

大阪大学大学院 学生員 神原康樹 近畿大学理工学部 正 員 前田幸雄
大阪大学工学部 正 員 松井繁之 三 井 造 船 正 員 杉本達彦

1. まえがき 道路橋の安全性評価あるいは限界状態設計という問題に対して、橋梁に作用する交通荷重の推定とモデル化は非常に重要である。一般に、自動車荷重はランダム現象であり、かつ、自動車の通行状態は道路の位置する地理的、経済的、社会的諸条件によって変動する。よって、全ての着目地点で全自動車の荷重および通行状態を把握するのは困難である。今回、自動車の車種別荷重分布特性を推定する方法を提案する目的で実施した実測結果とシミュレーションによる分析結果について報告する。

2. 実橋における測定 実交通下における交通荷重の特性を知るため、実橋梁において橋梁を1つのハカリと考え、自動車の通過による応答値、例えば、主桁のひずみを測定することによって、それを包括的に把握する方法を考えた。ただし、この方法により得られる情報の中には、自動車の重量、諸元、走行特性等が複雑に入り込んでいる。

これらの諸量の組合せが分析できると、測定諸量から目標の交通荷重の特性が抽出できるであろう。このような考え方に基づいて、以下の実橋3橋（H、T、M橋）について、・実交通下における☆主桁ひずみ頻度の測定☆目視による通行位置の観測☆交通量・混入率調査☆横桁のひずみによる軸重比測定 等の測定を行った。

H橋—重交通路線、4本主桁・鋼床版板桁橋

T橋—都市への流入幹線、6本主桁活荷重合成桁橋

M橋—地方国道、3本主桁活荷重合成桁橋

表-1 自動車諸元の変動パラメーター

No	車種	軸数	軸距(m)	軸距	軸重比		
1	乗用車	2軸	2.50	1.35	1.0:1.0		
2	小型 中型		2.75	1.45	0.7:1.0		
3			4.00	1.65	0.55:1.0		
4			4.25	1.85	1.15:1.0		
5	トラック	大型	3軸A	空	0.55:1.0		
6	大型			空	0.55:1.0		
7				空	0.55:1.0		
8	a=5.50, b=1.30		1.85	0.85:0.5:0.5			
9	a=3.25, b=1.30		1.85	0.35:0.5:0.5			
10	a=1.75, b=5.50		1.85	1.15:1.15:1.0			
		a=1.75, b=3.75	1.85	0.55:0.55:1.0			
11	トレーラー	4軸	a=3.25, b=2.75	1.85	1.05:1.05:0.5:0.5		
12	大型			空	0.35:0.55:0.5:0.5		
13				c=1.25	1.85	1.05:0.58:0.58:0.5:0.5	
14	6軸	6軸	a=3.00, b=1.30	1.85	0.35:0.35:0.35:0.5:0.5		
15			c=6.00, d=1.25	1.85	1.05:0.58:0.58:0.5:0.5		

3. 交通荷重に関するパラメーター

シミュレーション解析のインプットとして必要な自動車諸元の変動パラメーターおよび自動車の通行に関する変動パラメーターについて、著者らの実測結果、各種研究報告、自動車カタログ等から、妥当なモデル化を行った。結果は表-1、表-2のようである。

表-2 自動車通行の変動パラメーター

左側車輪 通行位置	センターラインからの距離で測り、 $\mu=0.699$ B、 $\sigma=0.085$ B の 正規分布に従う。 B:車線幅
到着時間 間隔	$t = -(1/\lambda) \text{LN}(1-Z)$ λ : 単位時間交通量 (台/hr) Z: 一様乱数 ($0 < Z < 1$)
最小車頭 間隔	$S = 5.7 + 0.14 V t + 0.0022 V t^2$ S: 最小車頭間隔 (m) V t: 平均速度 (km/hr)
最小車間	1.0 m
速 度	正規分布に従う。 平均: 自由走行時 $V t = 55 - 0.1 Q s$ Q s: 5分間交通量 渋滞時 $V t = (1000 - 0.14 Q - \text{SQRT}(-0.0306 \cdot Q^2 - 280Q + 10^6)) / 0.0044Q$ Q: 時間交通量 (台/hr) 標準偏差: $\sigma = 0.1 V t$ V t: 平均速度 (km/hr)

4. シミュレーションプログラム モデル化した交通荷重に関するパラメーターを利用して、橋梁部材の応答値の頻度分布を計算するシミュレーションプログラムを作成した。その概要は図-1に示す通りで、4つの段階から成っている。

(1) インプット 橋梁諸元（支間、幅員、車線数）、基本車種の諸元・車種別重量分布、通行位置分布、混入率、車頭間隔、速度、時間交通量、ひずみ応答着目点の影響面

(2) 自動車荷重列の作成 車線別に各車の車種、速度、発車時刻、通行位置、重量をインプットの分布曲線に従った乱数によって決定し、自動車荷重列を作成する。ただし、橋梁上での追い越しはしないものとする。

(3) 応答値の時系列の作成 作成した自動車荷重列を影響面上に走行させ、着目した主桁下フランジのひずみ応答値の時系列を計算する。これを車線数だけ繰り返し、加算して全車線の応答値時系列を作成する。

(4) 応答値頻度分布の計算 応答値のピーク値を求め、その頻度分布を計算する。

以上を満足する回数のシミュレーションを繰り返し、単位時間当りの平均頻度分布を求める。

5. 交通荷重の推定 まず、H橋に関して、車種別重量を阪神高速道路公団の実測データ（自動車1台毎に測定）をもとに表-3のように決め、シミュレーション計算を行い、実測値との比較を行った。結果の1例が図-3である。この結果は図-2の実測結果と傾向的にも一致しているとは認めがたい。特に、大きいひずみレベルの発生は見られない。ここで、インプットデータを変更しなければならない。このとき応答値に影響を与えるパラメーターの中で混入率、交通量等は実測によるものであるため変更してはならない。結局推定による車種別重量のみが変更できる変数である。

そして、大きいひずみレベルに影響するのは、大型積載車の重量であると考え、それらを表-4のように変更し、再びシミュレーション計算を行った。結果の1例を図-4に示した。再計算値は実測値との対応が向上した。他の2橋についても図-5、6に示すようにほぼ同様の結果となった。以上から、一般道における大型車の重量は高速道路のものより非常に大きいといえる。ここで示した実測応答値とシミュレーション結果との対応から、ほぼ間接的に自動車荷重分布特性の推定が可能となった。また、渋滞時や、多車線橋での応答値特性の計算が可能である。今後、さらに細かい分析、適切な分析法について研究を進めたいと考えている。

表-3 車種別重量分布

車種	分布形	平均 (t)	標準偏差 (t)
乗用車	一定	1.50	—
小型トラック	一定	3.00	—
中型トラック	対数正規	4.97	2.99
大型2軸 (空車)	正規	7.64	2.13
大型2軸 (積載車)	対数正規	14.18	2.61
大型3軸 (空車)	正規	11.51	2.11
大型3軸 (積載車)	対数正規	20.30	3.37
トレーラー (空車)	正規	13.67	2.97
トレーラー (積載車)	対数正規	25.60	10.60

表-4 変更後の大型車重量分布

車種	平均 (t)	標準偏差 (t)
大型2軸 (積載車)	22.0	8.0
大型3軸 (積載車)	37.0	11.0
トレーラー (積載車)	49.0	24.0

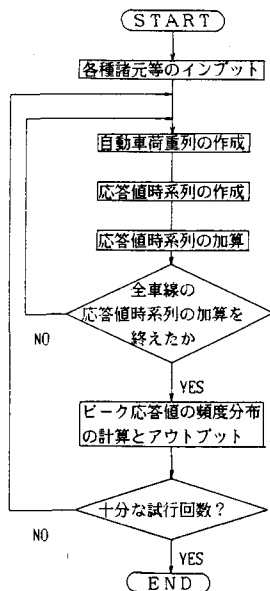


図-1 フローチャート

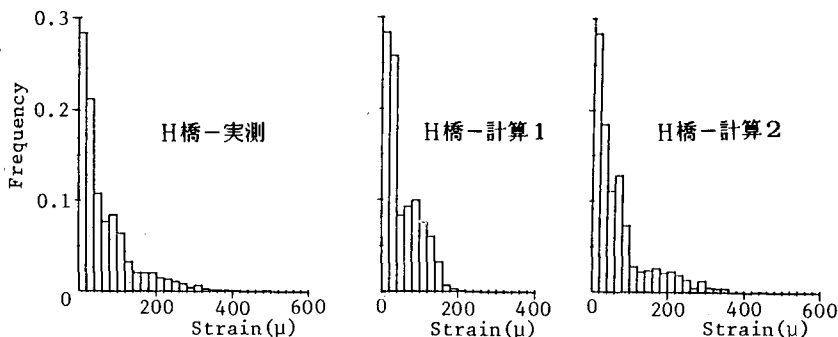


図-2 H橋のひずみ頻度 図-3 計算1の結果 図-4 計算2の結果

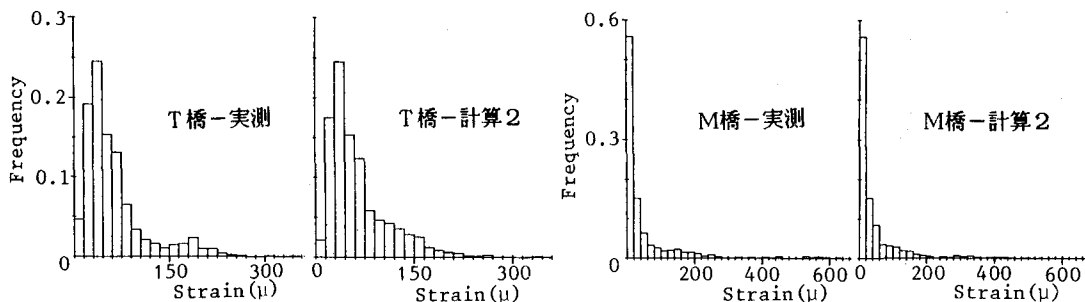


図-5 T橋のひずみ頻度結果

図-6 M橋のひずみ頻度結果