

実測自動車列に基づく道路橋荷重のモデル化

鳥取大学工学部 正会員 高岡宣善 鳥取大学大学院 学生員 〇山本克之
鳥取大学工学部 正会員 白木 渡 鳥取県庁 正会員 高浜耕之輔

1. まえがき 道路橋を設計するという立場では、危険状態である渋滞時を考慮すべきであることを考えれば荷重は橋軸に沿って連続分布していると見なし得る。先の報告¹⁾ではこのような渋滞時の荷重を分布不規則荷重としてモデル化して(図-1)その確率特性値をシミュレーション法によって決定し、信頼性解析を行う方法を述べた。

本報告では阪神高速道路における実測結果²⁾を用いて、渋滞時の自動車列をシミュレートする際問題となるシミュレーションパラメータ(車面や渋滞時の車列を特徴づける種々の要因)が、分布不規則荷重の確率特性値に与える影響を調べ、渋滞時

活荷重の1モデルを作成する。そして、そのモデルを高速道路における橋梁の信頼性解析へ適用した例を示す。問題とするシミュレーションパラメータとしては①車重②前後軸重比③車長④車種別混入率⑤車間距離とした。

2. シミュレーションモデルの作成 渋滞時の車列を構成する車種は乗用車、中型車類、大型車類、トレーラーの4種類に分類し、先のシミュレーションパラメータに対し、比較のために表-1に示すようなパターンA~Fを設定する。表中、確率量としたものについては実測結果²⁾に基づき、10~15階級の離散的な値をとる確率変数としてその確率分布をシミュレーションパラメータとして与える。たとえば大型車種の重量については図-2に示すような分布が観測されているのでこれを用いる。車種別混入率は、渋滞の発生率が高いラッシュ時とその他の時間帯では異なると考えられるので、1日の平均的な混入率を与えるパターンDと午前8時から9時までの観測結果に基づくパターンEとを比較する。軸重比は、車面を(図-1b)のようにモデル化し、前後の荷重強度比に対応させる。また軸重比の変化が確率特性値に与える影響を調べるために簡単に3車種によるシミュレーションを行い、表-2に示すI,II

のパターンを比較する。上記のパラメータのうち車重、車長をそれぞれ確率量としてモデル化する場合、両者の間には正の相関があることが予想されるので、独立とした場合と相関を持たせた場合とをBとCのパターンで比較することにする。

3. シミュレーションパラメータの荷重特性値への影響 パターンI,IIおよびパターンA~Fのシミュレーション結果を表-3に示す。表中 α は分布不規則荷重の相関関数を $K_R(\tau) = D_R e^{-\alpha|\tau|}$ なる指数関数にあてはめるときの減衰定数である。ここに D_R は分散である。また図-3,4はパターンI,II,Fのシミュレーションより得られる自己相関関数と、あてはめた指数曲線を示したものである。表-3のI,IIおよび図-3より軸重比の変化は、分布不規則荷重の分散の値および自己相関関数の形状に影響を与えることがわかる。車長に関してはパターンAとBの結果を比較すれば、確定量としても確率量としても得られる特性値に大差のないことがわかるが、車重との間に相関を持つものとして扱ったパターンCの結果とパターンAとBの結果を比較するとパターンCの方が荷重の分散が小さくなっていることがわかる。車間距離については、パターンBとDあるいはEとF(車間距離を確率量として扱っているが平均値は69mと大きい)を比較すればわかるように平均値お



図-1

表-1

SIMULATION PARAMETER		A	B	C	D	E	F
車種	確定量	○					
	車重と独立分布する確率量		○		○	○	○
	車重と相関を有する確率量			○			
車長	確定量 0.5m	○	○	○			
	確定量 1.5m				○	○	
混入率	乗用車		74			87	
	中型車類		17			8	
	大型車類		7			4	
	トレーラー		2			1	
車重		すべて確率量とする					
前後軸重比		乗用車 1:1 その他 1:2					

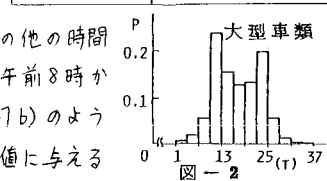


図-2

表-2 軸重比の変化

	乗用車	中型車	大型車
PATTERN I	1:1	3:7	2:8
PATTERN II	1:1	1:2	1:2

表-3

PATTERN	平均 (t/m)	分散 (t/m) ²	α_{m-1}
I	0.671	0.686	0.495
II	0.670	0.508	0.360
A	0.644	0.426	0.267
B	0.645	0.469	0.297
C	0.648	0.347	0.240
D	0.548	0.454	0.311
E	0.444	0.248	0.235
F	0.235	0.208	0.309

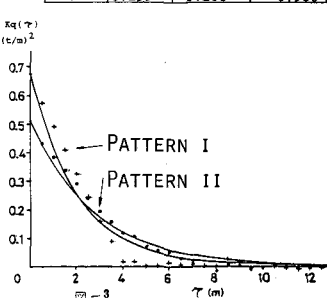


図-3

よび分散の面々に大きな影響を与えることがわかる。車種別混入率は、重量の値、バラツキがともに小さい乗用車がどの程度混入するかを規定するものであり、パターンDとEの結果を比較すれば、乗用車が1/10の割合が10%増加することにより荷重の平均値約20%、分散約45%の減少がみられる。パターンA~Eの自己相関関数は割愛したが、表-3に示す分散および ρ を特性値とする指数関数にいずれもよくあてはまる。

4. モデルの信頼性解析への適用例 先に報告したように¹⁾活荷重を分布不規則荷重とみなし、その平均、分散および自己相関関数のパラメータが与えられれば、単純スパンの道路橋に対しその橋軸方向の曲げモーメントの確率特性値およびレベル超過による破壊確率を任意のスパン長に対して解析することができる。パターンFのシミュレーションより与えられる荷重の特性値を用い、荷重の橋軸方向における変動性に着目した信頼性解析を行った結果を示せば図-5のとおりである。横軸にスパン長、たて軸に曲げモーメント

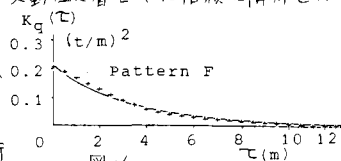


図-4

の確率特性値およびレベル超過による破壊確率を任意のスパン長に対して解析することができる。パターンFのシミュレーションより与えられる荷重の特性値を用い、荷重の橋軸方向における変動性に着目した信頼性解析を行った結果を示せば図-5のとおりである。横軸にスパン長、たて軸に曲げモーメント

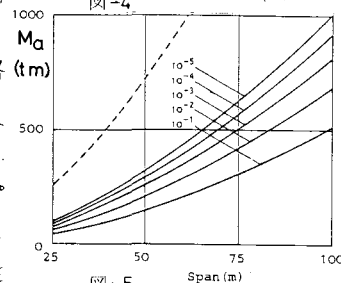


図-5

の解析法は次の2つの問題点を含んでいる。i)活荷重は時間的に変動し、道路橋上では使用中に何度も渋滞が発生する可能性があるにもかかわらずただ1度の渋滞のみを問題にしている。ii)不規則荷重曲げモーメントともに確率分布は、正規分布に従うと仮定している。そこでこれらの問題点を考慮するために、パターンFに基づくシミュレーションによって荷重作用の確率分布を調べ、さらに阪神高速道路渋滞状況表より渋滞頻度を導入し耐用期間40年を仮定して信頼性解析を行った。荷重作用の分布については橋軸方向の曲げモーメントの最大値の分布を調べた。スパン100mに対するシミュレーション結果を図-6に示す。横軸は曲げモーメント、縦軸は生起頻度であり、曲線は対数正規分布および極値I型分布をシミュレーション結果にあてはめたものである。右側のスソの部分は拡大して表している。図のように曲げモーメントの最大値は、スソを長く引く分布形状を示すので、正規分布を直接用いるのは妥当ではないと考えられる。従って比較的よくあてはまる極値I型分布を信頼性解析に用いることにする。この結果を図-7に示すが座標軸のとり方は図-5と同じである。図-5と図-7とを比較すれば、耐用期間中に何度も渋滞が発生することと荷重作用の分布形がスソを長く引くことを考慮した後者の解析の場合、同一の超過確率に対する許容レベルが大きく異なってくる事がわかる。

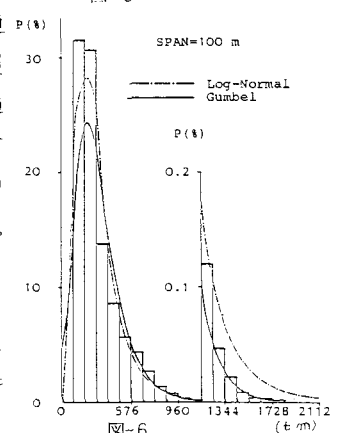


図-6

5. あとがき 種々のパラメータパターンの中で、信頼性解析に用いたものは極めて乗用車の混入率が高く車間距離も比較的大きい(平均6.9m、最大17m)パターンによって規定されるモデルである。これは高速道路において一般に言われている渋滞、すなわち生起回数を観測する際の定義による「渋滞」に対応する渋滞モデルを作成するためである。パターンFを採用した結果、信頼性解析を行う際特に問題となる荷重作用の分布形のスソの部分の評価が困難になるという問題点は残ったものの、時間軸上での活荷重の変動性を記述する一つの指標と考えられる渋滞頻度に実測結果を直接導入することができた。

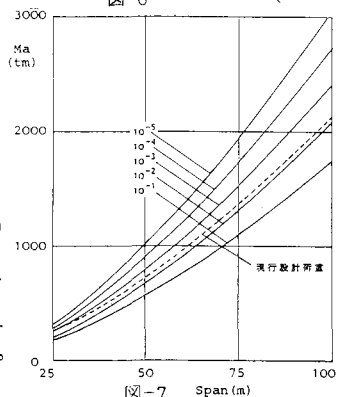


図-7

1) 松保高岡白木: 不規則関数論に基づく道路橋の信頼性解析, 土木学会36回年次学術講演会要旨集, I-320, 1981.
2) 阪神高速道路公団: 活荷重実態調査, 測定データの整理(中間報告), 1982-10。