

### コンクリート柱（電車線用）耐震補強工法の実物大試験

東日本旅客鉄道（株）構造技術センター 正会員 ○佐々木 崇人  
 東日本旅客鉄道（株）構造技術センター フェロー 築嶋 大輔  
 東鉄工業（株）土木本部 正会員 草野 英明

#### 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震および 4 月 7 日に発生した余震により、東北新幹線高架橋上のコンクリート柱（電車線用）（以下、電化柱という）が被害を受け、復旧に多くの時間を要した。そこで筆者らは、圧壊先行で脆性的な破壊となる PC 構造の電化柱を RC 構造に改築することで変形性能を付与する耐震補強工法を開発した<sup>1)</sup>。本稿では、この耐震補強工法の性能確認として実物大の曲げ試験と振動台試験を行った結果について述べる。

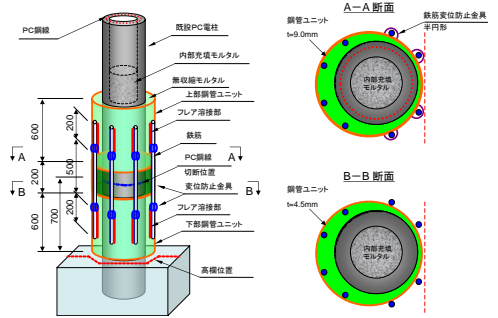


図-1 耐震補強工法の例

#### 2. 耐震補強工法

開発した耐震補強工法は、ワイヤソーにより既存の電化柱の PC 鋼線を切断した箇所に塑性ヒンジを誘発し、変形性能に富んだ鋼板巻き RC 構造に改築するものである。耐震補強工法の構造の例を図-1 に、モーメントと曲率の関係の例を図-2 に示す。

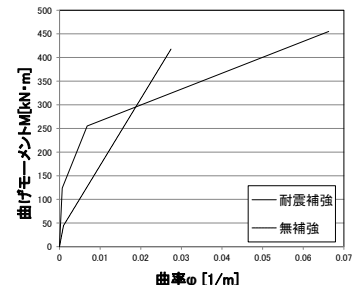


図-2 耐震補強のM-φ関係の例

#### 3. 曲げ試験

##### 3-1. 目的

既往の実験<sup>1)</sup>では電化柱を切断し、2mの载荷スパンとした試験体を用いた静的正負交番载荷試験により性能を確認してきた。図-3 に示すように、高さ 2m の試験体では塑性ヒンジ部で破壊させるため、ほかの断面に対し、大幅に耐力を低下させる必要があり、高さ 10m の実物大では電化柱そのものの耐力を低下させないよう、他の断面との耐力差を少なくする必要がある。そこで、実物大でも塑性ヒンジ部での破壊を確認することを目的とした。

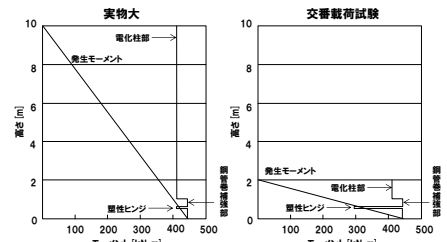


図-3 塑性ヒンジ部の耐力差

##### 3-2. 試験体

曲げ試験に用いた試験体は、東北新幹線建設当時の電化柱（15 t 柱）の性能を想定して製作したものを用いた。

##### 3-3. 試験方法

JIS A5373 附属書1（規定）ポール類に準拠した上で、試験体が破壊するまで荷重を载荷した。試験体を水平に据え、試験体の軸と直角方向に、ポール曲げ試験機ウインチにより水平な荷重を加え、各部の変位およびひずみを測定した。試験方法を図-4に示す。

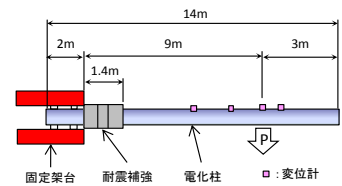


図-4 曲げ試験方法

##### 3-4. 試験結果

载荷が進むにつれ、試験体は耐震補強部の上端や下端の電化柱部で破壊することなく、補強鉄筋が降伏して想定した位置に塑性ヒンジが形成され、最終的に補強鉄筋が破断



写真-1 曲げ試験後

写真-2 補強鉄筋破断

キーワード 電車線柱, PC 電化柱, 振動台試験, 耐震補強, 東北地方太平洋沖地震

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 東日本旅客鉄道(株)構造技術センター TEL 03-5334-1288

して破壊に至った。写真-1 に曲げ試験後の耐震補強試験体の状況を、写真-2 に補強鉄筋の破断状況を示す。

4. 振動台試験

4-1. 目的

開発した耐震補強工法の効果を確認することを目的とした。

4-2. 試験体

耐震補強試験体と無補強試験体を並べて加振し、比較を行った。表-1 に試験体のパラメータを示す。固有周期は加振前に行った打撃による自由振動試験により測定したものである。試験体に用いた電化柱は曲げ試験で用いられたものと同様のものとし、全長 10m、根入れ深さ 1m の基礎を模擬した固定架台により振動台に固定し、架空線を添架する可動ブラケットを模擬した鋼材を基部から 6.5m の位置に取り付けた。耐震補強試験体の概要を図-5 に示す。

4-3. 試験方法

加振は、電化柱の振動台実験用に(公財)鉄道総合技術研究所で作成した加振波により行った。加振波の加速度波形を図-6 に、加振波の加速度応答スペクトルを図-7 にそれぞれ示す。

4-4. 試験結果

試験体頂部の応答加速度を図-8, 9 に示す。加振開始後、約 30 秒経過したところで無補強試験体の基部が圧壊したことにより倒壊したため、その時点で加振を終了した。耐震補強試験体については、補強鉄筋が降伏してはらみ出しが見られたが、残留変位が残るものの倒壊することのない想定した損傷状態に留まった。写真-3, 4 にそれぞれの状況を示す。

5. まとめ

実物大の電化柱による曲げ試験と振動台試験を行った結果、静的正負交番載荷試験<sup>1)</sup>と同様に、耐震補強部の上端や下端の電化柱部で破壊することなく、想定した塑性ヒンジ部に塑性ヒンジを誘発することが確認できた。また、無補強試験体が破壊するような地震動を受けた場合でも、残留変位が残るものの倒壊しない想定通りの性能を有することを確認できた。

表-1 試験体のパラメータ

試験体名	基礎形式	ブラケット	固有周期
耐震補強	モルタル	947[kg]	0.373[s]
無補強			0.446[s]

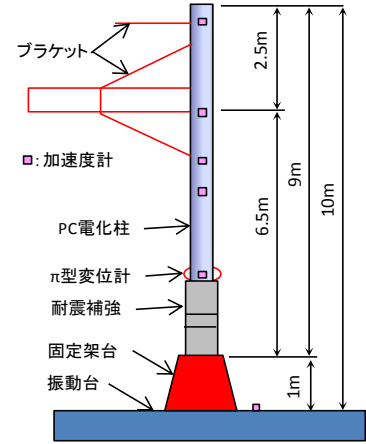


図-5 試験体概要図

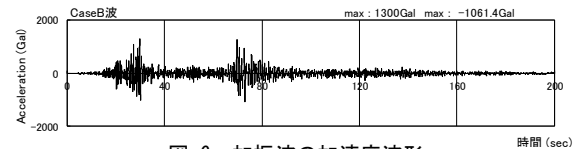


図-6 加振波の加速度波形

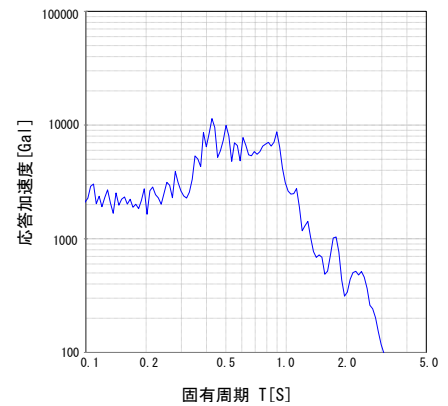


図-7 加振波の加速度応答スペクトル

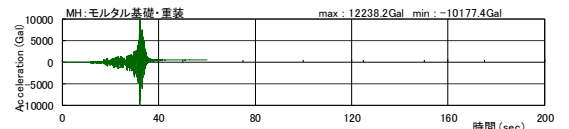


図-8 試験体頂部の応答加速度 (耐震補強)

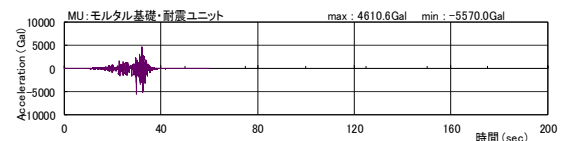


図-9 試験体頂部の応答加速度 (無補強)



写真-3 振動台試験後 (全景)



写真-4 補強鉄筋が降伏し、はらみ出し

参考文献

1) 草野 英明, 築嶋 大輔, 佐々木 崇人: 狭隘箇所対応 PC 電化柱の耐震補強工法の開発, 東日本旅客鉄道(株), SEDNo. 42, pp26-35, 2013-11