

神戸大学 正員 西村 昭, 宮本 文徳
兵庫県 春名 真義
神戸大学 学生員 堀 浩之

1. まえがき 橋梁の損傷度評価の客観的・定量的アプローチとして、振動特性の変化を損傷程度と対応させる手法が広く応用されている。今回、兵庫県下にある桜橋の架け替えの機会に、RCT 桁についての、破壊実験とともに各載荷段階毎に重錘落下による振動実験を実施した。本研究では、測定結果の解析に、現在、動的データの解析に広く用いられているモーダル解析¹⁾を適用して、RCT 桁の破壊過程における振動特性(固有振動数・振幅・減衰定数・位相差)の変化を明らかにし、同時に、モーダル解析の実橋損傷度評価への適用性の検討を試みた。

2. 実験の内容及びモーダル解析の概要 実験の対象とした桜橋は、図-1に示すような5本のRCT 桁から成る単純桁橋で、昭和8年に架設され、昭和43年に拡幅されている。支間は、10.9mである。橋の上流側から3本目の桁(C桁)と4本目の桁(D桁)を縁切りして独立させ、RCT 桁単独の振動実験を行った。実験は、C, Dそれぞれの桁について静的載荷により段階的に破壊を進行させて行き、各段階(以下STEPと呼ぶ)ごとに振動実験を実施した(表-1参照)。また衝撃位置は桁のL/2点とし、300kgfの重錘を高さ30cmから各STEPごとに5回ずつ落下させ、重錘に取り付けた加速度計より入力加速度を、桁のL/4・L/2・3L/4の3点に取り付けた加速度計により応答加速度を測定し(図-2参照)、データレコーダに記録した。

今回の実験で得られたデータの解析に適用したモーダル解析は、衝撃とそれに対する応答との間の伝達関数を導き、それを利用して、モーダルパラメータとしての固有振動数・振幅・減衰定数・位相等の振動特性を求めることができる。また、振動形をアニメーション化できるため、振動次数の判定にも有効である。

3. 解析結果と考察 本研究で対象とした振動次数は対称1次と対称2次(3次)である。以下に各振動特性についての解析結果を述べ、考察を加えてみる。

1) 固有振動数

図-3に、破壊過程における、固有振動数の変化を、荷重～たわみ曲線により得られる桁のばね定数 k [t/mm]の変化と対応させて示す。図-3(a)より、対称1, 2次とも固有振動数は、D桁の方が大きく、損傷程度が小さかったことがわかる。また、図-3(b)は、これらの関係を変化率(低下率)で表したものであるが、ばね定数(損傷程度)の変化率に伴う固有振動数の変化率には変化が無いことが分かる。さらに、C, D桁ともSTEP 4までは両者の間にほぼ線形関係がみられるが、STEP 5からは固有振動数の変化率が著しく大きくなっており、固有振動数の変化とばね定数の変化の間の理論値とほぼ同様の傾向を示している。

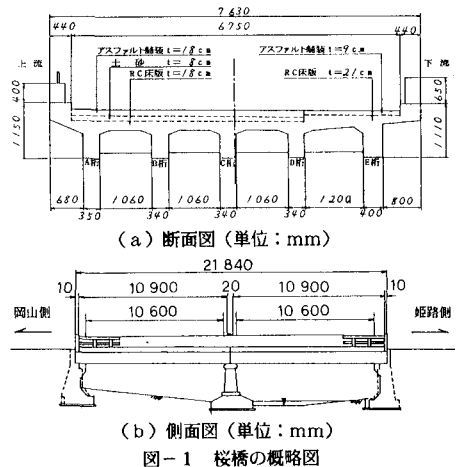


図-1 桜橋の概略図

表-1 振動実験と静的載荷実験との関連

桁	STEP	実験の内容
C	1	静的載荷前に振動実験
	2	16 t 載荷後除荷→振動実験
	3	26 t 載荷後除荷→振動実験
	4	36 t 載荷後除荷→振動実験
	5	36 t 載荷(破壊)後除荷→振動実験
D	1	静的載荷前に振動実験
	2	20 t 載荷後除荷→振動実験
	3	34 t 載荷後除荷→振動実験
	4	40 t 載荷後除荷→振動実験
	5	38 t 載荷(破壊)後除荷→振動実験

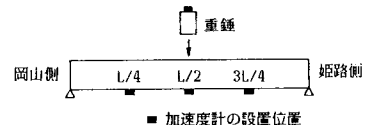


図-2 加速度計の設置位置

2) 振幅（振動形）

図-4に、破壊前（STEP 1）と破壊後（STEP 2）の、L/2点の振幅を1.0とした1次の振動形を示す。図より、C桁においては、載荷前から、岡山側L/4点に著しい損傷が発生していたことがわかる。また、破壊後の図では、さらにL/4点の振幅比が増加しており、この点で局部的な破壊が生じたとも推測される。それに対し、D桁では、破壊前後で振動形にあまり変化は見られなかった。しかし、C桁程ではないが、岡山側L/4点に卓越した損傷が発生していたと推定できる。このように、振幅（振動形）は、卓越した損傷位置の判定に有効ではないかと思われる。

3) 減衰定数

破壊過程での、減衰定数の変化を図-5に示す。これより、各次数ともD桁に比べC桁では初期段階より減衰定数に増加傾向が見られる。減衰定数は損傷がある程度進行した状態から変化するのにより、C桁の方が初期の損傷が大きかったことが分かる。しかし、データのばらつきが大きく、固有振動数のような損傷に対する敏感さには幾分乏しい。

4) 位相差

図-6に、一例として、対称1次振動におけるL/2点を基準とするL/4点及び3L/4点の位相差の変化を示す。減衰定数同様、解析結果にはややばらつきは見られるものの、D桁の方が、位相差は遅れて変化しており、これからC桁の方がより損傷が大きかったことが分かる。破壊後（STEP 5）の位相差は、載荷前（STEP 1）の値の3～4倍になっている。

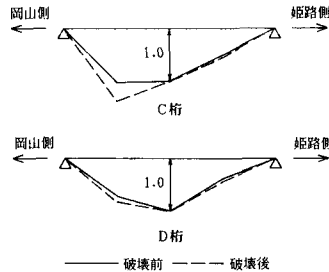
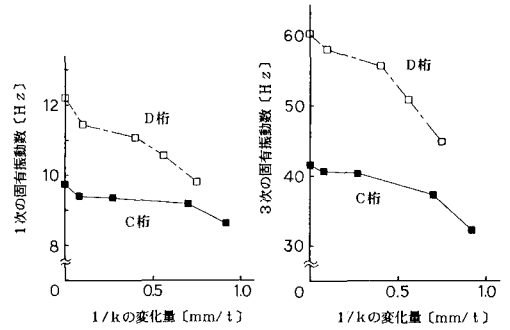


図-4 破壊前後の振幅の変化

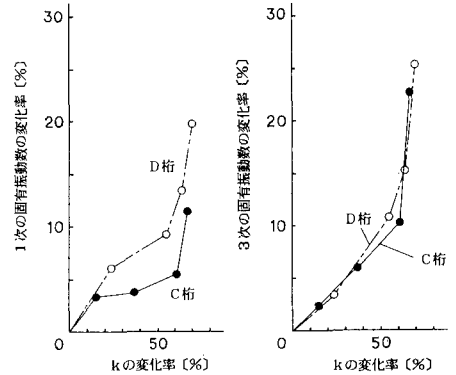
4. まとめ

以上のように、モーダルパラメータはR C T桁の破壊過程における損傷程度の変化とよく対応したものとなっており、橋梁診断を行う際に信頼性の高い動的特性値となりうることが分かった。今後さらに実験や解析を積み重ねて行けば、今回適用したモーダル解析は、実橋レベルでのデータの解析に十分有効であると考えられる。

参考文献) 1) 西村 他：橋梁の損傷評価へのモーダル解析の適用に関する研究，第16回日本道路会議特定論文集，1985.10



(a)



(b)

図-3 破壊過程における固有振動数の変化

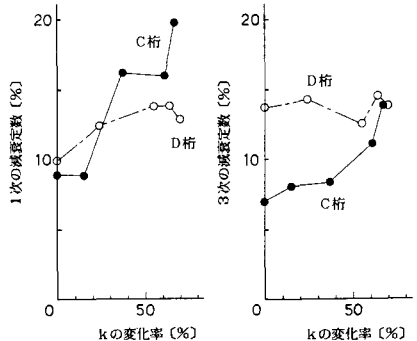


図-5 破壊過程における減衰定数の変化

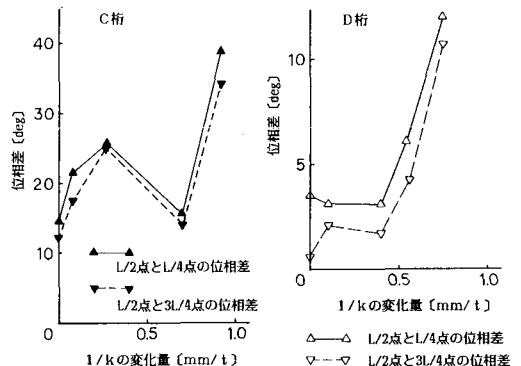


図-6 破壊過程における位相差の変化