

橋梁上部構造の橋台壁面への衝突が曲線高架橋の地震時応答に及ぼす影響

山口大学大学院 学生会員 ○ 竹内諒 山口大学大学院 正会員 渡邊学歩
株式会社耐震解析研究所 正会員 馬越一也

1. はじめに

2016 年 4 月に発生した熊本地震では、俵山大橋において上部構造の主桁腹板に局部座屈が発生した。また大切畑大橋では地震時に上部構造が橋台壁面に衝突した痕跡が残っていることから、上部構造の衝突が橋梁構造物の応答に及ぼす影響について検討する必要がある。本研究では大切畑大橋の非線形動的解析を行い、桁と橋台間の衝突時の床版や主桁内部の応力波伝播の追跡と応力レベルの評価を行ったので報告する。

2. 部分構造系を対象とした橋桁の衝突解析

図 1 には、本研究で対象とした大切畑大橋の橋梁一般図を示す。予備解析で求めた大切畑大橋全体系の上部構造慣性力作用位置での加速度応答を、大切畑大橋の第 1 径間 (A1～P1 区間) のみを抽出した部分構造系 (単純桁) に地震動として作用させて、単純桁が橋台に衝突する際の上部構造の地震時挙動を求めた。なお、本研究では実際の上部構造を対象に衝突時に構造要素内を軸方向応力が伝播する過程やその応力度を評価する必要があることから、図 2 に示すとおり、床版をシェル要素で、主桁をファイバー要素によりモデル化して非線形動的解析を実施した。

図 3 には桁端部の応答変位を示すが、地震力の作用によって橋桁が正負両方向に振動している。橋台と橋桁間には 35cm の遊間が設けられているが、時刻 6.589 秒には橋桁が負側 (橋台側に近づく方向) に 0.35m 変位したため、これによって橋桁が橋台に衝突する。橋桁と橋台の間には衝突ばね要素と呼ばれる仮想の構造要素を設けているが、両構造要素間に生じる衝突力を図 4 に示す。橋桁が橋台に接触しその後離反するまでの間 (時刻 6.589 秒～6.617 秒)、両構造間には橋桁総重量 (4.85 MN) の約 20 倍に相当する 100 MN 程度の衝突力が発生している。この作用により、床版及び主桁内部には図 5 に示す様に、接触面側から反対側の桁端面に向かって応力が伝播する。また、応力波が桁内部を 1 往復すると、両構造間に作用していた衝突力が消散すると共に、桁が橋台から離反する方向に運動を開始することが分かった。なお、図 6 には床版及び主桁 (桁端部から 5m 地点) に生じる軸方向応力の時刻歴を示す。主桁 (SMA400AW) に発生する圧

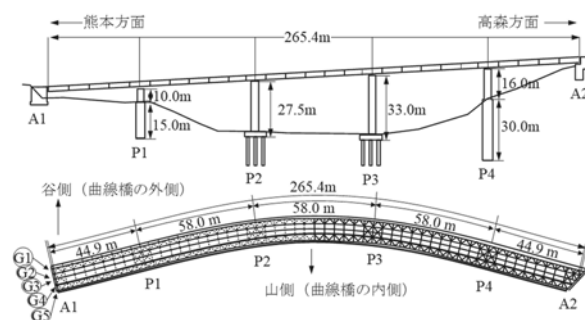


図 1 本研究で対象とした大切畑大橋

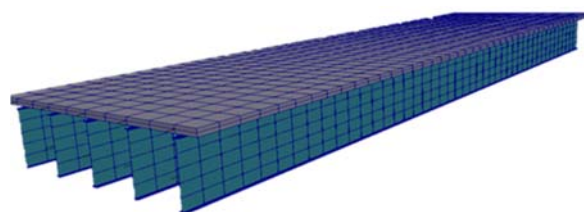


図 2 FEM モデル (部分構造系)

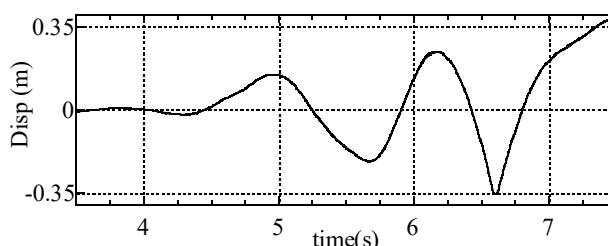


図 3 A1 橋台側桁端部の応答変位 (部分構造系)

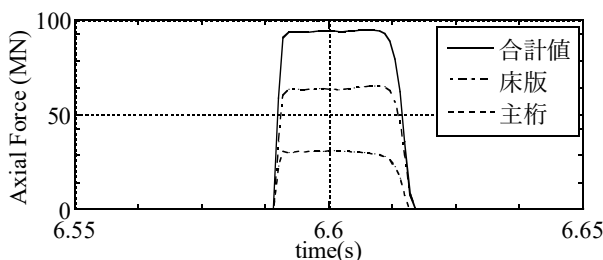


図 4 A1 橋台と桁に作用する衝突力の時刻歴応答

縮応力は最大で 169.7MPa に達しており、主桁は降伏しないものの、座屈するレベルの応力が作用していることを示す。

3. 衝突による上部構造の動的応答

大切畑大橋の全体系モデルを対象に非線形動的解析を行い、橋桁と橋台間の衝突現象について詳細解析を行った。図 7 には A1 橋台位置における橋桁と橋台間の橋軸方向相対変位の時刻歴を示す。6 秒頃から、橋桁は橋台側 (負側) 方向に変位しており、6.342 秒にはその変位量が

キーワード 熊本地震, 地震応答解析, 動的解析, 衝突, 鉸桁橋, 応力波

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

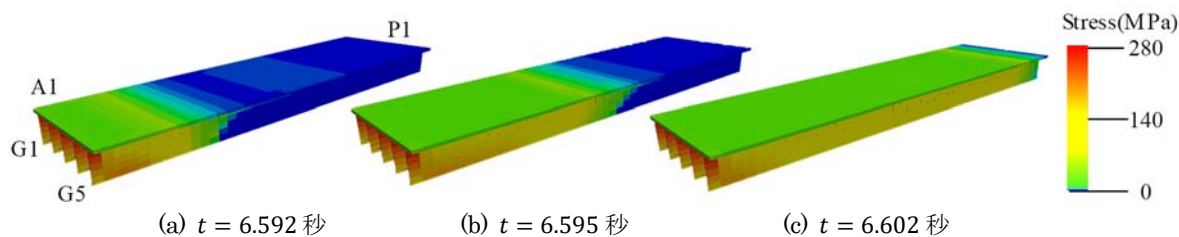


図5 A1 橋台側衝突時の橋桁内部を伝播する軸方向圧縮応力波

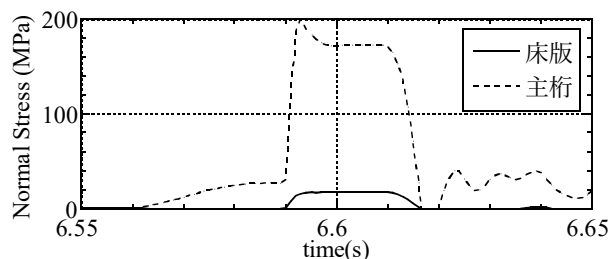


図6 橋桁内に生じる軸方向応力

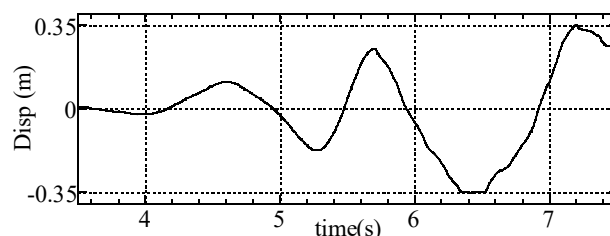


図7 A1 橋台側桁端部の応答変位 (全体構造系)

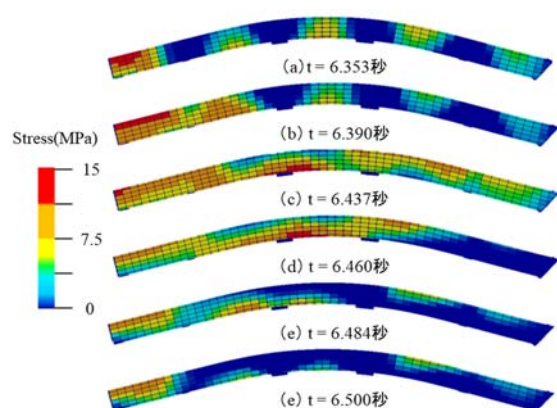


図8 A1 橋台側衝突時に上部構造内部を伝播する応力波

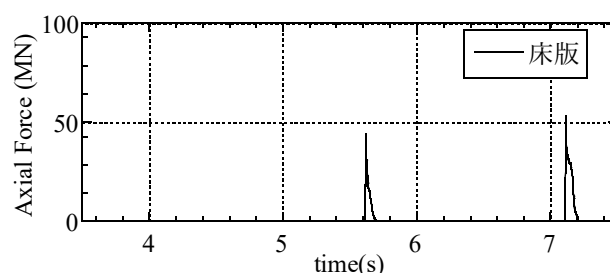


図9 A2 橋台と桁の衝突時に作用する衝突力の時刻歴応答

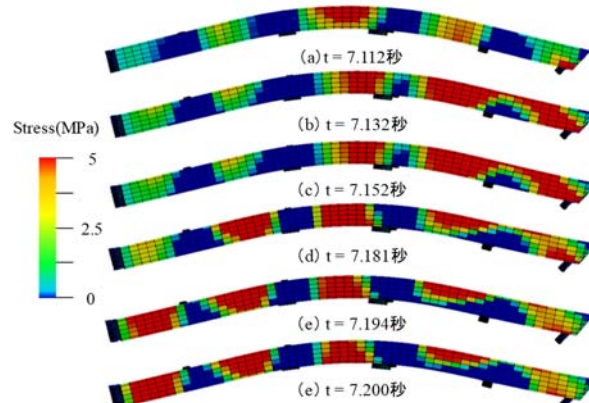


図10 A2 橋台側衝突時に上部構造内部を伝播する応力波

-0.35m (桁～橋台間の遊間量に相当) に達する。これにより、0.181秒間、桁は橋台に接触し続け、その後、6.523秒から桁は橋台から離れる方向に運動している。この時の床版内に生じる軸方向圧縮応力 (コンター) の時間変動を、図8に示す。桁がA1橋台に接触した後、応力波が床版内をA2橋台側に向かって伝播している。また、桁がA1橋台から離隔し始める6.523秒には床版内の応力が消散していることが確認出来る。以上により、多径間連続橋においても隣接構造間で衝突が発生すると、単純桁の場合と同様に応力波が桁内を伝播し、桁内部を往復すると衝突が終了することが確認出来た。

図9にはA2橋台との衝突時において桁内部に作用する衝突力の時刻歴応答を示す。A2橋台側斜桁部2回目の衝突が発生しているが、どちらも衝突力は小さく、桁と橋台の接触時間が短いことがわかる。図10には、A2橋台側での衝突時による桁の変形 (倍率20倍) と床版内に生じる軸方向圧縮応力 (コンター) の時間変動を示す。斜桁の鈍角端側でのみA2橋台と接触したていることから、十分に衝突していないため、応力波が桁内部を伝播する様子は見られなかった。また、斜桁と橋台の衝突時

に、斜桁は橋台に沿って鋭角端方向へと平行移動しており、橋桁が局所的に回転していることがわかった。

4. 結論

本研究では、地震時に桁と橋台間に生じる衝突現象について実橋を対象に解析を行った。結論を以下に示す。

- 1) 床版や主桁の伸縮過程を構造解析により詳細に分析し、桁内部の応力波の伝播が、衝突時の接触から離反までの一連のプロセスを支配している。
- 2) 多径間連続橋においても隣接構造間で衝突が発生すると、単純桁の場合と同様に接触面から応力波が伝播し、これが桁内部を往復すると桁が離反することを構造解析により明らかにした。