

### 3次元衝撃応答解析を用いた補修前九年橋の動的挙動特性の検討

岩手大学大学院工学研究科 学生員 ○菊池 敏文  
 岩手大学理工学部 正会員 大西 弘志 出戸 秀明  
 (株)昭和土木設計 正会員 岩崎 正二  
 (株)長大 正会員 陳 錚

#### 1. まえがき

既設橋梁の新規更新は難しく既設橋梁群の長寿命化を目指した維持管理を行うための調査手法の確立が必要である。それらの調査手法の中に、橋梁床版への重錘衝撃振動試験がある。本研究では3次元FEMによる衝撃応答解析により大規模改修前の北上市九年橋の重錘衝撃試験を再現する。それらの解析結果と衝撃振動試験結果を比較検討することで、九年橋のRC床版や桁部がどの程度剛性低下しているか固有振動数や固有振動モードの変化から明らかにする。

#### 2. 対象橋梁と3次元FEM解析の概要

対象橋梁である岩手県北上市の和賀川に架かる九年橋は、大規模改修前、橋長334.000mの17連単純鋼桁橋であった。（現在改修後には連続鋼桁橋となっている。）そのうち北側8径間は支間長21.500mの単純4主桁橋、南側9径間は支間長16.800mの単純2主桁橋である。衝撃振動試験および3次元FEM解析は南側9径間単純2主桁橋の第8径間を対象としている。

本論文では3次元FEM解析ツールANSYSを用いて実橋で実施した重錘衝撃振動試験を再現した。上部工の動的挙動特性を明らかにするため、図-1に示すように橋脚を考慮しない単径間モデルを作成した。主桁、横桁にShell要素、対傾構、横構にBeam要素、床版にSolid要素を用いて3次元FEMモデルを作成した。総節点数は78301、総要素数は66923である。支承条件は可動支点の拘束を考慮してピン-ピンでモデル化している。本研究では、健全状態と劣化状態を想定した上部工モデルについてそれぞれヤング係数比を変化させた場合の衝撃応答解析、モーダル解析を行った。ここで床版の初期時、劣化時それぞれのヤング係数をE0、E1とし、このヤング係数比をE1/E0とする。またRC床版と鋼桁の初期状態でのヤング係数をそれぞれ $E_c=26800\text{N/mm}^2$ 、 $E_s=200000\text{N/mm}^2$ とする。重錘衝撃試験の衝撃力には集中荷重のsin関数を採用し、この関数の最大値を50KN、継続時間を0.03secとした。

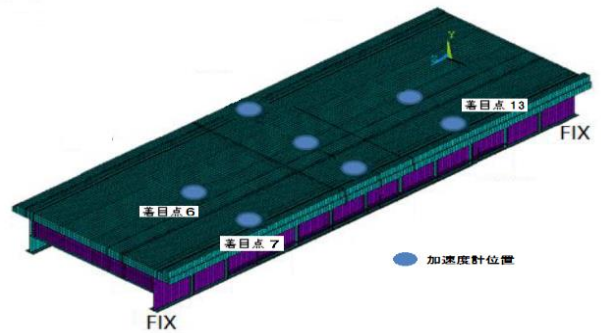


図-1 対象橋梁のFEM解析モデルと着目点

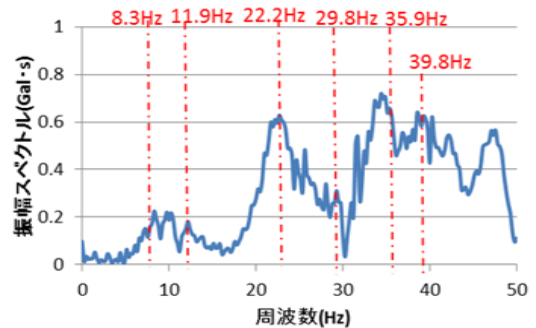


図-2 着目点7における実測振幅スペクトル

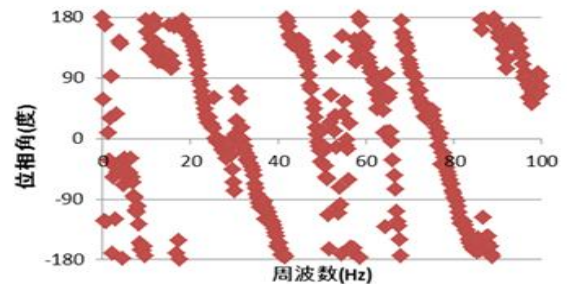


図-3 着目点7における実測位相差スペクトル

キーワード：衝撃応答解析 3次元FEM 健全度評価

連絡先：t2516005@iwate-u.ac.jp

### 3. 衝撃振動試験の概要

本研究では、対象橋梁の上部工 RC 床版に対し 40kgf の重錘を 50cm の高さから落下させる重錘落下試験を行い、落下時の上部工床版上の各計測点における応答加速度を計測した。時刻 0.001 秒の応答加速度データを 4096 個サンプリングして FFT (Fast Fourier Transform)方式により振幅スペクトルを算出し、この振幅スペクトルの卓越周期と位相差から構造物の固有振動数を求めた。図-2, 3 はそれぞれ図-1 の着目点 6 に重錘を落とした場合の、着目点 7 での振幅スペクトルと位相差スペクトルの結果である。

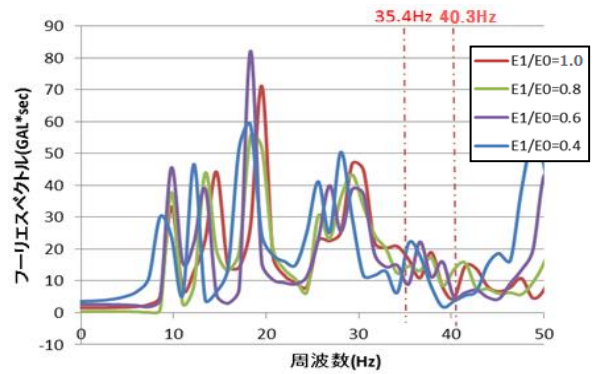
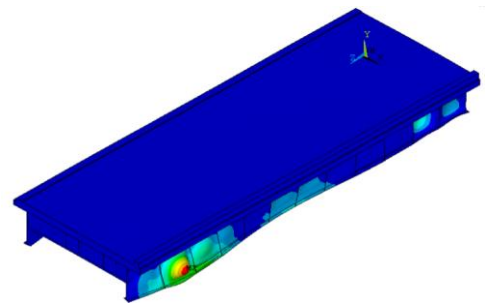


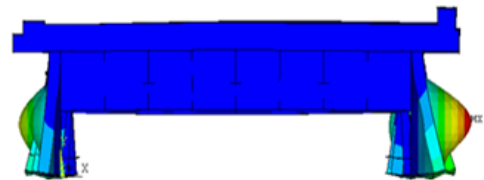
図-4 着目点 7 における振幅スペクトル

### 4. 衝撃振動試験結果と 3 次元 FEM 解析結果の比較

衝撃振動試験から図-2 に示すような振幅スペクトルのピーク値が得られた。実測モーダル解析の結果から 8.3, 11.9, 22.2Hz はそれぞれ曲げ 1 次, ねじれ 1 次, 曲げ 2 次振動数に対応していることがわかった。これらは橋梁全体系の固有振動数である。その他にも 29.8, 35.9, 39.8Hz にピーク値が存在するが、これを桁の局部ねじれモードに対応する固有振動数と考えた。その理由としては、図-4 に示す、FEM 劣化モデル（主桁の断面減少を考慮）の衝撃応答解析結果の応答加速度波形を用いて求めた振幅スペクトルでも、図-2 に示す実測振幅スペクトルと同様に 30Hz から 40Hz の間に 2 つの卓越固有振動数が表れ、モーダル解析の結果からそれらの値に対応する固有振動モードが桁の局部ねじれモードの形状を示したためである。なお、FEM 健全モデルで同様な衝撃振動解析を行い、振幅スペクトルを求めてもこのような桁の局部ねじれモードは明確に表れないことを確認している。表-1 は解析結果と実測値を比較したものである。表-1 より、床版のヤング係数比が  $E1/E0=0.8$  の時に局部ねじれモードのピーク値は実測値に近い値を示した。図-5 に桁の局部ねじれ 2 次モード図を示す。



(1) 全体モード図



(2) 断面モード図

図-5 桁の局部ねじれ 2 次モード図

表-1 RC 床版のヤング係数比変化による劣化モデルの解析固有振動数と実測値の比較

固有振動数(Hz)	E1/E0=1.0		E1/E0=0.8		E1/E0=0.6		実測値
	応答解析	モーダル解析	応答解析	モーダル解析	応答解析	モーダル解析	
曲げ 1 次	9.8	10.0	9.8	9.8	9.8	9.5	8.3
ねじれ 1 次	14.6	14.2	13.4	13.7	13.4	13.1	11.9
曲げ 2 次	19.5	19.2	18.3	18.9	18.9	18.4	22.2
桁の局部ねじれ 2 次	37.8	30.1	35.4	35.5	34.2	34.6	35.9
桁の局部ねじれ 3 次	41.5	—	40.3	40.4	36.6	36.5	39.8

### 5. まとめ

3次元 FEM 衝撃応答解析により既設道路橋の重錘衝撃振動試験を再現し、RC 床版の剛性低下による固有振動数の変化を表すことができた。既設鋼橋の健全度評価では、鋼桁局部系の高次固有振動数に着目することが有効ではないかと考えられる。今後の課題としては、低次固有振動数を実測値に近づける方法として、支承部分をバネモデルに変えるなどして FEM モデルのさらなる改善を図りたいと考えている。