

地震動特性が構造物上の電車線柱に与える影響について

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○加藤 尚
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 坂井 公俊
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、鉄道高架橋に建植されている数多くの電車線柱に折損・傾斜等の被害が発生した。今後、鉄道の地震に対する安全性を向上させるためには、電車線柱等の土木構造物の付帯設備に関しても、その応答特性を把握しておくことは重要である。そこで、本研究では、入力波の地震動特性に着目し、地震動の①継続時間および②周波数特性が構造物を介して電車線柱の応答に与える影響について、それぞれ定量的な検討を行ったので報告する。

2. 地震動の継続時間の影響

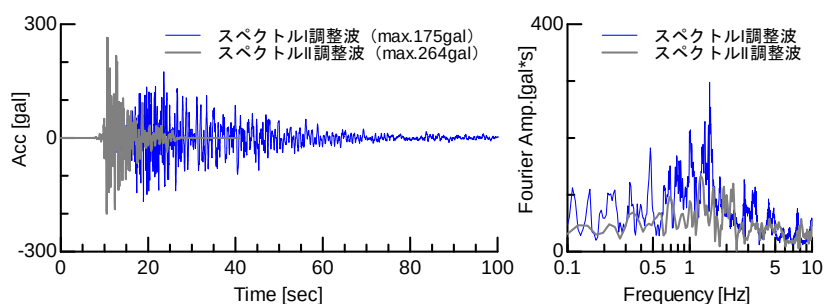
入力される地震動の継続時間が、電車線柱へ与える影響について検討した。既往の研究¹⁾では、電車線柱の応答は構造物のロッキング振動により増幅されることを報告しているが、この検討では継続時間の影響を検討することを目的としているため

考慮しない。よって、現在の電車線柱の耐震設計²⁾の解析手法に則り、構造物と電車線柱を分離し、地震時の構造物天端の水平応答加速度を電車線柱に入力する手法（以下、分離モデル）を用いた。構造物と電車線柱はそれぞれ1質点系でモデル化した。構造物の固有周期 T_s は0.6sec、電車線柱は鋼管柱とコンクリート柱の2種類とし、固有周期 T_p を0.01sec毎に変化させて動的線形解析を行った。ここで、構造物の減衰定数は5%、電車線柱の減衰定数として鋼管柱は2%、コンクリート柱は5%とした。入力地震動については、鉄道構造物の耐震設計標準³⁾に記載されているG1地盤のL2地震動スペクトルI適合波とL2地震動スペクトルII適合波をベースとして、構造物天端の最大応答加速度がほぼ500galとなるようそれぞれの入力地震動の振幅を調整し、図1に示すような地震波を用いた。

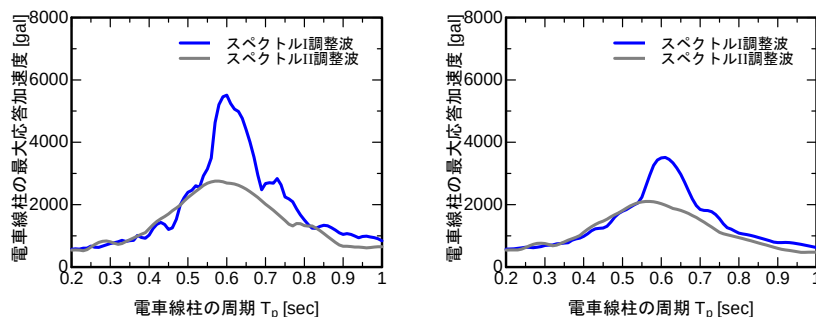
解析結果として、電車線柱天端の最大応答加速度を図2に示す。ここで、横軸は電車線柱の固有周期 T_p を、縦軸はその周期を有する電車線柱の最大応答加速度である。この結果から、電車線柱の固有周期 T_p が構造物の周期 T_s （0.6sec）と近い（約0.5sec～0.7sec）と共振することで電車線柱の応答が大きくなるが、その割合はスペクトルIの方がスペクトルIIよりも大きいことが確認できる。この原因として、スペクトルIの継続時間がスペクトルIIよりも長いために、電車線柱が共振して応答が成長したことが考えられる。すなわち、構造物に入力される地震動そのものは図1に示すように様々な周期・振幅の組み合わせを有しているが、構造物を介することで、構造物の固有周期以外の成分は相対的に小さくなる。結果として、構造物天端の応答はほぼ単一周期で振動することとなり、電車線柱に入力される波が定常波に近い波になる。これが原因で、電車線柱の応答が成長したと推測される。また、

キーワード 電車線柱、継続時間、周波数特性、ロッキング

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL 042-572-7394



(a)時刻歴加速度 (b)フーリエスペクトル
図1 入力地震動（継続時間検討用）



(a)鋼管柱 (b)コンクリート柱
図2 電車線柱の応答加速度

減衰定数の小さな鋼管柱の方がコンクリート柱よりもスペクトルⅡに対するスペクトルⅠの割合が大きくなっていることが確認でき、これも共振応答の特徴の一つである。これらのことから、入力地震動の継続時間の長さが、電車線柱の応答に影響を及ぼすことが示された。

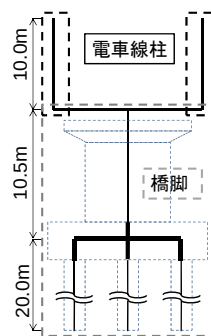


図3 解析モデル

3. 地震動の周波数特性の影響

次に、地震動の周波数特性が高架橋上の電車線柱へ及ぼす影響について把握するため、図3に示すような橋脚-電車線柱（鋼管柱）を一体としたモデル（以下、一体モデル）を用いて動的線形解析を行った。入力地震動としては、坂井ら⁴⁾が提案している短周期が卓越している設計地震動（以下、短周期 TYPE-A 波）と、鉄道構造物の耐震設計標準³⁾をベースに構造物の最大水平応答加速度が短周期 TYPE-A 波とほぼ同程度となるよう補正した地震動（以下、長周期 TYPE-B 波）を用いた（図4）。また、構造物のロッキング振動の影響を把握しやすいよう、分離モデル（構造物天端の水平応答加速度のみを電車線柱に入力）における応答値と比較した。

解析結果を図5に示すが、分離モデルにおける電車線柱天端の最大水平応答加速度は、短周期 TYPE-A 波（1692gal）の方が長周期 TYPE-B 波（1341gal）よりも大きくなるが、その差は2割程度である。一方、一体モデルにおける電車線柱天端の応答値として最大水平応答加速度を比較すると、短周期 TYPE-A 波（4846gal）の方が長周期 TYPE-B 波

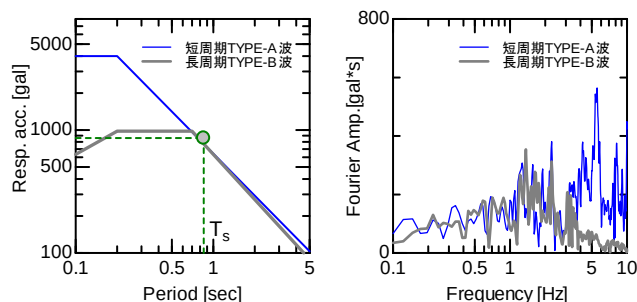
（2951gal）よりも6割程度大きくなることが確認できる。また、一体モデルの分離モデルに対する割合、つまりロッキング振動による応答増幅倍率は、短周期 TYPE-A 波だと約2.86倍であるのに対し、長周期 TYPE-B 波だと約2.20倍となっている。これは、構造物天端の回転応答加速度は、短周期 TYPE-A 波の方が長周期 TYPE-B 波に比べると明らかに大きいことが原因である。つまり、本検討において、入力地震動の短周期成分が卓越するほど構造物天端の回転応答加速度が大きくなるため、電車線柱へ作用する構造物のロッキング振動による応答増幅倍率も大きくなることが明らかとなった。

4. まとめ

本検討により、構造物上に建植されている電車線柱は、地震動が構造物を介して電車線柱に伝わることで、地震動の継続時間やその周波数特性による影響が大きくなることが明らかとなった。今後、より深い検討を行い、電車線柱の耐震設計法に役立てたいと考えている。

参考文献

- 1) 今村年成, 室野剛隆, 坂井公俊, 佐藤勉: 電車線 - 高架橋連成系の地震応答特性, 土木学会地震工学論文集, pp.1182-1190, 2007.
- 2) 電力設備耐震性調査研究委員会: 電車線路設備耐震設計指針(案)・同解説及びその適用例, 1997.
- 3) (財)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 1999.
- 4) 坂井公俊, 室野剛隆, 佐藤勉: 近年の地震記録に基づいたL2地震動の考え方とその設定方法, 鉄道総研報告, Vol25 No9, 2011.9.



(a) 加速度応答スペクトル (b) フーリエスペクトル

図4 入力地震動（周波数特性検討用）

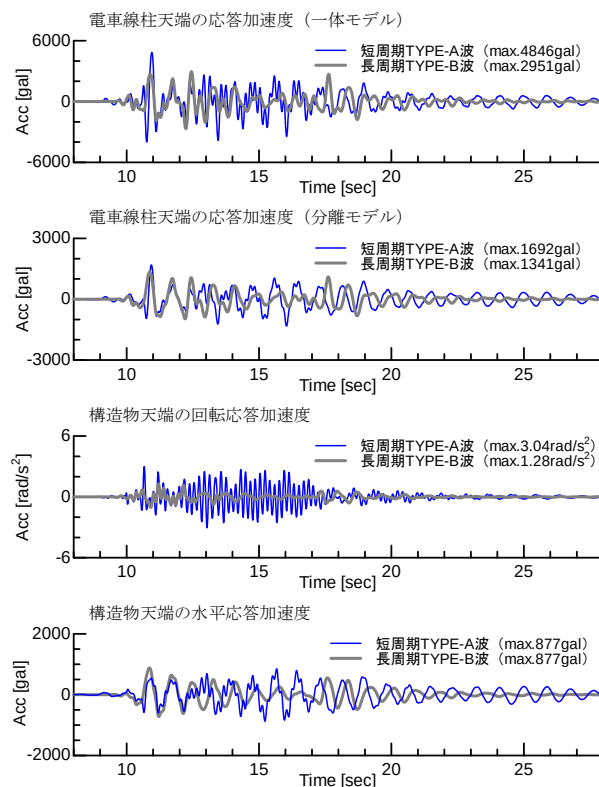


図5 構造物・電車線柱の応答加速度