

I-167

シミュレーションによる橋梁の設計活荷重に関する研究

日立造船（株） 正員 酒井甚一郎 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 酒井鉄工（株） 正員 石崎 茂

1. まえがき・近年、自動車荷重の増大により、道路橋はかなり厳しい条件下にあると言われている。よって、構造物の安全性を評価するには、この荷重特性を明確にすることが重要となる。最近、車両軸重に関する統計データが蓄積され、かなりのデータが集められつつあるが、応答特性は構造物の平面的な諸元により変化するため、車両重量の実測値をそのまま応答特性の評価に適用するには限界がある。すなわち、支間長と自動車の連行特性、および、車線数と並走特性を考慮する必要があるためである。これを補う一つの方法として、実測データを基にした交通流を計算機によりシミュレーションする方法が挙げられる。

この方法によれば、支間長・幅員・車線数、および、単純桁・連続桁などの要因を比較することが容易であり、橋梁の安全性を適切に評価することができる。また、このような一連の研究結果を基にして、今後、限界状態設計法を提案する場合の設計活荷重を決定することも可能である。今回、基礎的研究として道路の渋滞時・自由走行時における活荷重断面力と軸重の分布などについて車間距離・橋長（車線数は2）をパラメータとして考察を加えた。対象とした橋梁は、建設省標準設計（活荷重合成桁）の外桁・内桁である。

2. シミュレーション・プログラムの概要・これまで、車両重量を集中荷重として置換し、単一の梁上を走行する移動連行荷重としてシミュレーションの試みが見られるが、この方法では断面力が過大に評価され、現実的ではない。ここでは、まず、重量を車種ごとに設定した軸重に置き換え、実際の自動車荷重列を再現させ、構造特性も考慮に入れた断面力を求めるプログラムを作成した。

2車線の場合についてこのプログラムの概要を次に示す。

- 1) 1回の渋滞長を仮定し2車線の荷重列を乱数を使用して作成する。ただし、交通流特性として自動車を13種に分類し、各々の車両寸法、重量および車間距離を乱数にて決定する。
- 2) 2車線とも渋滞の場合、まず、着目車線内の荷重列から最大値を捜し、その最大重量の自動車が、単独に載ったとき最大断面力を発生する位置に橋を移動させ、全車線の荷重を載荷して最大断面力とする。
- 3) 上記1) 2) を1年間の予想渋滞回数だけ繰り返し、断面力の極値分布を作る。
- 4) 片側車線渋滞で、残り車線が自由走行の場合には、渋滞列の最大荷重部分と、自由走行車線の最大荷重1台を同時に載せて、極大値を求める。

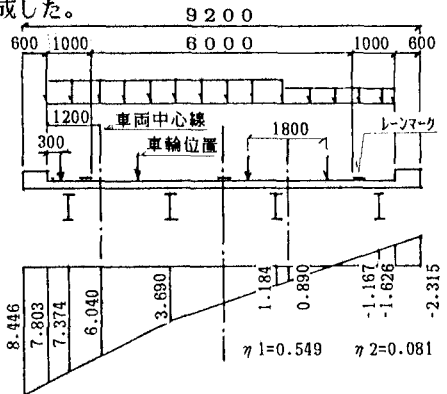


図-1 荷重分配影響線と車両走行位置 (L=44m 外桁)

今回使用した荷重の載荷位置と荷重分配影響線は図-1の通りである。また、シミュレーションに用いた車両諸元は表-1に示す。

3. 断面力の極値分布へのあてはめ・標準設計（支間長 25,30,44m）の支間中央断面に着目してシミュレーションを行ない、それらの結果を極値I型分布にあてはめた分布関数の結果を表-2に示す。これらの分布関数から50年期待値に対する断面力を求め、表-3のXmaxの欄に示す。表-3中のXmaxを渋滞-渋滞時・自由走行-渋滞時について比較すると、断面力は自由走行-渋滞時の方が大きくでている。これは衝撃係数が自由走行時のみ考慮されていることと、自由走行-渋滞時のケースでは両車線の最大軸重が並ぶためである。この結果を建設省標準設計時の活荷重断面力と比較すれば、渋滞-渋滞時では小さく、自由走行-渋滞時ではほぼ一致した結果となった。 次に、道路橋設計活荷重 (L-20) と対応させるために、道路橋示方書の線荷重 (5.0t/m) をXmaxから差し引いたXmax-Mp の値を用いて換算等分布荷重を求め、表-3のW(t/m)欄に示す。換算等分布荷重は、いずれも道示の350kg/m2を超えており、特に支間長が短い場合にはかなり厳

しい荷重が作用していると言える。

換算等分布荷重が350kg/m²に一致するのは、支間長 44m以上の橋梁と考えられる。等分布荷重は支間長に対して指数関数的に変化していた。

4. 車線間における断面力と軸重比・ここでは、各車線ごとに単純梁とみなし、LANE-1の最大軸重を含む荷重のブロックを取り出し、それぞれの車線 (LANE-1, LANE-2) における断面力と梁上の軸重和がどのような比率 (LANE-2/LANE-1) に

表-1 車両諸元一覧表

なっているかを比較検討した。

結果を表-4に示す。

渋滞-渋滞時は、断面力・軸重和共、この比は高々 43%であった。この比は、支間長が長くなればなるほど増加し 1.0に近づく。

また、自由走行-渋滞時では、軸重和は自由走行側より渋滞側が大きくなっているが、断面力は反対に小さくなっている。これは、支間長が短い場合には、渋滞側の全荷重和による静的応答よりも、自由走行時に衝撃を伴う断面力が大きくなることを示している。

表-4 断面力・軸重比 (2車線載荷時)

支間長	渋滞-渋滞		自由走行-渋滞	
	曲げ モーメント	軸重	曲げ モーメント	軸重
25m	0.186	0.285	0.862	1.102
30m	0.213	0.334	0.872	1.171
44m	0.281	0.433	0.919	1.324

表-2 単純桁断面力の確率分布関数 (50年期待値)

支間長	渋滞-渋滞		自由走行-渋滞	
	外桁	内桁	外桁	内桁
25m	$F=0.0909*(M-137.6)$	$F=0.0893*(M-176.1)$	$F=0.1333*(M-156.1)$	$F=0.0541*(M-216.1)$
30m	$F=0.0526*(M-169.6)$	$F=0.0870*(M-122.6)$	$F=0.0741*(M-186.1)$	$F=0.0256*(M-269.1)$
44m	$F=0.0385*(M-197.6)$	$F=0.0364*(M-280.6)$		

5. 車間距離の影響・以上の検討では、渋滞時車間距離の平均値を阪神高速での実測値 8.05mを用いたが、ここでは、車間距離が断面力にどのように影響するかを平均車間距離を 3.0 5.0m に変えて渋滞-渋滞時について検討した。結果を図-2に示す。

図-2に示すように、車間距離の影響は支間長が長い 44mの橋梁に対して顕著に現われているが、3ケース共に車間距離が小さくなるにつれて断面力は大きくなっている。ただし、支間長が大きくなると影響は大きくなっている。よって、設計荷重の設定には、車間距離の評価が重要な因子となると言える。

表-3 50年期待値に対する換算等分布荷重の推定

支間長		線荷重	影響係 面積	渋滞-渋滞					自由走行-渋滞					標準設計 の断面力 (t・m)
				Mp (t・m)	Xmax (t・m)	Xmax-Mp (t・m)	V (t/m2)	比	Mp (t・m)	Xmax (t・m)	Xmax-Mp (t・m)	V (t/m2)	比	
25m	外桁	5.0t/m	2.003	62.6	144.0	81.4	0.520	1.0	79.3	182.6	103.3	0.660	1.0	180.8
	内桁			1.899	59.3	106.7	47.4	0.319	1.0	75.6	160.4	85.3	0.575	1.0
30m	外桁			75.8	180.6	104.8	0.461	0.886	94.8	226.8	132.0	0.581	0.880	214.2
	内桁			1.899	71.2	129.2	58.0	0.271	0.850	89.0	193.9	104.9	0.491	0.854
44m	外桁			113.4	291.6	178.2	0.357	0.687	137.8	349.2	211.4	0.424	0.642	367.4
	内桁			1.860	102.3	212.6	110.3	0.245	0.768	124.1	296.5	172.4	0.383	0.666

6. あとがき・荷重列シミュレーション・プログラムを用いて橋梁の断面力特性が渋滞時・自由走行時にどのように変化するかを、橋長・車間距離をパラメータにして検討を加えた。その結果、支間長が短い場合には、1台の重車両で断面力が決定され、支間長が長くなるにつれ荷重列が支配的になる。また、渋滞時には車間距離の影響が顕著に現れ、設計荷重の設定には車間距離の影響を十分に考慮する必要がある。

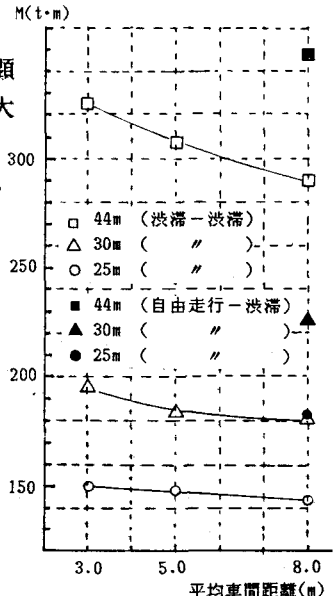


図-2 車間距離と最大断面力の関係 (渋滞-渋滞 外桁)