

神戸大学 正会員 西村 昭
 神戸大学 正会員 宮本文穂
 清水建設㈱ 正会員 ○新宅正道

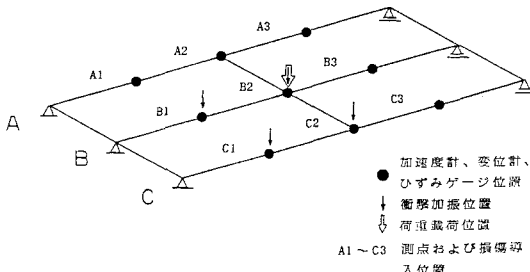
1. まえがき 既存橋梁を適切に維持管理して行くためには、何よりもまず既存橋梁の現状を的確に把握する必要がある。本研究では橋梁の上部工に注目し、モデル計算及び模型実験によるデータに基づき、損傷と力学的挙動の変化との関係を定量的にとらえ、その結果を利用して、既存橋梁の状態を定量的・客観的に把握する一手法を検討する事を目的とする。

2. モデル計算の概要 本研究においては、評価法開発の初期段階であり、図1に示す様な、最も単純な3主桁及び3横桁を基本とした単純支持桁橋を対象とした。また、導入する損傷についても、表1に示す様に損傷位置・導入方法を仮定した。以上の仮定に基づき、各種モデル計算を行い、損傷と力学的挙動（固有振動数・振幅・ひずみ）の変化との関係を解明する。なお、ひずみの計算には、二次元骨組構造解析プログラムICEP/FRAN（日本電気(株)）を使用し、固有振動数・振幅は、集中質量モデルによるねじり剛性を有する格子桁として伝達マトリックス法により解析を行った¹⁾。

3. 結果及び考察 まず、固有振動数については、外桁のL/4点（損傷位置A1）において損傷が進行した場合の振動数の変化の様子を図2に示す。これより次のことが明らかとなった。①各次の振動数はそれぞれ異なった変化を示し、損傷位置が振動モードの腹になるか節になるかで振動数の変化の程度は異なる。②損傷程度が比較的小さい場合であれば、損傷程度と振動数の変化率との間には、ほぼ線形関係が成立する。

さらに、複数の損傷を同時に導入した場合には、振動数の変化率の重ね合わせが可能であることも明らかとなった。

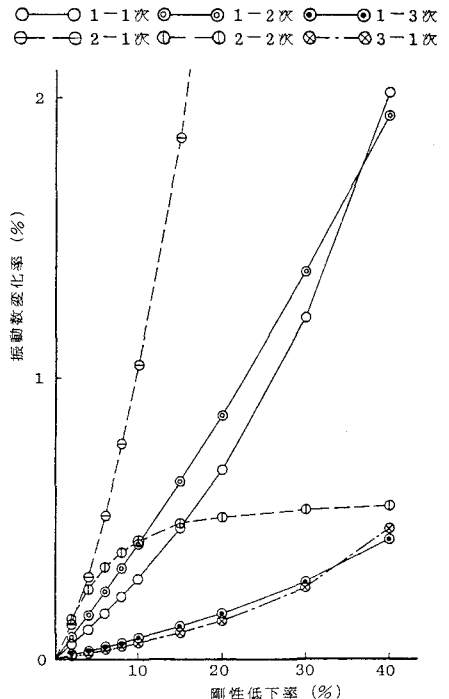
次に振幅については、各損傷位置（A1～C3）において、損傷が進行した場合の測点A1における振幅の増減を図3に示す。なお、今回は、1-1次の振動モードのみを対象とし、測点B2における振幅を1000とした基準振動形として扱っている。図3より次のことが明らかとなった。①損傷位置により、各測点における振幅の増減の様子は異なる。②中桁に損傷を導入し



図一 1 荷重位置、測点及び損傷導入位置

表一 1 損傷の導入方法と種類

損 傷 位 置	導 入 方 法	損 傷 の 種 類
主 桁 支間中央(L/2) (A2, B2, C2)	L/2点の断面2次 モーメントの減少。	部材集合点における腐食。溶接部の 割れ。曲げひびわれ。
横 桁 支間L/4点(A1, A3, B1, B3, C1, C3)	L/4点の断面2次 モーメントの減少。	部材集合点、継手部の腐食。溶接部 の割れ。ボルトの損傷。ひびわれ。



図二 2 損傷の進行に伴う固有振動数の変化

ても外桁の振幅には影響を及ぼさない。③損傷程度が比較的小さい場合、各損傷位置における損傷程度と各測点における振幅の増減との間には、ほぼ線形関係が成立する。

さらに、複数の損傷を同時に導入した場合には、各測点における振幅の増減は重ね合わせが可能であることも明らかとなった。

また、ひずみは損傷の発生した位置においてのみ敏感に変化し、損傷程度にほぼ比例することがわかった。

4. 評価法 3. で得た、損傷程度と各力学的挙動の変化との関係を線形回帰し、また、振動数と振幅については重ね合わせが成立することを考え合わせると、振動数・振幅・ひずみのそれぞれについて、評価式(1),(2),(3) が得られる。それぞれの式に、各力学的挙動の変化を代入し、System Identification 手法を応用して繰り返し計算により損傷位置と程度を推定する事が可能となる。なお、各記号の説明を表2に示す。

5. 模型実験による評価法の検証 4. で得た評価法を検証する目的で模型実験を行った。損傷は主桁の下フランジの断面をあらかじめ削除したH型钢を用意しておき、逐次主桁を取り替えることで導入した。動的試験は図1に示すように9測点に加速度計を設け、4箇所

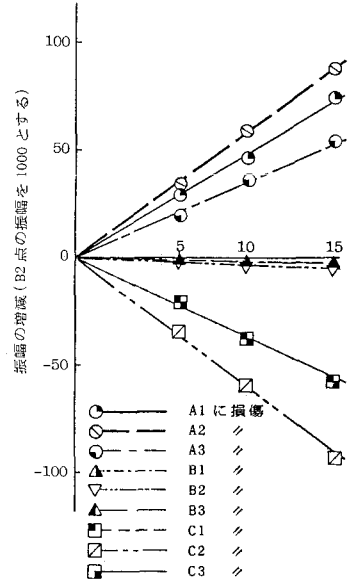


図-3 損傷の進行に伴う振幅の変化

に単一衝撃加振を行った時の応答加速度を記録し、モーダル解析²⁾によりデータの解析を行った。また、ひずみは、中桁中央に静的荷重を載荷し、9測点において測定した。実験により得られた各力学的挙動の変化を4. で得た評価式に代入した評価結果を表3に示す。これより各力学的挙動による結果を総合的に考え併せれば、ほぼ妥当な評価が可能である事が明らかである。

6. あとがき 今回求めた評価法は従来行われてきた目視点検による情報に、各種載荷試験により得られる結果を最大限効果的に加え、総合的損傷度評価法を行って行くための一手法と成り得るものと思われる。しかし、種々の理想化等も含まれており、必ずしも実用に即応

できるとは限らないが、今後、実橋レベルの研究を蓄積して行く上で有効な資料と成り得るものと考えられる。

参考文献 1)加賀山：橋梁の損傷評価における力学的挙動の有効性に関する研究、神大修士論文1985.2

2)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回日本道路会議論文集、1985.10

$$\begin{bmatrix} 0.46 & 0.76 & 0.48 & 0.78 \\ 0.51 & 0.77 & 0.00 & 0.00 \\ 0.53 & 0.02 & 1.00 & 0.03 \\ 0.06 & 0.07 & 0.68 & 1.00 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DI \\ DII \\ DI \\ DIV \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16.09\Delta f_{1-1} \\ 12.57\Delta f_{1-2} \\ 74.00\Delta f_{1-3} \\ 8.07\Delta f_{3-1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta m A1 \\ \Delta m A2 \\ \Delta m A3 \\ \Delta m C1 \\ \Delta m C2 \\ \Delta m C3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.6 & 5.7 & 3.5 & -3.7 & -5.6 & -3.7 \\ 5.4 & 8.9 & 5.4 & -5.1 & -8.4 & -5.1 \\ 3.5 & 5.7 & 4.6 & -3.7 & -5.6 & -3.7 \\ -3.7 & -5.6 & -3.7 & 4.6 & 5.7 & 3.5 \\ -5.1 & -8.4 & -5.1 & 5.4 & 8.9 & 5.4 \\ -3.7 & -5.6 & -3.7 & 3.5 & 5.7 & 4.6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DA1 \\ DA2 \\ DA3 \\ DC1 \\ DC2 \\ DC3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} DA1 &= 2.1 \Delta s A1 \\ DA2 &= 1.1 \Delta s A2 \\ DB1 &= 1.4 \Delta s B1 \\ DB2 &= 0.7 \Delta s B2 \end{aligned} \quad (3)$$

表-2 記号の説明

A1 ~ C3	損傷位置、測点	DI	DA1+DA3+DC1+DC3
DA1 ~ DC3	A1 ~ C3 における剛性低下率(%)	DII	DA2+DC2
Δf_{I-J}	I-J 次の振動数の変化率(%)	DIII	DB1+DB3
Δm_K	測点 K における振幅の増減量	DIV	DB2
Δd_L	測点 L におけるたわみの増減量(mm)		
Δs_M	測点 M におけるひずみの増減量(μ)		

表-3 力学的挙動の変化に基づく評価結果

損傷位置(程度%)	DI				DII		DIII		DIV
	A1	A3	C1	C3	A2	C2	B1	B3	B2
A1(10)	10				0		0		0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	12.3				1.6		0.0		0.0
	13.5	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A2(10)	10				10		0		0
	10	0	0	0	10	0	0	0	0
	18.8				20.4		0.0		0.0
	7.6	1.9	0.0	0.0	6.0	2.0	0.0	0.0	0.0
A3(10)	10				10		0		0
	8.4	2.7	-0.4	0.6	10.2	0.3	3.4	0.6	0.0