

# PRC 構造のコンクリート柱（電車線路用）の実物大振動台試験

東日本旅客鉄道（株） 正会員 ○佐々木 崇人・松田 康紀  
東日本旅客鉄道（株） フェロー 築嶋 大輔

**1. はじめに** 2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震では、東北新幹線の高架橋上のコンクリート柱（電車線路用）（以下、電柱）に、広範囲に亘った折損や傾斜の被害が発生し、復旧作業に多くの時間を要した。東北新幹線に設備されている電柱の固定方法は大きく分けて2種類ある。一つは固定度の高い基礎、もう一つは固定度の低い基礎である。電柱の折損被害が発生する可能性が高いという被害分析結果を受け、固定度の高い基礎に対しては優先して耐震対策を行っている<sup>1)</sup>。一方、固定度の低い基礎への対策については検討中であり、その一環として、実物大の電柱を大型の振動台試験機により加振することで、耐震性能の確認を行った。

**2. PRC 構造の電柱の開発** 先行して耐震対策を実施している固定度の高い基礎には、投込み基礎（モルタル詰め）（以下、モルタル基礎）とアンカー基礎とがある。これらの基礎を有する電柱は、高架橋に堅固に固定されていることから建替えが困難であるため、既存の電柱をPC構造から鋼管巻RC構造に改築することでじん性能を付与する補強を行っている。固定度の低い基礎（投込み基礎（砂詰め））（以下、砂基礎）を有する電柱は、既存の電柱を引き抜くことが可能なことから、「建替え」という選択肢がある。新しい電柱の設計指針<sup>2)</sup>では、高架橋のロッキングの影響を考慮するなど、電柱の設計条件が厳しくなっていることから、市販品のPC構造の電柱（以下、PC電柱）では対応できず、より耐力の大きい鋼製の電柱（以下、鋼管柱）が選択されるケースが多くなっている。しかし、建設ときに設計された電柱基礎は、耐力の大きい鋼管柱に対応することができないため、基礎の補強が必要となる。そこで、「建替え」に適用できるような電柱として、現在施工中の耐震対策の考え方を踏襲し、PC電柱に代わる新たな思想のPRC構造を採用した電柱（以下、PRC電柱）を開発することとした。PRC電柱は、JIS規格を満足した上で、変形性能を高めて脆性破壊としないこと、鋼管柱よりも安価なものとするを目標として開発した。PRC電柱の断面を図-1に、せん断スパンを2mとした交番載荷試験の結果を図-2に示す。

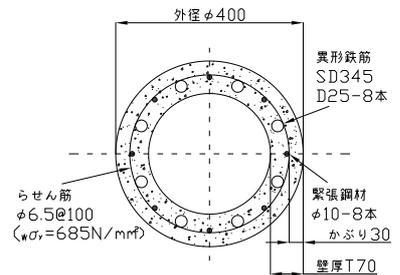


図-1 PRC 電柱の断面

### 3. 実物大振動台試験

**3.1 試験体** 試験体の設置状況を写真-1に示す。現状で考えられる砂基礎への対策等を施した各試験体を4体製作して加振を行っているが、本稿では、その中から表-1に示す2体の試験体について着目して述べる。①試験体は東北新幹線の建設当時のPC電柱を模擬したもので、②試験体はPRC構造とした電柱であり、いずれも設計曲げモーメントが15t・mの規格の電柱を用いている。

**3.2 基礎の作成** 試験体の固定方法は、砂基礎を模擬した方法による。建設当時の砂基礎の仕様は、粒径2.5mm以下の川砂を使用すること、水締めによる施工を行うことが規定されている。建設当時の砂の状態を再現するよう、水締めの試験施工を行い、得られた密度に合わせて砂基礎を製作した。

**3.3 試験方法** 加振波は、(公財)鉄道総合技術研究所で作成したものをを用いた。この加振波は、実在する高架橋を想定して0.4~1.0秒の固有周期をもつ高架橋に、設計地震動<sup>3)</sup>を

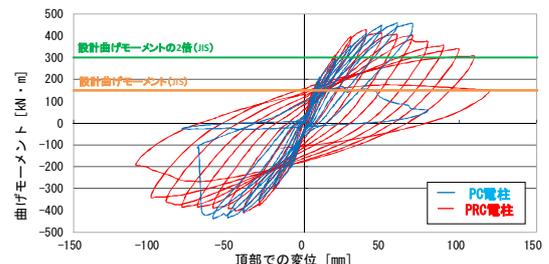


図-2 交番載荷試験結果

表-1 振動台試験における試験体諸元

番号	電柱種類	基礎の固定材	添架物	固有振動数 [Hz]	配置図
①	PC電柱 (建設当時の15t柱を模擬)	砂	重装プラケット (W=1.0t)	2.20	②○ ①○
②	PRC電柱 (15t柱相当)	砂		2.16	②○ ①○ ●

※固有振動数は自由振動試験によるもの

キーワード 電柱, 耐震, じん性, 振動台試験, PRC 構造

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道（株）構造技術センター TEL 03-6276-1251

入力した際の電柱の加速度応答スペクトルを目標スペクトルとした適合波である。図-3 に入力波の弾性加速度応答スペクトルを、図-4 に入力波の加速度時刻歴波形を示す。これを基本の入力波とし、400gal から1300gal まで最大加速度を段階的に上げて加振した。

**3. 4 試験結果と考察**

図-5 は各加速度段階における各試験体の頂部の応答加速度（棒グラフ）と固有振動数（折れ線グラフ、加振後にホワイトノイズにより測定）をまとめたものである。①試験体は 800gal 加振までは応答加速度が増加したが、900gal 加振で傾斜が進んで応答加速度が低下した。1000gal 加振でほとんど応答しなくなったため、加振後に試験体を撤去し、基礎内部を確認した状況を写真-2 (a) に示す。基礎内部の下端部から上端部に向かう斜めひび割れが発生していることから、図-6 に示す様にせん断破壊を起こしたものと考えられる。東北地方太平洋沖地震において発生した砂基礎の電柱の傾斜被害は、このような機構で生じたものと推察される。②試験体は 800gal 加振の際、電柱が円周方向に回転してしまい、据え直しのため一時撤去した。1300gal 加振の際に、試験体を再設置して加振したところ、写真-3 に示す様に、一部のかぶりコンクリートが圧壊する程度の損傷が生じ、その後の余震を想定した900gal 加振でも倒壊することにはなかった。既往の実験<sup>4)</sup>におけるPC 電柱は、同程度の加振により、写真-4 に示す様にコンクリートが爆裂するように圧壊して倒壊する様な破壊形態であったが、PRC 電柱は倒壊までには至らない結果であった。また、PRC 電柱はらせん鉄筋の配置により、PC 電柱と比較してせん断耐力が大きくなっており、基礎内部の損傷は、写真-2 (b) に示す様に、微細なせん断ひび割れが発生する程度となっていた。

**4. まとめ**

実物大の電柱を用いた振動台試験を行った結果、PC 電柱と比較して、PRC 電柱は大きな地震動を受けても小さな損傷に留まることが確認できた。

**参考文献**

- 1) 築嶋大輔：新幹線電柱の地震被害とその対策，セメント・コンクリート，No. 814，2014. 12
- 2) (公財) 鉄道総合技術研究所：電車線路設備耐震設計指針・同解説，2013. 3
- 3) 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，2012. 9
- 4) 佐々木崇人，築嶋大輔，草野英明：コンクリート柱（電車線用）耐震補強工法の実物大試験，土木学会年次学術講演会，2014. 9

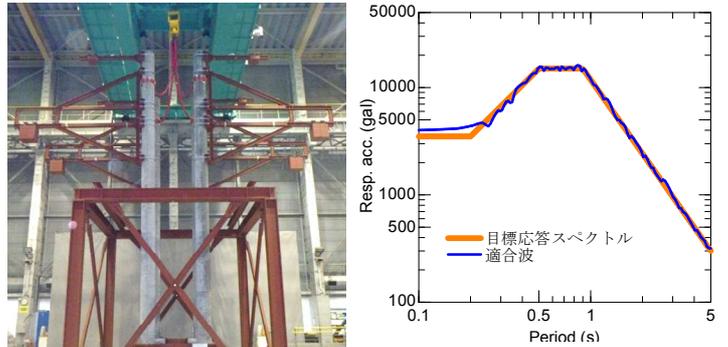


図-3 入力波の弾性加速度応答スペクトル (h=0.05)



写真-1 試験前の状況

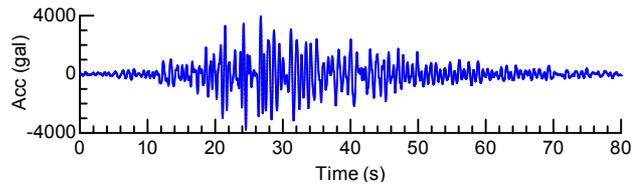


図-4 入力波の加速度時刻歴波形

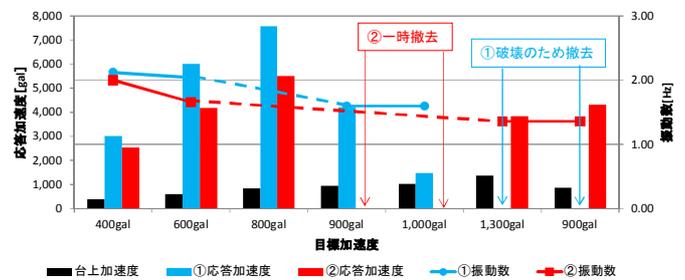


図-5 応答加速度と固有振動数

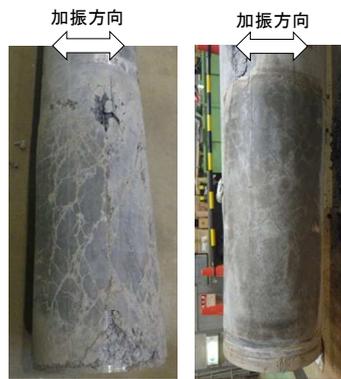


写真-2 基礎内部の状況

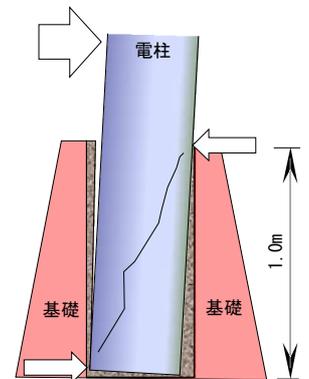


図-6 せん断破壊



写真-3 PRC 電柱の損傷



写真-4 PC 電柱の損傷