

### 高架橋上PC電化柱の耐震補強検討システムの開発

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○長尾 勇太  
正会員 井口 真一

#### 1. 目的

PC電化柱は、弾性設計が従来から行われており、巨大地震に対して、脆性的な被災が想定され、東日本大震災において東北新幹線の折損した電化柱は記憶に新しい。現在高架橋上PC電化柱の地震対策としてRC化や鋼管化が進められているが、PC電化柱の交換が困難な箇所の補強は検討が進んでいない。一方で、東海・東南海・南海地震の発生が近い将来想定されており、被害の最小化を目指し、適切な耐震補強を行う事が急がれている。

そこで著者らは、地震対策工選定の一般化を行うために、高架橋および電化柱の振動特性を時刻歴応答解析によりDB化し、さらに減衰デバイスを用いた耐震補強方法の検討を行った。本稿では、一連の検討を通して、系統的な工法選定手法が得られたためそれを報告する。

#### 2. 一般化手法

高架橋上PC電化柱の地震対策について、コスト低減や工期短縮の点から、電化柱と高架橋を別と考えて一般化を行うこととした(図-1)。そのうえでそれぞれの構造物を数種類に分類し、分類ごとに時刻歴応答解析を用い振動特性や損傷度合を把握する。その際、PC電化柱については経済性から塑性化についても考慮する。その後、電化柱と高架橋の組合せに対する損傷度合を把握し、それぞれの組合せに対する最適な耐震補強デバイスを設定する。これにより、実際の構造物では、電化柱と高架橋の規格を把握するだけで、最適な耐震補強対策を行うことが可能である。

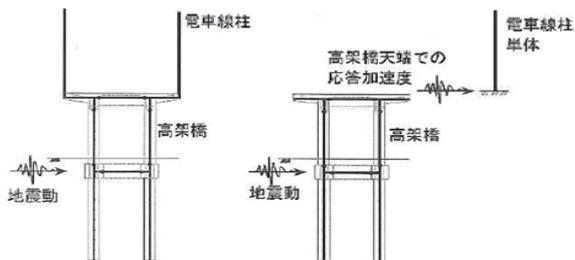


図-1 高架橋と電化柱の分離

なお本検討では、写真-2のように電化柱被害のほとんどが線路直角方向となっているため、線路直角方向に加振した。また、減衰デバイスとして、電化柱間に鋼管ビームのみを取付ける方法と制震ダンパーを付けた鋼管ビームを取付ける方法(写真-3)を設定した。

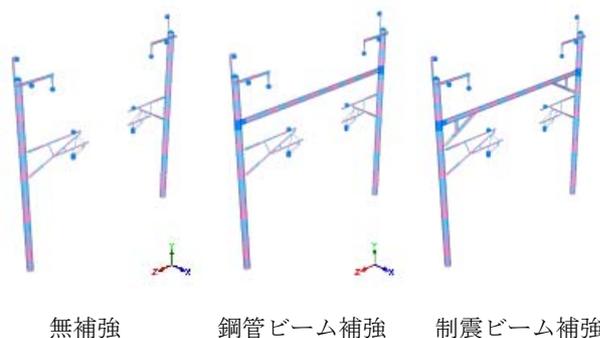


図-4 電化柱解析モデル

写真-2 電化柱被害状況 写真-3 制震ダンパー補強

#### 3. 解析方法

##### 3.1. 電化柱の評価法

各補強時の電化柱のみの解析モデルを図-4に示す。各電化柱モデルにおいて、電化柱基部の塑性化を考慮し、従来の曲げモーメントによる評価基準を用いず、新たな評価基準として電化柱基部でのひび割れ幅を算出し、加振後の残留ひび割れ幅が許容値  $0.05\text{mm}^{1)}$ 以内であるかの確認を行った。

##### 3.2. 対象電化柱の選定と応答特性

電化柱解析を行うにあたり、電化柱の違いによる損傷度合の差を明らかにするため、高架橋上の主な電化柱を高さで4種類(細, 太, 短, 長)に分類し検討した。

キーワード 電化柱, 耐震補強, 時刻歴応答解析, 制震ダンパー,

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 8F TEL06-6303-1446

電化柱解析には、図-5 に示すような正弦波形を電化柱基部に入力する。この正弦波形は、固有値解析により算出した電化柱の固有周期をもとに波形を作成した。これにより共振状態となり、最悪の損傷度合を把握することが出来る。入力加速度は100gal から1000gal まで100gal 刻みにして各電化柱モデルに入力し加速度の違いによる損傷度合の差も把握した。

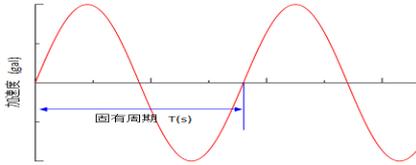


図-5 電化柱入力正弦波形

3.3. 高架橋解析モデル

高架橋については、図-6 のように1質点系モデルとした。モデルには、高架橋の荷重変位曲線を基にしたトリリニア型のばね特性を設定し、高架橋天端すなわち電化柱基部の応答加速度を算出した。

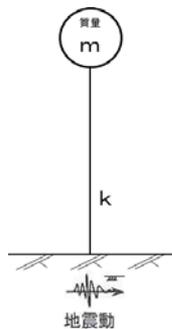


図-6 高架橋解析モデル

3.4. 高架橋解析

高架橋の解析に用いる入力地震動は図-7 に示すG3 地盤のL2S II 地震動<sup>2)</sup>とした。この波形を各高架橋ケースに入力し解析を行い、高架橋天端の最大応答加速度を求める。高架橋の解析については、構造物の位置と高架橋の高さを基に11 ケースに分類している。

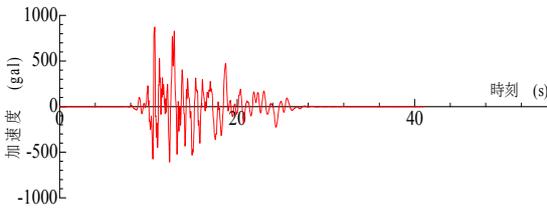


図-7 L2S II 地震動(G3 地盤)

4. 組合せ評価

高架橋解析により算出された応答加速度と、対応する加速度での電化柱解析による基部のひび割れ幅の組合せから、高架橋上の電化柱の損傷評価と耐震補強方法の設定を行った。電化柱に施す耐震補強方法は、無補強でひび割れ幅が許容値外のものには鋼管ビーム補強対策を、鋼管ビームでも許容値外のものにはダンパー付ビーム補強対策を行うこととした。図-8 に補強方

法設定フローを、表-9 に結果の一部を示す。本検討の結果、評価を行った4×11=44 ケースのうち、無補強8 ケース、鋼管ビーム補強22 ケース、制震ビーム補強14 ケースに設定することが出来た。

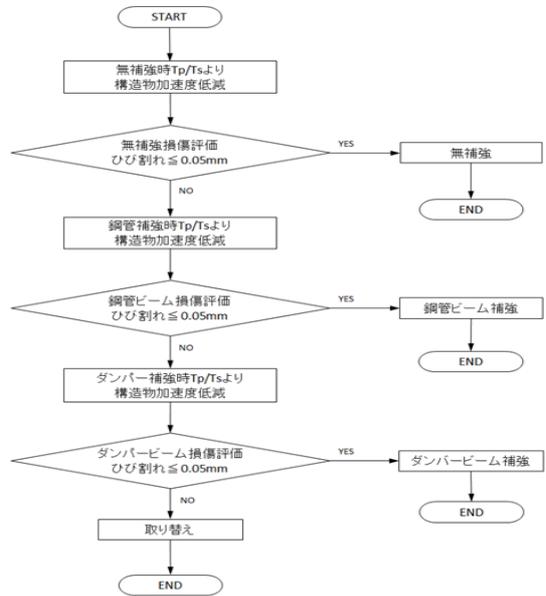


図-8 補強方法設定フロー

表-9 組合せ評価結果(一部)

柱条件	構造物条件	無補強	無補強	鋼管	鋼管補強	30kNダンパー	30kNダンパー	補強方法
		応答加速度 gal	ひび割れ幅 mm	応答加速度 gal	ひび割れ幅 mm	応答加速度 gal	ひび割れ幅 mm	
細(11-35)	地域A	700	×	400	○	→	→	鋼管ビーム
	7.0m		0.702		0.047			
太(12-45)	地域A	500	○	→	→	→	→	無補強
	7.0m		0.042					
短(9-40)	地域A	400	×	400	○	→	→	鋼管ビーム
	7.0m		0.075		0.047			
長(15-40)	地域A	600	×	700	×	600	○	ダンパー付ビーム
	7.0m		0.996		0.705		0.025	
細(11-35)	地域A	700	×	500	×	400	○	ダンパー付ビーム
	12.0m		0.702		0.063		0.046	
太(12-45)	地域A	600	×	500	○	→	→	鋼管ビーム
	12.0m		0.055		0.018			
細(11-35)	地域B	700	×	500	×	400	○	ダンパー付ビーム
	7.0m		0.702		0.063		0.046	
太(12-45)	地域B	600	×	500	○	→	→	鋼管ビーム
	7.0m		0.055		0.018			

5. まとめ

- ・電化柱と高架橋を数種類に分類し、それぞれの組合せに対する損傷度合を明らかにし、制震デバイスを設定する一連のシステムを構築した。
- ・塑性化を考慮し、ひび割れ幅による電化柱の損傷評価基準を設定した。
- ・線路方向での検証や構造物と地盤の一体モデルによる電化柱挙動の評価が今後の課題である。

参考文献

- 1) コンクリートポール点検手引書 大日コンクリート工業(株)
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計) 平成24年9月
- 3) 今村他: 電車線柱-高架橋連成系の地震応答特性 地震工学論文集 2007.8