

大地震時の桁衝突による通行リスクに関する基礎的検討

九州大学大学院 正会員 ○梶田幸秀, 東京大学大学院 学生会員 藤井洋良  
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲

1.はじめに

本研究では、橋梁構造物が有する使用性の一つである車両通行に着目し、大地震後の桁間衝突による車両の通行リスクについて検討を行った。

2.通行リスクの算定

2.1 算定手法の概要

本研究で用いた通行リスクの算定方法を図-1 に示す。なお、通行リスクの算定に当たっては、以下の3つの仮定を設けた。

(仮定 1) 車両の通行を阻害する要因としては、桁衝突による伸縮装置の損傷だけに着目し、地滑りによる橋脚の移動や倒壊、支承の破損による上部構造の鉛直方向の段差などについては考慮しない。(仮定 2) 桁衝突時の桁の速度(衝突速度)は衝突を無視した場合の桁の最大応答速度に等しい。(仮定 3) 桁の最大応答速度を求める際に橋脚の塑性化は考慮しない。この3つの仮定を用いると、通行リスクの算定は図-1 に示す流れで求めることができる。

2.2 地表面最大速度と桁の最大応答速度の関係

強震観測網 K-NET を利用し、Ⅰ種地盤 79 地点、Ⅱ種地盤 93 地点、Ⅲ種地盤 33 地点の計 205 地点において、過去 10 年間における M6.0 以上の規模の地震による地震動の地表面加速度時刻歴波形を取り出した。橋梁を 1 自由度系とみなし、上記の地表面加速度時刻歴波形から固有周期毎に応答解析を行い、最大応答速度を求めた。なお、減衰定数は 0.05 とした。さらに、地表面加速度時刻歴波形を時間積分することにより地表面最大速度を求め、最大応答速度との関係の定式化を行った。一例として固有周期 0.6 秒のときの結果を図-2 に示すように、地表面最大速度が小さいとき、地表面最大速度と最大応答速度は比例関係に近くなる。そのため、最小二乗法を用いて原点を通る直線として近似し、地盤種別毎に傾き(最大応答速度を地表面最大速度で除したものを)を算定した。得られた傾きは地表面最大速度から最大応答速度を求める応答倍率となる。固有周期を 0.1 秒から 1.5 秒まで変化させた場合において、同様の手法を繰り返し、図-3 に示すように固有周期と応答倍率の関係を得ることが出来た。

2.3.最大応答速度のハザードカーブの作成

今回、対象地点を静岡県地震防災センター(静岡市葵区駒形通)と設定した。同地点周辺は K-NET の土質データのせん断波速度からⅠ種地盤であると推定される。また、同地点における地盤増幅率は J-SHIS のデータより 1.32 である。従って、J-SHIS で公開されている工学的基盤面における地震ハザードカーブの横軸(工学的基盤面最大速度)の数値に、地盤増幅率 1.32 を乗じることで、地表面最大速度における地震ハザードカーブを作成した。なお、ハザードカーブとして、30 年平均ケースを用いた。更に対象橋梁の固有周期を 0.6 秒と設定すると、図-3 の結果より応答倍率が 1.2 となるため、図-4 に示すような最大応答速度に関

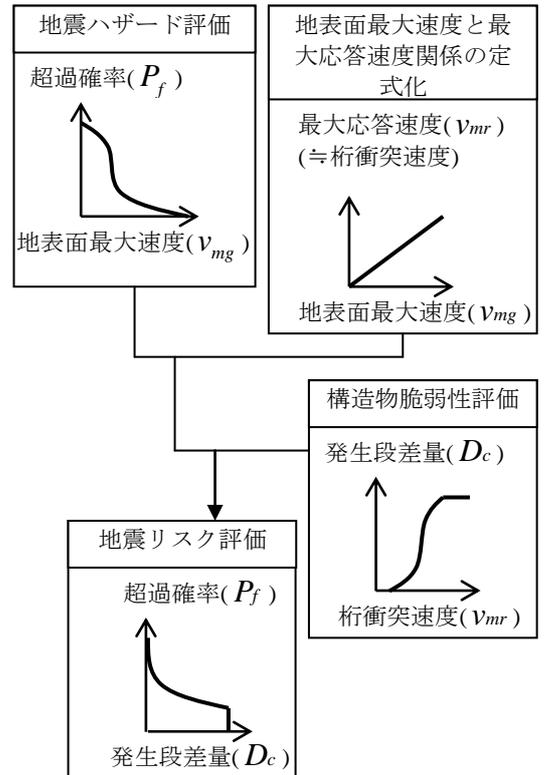


図-1 車両通行リスク評価フローチャート

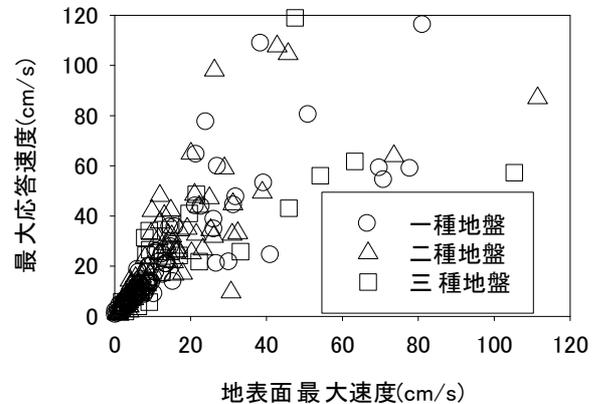


図-2 地表面最大速度と最大応答速度

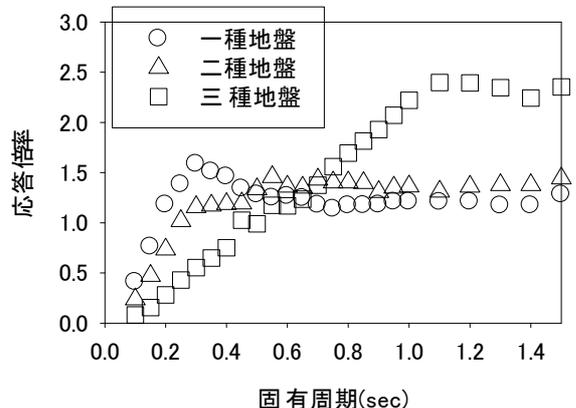


図-3 固有周期と応答速度倍率

キーワード：リスク解析, 通行リスク, 桁衝突  
連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 TEL&FAX: 092-802-3374

するハザードカーブを求めることができる。

### 2.4 桁衝突速度と段差量および車両の通行可能速度の関係

宮定らの研究のモデルを使用し、伸縮装置(鋼製フィンガージョイント)を考慮した桁間衝突の有限要素解析を実施した<sup>1)</sup>。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で、衝突速度は、25(cm/s)から25(cm/s)刻みで300(cm/s)まで変化させた12種類を設定した。フィンガーの変形により発生する段差量の解析結果を図-5に示す。なお、図中の直線は通行リスクカーブを作成するために解析結果を5次の多項式で近似した場合の近似曲線である。阿部らの研究に示されている、段差に対する車両の通行可能速度を図-6に示す<sup>2)</sup>。図-6から、段差量が150(mm)を越えると、軽量車両が通行不可能になることが読み取れる。

### 2.5 伸縮装置の損傷リスク評価

図-4から図-6より、対象地点周辺の固有周期0.6秒の橋梁における車両の通行可能速度の30年間平均ケース超過確率は図-7に示すとおり求められる。図-7より、今後30年間に軽量車両が通行不可能になる可能性は約2.21%（再現期間1343年）、乗用車の場合、約1.43%（再現期間2083年）であることが分かる。1995年兵庫県南部地震のような活断層近傍の地震動を荷重評価に反映させるためには、確率論的地震危険度解析において1,000年のオーダーの再現期間を考慮する必要があるとされている<sup>3)</sup>。よって、大地震が起これば、桁衝突により車両の通行が不可能になる、もしくは低速での走行が余儀なくなる可能性があることが分かった。

### 3.まとめ

今回の手法で、地盤種別毎、固有周期毎に、地表面最大速度と最大応答速度の関係を定式化することができた。これと地表面最大速度に関する地震ハザードカーブを合わせて考えることにより、最大応答速度と超過確率の関係が求められるようになった。これにより、桁衝突に関する解析結果や地震発生直後の車両の通行可能性を確率論的に考察することが可能になった。

### 謝辞

本論文作成にあたり、(独)防災科学技術研究所のK-NETで収録された強震記録、J-SHISにて公開されている地震ハザードカーブのデータを使用致しました。ここに記して深く感謝致します。

### 参考文献

- 1)宮定龍司, 梶田幸秀, 大塚久哲, 北原武嗣: 桁間衝突の解析による桁端部の損傷状況の推定と緊急車両の通行可能性の検討, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.4, pp.1027-1036, 2009.12
- 2)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
- 3) (社)土木学会 土木構造物の耐震設計法に関する特別委員会: 土木構造物の耐震設計法に関する第3次提言と解説, p.4-7, 2000.6

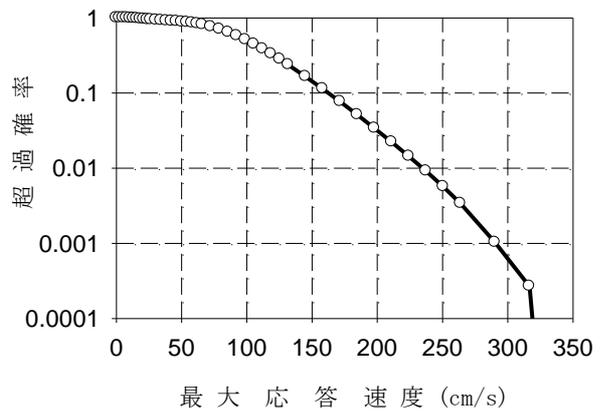


図-4 静岡市の最大応答速度のハザードカーブ

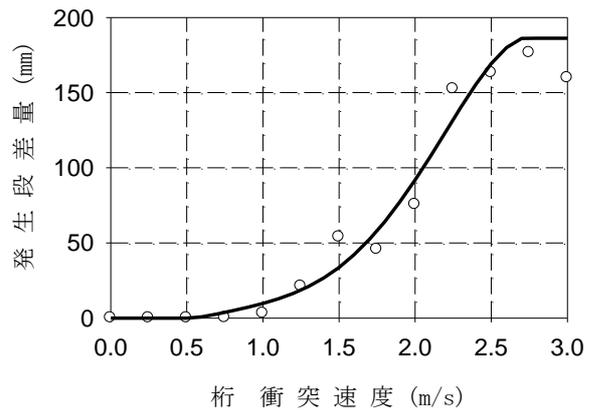


図-5 桁衝突速度と段差量の関係

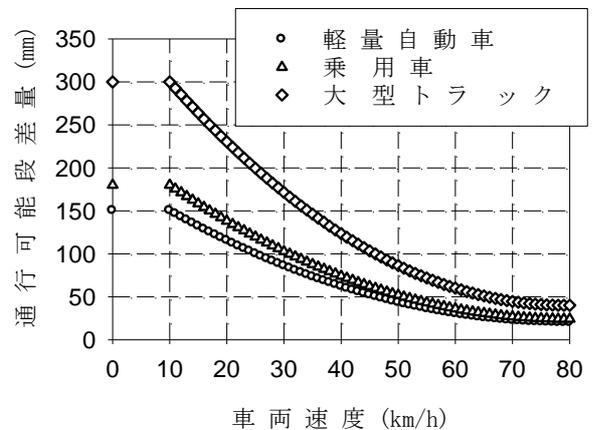


図-6 桁衝突速度と段差量の関係

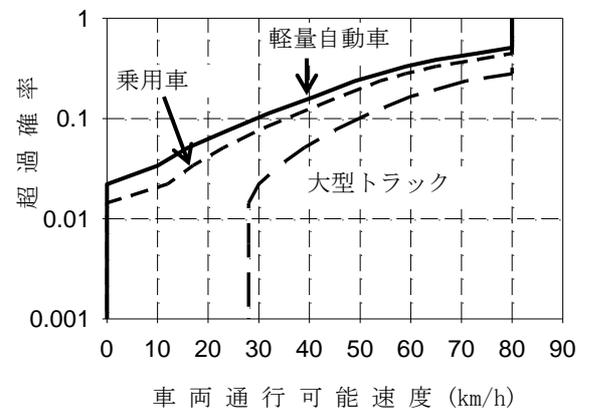


図-7 桁衝突速度と段差量の関係