

桁間衝突解析による緊急車両の通行可能性の検討

九州大学工学府 学生会員 ○宮定龍司

九州大学工学研究院 正会員 梶田幸秀

九州大学工学研究院 フェロー 大塚久哲

1. はじめに

耐震設計は仕様規定型耐震設計から性能規定型耐震設計へと移行しつつあり、今後、地震後の使用性として、災害復旧用の緊急車両の通行確保が重要視されると考えられる¹⁾。大地震時に橋桁と橋台、もしくは橋桁同士の衝突が発生した場合、緊急車両の通行性が確保されるかどうかを把握するには、桁端部に着目した衝突の数値解析が必要である。そこで本研究では、鋼箱桁とコンクリート床版、そして伸縮装置からなる上部構造同士が衝突する数値シミュレーションを行い損傷状況を確認した。またシミュレーション結果から、緊急車両の通行可能性の検討を行った。

2. 桁間衝突解析の概要

2.1 解析対象橋梁および材料特性

本研究では、汎用動的有限要素法プログラム LS-DYNA を用いて桁間衝突解析を実施した。

図-1に主桁端部の断面寸法を、図-2に解析モデルの全体図を示す。今回はその上部構造から、図-1の点線部に示す鋼箱桁部およびその上部のコンクリート床版部分のみモデル化を行った。橋長は3径間もしくは4径間連続高架橋を想定し100mとした。その結果、上部構造重量は合計で5410kNとなった。

表-1に材料の物性値を、図-3にコンクリート床版の構成則を示す。コンクリート床版はソリッド要素を用いた。構成則については、圧縮側は最大圧縮応力に達した後は一定値とし、引張側は最大圧縮応力の0.1倍を最大引張応力とし、その後は線形的に応力が低下していくような軟化挙動を示すものとした。鋼箱桁はシェル要素を用いてモデル化した。材料構成則はVon Misesの降伏条件を満たすバイリニア型モデルとし、降伏応力は235MPa、降伏後の剛性は初期剛性の1/100倍とした。

2.2 伸縮装置

本解析では伸縮量・耐久性が大きく、鋼橋で最も普遍的に用いられているとされる鋼製フィンガージョイントを使用した²⁾。伸縮装置の全体図を図-4に示す。今回の解析では、フィンガー(図-4の赤色部)、ウェブ(白色点線部)、フランジ(黄色部)、リブプレート(茶色部)のモデル化を行った。寸法は文献²⁾を参考に決定し、伸縮装置を構成する全ての材質の構成則は鋼箱桁と同様とした。以上の伸縮装置をコンクリート床版に組み込んだ。

2.3 衝突概要

衝突方法は、図-2に示した上部構造を1つは衝突体、もう1つは被衝突体とし、衝突体に初期速度を与えて被衝突体に正面衝突させるものとする。衝突の際には、フィンガー同士の衝突が発生する。なお衝突は繰り返しの考慮せず単一の衝突とした。衝突速度は1.0m/sec、1.5m/sec、2.0m/sec、2.5m/secの4種類を設定した。

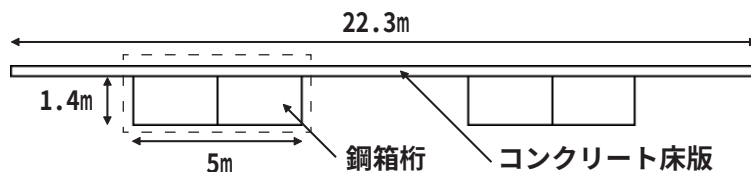


図-1 断面寸法

表-1 材料の物性値

	質量密度	ヤング率	ポアソン比	圧縮強度	引張強度
単位	ton/mm ³	MPa	-	MPa	MPa
コンクリート	2.69×10^{-9}	2.06×10^4	0.2	30	3
鋼	7.85×10^{-9}	2.10×10^5	0.3	235 (降伏応力)	

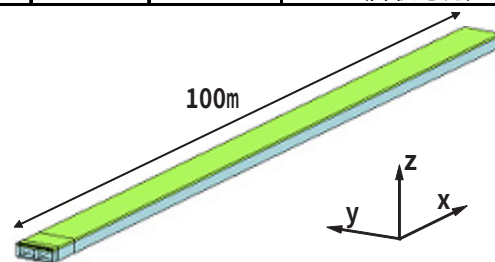


図-2 モデル全体図

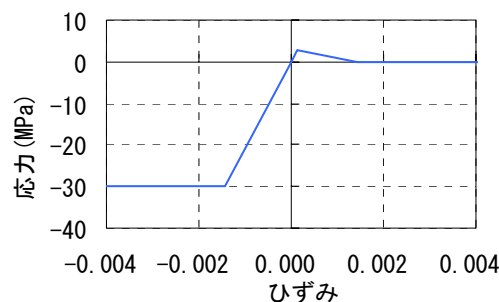


図-3 コンクリート床版の構成則

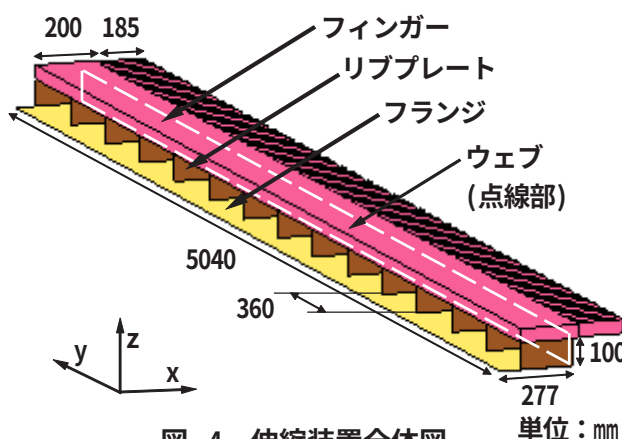


図-4 伸縮装置全体図

3. 桁間衝突解析結果

3.1 衝突時の伸縮装置について

図-5に衝突速度2.5m/secにおける、衝突終了時の伸縮装置の鉛直方向の変形量のコンター図を、図-6に各衝突速度の鉛直方向の変形量の時刻歴応答を示す。図-5から、衝突によってフィンガーが鉛直方向上向きにめくり上がっているのが確認できた。また図-6より、衝突速度2.0m/secや2.5m/secでは、衝突により約70mm変形した後、さらに変形量が大きくなり、最終的な残留変位はそれぞれ158mm, 165mm となることが分かった。これは衝突速度が増加した結果、フィンガーが大きくめくりあがった後に、さらにフィンガーの根元同士が衝突しているためである。

3.2 コンクリート床版の損傷状況

衝突速度2.5m/secのケースにおいて衝突時における、コンクリート床版の橋軸方向の応力コンター図を図-7に示す。コンクリート床版のコンター図については、両衝突体と同構造、同重量であるため、被衝突体のみを表示している。また、伸縮装置を設置したモデルにおいては、コンクリート床版の損傷を把握するために、伸縮装置を非表示としている。

コンクリートに発生する圧縮側の応力（青い部分）に注目すると、フィンガーの背面において最大圧縮応力に達することが確認できた。フィンガーで発生した衝撃力がその背面部位のコンクリート床版に伝播したためである。

4. 緊急車両の通行可能性の検討

文献3)に示されている、各車種の制限速度に対する段差の値を図-8に示す。この図を用い、各車種の最大通行可能速度を衝突速度ごとに表-2にまとめた。

表-2に示すように、衝突速度が1.5m/sec以下であれば、いずれの車両も40km/h以上で走行でき、通行に大きな支障はないといえる。衝突速度が2.0m/sec以上では、軽量自動車は通行不可となり、乗用車では14km/hから16km/h、大型トラックでは32km/hから33km/hと低速での走行が余儀なくされる。しかし160mm程度の段差なら、土嚢などの応急処置により緊急車両の通行は地震直後でも速やかに行えと考えられる。

5. まとめ

桁間衝突解析によって伸縮装置のフィンガー部のめくり上がりが再現できた。また、フィンガー背面のコンクリートが最大圧縮応力に達することが分かった。衝突速度が2.0m/sec以上になると、160mm程度の段差が発生し、低速での走行を余儀なくされることが分かった。しかし支承破損による段差がないのであれば、土嚢などの応急処置により緊急車両の通行性が損なわれるレベルではないと考えられる。

参考文献

- (1) (社)日本地震工学会：性能規定型耐震設計 ―現状と課題―，鹿島出版会，2006.6
- (2) (社)日本橋梁建設協会：鋼橋伸縮装置設計の手引き，2005.4
- (3) 阿部雅人，藤野陽三，吉田純司，朱平：高架橋の3次元動的解析モデルを用いた桁間連結装置および車両通行性能の評価，土木学会論文集，No.773/I-69，pp.47-61，2004.10

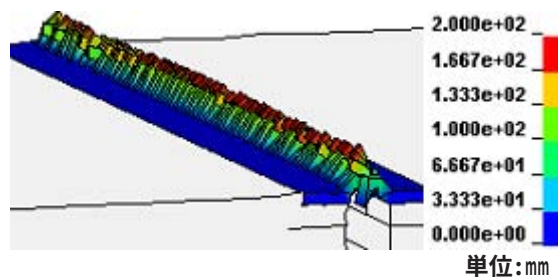


図-5 伸縮装置の変位量のコンター図

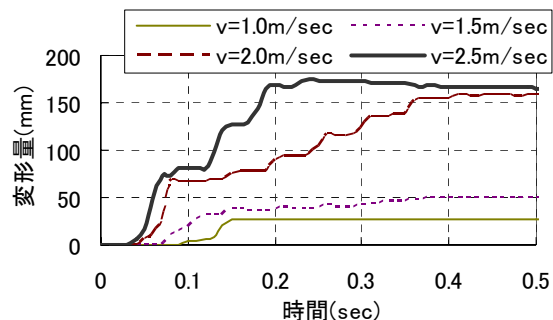


図-6 伸縮装置の鉛直変形量

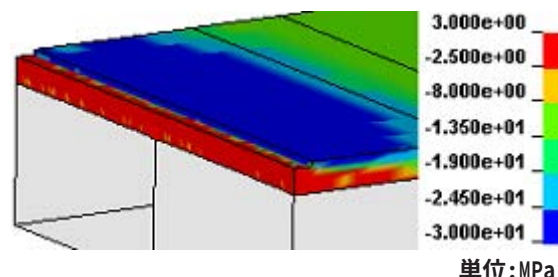


図-7 コンクリート床版の応力コンター図

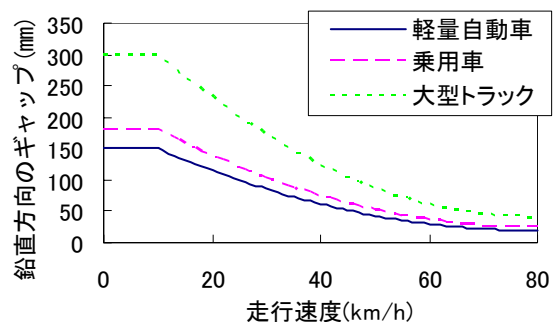


図-8 段差に対する車両の通行可能速度

表-2 本解析における最大通行可能速度

単位: km/h

衝突速度 [m/sec]	段差量 [mm]	軽量自動車	乗用車	大型トラック
1.0	27.6	63	69	80
1.5	50.4	46	51	66
2.0	158.1	—	16	33
2.5	165.3	—	14	32