

震災後における橋梁の損傷状態把握を目的としたモニタリングシステムの開発に関する基礎的研究

東京都市大学 学生会員 ○増田 啓太

東京都市大学 正会員 関屋 英彦 正会員 丸山 収

首都高速道路 正会員 平野 秀一

東京都市大学 フェロー会員 三木 千壽

1. はじめに

わが国では震災時、橋梁に多くの損傷が生じてきた。現状では震災後、技術者が現場に急行・点検し通行の可否を判断しているため、即時性や定量的評価に課題を抱えている。そこで、センサによる震災時モニタリングが研究されている。

そこで本研究では、震災後の橋梁の状態をリアルタイムに把握できるシステムの開発を検討する。具体的には、FE 解析によって震災時における橋梁の挙動を検証し、部材の応答から地震時の損傷を検知する手法を検討することを目的としている。

2. 作成モデルと入力地震動

解析には、汎用解析プログラム Abaqus を使用し、解析の種類は動的解析を用いた。解析は重力をモデルに入力し、その後加速度を橋脚の基部から入力している。本研究で作成したモデルの全体図を図-1 に示す。モデルは橋梁の竣工図をもとに作成した。本モデルは、橋脚・横構・対傾構をはり要素、主桁・横桁・床板をシェル要素で作成した。主桁部分のシェル要素と床版部分のシェル要素は、Abaqus の設定を用いて結合した。支承部分に関しては、図-2 に示すように、MPC 結合で1つの点としてまとめ、点と橋脚とをバネ要素で結合しており、3 軸方向をバネ要素でモデル化した。また、本研究では回転を考慮していない。固定支承・可動支承のバネに関する詳細を表-1 に示す。また、可動支承の橋軸方向に関しては、Abaqus のコネクタ要素を使って非線形性を持つバネを作成した。非線形バネは道路橋支承便覧²⁾に記載されているバイリニア型の非線形バネの式を用いて算出した。以下に使用した式を示す。

$$K_1 = G_1 \frac{A_e}{\Sigma t_e} \quad (1) \quad K_2 = G_2 \frac{A_e}{\Sigma t_e} \quad (2)$$

式(1),(2)において、 K_1, K_2 は 1 次剛性と 2 次剛性、 A_e は

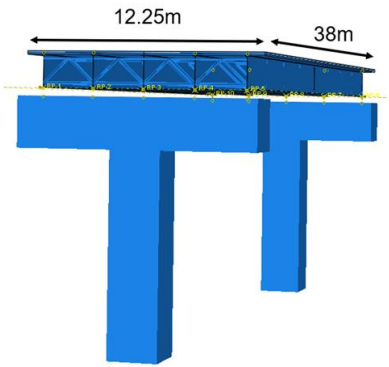


図-1 FE 解析モデル

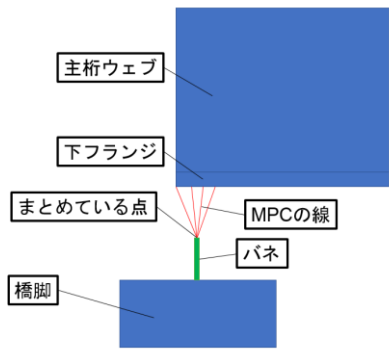


図-2 支承部と下フランジの結合(側面図)

表-1 支承バネの剛性

	剛性[N/m]	
	固定支承	可動支承
バネ		
x軸	1.E+10	非線形
y軸	1.E+10	1.E+10
z軸	1.E+10	1.E+10

有効断面積、 Σt_e は総ゴム厚、 G_1, G_2 はそれぞれの剛性に関するせん断弾性係数を示している。

本研究では、主桁・横桁・横構・対傾構のみの塑性変形を考慮しており、SM570 材に基づいて塑性変形のパラメーターの作成を行った。構成則はバイリニア型を採用し、弾性域での傾きは鋼材のヤング率である 205GPa を採用し、塑性域での傾きはヤング率の 1/100 を用いている。本研究では、レイリー減衰を構造物に対する減衰として採用しており、パラメーターに関して

キーワード 損傷状態, 即時性, FE 解析, モニタリング

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL 03-5707-0104 E-mail:g1881637@tcu.ac.jp

は表-2³⁾⁴⁾にまとめた。

入力地震動に関しては、地震動を基部から加速度で入力した。入力した地震動は熊本地震益城町宮園の3軸成分である。入力した地震動の一部を図-3に示す。

3. 解析結果

図-4に動的解析後の塑性ひずみの解析結果を示す。この解析結果から、桁端部の対傾構と主桁に残留ひずみが集中していることが確認できる。塑性ひずみは最大値が可動側で、最小値が固定側で発生した。また、塑性ひずみの分布は過去の事例⁵⁾における損傷の分布と良い一致を示している。図-5に固定支承部周辺の相対変位とひずみの比較を示す。この結果から、支承部における相対変位と塑性ひずみの応答は同様な挙動を示しており、支承部における相対変位を計測することによって、支承部における損傷状態を把握することが可能であると考えられる。なお、解析開始時に相対変位が0になっていないのは、解析が始まった後に重力をモデルに入力していることが原因である。

4. 考察

FE解析結果より、端対傾構と主桁端部が塑性変形していることから、端対傾構・主桁端部をモニタリングすることが重要であることが明らかとなった。また、固定支承側の方が残留ひずみの値が大きくなることが分かった。さらに、支承部における相対変位と塑性ひずみの応答は同様な挙動を示したことから、支承部における相対変位を計測することによって、支承部における損傷状態を把握できる可能性が示された。

5. まとめ

本研究では、FE解析モデルに、3軸地震動を入力し、部材の応答から地震時の損傷を検知する手法を検討した。本研究で得られた知見は塑性ひずみ発生後は相対変位に基線のズレが発生することである。この知見より、センサによって支承周辺の下フランジと橋脚の相対変位を計測することで、震災時における橋梁の損傷をリアルタイムに検知できる可能性が示された。

6. 今後の展望

今後は、異なる地震動を入力した際に、同様な傾向が一致するかどうかを検討し、このモニタリングシステムの有用性を検証する。

謝辞：本研究は東京都市大学と首都高速道路株式会社、首都高技術株式会社、一般財団法人首都高速道路技術

表-2 レイリー減衰

構造	減衰定数	モード次数
上部工	0.02	1次,7次
橋脚	0.05	2次,8次

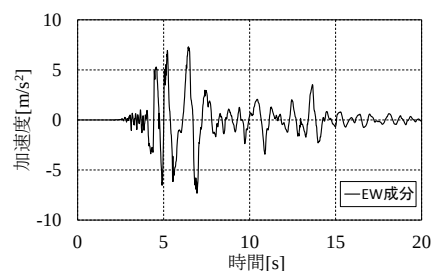


図-3 熊本地震益城町宮園

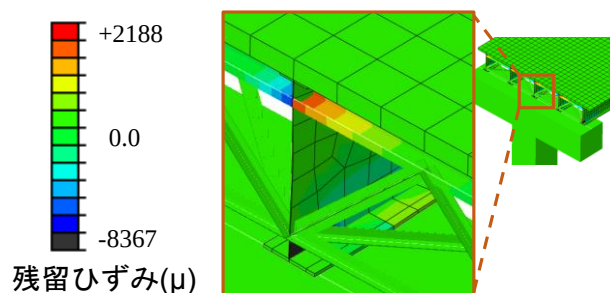


図-4 塑性ひずみ解析結果

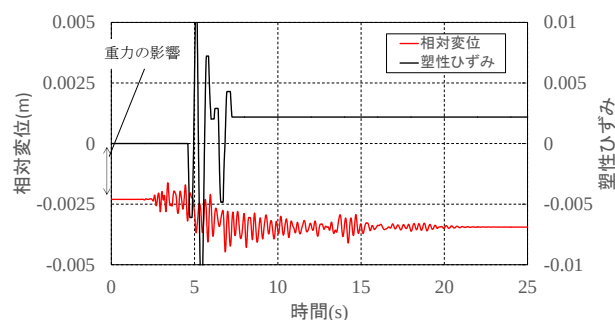


図-5 固定支承周辺の相対変位とひずみの比較(橋軸直角)

センターとの共同研究「都市基盤施設の再生工学首都高における点検・診断技術の開発・高度化」の一環として実施したものである。首都高速道路株式会社、首都高技術株式会社、一般財団法人首都高速道路技術センターの関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 東森美和子, 石川裕治, 佐々木栄一, 三木千壽: 異常検知を目的とした橋梁のインテリジェント化, 土木学会第60回年次学術講演会, 1-055, 2005
- 2) 社団法人日本道路協会, 丸善出版, 道路橋支承便覧, 2004
- 3) 野中哲也, 宇佐美勉, 吉野広一, 坂本佳子, 島越卓志: 上路式鋼アーチ橋の大地震時弾塑性挙動および耐震性向上に関する研究, 土木学会論文集No. 731/1-63, pp31-49, 2003
- 4) 社団法人日本道路協会, 丸善出版, 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 2012
- 5) 社団法人土木学会, 平河工業社, 阪神・淡路大震災における鋼構造物の震災の実態と分析