

道路橋における地震荷重との 組み合わせのための交通荷重の解析

京都大学防災研究所 正員 亀田 弘行
京都大学大学院 学生員 〇盛川 仁

1. はじめに 現行の道路橋示方書に基づく道路橋の耐震設計では活荷重は考慮されていないが、ほぼ全線にわたって高架橋が用いられており、しかも近年ますます渋滞が激しくなっている都市高速道路においては必ずしも上のような仮定が妥当であるとはいえない。そこで本研究では都市高速道路について地震時に活荷重がどのような状態になり得るかを確率論的に扱うことのできる活荷重モデルを提案する。このモデルでは発生確率が極めて低い地震との組み合わせを考えるので、荷重状態としては発生頻度の高い場合を重視する。

2. 地震時の活荷重のモデル化 本研究では渋滞時の荷重列を対象とする。荷重列を決定づける車重、車長、車間距離の3つの要素のうち車重のみを確率

表1 車種別特性値

	混入率	橋梁上の台数		重量		占有長 (車頭間隔)
		平均値	s.d.	平均値	s.d.	
大型車	非積載車	ν_{T0}	m_{T0}	μ_{T0}	σ_{T0}	d_T
	積載車	ν_{T1}	m_{T1}	μ_{T1}	σ_{T1}	
その他の車両	$1 - \nu_T$	m_0	μ_0	σ_0	γd_T	

γ : 占有長比

分布を仮定し、車種は阪神高速道路公団設計荷重委員会(HDLC)の報告¹⁾を基にしてトレーラーを除く大型車両を「大型車」、乗用車、中・小型トラック等を「その他の車両」として2分類し、さらに大型車は重量の分布モデルより「空車」、「積載車」に分類する。橋梁の地震応答に及ぼす影響では、車両の全重量だけではなく大型車の載荷台数も重要となるため、橋梁上の車両の全重量と大型車の台数の同時分布という形で与える。以上より1車線のモデルは、表1に示す記号を用いて、

$$f_{HT,2}(m_T, z) = \sum_{m_{T0}=0}^{m_T} \left\{ \frac{(m_T + m_P)!}{m_{T0}! (m_T - m_{T0})! m_P!} \cdot \nu_{T0}^{m_{T0}} \cdot \nu_{T1}^{(m_T - m_{T0})} \cdot (1 - \nu_T)^{m_P} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(z - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \dots \right\} \quad (1)$$

となる。ただし、大型車を取り除いたところにその他の車両がかわりに載荷されるものとして、

$$0 \leq m_T \leq \left[\frac{L}{d_T} \right], \quad m_P = \left[\frac{L - d_T (m_{T0} + m_{T1})}{\gamma d_T} \right]$$

ここで [] はガウスの記号である。(1)式を等価正規分布モデルと呼ぶことにする。実際の都市高速道路の大部分は多車線からなっているから、等価正規分布モデルを複数車線とするためにたたみ込み積分を用いて、

$$f_{HT,2}(m_T, z) = \sum_{m_{T2}} \int_{-\infty}^{\infty} f_{HT1,21}(m_T - m_{T2}, z - z_2) \cdot f_{HT2,22}(m_{T2}, z_2) dz_2 \dots \dots \dots (2)$$

よって2車線モデルとすることができるが、より簡略化されたモデルとして等価正規分布モデルにおいて橋梁長を車線数倍して求めた等価車線長モデルを利用することができる。

3. 本解析に用いるデータと数値計算例 図1はHDLCによって調査された重量の頻度分布から1車線道路についてモンテカルロ・シミュレーションを用いてコンピュータ内に荷重列を発生させ、5万回の試行についてその荷重列の橋梁上の部分の全重量の発生頻度と等価正規分布モデルを比較したもので、同モデルの適合性の良さがわかる。そこで等価正規分布モデルを規定する各種のパラメータを変化させて解析を行った

Hiroyuki KAMEDA, Hitoshi MORIKAWA

結果以下のようなことが明らかになった。

1) 大型車の台数を条件とする全重量の条件付分布 ○空積比によってその分布形状は大きく変化する。

○大型車の台数が同じでも橋梁長が長いほど、また橋梁長が同じでも大型車の台数が多いときほど滑らかな分布形状となる。

○大型車の混入率によっては影響を受けない。

2) 大型車の台数に関する周辺分布 ○大型車混入率が大きい程、また橋梁が長い程大型車が数多く載荷される確率が高くなる。

3) 全重量に関する周辺分布 ○大型車の混入が小さい時は大型車が0台の場合の条件付分布の影響が強いために単峰分布となる。

○大型車の混入が大きい程極大値が複数となり、さらに大型車の混入が増加すると分散が極めて大きい滑らかな分布となる。

また図2は(2)式を基にした4車線の橋梁上の車両の全重量と大型車の台数の同時分布と等価車線長モデルを比較したもので、等価車線長モデルが活荷重の傾向をよく表しているといえる。

4. 道路橋の地震応答に対する影響 以上のモデルを既往の地震応答に関する研究に当てはめた一例として、橋梁単独系に対する載荷状態の橋梁の地震応答の相対量を濃淡を用いて示した図2)に、等価車線長モデルを基にして求めた大型車両1台当りの平均重量分布の $\mu \pm \sigma$ の範囲を書き込んだ図3を挙げる。これより橋梁の載荷状態での地震応答が非常に増加する可能性があることがわかる。

5. おわりに 本研究では活荷重モデルの応用の一例を示すにとどまったが、今後車種の分類を現実に即して細分化してより広く適用できるようにしていく必要がある。

参考文献 1) 阪神高速道路公団:設計荷重(HDL)委員会報告書 第2編, 1984. 3

2) 亀田・北:載荷車両による道路橋地震応答への影響, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, 1989

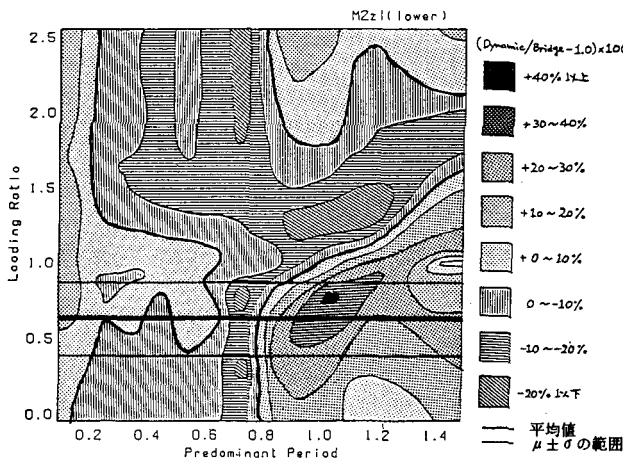
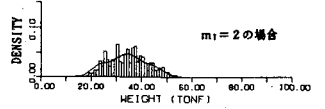
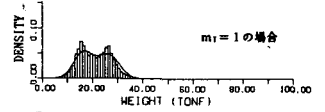
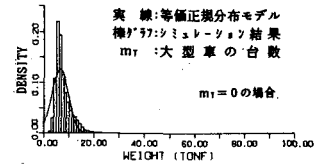
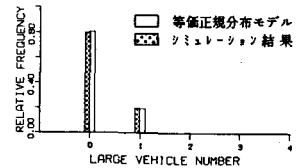


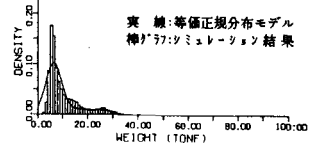
図3 バンド幅0.1の極めて狭帯域の地震動入力に対する大型車の積載率と地震応答の関係(橋梁下端曲げモーメント)



(i) 大型車の台数を条件とする全重量の条件付分布

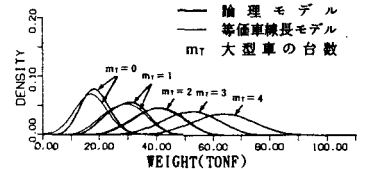


(ii) 大型車の台数に関する周辺分布

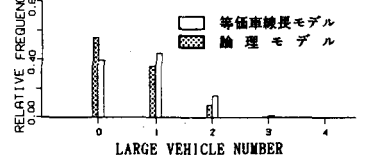


(iii) 全重量に関する周辺分布

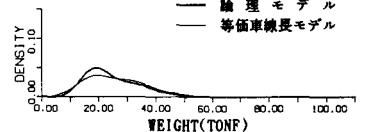
等価正規分布とシミュレーションによる解析結果との比較(橋梁長28mの場合)



(i) 大型車の台数を条件とする全重量の条件付分布



(ii) 大型車の台数に関する周辺分布



(iii) 全重量に関する周辺分布

図2 4車線の論理モデルと等価車線長モデルの比較(橋梁長15mの場合)