

I-A37

活荷重載荷シミュレーションによる四径間吊橋の設計活荷重に関する一考察

パシフィックコンサルタンツ(株)[†]

正会員 齊藤 展生*

建設省土木研究所^{††} 正会員 西川 和廣 正会員 村越 潤

*元建設省土木研究所 交流研究員（平成9年4月～9月）

1. はじめに

筆者らは、海峡横断道路プロジェクトに関連した技術的検討の一環として、四径間吊橋の設計活荷重の検討を行っている。以下、図-1 に示す四径間吊橋をモデルとした活荷重シミュレーションを行い、より合理的な設計活荷重の提案の可能性について述べるものとする。

2. 検討方法

検討は、活荷重実態調査より得られた車両重量諸元（国道357号、有明；昭和59年調査¹⁾²⁾）を用いたモンテカルロシミュレーションによる最大応答解析を実施し、現行設計荷重による応答値との比較を行うものとした。図-2 に着目した断面力と検討ケースを示す。これらの検討ケースは着目する断面力に対する影響線載荷状態を反映して設定した。

3. シミュレーション結果

(1) 断面力および主桁たわみの最大値

表-1 にシミュレーションによる断面力の最大値（以下断面力(S)）を示す。比較のために現行の設計荷重（等価し荷重）³⁾により算出した断面力（以下断面力(L)）、さらに両者の比（以下活荷重比：（断面力(S)/断面力(L)）を併記した。表-1 から、活荷重比は大型車混入率と載荷車線数、つまり載荷される荷重の絶対量に大きく影響されることが確認された。また、大型車混入率40%かつ6車線載荷状態の厳しい設定条件では活荷重比が1.0を超過したが、それ以外のケースではほぼ1.0以下であることから、等価し荷重が現実的には厳しい載荷状態を想定していることが数値的に示された。ここで、Case-6、-7 は影響線の負領域にも載荷したため、また Case-10 は影響線形状が鋭敏であるため他ケースと若干異なる傾向を示している。

Key Words: 活荷重, シミュレーション, 四径間吊橋

連絡先: † 〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5 Tel: 0423-72-0111 (大代表)

†† 〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 Tel: 0298-64-2211 (代表)

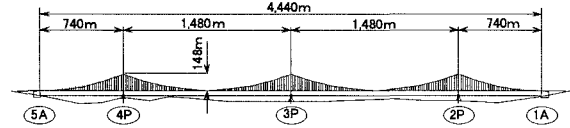


図-1 四径間吊橋の構造モデル

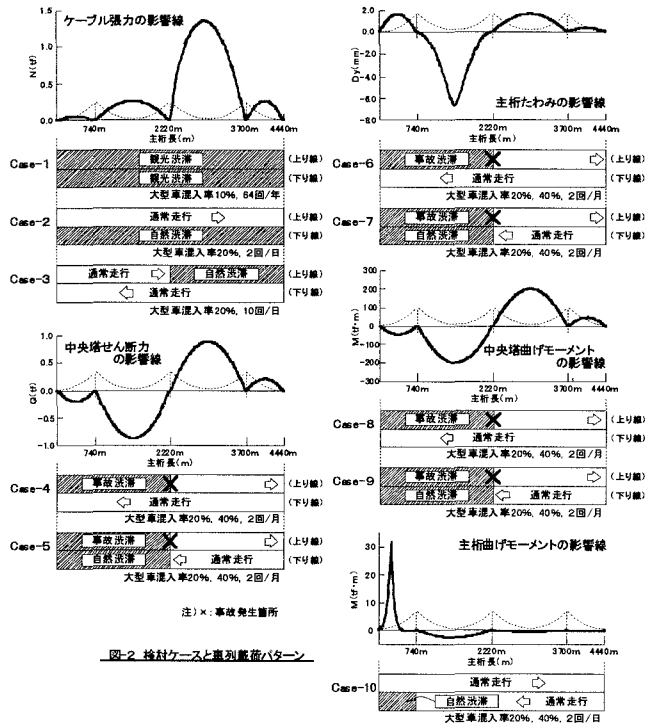


図-2 検討ケースと車列載荷パターン

表-1 シミュレーション結果一覧表

対象断面力	ケース名	載荷車線数	シミュレーション回数	断面力(L)	大型車混入率10%				大型車混入率20%				大型車混入率40%			
					断面力(S)	活荷重比	断面力(S)	活荷重比	断面力(S)	活荷重比	断面力(S)	活荷重比	断面力(S)	活荷重比	断面力(S)	活荷重比
ケーブル張力 (tf)	Case-1	6車線	24万回	6,835	5,630	0.81										
	Case-2	3車線	140万回				4,291	0.63					6,117	0.89		
	Case-3	3車線	700万回				4,090	0.60								
中央塔せん断力 (tf)	Case-4	3車線	4.6万回	3,912			2,204	0.56			3,020	0.77				
	Case-5	6車線	4.6万回				8,892	0.89			5,293	1.35				
主桁たわみ (mm)	Case-6	3車線	4.6万回	15,023	7,775	0.52			7,775	0.52	10,397	0.69				
	Case-7	6車線	4.6万回				12,998	0.87			17,834	1.19				
	Case-8	3車線	4.6万回		851,374		472,935	0.57			642,030	0.77				
中央塔曲げモーメント (tf・m)	Case-9	6車線	4.6万回	17,811			834,653	1.00			1,135,482	1.37				
	Case-10	3車線	140万回				12,444	0.70			14,109	0.79				

※ 各断面力は全橋当りの値

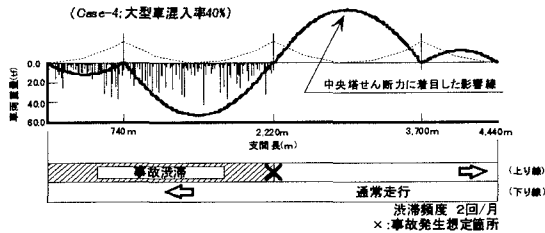


図-3 シミュレーションによる車両重量分布

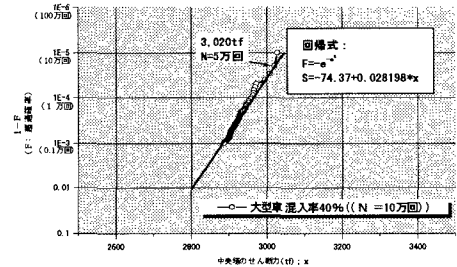


図-4 10万回シミュレーションにおける断面力分布 (Case-4)

図-3 は Case-4（大型車混入率 40%）の最大断面力時の 1 車線における車両重量分布状態を、図-4 は同ケース断面力 (S)

の上位 100 位による断面力の分布状況をプロットしたものである。図-3 から最大断面力発生時でも影響線形状に合わせて重量の大きい車両が効果的に載荷されるとは限らないことが分かる。これは検討モデルの影響線長が長い場合、必ずしも荷重が飽和状態に達していないことを示している。しかし、図-4 からはシミュレーション回数が多少増減しても結果に大きな影響がないことがわかり、設定した渋滞回数は十分な回数であると考えられる。

(2)断面力の平均値による検討

(1)で活荷重比が 1.0 を超過したケース (Case-5,-7,-9 : 6 車線載荷, 大型車混入率 40%) では平均断面力でも Case-5,-9 で活荷重比が 1.0 を超過した。よって、影響線載荷範囲に 6 車線共渋滞する場合は 1/2 の確率で等価 L 荷重による断面力を超過する載荷状態になることが分かった。

(3)中央塔のサドル部におけるケーブルの滑動

四径間吊橋の大きな特徴である中央塔サドル上のケーブルの滑りに対して、偏載の大きい影響線への載荷ケース (Case-8 ; 3 車線渋滞, 大型車混入率 40%) で求めた車両重量列を用いて安全率 F_s を求める⁴⁾と 1.69 であった。また等価 L 荷重による同値は 1.30 で両者の安全率の比率は 0.77 となり、表-1 の活荷重係数と近い値であることが分かった。(ケーブルの滑りに対する許容安全率としては一般に 2.0 が用いられている⁴⁾が、今回試算に用いた構造モデルではこれによらず小さめに設定している。)

4. 考 察

本検討で活荷重比が 1.0 を超過する 6 車線載荷ケースについては、そもそも等価 L 荷重の主載荷重載荷幅 (5.5 m) を超過していることから、当初から活荷重比が大きくなることがある程度予想された。また、車両モデルとして比較的厳しい車両重量諸元を使用したことも活荷重比を大きくする要因の一つとなったと思われる。このような上下 6 車線同時に、しかも影響線形状に合わせた状態で渋滞することは極めてまれな状態であり、本検討結果はむしろ「現実的に厳しい載荷状態を想定してもこの程度の活荷重比である」と評価すべきと考えられる。しかしながら現実的な載荷状態を定量的に評価することは実際には困難なのが実状である。従って、むしろ 6 車線渋滞のケースを許容応力度設計法での異常時 (許容応力度の割増しを考慮) と扱い、3 車線渋滞で大型車混入率 40% 程度の条件 (Case-2,-4,-6,-8,-10) を現実的な載荷状態であると評価するのが現実的を考えられ、この場合は安全側に見ても現行の等価 L 荷重に対して約 10%程度活荷重強度を低減できる可能性はあると思われる。

5. おわりに

以上、現行の活荷重を影響線載荷する方法において等価 L 荷重と実交通流の載荷状態とを比較して、現行設計法が現実的には厳しい載荷状態を想定していることを数値的に示すことができた。しかし本検討で提案した活荷重強度を 10%程度低減する可能性も、今回の載荷条件を考慮すると依然として控えめな評価であり、今後の詳細な検討により、合理的な設計活荷重の提案へ続けていくことができると考えている。

(参考文献)

- 1) 藤原・岩崎・田中：限界状態設計法における設計活荷重に関する検討，土木研究所資料第 2539 号，橋梁研究室，1988 年 1 月。
- 2) 藤原・岩崎・田中：限界状態設計法における設計活荷重に関する検討 II，土木研究所資料第 2700 号，橋梁研究室，1989 年 1 月。
- 3) 本州四国連絡橋公団：上部構造設計基準・同解説，1989 年 4 月。
- 4) 平井 敦他：鋼橋 (Ⅲ)，土木学会監修，1967 年 9 月。