

橋梁の健全度評価を目的としたデータ同化技術の活用法に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○玉野慶吾 曾我部直樹 西澤勇祐 岩前伸幸

1. はじめに

大規模な地震が発生した場合、主に目視によって橋梁の健全性や損傷の有無の確認が行われるが、これらを迅速かつ的確に把握するためには、モニタリングで得られるデータの活用が有効となる。そのためには、地震時の橋梁の応答を網羅的に計測することが必要となるが、数多くのセンサを設置して連続した計測を行うことはコストや管理の負担が大きい。これに対して、解析を用いることで限られた計測結果から橋梁の健全性や損傷を評価できれば、地震後における橋梁の交通再開の判断や補修、復旧計画の立案を効率的に行うことができる。そこで、本研究では、限られた計測結果から解析モデルの精緻化を行う手法として、データ同化技術に着目し、橋梁の健全性の評価における同技術の活用について検討した。

2. データ同化技術と同技術を活用した橋梁の健全度の評価手法

データ同化技術は、数値シミュレーションに対して計測データを取り込む一連の方法論を指す。図-1 に、データ同化技術を用いたパラメータ推定の概要を示す。データ同化技術の利点は、解析モデルのパラメータと解析値を計測された情報に応じて修正していく点である。数値シミュレーションと計測データを融合することで計測値が存在しない箇所の応答や、解析モデルに適用すべきパラメータの値を推定することが可能となる。つまり、限られた計測結果から橋梁の応答の評価や、それを精緻に再現できる解析モデルを構築することができる。また、データ同化技術を用いることで計測項目や位置、精度が、推定したい応答やパラメータの精度に及ぼす影響を定量的に評価することもできる。そのため、目的とする応答、パラメータの推定において、最小限必要となる計測の諸元について同技術によって設定することで、費用対効果の高い計測計画の立案が可能となる。

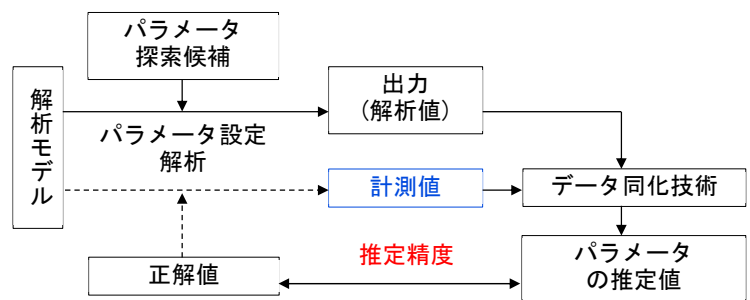


図-1 データ同化技術を用いたパラメータ推定

図-2 に、地震後を想定したデータに基づく橋梁の健全度評価のフローを示す。維持管理に解析を活用する手法は従来から検討されているが、ここで提案するフローでは、データ同化技術を積極的に取り入れることを特徴とする。計測計画ではデータ同化技術によって、計測の仕様の相違が応答や解析モデルのパラメータの推定精度に及ぼす影響を感度解析で分析し、必要となる計測項目、箇所、頻度、精度等の計測の仕様を選定する。

基本とする解析モデルとしては、例えば設計時における橋梁の動的照査で用いられるようなフレームモデルが活用できる。計画段階では、同解析のパラメータとして設計値を用いるが、設計値はあくまで安全に設計を行う

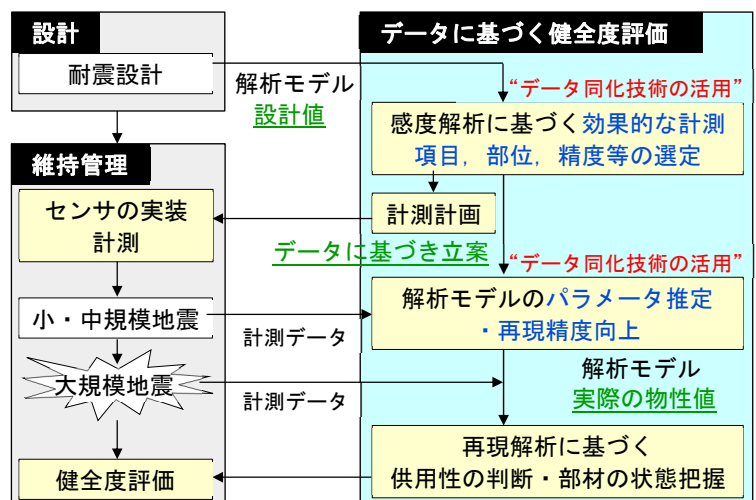


図-2 データに基づく橋梁の健全度評価のフロー

キーワード 健全度評価、データ同化技術、計測計画

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-485-1111

ための数値であり、実構造物の特性とは乖離している可能性がある。地震時における健全性や損傷を解析によって精度よく推定するためには、実構造物の特性を反映した解析モデルが必要となる。そこで、橋梁が供用される段階で得られる計測結果に基づいて、随時、同解析モデルを更新する。例えば、前述の計画に基づいて設置されたセンサによって、小～中規模の地震による橋梁の応答を計測し、その結果を用いて解析モデルのパラメータの推定、更新を行う。そして、大規模な地震が発生した時点における最新の解析モデルを用いて計測された地震動を用いた再現解析を行うことで、計測されていない部位、部材を含む健全度、損傷の定量的な評価や、補修・補強の可否とその程度に資する情報を得る。

3. データ同化技術を活用した感度解析

ここでは、地震時における橋梁の応答や解析モデルのパラメータに対する計測項目、位置、精度に関する感度解析について、図-3 に示す橋梁を対象として表-1 に示す結果が得られた条件を用いて述べる。計測の条件としては、計測箇所が①～⑦の7点、計測精度とコストが異なる2種類のセンサ（A：精度とコストが高いセンサ、B：精度とコストが低いセンサ）を想定する。これらのセンサで得られた計測結果に基づいて、橋脚基部の剛性と支承バネ値に相当するパラメータP1、P2を推定することを目的とする。

No.1 は、全7箇所の計測結果を用いるケースであり、P1、P2の推定に対して高い精度を期待できる。これに対して、No.2～4では、計測位置を限定、もしくは計測精度を変化させた場合のケースであるが、No.1に比べて計測を限定したことで推定精度がいずれも低下する結果となる。P1、P2の推定精度を優先する場合は、No.1が選択されるべきケースとなるが、目的とする推定精度によっては、選択されるべきケースが異なってくる。例えば、P1の推定において目標とする精度が「中」以上で良い条件であれば、No.3とNo.4のケースが計測コスト、管理を踏まえると合理的な計測となる。また、No.2とNo.3の結果を比較すると、②の位置の計測を追加することが推定精度の向上に寄与していることが分かる。さらに、No.3とNo.4の比較からは、センサAを用いることで精度は向上するが、P2に対しては費用対効果が高いとは言い難く、目標の範囲内であるならばセンサBで十分であると判断できる。このような感度解析を個別の橋梁に対して行うことで、健全度の評価で必要とされる解析モデルのパラメータの推定に対して効果的な計測条件を選定することができ、合理的な計測計画に反映できるものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、橋梁の地震後における健全性の評価を、計測データと解析に基づいて評価するための構想と手法を示した。データ同化技術を活用することで、限られた計測データによる応答の推定や解析モデルの精度向上に加え、より精度を高めるために効果的な計測項目、箇所、頻度、精度等を感度解析に基づいて選定することで、合理的な計測計画の立案に寄与できると考えている。今後、具体の橋梁を想定してデータ同化技術を活用した感度解析を実施し、本研究で述べた構想、手法の有効性を検証する予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物の設計と連成型性能評価法—時空間性能評価技術の未来予想図Ⅱ—，コンクリート技術シリーズ125，2020。

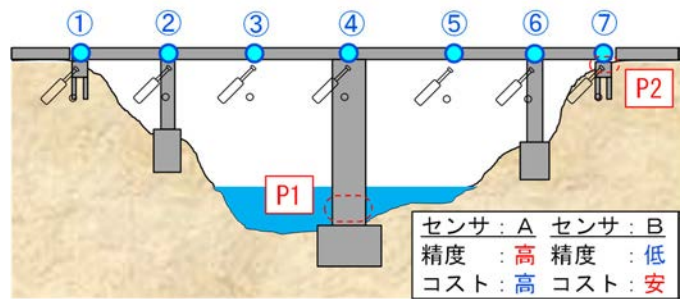


図-3 橋梁を対象とした感度解析

表-1 感度解析の結果

No.	設置箇所	センサ	パラメータの推定精度	
			P1	P2
1	全7箇所	A	高	高
2	①, ⑤, ⑦	A	低	低
3	①, ②, ⑦	A	高	中
4	①, ②, ⑦	B	中	中