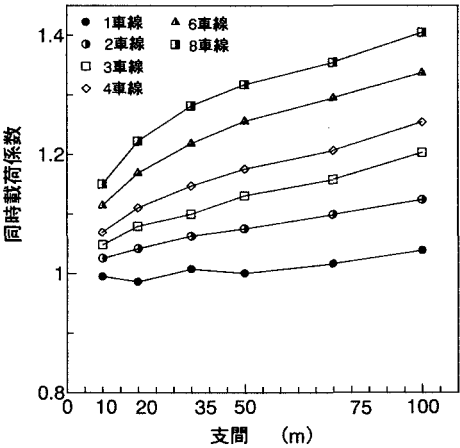


図2 同時乗荷係数と支間の関係

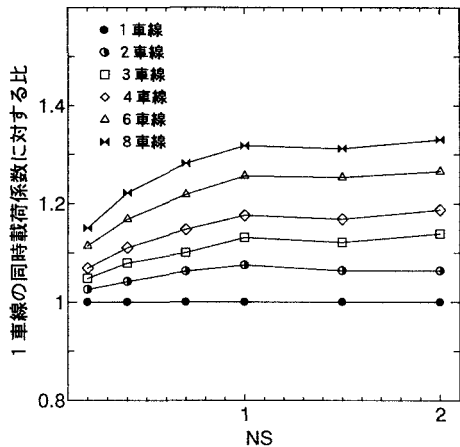


図3 1車線同時乗荷係数で無次元化した同時乗荷係数

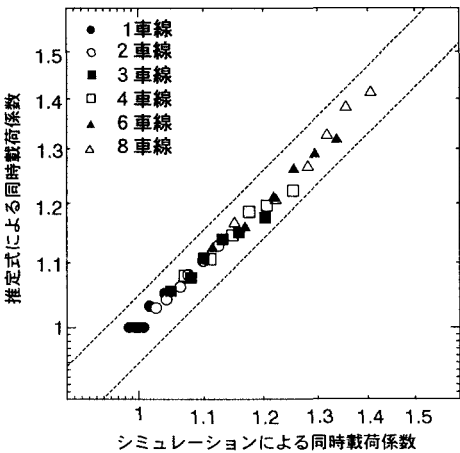


図4 シミュレーションによる同時乗荷係数と推定式による同時乗荷係数の関係