

2016年熊本地震観測波を用いた落橋防止装置を有する橋梁の地震応答解析

九州大学大学院 学生会員 ○永原 稔之
 (株)耐震解析研究所 正会員 馬越 一也
 九州大学大学院 正会員 崔 準祐

1. はじめに

近年、既設橋梁の耐震補強策として落橋防止装置を用いるケースが増えてきているが、近年発生した熊本地震では複数の橋梁において落橋防止装置が損傷している。熊本地震では加速度の規模の大きい鉛直地震動が観測されており、この鉛直地震動が橋梁の支承部や落橋防止装置に影響を与えた可能性も考えられる。本研究では、仮想の既設3径間鋼鈹桁橋を対象に、2016年熊本地震の観測波を用いて橋軸方向加震と橋軸と鉛直方向同時加震による地震応答解析を実施し、鉛直地震動による落橋防止装置及び上部構造の地震時挙動への影響を調査した。

2. 解析対象橋梁

本橋は、桁長111.8m、有効幅員8.5m、RC単柱式橋脚を有する仮想の既設鋼3径間連続鈹桁橋である。本検討では、平成14年度道路橋示方書V耐震設計編りに基づいて試設計された既設橋を対象としており、支承はタイプAの鋼製支承としている。支承部の支持条件としては、P1橋脚のみ固定、他は可動とした。また、レベル2地震動に対する落橋防止システムと

して、桁端部と橋台の間にPCケーブルを用いた落橋防止装置を各橋台側4基ずつ設置することで、目標とする耐震性能を満足させるものとした。

3. 解析モデル

解析モデルを図-1に示す。本解析では、非線形有限要素解析ソフトSeanFEMを用い、上部構造に対しては主桁、横桁、RC床板をシェル要素で、分配横桁、対傾構、横構をファイバー要素でモデル化した。橋脚柱部に対しては、ファイバー要素とした。支承部は、道示¹⁾に基づきバネ要素でモデル化し、各支承部に対し図-2、3、4に示すように支承部の破壊特性を考慮した非線形モデルを採用した。落橋防止装置については、図-5に示すように道示¹⁾に基づき算定した遊間を超えると作動するものとし、その後の剛性は実製品を参考にして76495kN/mとした。また、本研究では支承部がある方向に破壊したステップで一旦解析を中断し、破壊した支承部は全方向に耐力を有しないモデルに変更してから、引き続きそのステップから解析を行うというステップ解析を実施することで、支承部の破壊現象を評価している。

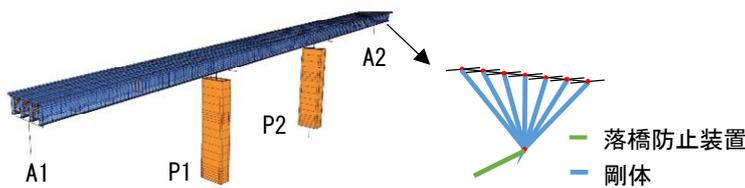


図-1 解析モデル

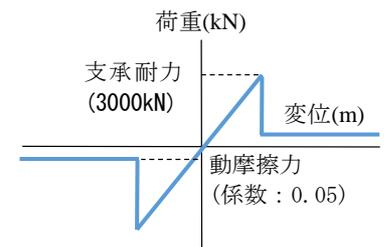


図-2 固定支承部の橋軸モデル

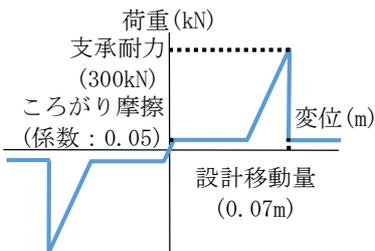


図-3 可動支承部の橋軸モデル

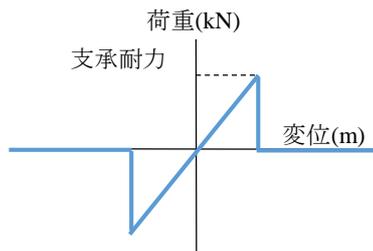


図-4 各支承部の鉛直モデル

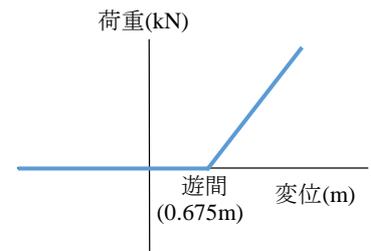


図-5 落橋防止装置のモデル

キーワード 落橋防止装置, 地震応答解析, 鉛直地震動

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 TEL 092-802-3374

4. 鉛直地震動による落橋防止装置の地震応答特性の変化

(1) 検討ケース

入力地震動として 2016 年 4 月 16 日熊本地震の益城町の観測波 (KiK-net, EW, UD 成分) ²⁾を用い、橋軸方向のみ単独加震したケースを Case1、橋軸方向と鉛直方向の同時加震したケースを Case2 とした。

(2) 解析結果

各ケースの支承部の破壊状況を表-1 に示す。同表には、各支承部が破壊した時刻と破壊した方向を示している。Case1 と Case2 の解析結果の比較を図-6 に示しており、ここでは固定支承部の水平反力、上部構造の橋軸方向速度応答、桁端部と A1 橋台の橋軸方向相対変位の時刻歴応答、各橋台の落橋防止装置に作用する軸力の時刻歴応答を比較している。図-7 には、各ケースにおける主桁の下フランジに作用した最大ミーゼス応力を示す。まず、表-1 と図-6(a) より、Case2 では Case1 に比べ支承部が早く破壊する結果となり、その後の支承部の挙動が変化していることが確認できた。この影響で、Case1 と Case2 の上部構造の挙動も変化し、図-6(b), (c) に示すように上部構造の速度応答や桁端部と橋台の相対変位応答が支承部破壊後両ケースで大きく異なることがわかった。これらの結果は、支承部破壊前後の地震動の卓越する時刻が水平地震動と鉛直地震動とで異なっていることに起因すると考えられる。

この影響から落橋防止装置の地震時挙動も大きく変化し、Case2 では落橋防止装置が作動しない結果となったが、Case1 では図-6(d), (e) に示すように落橋防止装置が作動する結果となった。なお、Case1 では落橋防止装置の設計地震力 (1.5Rd : 575kN) より大きくなった。また、図-7 より Case1 では A2 橋台側の落橋防止装置付近に位置する主桁フランジにおいて、Case2 より大きな応力が作用していることが確認されたが、Case2 では鉛直地震動の影響により上部構造全体に応力が大きく現れる結果となった。

5. まとめ

本検討では、鉛直地震動が落橋防止装置に及ぼす影響は小さい結果となったが、地震動の加震方法によって支承部の破壊状況が変化し、支承部破壊後の上部構造や落橋防止装置の地震時挙動が大きく変わることがわかった。

表-1 支承部の破壊時刻 (○は破壊方向)

(単位:秒)

	A1	P1	P2	A2
Case1	5.245 (橋軸)	5.380 (橋軸)	5.280 (橋軸)	5.230 (橋軸)
Case2	5.260 (鉛直)	4.920 (鉛直)	5.145 (鉛直)	5.226 (鉛直)

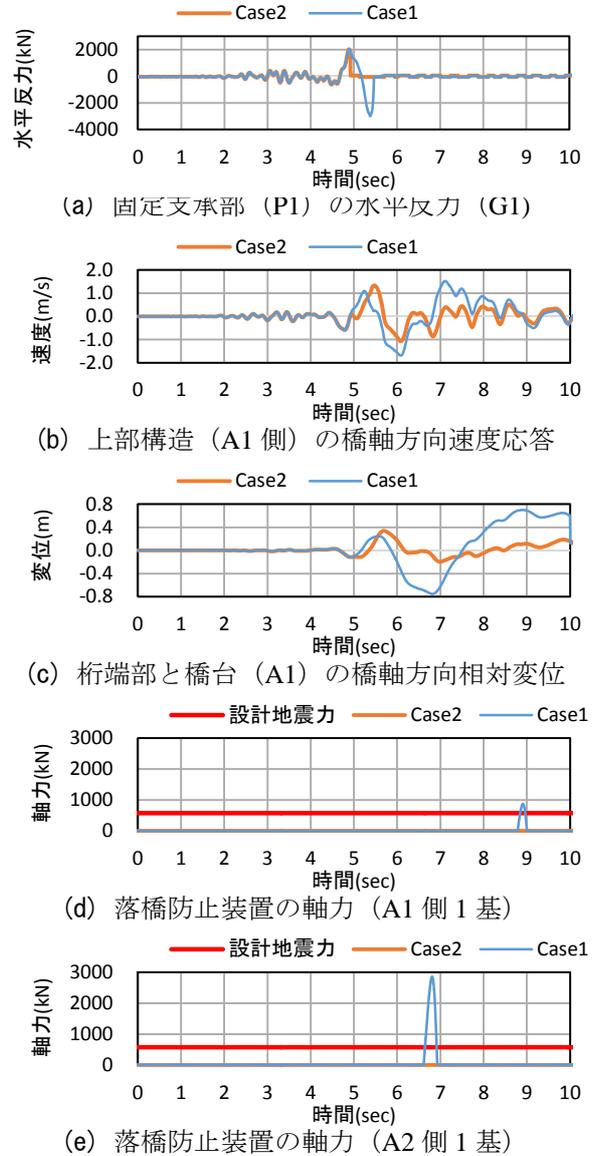


図-6 解析結果

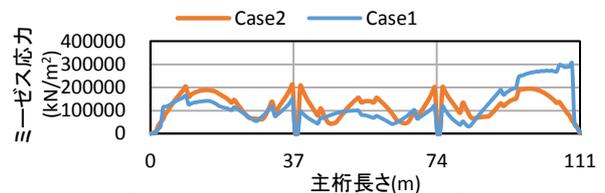


図-7 主桁の下フランジのミーゼス応力 (G1)

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002.
- 2) 国立研究開発法人防災科学技術研究所強震観測網ホームページ：

<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>