

道路橋付属物の地震被害調査と耐震安全性の検討

東京大学 学生会員 ○西口綾佳

東京大学 フェロー会員 藤野陽三

東京大学 正会員 蘇迪

東京大学 正会員 長山智則

東京大学 学生会員 武田智信

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震後，道路橋の耐震設計基準が大幅に改訂され，既設橋梁の耐震補強が進み，橋梁本体の耐震性は全体的に高まっている．道路橋には照明柱や標識柱などの付属物があり，これらが地震時に倒壊した場合，人的・物的被害が生じ，交通を遮断して復旧に必要な人手や物資の運搬を阻害する可能性もある．特に高架橋上に設置される付属物は，地動を直接受けるのではなく，高架橋という主構造物によって間接的に加振される二次構造物でもあり，主構造物と付属物の固有周期が一致して振動が大きくなる共振現象も発生しうる．ここでは従来，検討が少なかった道路橋付属物の地震被害の調査と，耐震安全性の検討を行った．付属物として道路橋上の照明柱，標識柱，裏面吸音板を対象とした．また兵庫県南部地震での被害は阪神高速道路管内，東北地方太平洋沖地震での被害は首都高速道路管内と東日本高速道路管内を対象とした．

2. 設計基準

設計基準としては，照明柱^{[1][2]}では 60 m/sec，標識柱^[3]では片持式と門型式では 50 m/sec，路側式では 40 m/sec に耐える風荷重のみが用いられ，地震荷重は考慮されていない．裏面吸音板は明確な設計基準がないが，自重や点検時活荷重を考慮し 110 kg/m² の鉛直荷重が多く採用されている^[4]．

3. 被害調査

地震被害を表 1 に示す．

照明柱被害は，兵庫県南地震に比べ，東北地方太平洋沖地震では程度，発生数ともに軽減した．しかしいずれも図 1 に示すポールに設けられた安定器収納用開口部の変形が多い．

標識柱被害も，兵庫県南部地震に比べ東北地方太平洋沖地震では倒壊も発生しておらず，軽減したと言えるが，アンカーボルトの切断やベースプレート変形，基部コンクリートの破壊など，基部に引張や圧縮の力が作用したことによる損傷が見られる．

裏面吸音板は，平成 7 年以降に本格設置がなされているため，東北地方太平洋沖地震での被害のみになるが，強震域での設置数が多くなく，被害はほとんど見られない．被災した裏面吸音板の設置箇所は，橋梁自体が特殊な形状であり，桁架け違い部で管理者の境界であった．また，現在，新設している裏面吸音板については落下防止対策としてワイヤー等によるフェールセーフ機能があるが，供用年度が古いものについてはその機能がないものも存在し，今回の被災の一因ともなっている．

以上より，設計基準として地震荷重が考慮されていないが，実際には地震被害が発生していることがわかった．対象とした地震では，橋梁本体が先に損傷したり揺れが小さかったりしたため，人的被害や交通遮断は起きいていないが，今後より大きな地震が高架橋の多い都市部で発生した場合，より大きな被害が発生する危険もある．

表 1 道路橋付属物の地震被害

	兵庫県南部地震（1995） （阪神高速道路 ^[5] ）	東北地方太平洋沖地震（2011） （東日本高速道路，首都高速道路）
照明柱	灯具落下（57 本） ポール開口部変形（1886 本）	灯具落下、ひび割れ ポール開口部変形（37 本）
標識柱	情報板落下，支柱倒壊	基部損傷（5 基）
裏面吸音板	（未設置のため被害なし）	垂れ下がり（1 件）



図 1 ポール開口部変形^[5]

キーワード：道路橋付属物 地震被害 耐震安全性 動的解析 照明柱 標識柱
連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻

4. 地震荷重の検討

地震発生時に付属物にはたらく慣性力の大きさを、質量と絶対加速度より求め、設計風荷重と比較した。

付属物の質量は橋梁本体に比べ極めて軽いため、地震応答を考える際には、本体と付属物を分けて扱った。慣性力算出に用いる絶対加速度は、既往研究^[6]を参考に 1 質点系線形動的解析によって求め、入力波はレベル 1 地震動Ⅰ～Ⅲ種地盤用^[7]を用いた。設計風荷重の算出には、道路標識設置基準・同解説^[3]に記載の式を用いた。

本解析で用いたモデルの諸元を表 2 に、主構造物のそれぞれの固有周期に対して、発生する慣性力の最大値と、設計風荷重をプロットした結果を図 2 に示す。これより、主構造物の固有周期が、付属物の固有周期である 0.5 秒に近い場合に、慣性力の最大値が設計風荷重を上回ることがわかる。したがって、高架橋の固有周期に近い固有周期をもつ付属物が設置された場合、その付属物は地震時に共振によって、設計時に用いられている風荷重を大きく超える慣性力を受ける危険性がある。

表 2 解析モデル諸元

	面積(m ²)	質量(kN)	固有周期(s)	減衰比
主構造物モデル (高架橋)	-	-	0.3~1.5 0.01 秒刻み	0.02
付属物モデル (片持式標識柱)	22.4	22.3	0.5	0.01

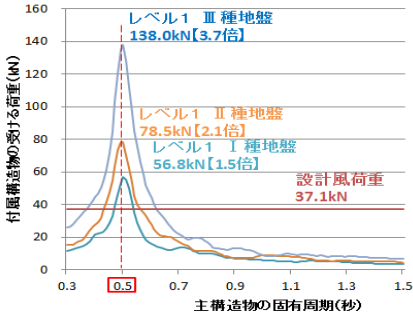


図 2 地震時慣性力と設計風荷重の比較結果

5. 結論

以上より、付属物の耐震安全性は現状では確保されているとは言えない。図 3 に既往研究^{[8][9][10]}とヒアリングより整理した構造物の固有周期を示すが、高架橋と付属物の固有周期が一致する可能性は存在するため、これまでほとんど注目されていなかった付属物の耐震性を、今後より詳細に検討し、対策を講じる必要がある。

謝辞

研究に当たり、東日本高速道路株式会社、首都高速道路株式会社、阪神高速道路株式会社、また川井豊氏に多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝いたします。

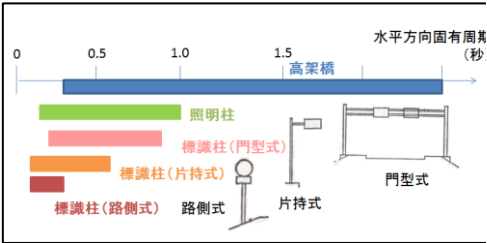


図 3 高架橋と付属物の固有周期

参考文献

[1] 社団法人日本道路協会：道路照明設置基準・同解説，2007 年 10 月
[2] 社団法人日本照明器具工業会：JIL1003 照明用ポール強度計算基準，2010 年
[3] 社団法人日本道路協会：道路標識設置基準・同解説，1987 年
[4] 技術評価制度評価基準（建設省告示第 1860 号）
[5] 財団法人阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路 震災から復旧まで[写真集]，1997 年 1 月
[6] 土木学会地震工学委員会（執筆者：伊津野和行）：地震時保有耐力に基づく橋梁構造物の耐震設計法の開発に関する研究小委員会 第 2 回橋梁等構造物の耐震設計法に関する講習会 資料，pp427-440
[7] 日本道路協会 HP：道路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形 <http://www.road.or.jp/dl/waveform.html>，2013 年 2 月 4 日アクセス
[8] 佐藤武司，連重俊，平野廣和，佐藤尚次：標識柱等の橋梁付属物の振動特性
[9] 有田新平，安部和隆，平野廣和，佐藤尚次：F 型標識柱の振動耐久性評価方法の検討
[10] 井舎英生，宮脇潔，乙黒幸年，北田俊行，山口隆司：道路橋の標識柱・照明柱の損傷発見のための振動測定・解析・評価システムの開発，土木学会第 56 回年次学術講演会（平成 13 年 10 月）