

桁間衝突による鋼箱桁端部の損傷状況の推定と補強対策

九州大学大学院 学生会員 ○宮定龍司

九州大学大学院 正会員 梶田幸秀

九州大学大学院 フェロー 大塚久哲

1. はじめに

現在、土木構造物の設計は仕様規定型から性能規定型への移行が始まっており、耐震設計においても将来は性能規定型に移行し、地震後の使用性（損傷限界）として、災害復旧用の緊急車両の通行の確保が明記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うこととした。この際、桁端部の損傷を防止するためにゴム製緩衝材を設置した場合についても数値シミュレーションを行い、ゴム製緩衝材の効果や、設置位置の違いによる衝突力低減効果などを確認することも本研究の目的とした。

2. 桁間衝突解析の概要

2.1 解析モデル

本研究では、汎用動的有限要素法プログラムLS-DYNAを用いて衝突解析を実施した。解析モデルの全体図を図-1に、断面図を図-2に、材料の物性値を表-1に示す。要素数の関係で橋軸方向のモデル化を10mとし、密度を10倍にすることで橋長100m相当（重量10200kN）とする重量調節を行っている。なお、伸縮装置については、本解析ではモデル化を行っていない。コンクリートは弾性体とし、鋼箱桁はvon misesの降伏条件を満たす完全弾塑性体とし、降伏応力は370MPaである。ゴム製緩衝材の応力-ひずみ関係は、文献2)の鋼材衝突実験から得たものを用いている。

2.2 衝突概要

衝突方法は、図-1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。なお衝突は繰り返しを考慮せず、単一の衝突とした。衝突速度は(1) 0.5m/s、(2) 0.75m/s、(3) 1.0m/sの3種類を設定した。

2.3 解析ケース

各解析ケースの被衝突体の衝突面を図-3に示す。ケースによっての主な違いは、ゴム製緩衝材の有無、およびゴム製緩衝材の設置位置である。なお緩衝材の設置箇所は図-1に示した衝突面である。ケース2・ケース3では、緩衝材を鋼箱桁端部に設置するために、桁端部に接触板を剛結した。なお接触板は鋼製とし、構成則は弾性体とした。

各ケースの緩衝材の概要を表-2に示す。ゴム製緩衝材の断面積については、落橋防止構造用緩衝材の設計例に従うものとした³⁾。必要断面積は上部構造の死荷重反力(10200kN)の1.5倍を天然ゴムの許容支圧応力(12N/mm²)で除して求められる。各ケースの合計断面積が等しくなるように設定した。緩衝材の厚さに関して規定はなく、一般的に50mmとされているが、この値は本解析で用いるゴム製緩衝材の断

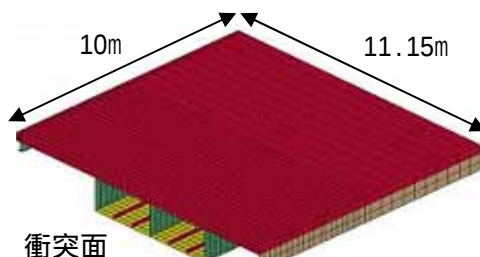


図-1 モデル全体図

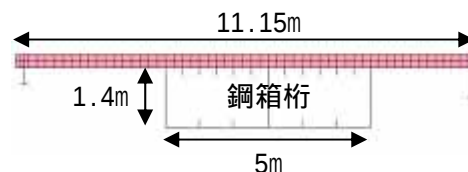


図-2 モデル断面図

表-1 材料の物性値

	質量密度	ヤング率	ポアソン比	要素
単位	N・sec ² /mm ⁴	MPa	-	
コンクリート	2.50E-08	2.50E+04	0.15	ソリッド
鋼箱桁	7.85E-08	2.10E+05	0.3	シェル
ゴム製緩衝材	1.03E-09	-	0.495	ソリッド

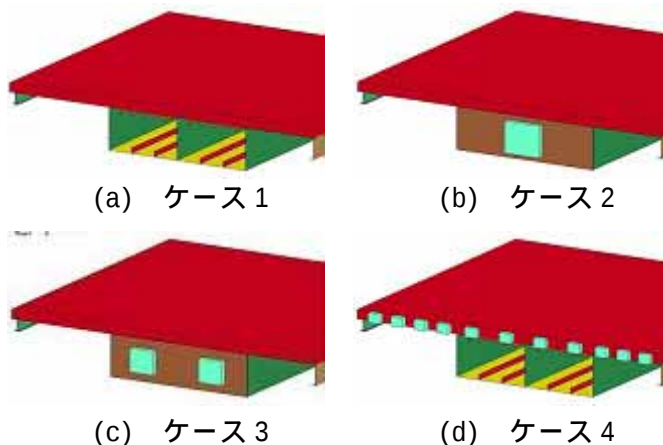


図-3 各ケースの桁端断面図

面積に対し非常に薄いと考えられるため、暫定的に200mmと設定した。

3. 解析結果

3.1 衝突荷重について

各ケースの最大衝突荷重を表-3に示す。衝突面に緩衝材を設置しないケース1では衝突速度1.0m/sのとき、上部構造の重量10200kNの4.6倍の衝突荷重が確認できた。緩衝材を設置することで、衝突荷重を10%～17%まで低減できることが分かった。また、緩衝材を設置したケース同士での比較を行うと、鋼箱桁端部に設置したケース2・ケース3の低減効果が大きいことが分かる。これは、緩衝材の他に、接触板が変形していることによって衝撃力が低減していると考えられる。

3.2 桁端部の損傷状況

衝突速度1.0m/sにおける、各ケースの被衝突体のコンクリート床版の応力分布図を図-4に、鋼箱桁端部の応力分布図を図-5に示す。ケース1では、コンクリート床版において、53MPaの応力が発生し、鋼箱桁端部は降伏応力(370MPa)に達することから、残留変位が生じることが考えられる。緩衝材を鋼箱桁端部に設置したケース2・ケース3では、コンクリート床版の応力は低減するが、緩衝材を設置した背面で局所的に応力が発生し、鋼箱桁が降伏に達することが分かった。ケース4では、主にコンクリート床版との結合部で応力が発生しているが、最大応力がコンクリート床版では8MPa、鋼箱桁部では22.3MPaとなり、今回のケースの中では、コンクリート床版・鋼箱桁ともに損傷が最も小さいことが分かった。

4. まとめ

桁間衝突時に、衝突荷重は、桁間に緩衝材を設置することによって、緩衝材を設置しない場合と比べて10%～17%まで低減できることから、緩衝材の衝撃力低減効果が確認できた。桁端部の損傷については、緩衝材を設置するときに緩衝材をコンクリート床版に設置したケースが最も桁端部の損傷を小さくできることが分かった。

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) 梶田幸秀，北原武嗣，西本安志，大塚久哲，坂口和弘：鋼角柱衝突実験のシミュレーション解析，第12回日本地震工学シンポジウム論文集，論文No.206(CD-ROM)，2006.11
- 3) (社)日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧仕様に係る仕様書」の準用に関する参考資料(案)，1995.6

表-2 各ケースの緩衝材の概要

	断面 (mm)	断面積 (mm ²)	厚さ (mm)
ケース2	1260 × 1040	1.31 × 10 ⁶	200
ケース3	840 × 780@2	1.31 × 10 ⁶	200
ケース4	395.83 × 309.5@3 420.00 × 309.5@4 418.75 × 309.5@4	1.41 × 10 ⁶	200

表-3 最大衝突荷重 (単位：kN)

衝突速度	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
0.5m/s	20295	3235	2134	3590
0.75m/s	34673	4971	3461	5990
1.0m/s	46025	6160	4724	6970

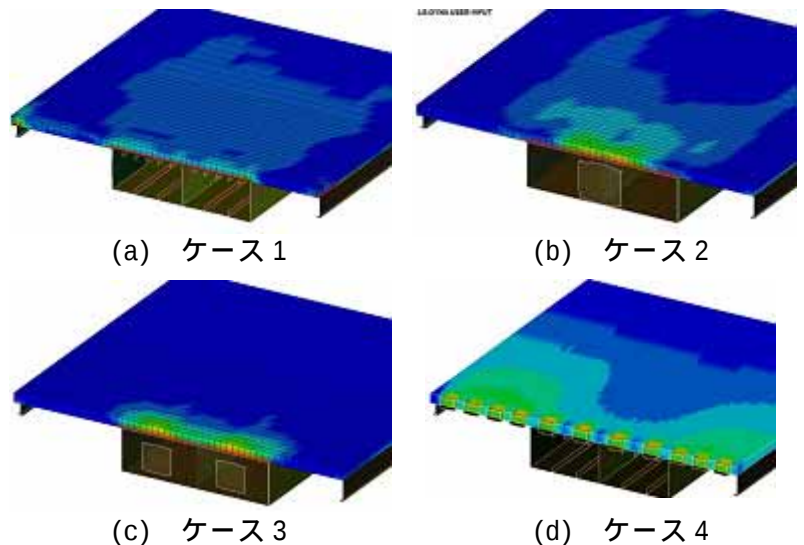


図-4 コンクリート床版の応力分布図

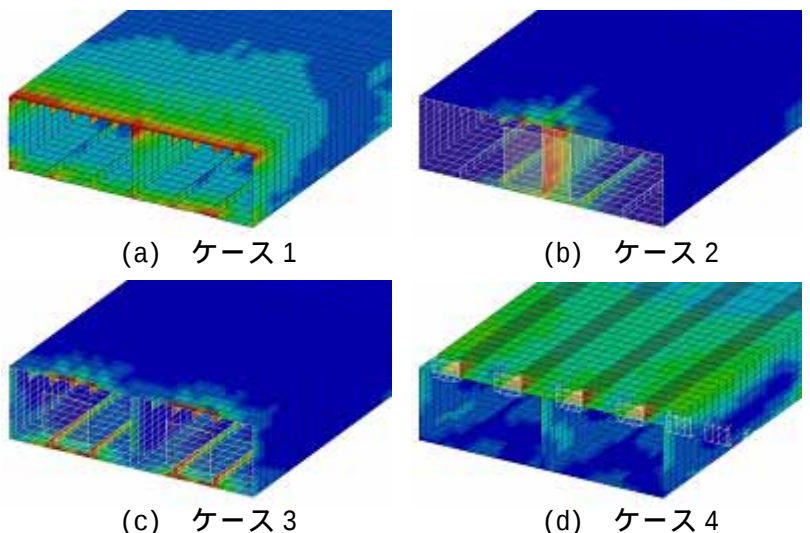


図-5 鋼箱桁端部の応力分布図