

地震時の桁橋台間の衝突の際に生じる床版応力と応答速度の相関

山口大学大学院 非会員 ○有本 和央
山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

現行の道路橋示方書では、隣接構造間は衝突しないように十分な遊間量が設けられ、衝突現象は発生しないことが前提となっているが、熊本地震をはじめとした過去の大きな地震では、衝突現象による被害が多く報告されており、今後発生する地震においても隣接構造間の衝突による被害が発生することが懸念される。本研究では橋梁構造物の耐震性向上を目的として、床版の損傷が発生しうる速度の解明を目指した。

2. 本研究の対象橋梁構造物とモデル化

熊本地震で被害が報告された橋梁構造物は平成8年の道路橋示方書に基づいて設計がされていることから、同示方書に基づき設計された図-1に示す橋長200m(支間が40m)の5径間連続直線鋼桁橋を対象として検討を行う。下部構造はファイバー要素でモデル化を行い、橋脚部フーチング以下は地盤と基盤の相互作用は地盤ばね要素でモデル化した。橋台は地盤に固定されていると仮定し、支承は線形ばね要素でモデル化した。また、上部構造は、コンクリート床版と鋼主桁からなり、主桁をファイバー要素、床版をシェル要素でモデル化し、床版と主桁はオフセット要素で結合させている。衝突現象の再現は、上部構造と橋台間の相対変位量が初期遊間量(0.35m)よりも小さくなった時に剛性を発揮する非線形ばね要素の衝突ばねを挿入した。

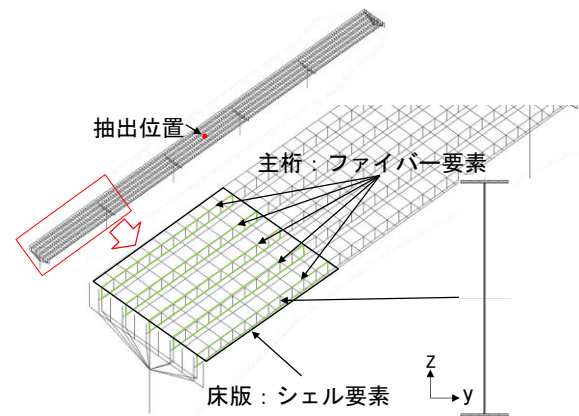


図-1 対象橋梁のモデル化

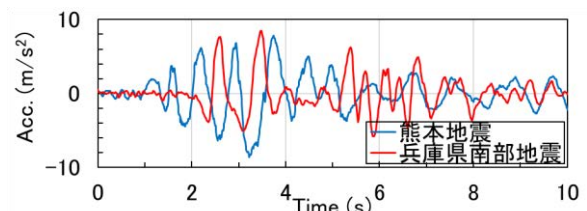


図-2 入力地震動

図-2には本研究で用いた入力地震動の2016年熊本地震の際に西原村小森で観測された断層走行成分と1995年兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で観測された断層直交方向の加速度時刻歴を示している。

3. 地震時衝突挙動の再現と応力分担率の評価

熊本地震で観測された地震動を入力し、上部構造と橋台の相対変位応答の時刻歴を図-3に示す。上部構造は、橋台に接近と離反を繰り返しながら、○で示す時刻で上部構造と橋台の相対変位量が黒点線で示す遊間量に達した。衝突ばねに発生した衝突力の総和の時刻歴を図-4に示すが、上部構造と橋台の相対変位が遊間量に達した同時刻において、衝突力が発生しており、衝突すべにおいて、同様な現象が発生している。図-5には抽出位置の相対速度時刻歴を示す。上部構造が橋台に衝突する直前の速度を○で示すが、衝突によって上部構造は速度を変化することが分かる。各衝突により、衝突直前速度が大きいとそれに伴い、衝突力が大きくなる。

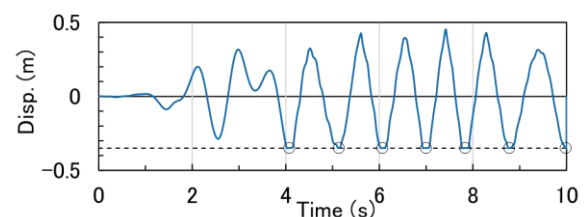


図-3 衝突ばねの桁間相対変位時刻歴

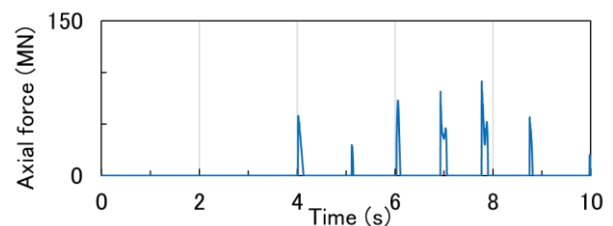


図-4 衝突ばねの衝突力時刻歴

キーワード：衝突現象、RC床版、衝突直前速度、衝突力、応力

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 TEL 0836-85-9302

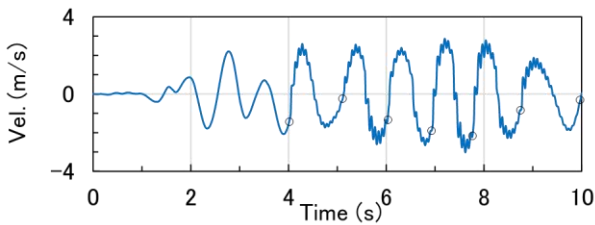


図-5 抽出位置の相対速度時刻歴

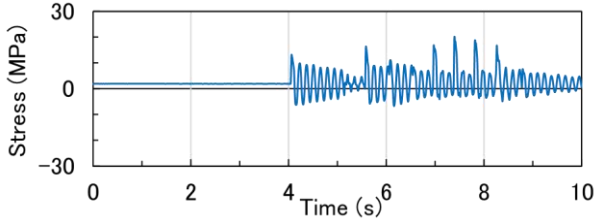


図-6 抽出位置の床版に発生した応力時刻歴

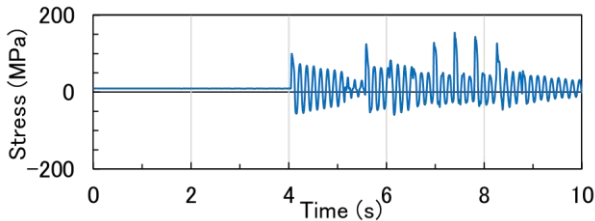


図-7 抽出位置の主桁に発生した応力時刻歴

衝突によって床組みを構成する各部材に応力が流れるのか、またその負担の割合を調べるために、床版中央および縦桁中央に生じる軸応力の時刻歴応答を図-6 および図-7 に示す。8秒付近の衝突が一番大きな衝突力が発生しており、その衝突の際に、床版には、最大18.8MPa、主桁に最大143.6MPaの応力が発生している。衝突によって上部構造に発生した応力の0.116倍の応力が床版に伝達したことが分かる。ひずみが同一であるとすると、応力の負担割合はヤング率の比率によって決まる。これにより、全体応力のうち床版に作用する応力割合は、0.111倍である。解析値と概ね近い値である。よって、図-8 に示す相対変位や速度の挙動や衝突の際に発生した応力が概ね等しい簡易モデルにおいて床版に作用する応力が算出できることから、以降は簡易モデルを用いて解析を行った。簡易モデルとは、床版・主桁を鋼換算した断面積(0.5914m²)をもつ弾性梁要素でモデル化したモデルである。

4. 衝突によって発生する床版応力の速度依存性

衝突直前速度が大きいとそれに伴い、衝突力が大きくなることから、熊本地震及び兵庫県南部地震それぞれの遊間量0.25mの衝突直前速度と衝突ばねに発生した衝突力の関係を図-9 に示す。同程度の衝突直前速度でも、兵庫県南部地震の方が、衝突力が大きい傾向である。また、衝突回数も兵庫県南部地震の方が多かった。図-10 に前章で算出した床版への応力割合を用いて、床版に作用する応力と衝突直前速度の関係を示す。黒のドット線は、近似線の1割の応力を増減したものであり、ばらつきの大きさは3MPa程度である。床版に作用する応力は、図-9 と比べるとばらつきが小さく、概ね衝突直前速度に比例して応力が大きくなっている。衝突によって伝播する弾性圧縮応力波によって、床版が損傷・破壊するとは考えにくいですが圧縮強度(30MPa)に達することで損傷が生じると仮定すると、その衝突直前速度は3.5m/s程度である。

5. 結論

- 1) 衝突直前速度と床版応力の関係は、ばらつきが小さく地震動に関わらず概ね比例関係になることが分かった。
- 2) 床版応力と衝突直前速度の関係より、床版コンクリートの最大圧縮強度を30MPa程度とすると、床版が衝突によって損傷する衝突直前速度は3.5m/s程度であることが分かった。

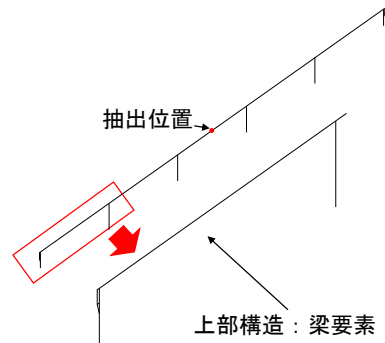


図-8 簡易モデルのモデル化

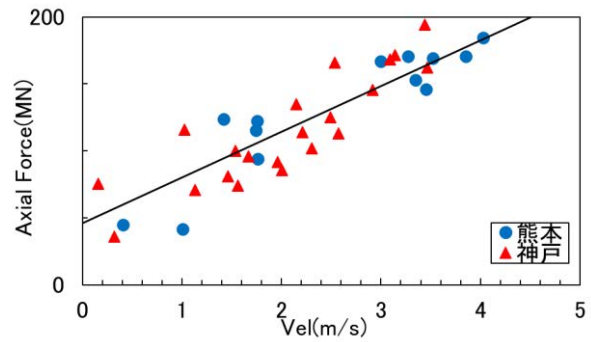


図-9 衝突ばねの衝突力と衝突直前速度の関係

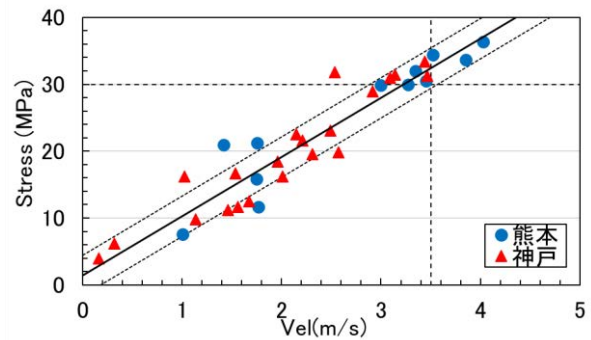


図-10 抽出位置での床版応力と衝突直前速度の関係