

I-57

佐呂間大橋の振動実験

開発土木研究所	正員	中野	修
〃	〃	金子	学
〃	〃	佐藤	京
網走開発建設部		佐藤	清

1. はじめに

佐呂間大橋は、一般国道238号、佐呂間川の河口近くに架設される全長181mの5径間連続鈑桁橋である。橋梁の位置図を図-1に示す。連続鈑桁橋は経済性や走行性の点で優れた特徴を有している反面、本橋のように橋脚が低い場合には橋脚の可撓性が小さく、上部工の変形に追従できないため、地震時の水平力をどう処理するかが設計上の重要な問題点となっている。本橋の場合、反力分散ゴム支承を採用し、水平力を各橋脚に均等に配分することによってこの問題に対処している。



写真-1 実験状況

橋梁の耐風性、耐震性を評価する場合、固有振動数、構造減衰等の構造特性についても十分に把握することが重要である。特に、新しい形式の橋梁では、設計計算の信頼性が十分に確立されてはいない。このため、対象橋梁の安全性を確認するとともに、以降の橋梁設計のための有効な基礎資料を得るという目的で、振動実験が行なわれてきた。

反力分散支承を有する橋梁については、参考となる実験事例が少ないため、本橋ではトラック走行による振動実験を行なうことによって、構造特性を明らかにすることとした(写真-1参照)。その概要について以下に報告する。

2. 実験方法

支承の挙動を調べるためには、橋に大きな振動を与える必要があるが、一般的な車両走行試験では、加振力が弱く、橋梁に十分な振動を与えられない恐れがある。そこで、路面の段差が橋梁の交通振動を引き起こすことに着目し、これを今回の振動実験の加振法に応用することとした。

An experimental study of Dynamic characteristics of Saroma Ohashi.

by Osamu NAKANO, Manabu KANEKO, Takashi SATO and Kiyoshi SATO

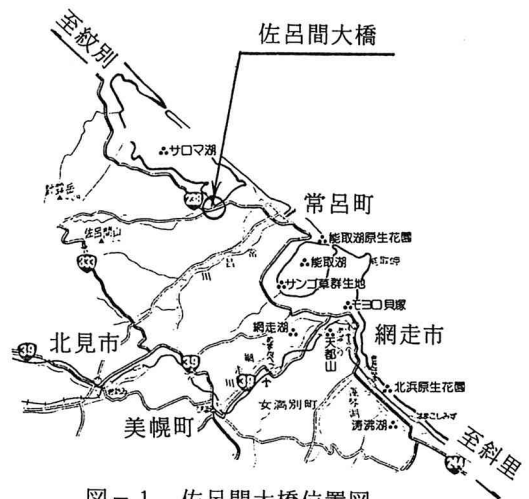


図-1 佐呂間大橋位置図

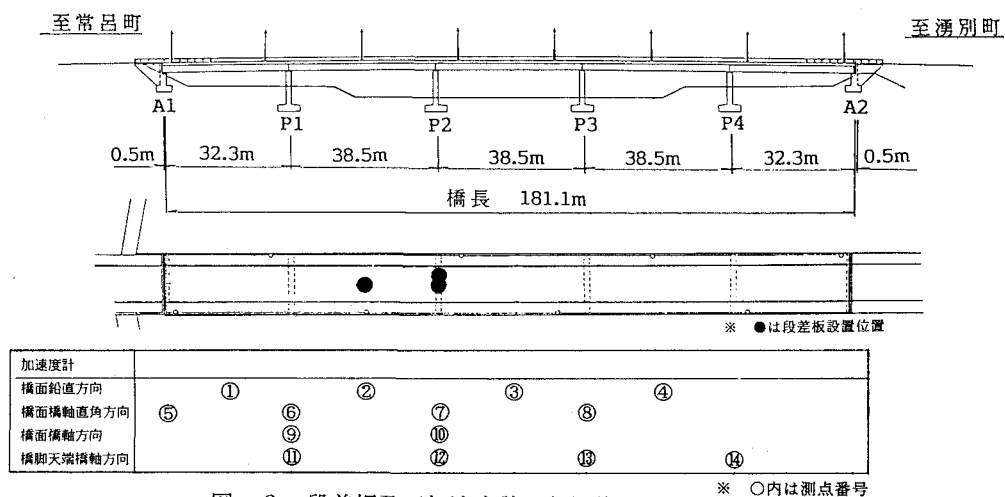


図-2 段差板及び加速度計の設置位置

橋梁の路面に高さ4cm、幅20cmの板を人工的な段差として設置し、満載状態（総重量21.2t）の3軸ダンプトラックにこの上を通過させ、通過直後に急停車させる。これは、トラック自体の荷重の他、段差走行による動的な付加荷重と急停車による衝撃荷重を加振力として利用しようというものである。なお、実験時のトラックの走行速度は5km/hとした。これは、実験に先立ってトラックの通過速度を段階的に変化させる予備実験を行ない、最も橋梁の振動が発達した速度を採用したものである。

また、水平及び鉛直方向の多様な振動モードを発生させるため、段差板の設置位置は3箇所設定し、それぞれの設置位置で試験を3回ずつ行なった。段差板の位置を図-2に示す。

3. 計測及び解析方法

橋梁各部の応答振動は、サーボ型の加速度計を用いて計測した。振動モードをとらえるため、加速度計は橋面鉛直方向4点、橋面橋軸直角方向4点、橋面橋軸方向2点、橋脚天端橋軸方向4点の合計14点に配置した（図-2参照）。

加速度計によって測定したデータは、アナログデータレコーダーに収録し、A-D変換の上、パソコンを用いて解析した。

データの中にはいくつかの周波数成分が重なって現われている。

このため、解析ではまず時刻歴のデータをスペクトル解析して橋の固有振動数を調査した。次に、着目する固有振動数の成分のみを取り出して再び時刻歴のデータに逆変換し、振動モード形状と構造減衰を求めた。また、加速度値を積分して応答変位量を求めた。

これらの実験結果を設計時に行なった地震応答解析の結果と対比することによって設計条件の妥当性を検証する。また、反力分散支承の効果については、橋面上と橋脚天端での応答値の違いによって評価することとした。

4. 橋面の鉛直振動について

実験時の橋面で測定した鉛直振動の例を図-3に示す。この例の波形は段差板に最も近い測点のものである。従って応答値は本実験

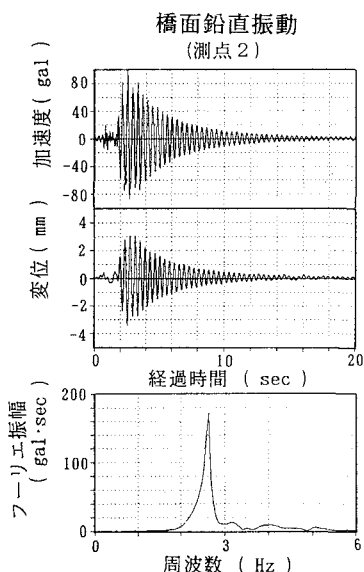


図-3 振動波形の例

中最大となっている。

加速度波形のグラフで、トラックは経過時間約1秒の時点で停止しているが、トラックの走行中には車両の高周波振動が見られ、停止後に橋の自由振動モードに移行していることがわかる。応答値は、加速度で最大100ガル、変位で約7mmと起振機を用いた振動実験と同様の十分に大きい振動が得られていた。

フーリエスペクトル図で見ると、応答波形は2.8Hzの周波数成分が卓越し、他の周波数成分を殆ど含まない正弦波に近い振動形状となっていることがわかった。

5. 固有振動数と振動モードについて

スペクトル解析の結果、固有振動数2.8Hzの振動モード（橋軸方向3次）が卓越していることがわかった。さらに、応答の小さいモードについても解析を試みた。この結果得られた各モードの固有振動数を、計算値とともに表-1に示す。また、振動モード形状について図-4に示す。

固有振動数はほとんどのモードで解析値の方が実際よりも低い値を示していた。解析では舗装、地覆、高欄等の剛性を無視しているため、こうした傾向を示すものと考えられる。また、振動モード形状については低次のモードで特に良好に一致していた。これらのことから、設計時点で行なった地震応答解析がほぼ妥当であることがわかった。

6. 反力分散支承の効果について

トラック走行時に発生する上部工の振動と、ゴム支承を介して下部工に伝達される振動の違いについて見るため、同一の橋脚上の橋面と橋脚の測点での応答を対比して図-5に示す。このときの段差板の設置位置はP2橋脚直上の点である。

P2橋脚部について見ると、橋面上では応答加速度が最大6galであるのに対して、橋脚上では最大2galと大幅に減少していた。また、振動に含まれる周波数成分に大きな違いは見られないものの、全ての周波数範囲で応答値が減少していた。

隣接する橋脚（P1）では、応答がやや小さいものの他にはP2橋脚と大きな違いは見られず、上部工からの振動は各橋脚にほぼ均等に分散されている模様であった。

7. 構造減衰について

最も応答の大きかった橋軸方向3次モードで、橋桁の鉛直振動の構造減衰を求めた（図-6参照）。本橋の場合、この振動モードが支配的であるため、減衰は振幅にかかわらずほぼ一定となっており、構造減衰の実測値は約0.09であった。この値は道路橋耐風設計便覧¹⁾の鉸桁橋の構造減衰の推定式（ $\delta = 0.75 / L^{1/2}$ ）で計算した値（0.12）とほぼ近く、鉸桁橋として一般的なものであった。

表-1 固有振動数について

振動方向	振動次数	振動実験	計算値
橋軸方向	1次	1.15	0.87
	2次		2.09
	3次	2.78	2.26
	4次	3.10	2.36
橋軸直角方向	1次	1.56	1.90
	2次	3.10	2.36

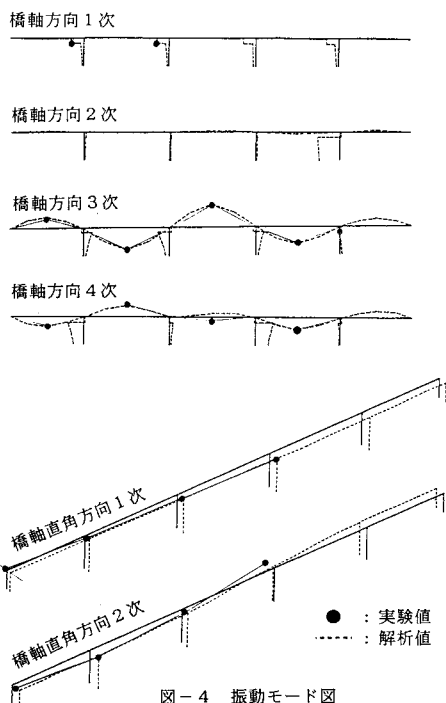


図-4 振動モード図

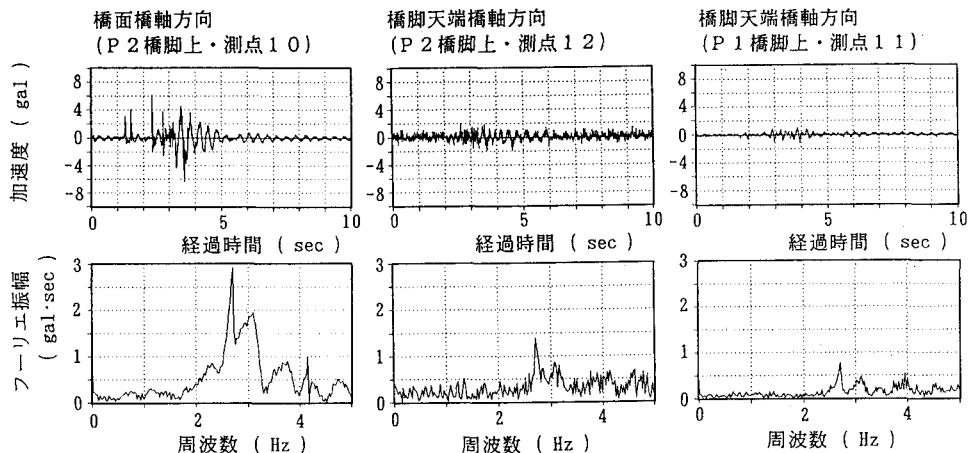


図-5 橋面と橋脚上の応答の違い

橋梁の耐震性を評価する場合に用いる減衰定数は、耐風の場合と比べて一般に大きい値（2～5％）をとるが²⁾、今回の実験よりもはるかに大きい振幅域を想定した値であるため、単純に比較することはできない。

本実験の振幅は、地震時と比べ小さく、減衰定数の耐震の評価は行なえなかった。こうした評価が必要な場合には、強震観測によって直接的に減衰を調査するのが最も有効な方法と言えよう。

8. まとめ

今回の実験により以下の事柄が明らかとなった。

① トラックを橋梁上で段差走行させることによって、約7mmの大振幅で橋梁を加振できた。起振機実験によらず、簡易に大振幅を得たい場合に有効な加振方法である。

② 固有振動数は地震応答解析での計算値が実測値よりやや低くなっていたものの、計算上の仮定による違いと考えられ、対応はほぼ良好であった。また、固有振動モードは計算値と実測値とで良好に一致しており、本橋の耐震設計の妥当性が検証できた。

③ 橋面上の振動に対して橋脚上の振動は非常に小さい。さらに隣接する橋脚でも振動はほぼ同様であり、反力分散支承の効果が認められた。

④ 上部構造の構造減衰は鉸桁橋として一般的な値を示していた。

ただし、減衰定数の耐震の評価を行なうには本実験の振幅は小さく、この目的のためには強震観測が最も有効な手法であろう。

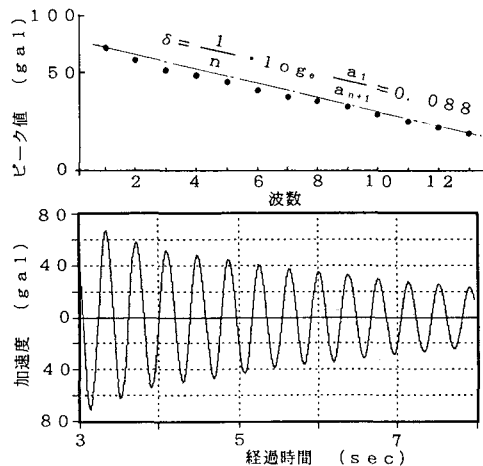


図-6 構造減衰（P2・橋面鉛直振動）

<参考文献>

- 1) 日本道路協会；道路橋耐風設計便覧，平成2年12月
- 2) 建設省土木研究所耐震研究室；斜張橋の耐震性に関する研究（その1），土木研究所資料第2388号，

昭和61年6月