東北地方太平洋沖地震時の横浜ベイブリッジ走行中の大型車の転倒および滑動の可能性

(公財)鉄道総合技術研究所(研究当時 横浜国立大学大学院) 学生会員 〇成田顕次 横浜国立大学 正会員 SIRINGORINGO, Dionysius Manly フェロー 藤野陽三

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に国道357 号線の横浜ベイブリッジ下路スパン中央付近で1台の3 軸6輪セミトレーラが転倒した.そのセミトレーラを 撤去するのに約30時間もの時間を費やしその間,下路 は交通止め状態であった.(図1)¹⁾1995年の兵庫県南 部地震においても阪神高速道路の神戸線高架部で大型 車が3台転倒している.首都圏の土木構造物に着目し た際,首都高速道路では管理する構造物の約8割が地 震で揺れが増幅される高架橋である.²⁾このような状 況で首都直下型地震が起きた際に橋梁部そのものに被 害がなくても自動車の転倒の可能性が高いという事は 容易に想像がつく.橋梁の耐震化が進んでいる中で, 将来,予想される大規模地震において,橋梁に被害が 無くとも走行中の大型車が転倒することにより,都市 内高速道路が駐車場化してしまうことも危惧される.

本研究の目的は、2011 年の地震の際に、横浜ベイブ リッジ走行中の大型車はどのようにして転倒したかを 明白にする.しかし、転倒と言いっても図1では大型車 がトラス部分にぶつかっているため、大型車が回転に よって転倒し、トラス部分に衝突状況になったのか、 滑動によってトラス部分に衝突したかは解明されてい ない.また、地震時に運転者が過度なハンドル操作を 行ったことによって、転倒または滑動した可能性もあ る.そこで、運転者の過度なハンドル操作は考慮せず、 転倒または、滑動によって、現象が生じたのかをまず 明らかにした.

2. 運動方程式のモデル化

自動車には乗用車を始めとする自動車,トラック, バスなどの他に特殊車両があるが,車両の基本的な運 動は6つの運動に分類される.本研究では成田等³⁾, Ch en 等⁴⁾の自動車モデルを参考に橋梁の地震応答を入力 できる,10自由度系の力学モデルを構築した.車両の 重心位置を原点とし車両の進行方向を xv軸,左右方向 を yv軸,上下方向を zv軸とし,各方向に回転運動を考



図1東日本大震災時に転倒したセミトレーラ 1)



図 2 10 自由度自動車モデル

慮した 6 自由度と各車輪の鉛直方向の 4 自由度を考慮 したモデルとなる. xv 軸回りのモーメントをローリン グ運動, yv軸回りのモーメントをピッチング運動, zv軸 回りのモーメントをヨーイング運動と呼ぶ. そして, 地震時の路面の加速度応答を入力し,自動車の応答を 求めた.

3. 入力加速度応答の算出

自動車モデルに入力する加速度は橋梁上の各位置で の橋軸,橋軸直角方向とその回転方向,橋軸鉛直方向 の加速度応答を求める必要がある.そこで,横浜ベイ ブリッジを上層部の主桁の鋼箱桁,下層部の鋼トラス 桁のダブルデッキトラスを上部構造として,主塔,橋 脚,ケーブルの4つの構造部材からモデルを作成し,橋 脚部に3月11日の際に橋脚部で観測された加速度を入 力した.そして,有限要素法を用いて,東北地方太平洋 沖地震の際の横浜ベイブリッジの各地点での応答を求

キーワード : 地震応答解析, 車両安全性, 橋梁

連絡先 : 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4243 FAX 045-348-4565

めた.モデルの概要を図3,表1に示した.次に,スパン 中央部分において,入力加速度が最大になるように設 定し,自動車に入力する加速度を算出した.許容最高 走行速度は70km/hである.

4. 転倒, 滑動の可能性

本研究では地震時の車輪の接地圧に着目し,転倒お よび滑動の可能性を検討した.自動車が転倒する際に は,まず車輪が浮き上がる.つまり,車輪に発生する接 地圧が負の値を示す.また,接地圧の低下は,横滑り力 に対する抵抗値の低下を示す.抵抗値が低下し,滑動 が起こりやすくなることが考えられる.そこで,まず 接地圧の応答を求め,転倒および滑動の可能性を検討 した.図4に東北地方太平洋沖地震の際の大型車の接 地圧応答を示した.本研究では10トン規模の大型車の パラメータを用いた.その結果,東北地方太平洋沖地 震の際には大型車の車輪の接地圧が負の値を示してい ることが確認できた.

次に地震応答により車体に発生するモーメントと抵 抗モーメントから転倒の可能性と,車輪に発生する横 滑り力と抵抗力から滑動の可能性を検討した.図5に ロールモーメントとその抵抗値の応答結果を,図6に 横滑り力とその抵抗値の応答結果を示した.これによ り,東北地方太平洋沖地震の際にはモーメントによる 転倒ではなく,滑動により大型車が図1のような現象 が発生したと考えられる.

6. 結論

本研究では、地震応答加速度を入力できる、モデルを 構築した.次に東北地方太平洋沖地震時の横浜ベイブ リッジの応答加速度を、有限要素法を用いて求め、自 動車モデルに入力し、走行中の大型車の転倒の可能性 を検討した.その結果、転倒ではなく、滑動によって生 じた可能性が高いと考えられた.

参考文献

 1) 横浜国道提供写真 国道357号線 東北太平洋沖地震転倒 写真

 2) 首都高速道路構造物の大規模更新の在り方に関する調査 研究委員会(第1回委員会資料)平成24年3月5日

3)成田顕次、シリンゴリンゴディオン、藤野陽三、西尾真由子:橋梁走行中の大型トラックの地震時転倒解析、土木学会第70回年次学術講演会 I-089, 2015, 8

4)S.R. Chen \cdot C.S. Cai (2004): "Accident assessment of vehicles on long-span bridges in windy environments",

Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodyna mics, 92(12),991-1024



図3 横浜ベイブリッジ動的モデル

表 1. モデルの各要素種別

構造部材	要素種別	減衰定数(%)
上部構造	線形梁要素	2.0
主塔	線形梁要素	2.0
橋脚	線形梁要素	2.0
ケーブル	線形梁要素	2.0

