

断層近傍における地震時の地盤変状が隣接構造間の衝突等の 橋梁構造物の地震時挙動に及ぼす影響

山口大学大学院 正会員 渡邊学歩 (株)長大 非会員 ○毛利洵子
山口大学大学院 学生会員 竹内 諒 (株)長大 正会員 有井賢次

1. はじめに

2016年4月に発生した熊本地震では、震源断層である布田川断層沿いに架橋された橋梁構造物において、地震の発生によって地表面に現れた断層変位の影響（以降、「地盤変状」と呼ぶ）によって、致命的な被害が生じた。地盤変状の考慮の仕方や具体的な照査方法については現在までに様々な検討が行われてきたが、具体的な手法の確立には至っておらず、地盤変状を考慮した耐震設計法の開発が必要である。本研究では、現行の基準で設計された橋梁構造物を対象として、地盤変状の影響を考慮した地震応答の解析により、地震時挙動の推定を行う。また、地盤変状の影響を考慮しない一般的な解析結果との比較を通じて、上部構造の地震時応答や構造部材の損傷にどのような違いが生じるのかを検証する。

2. 1次元モデルによる地震応答解析

図1には、本研究で対象とした5径間連続直線橋の橋梁一般図を示す。また、図2には本研究で用いた構造解析モデルを示す。支承をばね要素、下部構造をファイバー要素でモデル化し、下部構造と地盤間の相互作用を地盤ばね要素でモデル化した。なお、上部構造については、橋梁構造物の耐震設計では解析コストの制約により上部構造を一本のはり要素（1次元モデル）でモデル化することが多いことから、本検討でも1次元モデルによる構造解析モデルを作成した。なお、床板や主桁フランジ部など構造部材各部の応力状態等を評価するために後述する章では3次元詳細モデルによる構造解析を実施した。

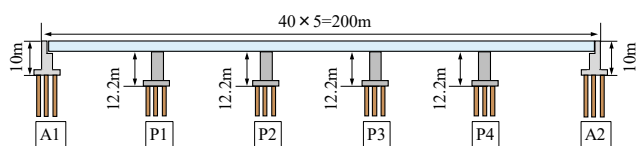


図1 対象橋梁構造物

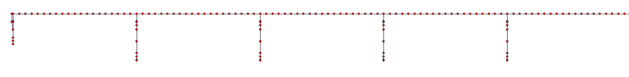


図2 1次元の解析モデル図

入力地震動には、2016年熊本地震で観測（JMA 西原村小森）された強震動記録を用いた。地盤変状の影響を考慮しない場合には、この地震動を構造系全体に一樣に作用させて解析を行った。一方、地盤変状の影響を考慮するために、A1橋台～A2橋台間の相対距離が縮まるように、各橋台に入力する地震動をA1橋台からA2橋台方向に5%ずつ減衰させながら作用させて解析を実施した。結果として、図3にはA1およびA2橋台の地盤変位（橋軸方向）を応答の時刻歴を示す通り、A2橋台の地盤変位は、A1橋台に比べて25%減少している。

図4の(a)には、A1橋台における水平面内の支承の応答変位の履歴を示す（リサージュ）。赤い円は、せん断ひずみ450%相当の支承変形量の位置であり、この曲線の外側に飛び出るとは、支承が破壊したことを示している。強震動のみ作用場合（一樣入力）と考慮した場合とで、支承の水平面内の変位応答履歴が大きく異なり、断層近傍地震動の作用を受ける橋梁構造物の地震時挙動を推定するためには、地盤変状の効果を考慮した解析が必要となることが示唆される。

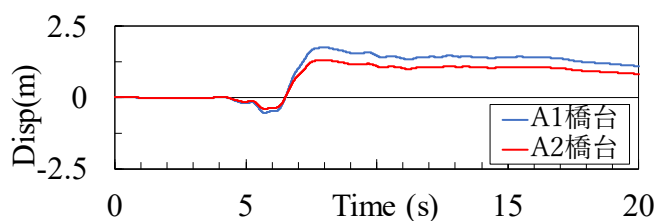
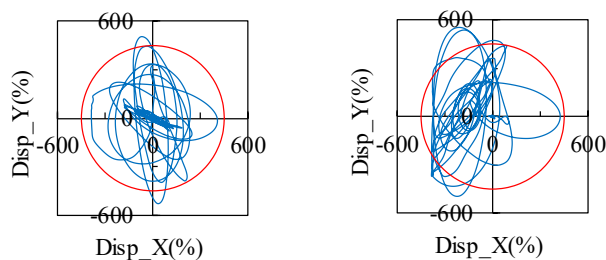


図3 A1およびA2橋台における地盤における橋軸方向変位の時刻歴応答



(a) 強震動のみ

(b) 地盤変状を考慮

図4 A1橋台における支承の変位応答履歴

図5に強震動のみの場合と地盤変状の影響を考慮した場合の橋桁端面における軸力時刻歴応答を示す。結果の比較を行うと、地盤変状の影響を考慮した場合の方が強震動のみの場合より圧倒的に衝突回数が多いことがわかる。また、強震動のみの場合は強震動領域内のみで衝突が生じていたが、地盤変状の影響を考慮した場合は強震動領域内だけでなくその後の小さい地震動でも衝突が生じていることから、衝突回数が多くなっていることが示唆される。このことから支承や上部構造は、地盤変状の影響を考慮することで、強震動のみの場合より被害が大きくなることが示唆される。

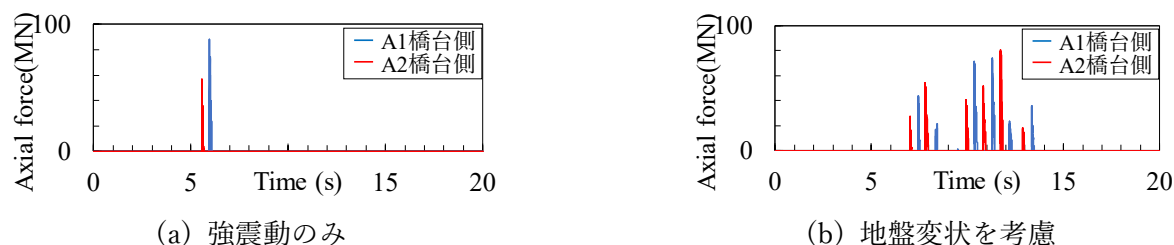


図5 1次元モデルの橋桁端面における軸力時刻歴応答

3. 3次元モデルによる地震応答解析

衝突による部材の損傷を調べるために、図6に示す3次元詳細モデルを用いた動的解析を実施した。図7には強震動のみの場合と地盤変状の影響を考慮した場合の橋桁端面における軸力時刻歴応答を比較する。地盤変状の影響を考慮した場合の方が強震動のみの

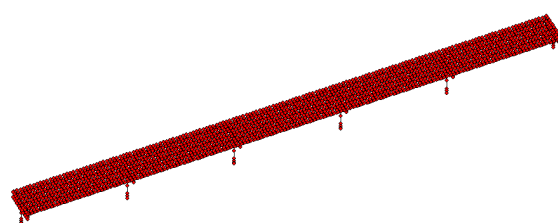


図6 3次元の解析モデル図

場合より最大衝突力が大きく、衝突回数が多いことがわかる。また、強震動のみの場合はA1橋台では強震動領域内のみで衝突が生じていて、A2橋台では衝突が生じていないが結果となった。これに対して、地盤変状の影響を考慮した場合はA1、A2橋台どちらも強震動領域内だけでなく、その後の小さい地震動でも衝突が生じている。このことから、1次元モデルと同様に3次元モデルにおいても地盤変状の影響を考慮することによって強震動のみの場合より被害が大きくなることが示唆される。

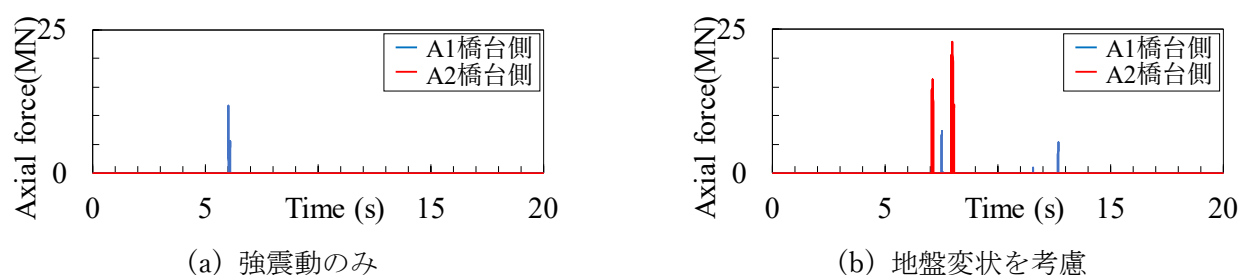


図7 3次元モデルの橋桁端面における軸力時刻歴応答

4. 結論

本研究では、地盤変状の効果を考慮しない場合に比べて上部構造の地震時応答や損傷にどのような違いが生じるのか解析・検討を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 1次元モデルでは、強震動のみの場合と比べて、地盤変状の影響を考慮することによって支承における変位の応答が変化した。また、強震動のみの場合と比べて支承の変形量が大きくなった。
- 2) 1次元モデルも3次元モデルも地盤変状の影響を考慮した場合、強震動のみの場合と比べて、上部構造とA1、A2橋台との衝突回数は増加した。
- 3) 解析結果から、地盤変状を考慮したことで、強震動のみの解析よりも上部構造に対する大きな損傷が見られた。ゆえに、地震応答解析を行うにあたって地盤変状の影響は無視できないものであり、橋梁構造物の設計において考慮すべき事項であると考えられる。