

S 字形曲線斜張橋の走行車両による 応答解析と走行実験

川重・櫻田・東骨共同企業体 正員 利 守 尚 久
首都高速道路公団 正員 吉 川 博
首都高速道路公団 正員 桜 井 順

1. まえがき

S字形曲線斜張橋（首都高速葛飾江戸川線）が常に立体的に挙動し複雑な振動性状を示すこと及び斜張橋の衝撃係数が道路橋示方書において必ずしも明確に規定されていないことから衝撃係数の基礎的データとなる動的増幅率を把握するために電算を使用してのシミュレーション解析と車両走行実験を実施した。本文では解析、実験内容と結果の一部について報告する。

2. 解析・実験の目的

（1）シミュレーション解析の目的

- 動的増幅率を求め設計上の衝撃係数値を設定すること
- 本橋が曲線橋であることによる動的増幅率の特色を把握する
- 実験に対する基礎的データを得る

（2）車両走行実験の目的

- シミュレーションの結果を検証し設計衝撃係数の妥当性を確認する
- 振動性状を測定し、橋梁本体及び走行車両に対して不都合な振動の生じないことを確認する

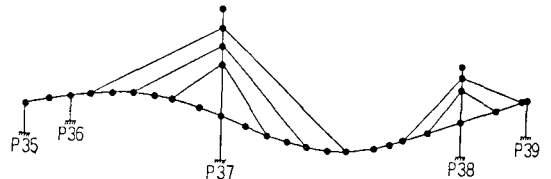


図-1 解析モデル

入力諸元	名 称	記号	諸 元 値
車両重量	バネ上重量	M_1	18.0 t
	バネ下重量	M_2	2.0 t
バネ定数	上バネ定数	K_1	683 t/m
	下バネ定数	K_2	1333 t/m
減衰定数	バネ上減衰定数	C_1	2.45 t/m/s
	バネ下減衰定数	C_2	2.94 t/m/s

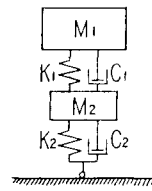


図-2 車両モデル

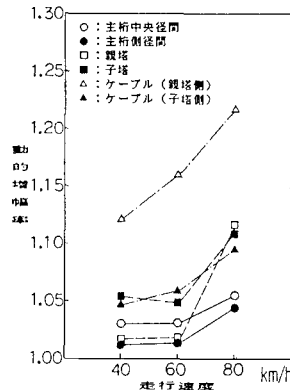
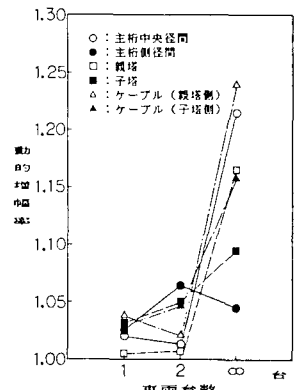
3. 多質点系立体モデルによる数値解析

（1）解析モデル及びパラメータ

走行車両による振動解析は、橋梁を多質点系の立体モデルに、走行車両を2自由度系のバネ・マスモデルに置き換えて直接積分法（ルンゲ・クッタ法）による時刻歴応答解析を行った。橋梁の解析モデルは、極力自由度を減ずるためにケーブル本数を省略したモデル（図-1）を用いた。走行車両のモデルは、道路橋示方書に規定するT-20荷重に相当する車両とした。図-2に車両モデルを示す。

走行振動解析においては、橋梁に作用する力として、車両重量による鉛直力の他に車両速度と橋梁の曲率半径により生じる遠心力を考慮している。

解析パラメータは路面凹凸、走行速度、対数減衰率、車両台数、走行車線とした。路面凹凸の最大量は、首都高速道路公団の舗装補修基準の値とほぼ同じ値とした。車両台数の中で、2台及び無

図-3-a 走行速度と動的増幅率の関係
（路面凹凸あり）図-3-b 車両台数と動的増幅率の関係
（路面凹凸なし）

限連行のケースについては、その車頭間隔を橋梁の鉛直1次固有周期の間に車両が走行する間隔（共振車頭間隔）とした。

（2）解析結果

解析結果の一部を図-3に示す。解析による動的増幅率に関する結果として①対数減衰率は0.02から0.10の間では、さほど動的増幅率に影響を及ぼしていない。

②1台走行と2台連行の場合はあまり変化がないが、無限連行の場合にはかなり大きくなっている。③走行速度と動的増幅率の関係では、路面凹凸のない場合一般的に速度の増加とともにやや大きくなっている。また、路面凹凸のある場合は、明らかに速度の増加とともに、動的増幅率が大きくなっている。④走行車線と動的増幅率の関係では北行車線の方が南行車線よりも大きくなっている。これは北行車線の方が南行車線よりもねじれ振幅が大きく現れやすい事を示している。⑤曲率による影響は面外方向、特に塔面外方向の応答に現れている。

4. 車両走行実験

（1）走行ケース及び振動センサーの配置

走行ケースは、図-4に示すように車両速度(20,40,60km/h)、車両台数(1~4台)、走行車線(北行,南行)をパラメータとして16ケースを行った。車両は20tトラックとし、連行走行の際の車頭間隔は共振車頭間隔とした。

振動センサーは、桁、塔、ケーブル、脚、支承の各主要点に配置した。

振動の計測は、主として加速度と変位とひずみについて行っており、サーボ型加速度計(21ヶ所)、サーボ型振動変位計(8ヶ所)、電気式変位計(13ヶ所)、光学式変位計(2ヶ所)、ロードセル(4ヶ所)、ひずみゲージ(8ヶ所)を用いた。

（2）実験結果

実験結果の一部を図-5に示す。①連行走行の場合、車両台数が増えると動的増幅率は減少しており、実験上、共振車頭間隔を保つことは難しいこともあり、4台程度以内の連行では1台走行の動的増幅率が最大と推定される。②どのケースとも走行速度の増加とともに動的増幅率が増加している。③車両台数が多いほど走行速度の影響がやすい。

5. 動的増幅率と衝撃係数値の比較

表-1に解析、実験による動的増幅率と設計衝撃係数の比較の一部を示す。設計時の衝撃係数は、部材設計時の活荷重最大断面力を対象にした値であり、解析、実験の載荷状態とは大きくことなるため直接的な比較は出来ないが、設計時の衝撃係数はほぼ妥当であったと考えられる。

走行ケース	走行形態	走行速度	車頭間隔(ケース)	走行形態	走行速度	車頭間隔
① ② ③	北行	20km/h 40 60	—	④ ⑤ ⑥	南行	20a 40 25a
⑦	南行	40	—	⑧	北行	40
⑨	南行	40	—	⑩	北行	40
⑪	南行	40	25a	⑫	北行	20 40 60
⑬ ⑭ ⑮	南行	20 40 60	13a 25a 38a	⑯	北行	40

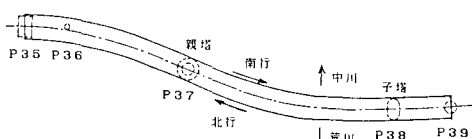


図-4 走行ケース

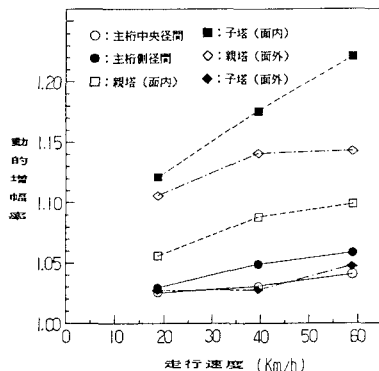


図-5-a 走行速度と動的増幅率の関係
（走行ケース①～③：1台走行）

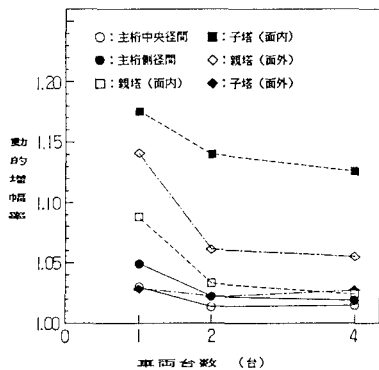


図-5-b 車両台数と動的増幅率の関係
（走行ケース②、④、⑥：連行）

表-1 動的増幅率と衝撃係数

観 測 点	解 析 値	実 験 値				設計値 ⁴²
		1台走行	無限連行	1台走行	4台連行	
主 桁	中央区間	1.019	1.215	1.041	1.029	1.074
	側区間	1.026	1.046	1.059	1.048	1.109
塔	観 塔	1.033	1.164	1.099	1.080	1.150
	子 塔	1.073	1.095	1.221	1.170	1.150
ケーブル	観塔側	1.040	1.239	1.040	1.030	1.200
	子塔側	1.023	1.162	1.080	1.030	1.200

41 解析値は、 $V=60\text{ km/h}$ 、 $\delta=0.06$ 、路面凹凸なしの場合である。

42 は衝撃係数を示す。