

ラーメン高架橋上電柱の地震時振動特性に関する調査

ジェイアール東日本コンサルタンツ (株)
 ジェイアール東日本コンサルタンツ (株)
 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター
 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター

正会員 ○三上 淳
 正会員 羽矢 洋
 正会員 草野 英明
 フェロー会員 築嶋 大輔

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震により東北新幹線高架橋上のコンクリート電柱が甚大な被害を受けた。

こうした事態に鑑み、コンクリート電柱の地震時における振動特性の把握および挙動予測を行なう上での基礎資料を得ることを目的に、平成24年1月下旬から3月下旬までの2ヶ月間に亘り余震観測を行なった。

以下に、余震観測波形および振動試験に基づく解析結果とこれにより得られた知見について報告する。

2. 余震観測システム

余震観測では振動検出用センサをラーメン高架橋柱基部（地表面近傍）およびラーメン高架橋柱上部、電柱基部より2.6mの高さに設置した。センサはサーボタイプの加速度センサで、1基当たりX（水平・線路直角方向成分）、Y（水平・線路方向成分）、Z（鉛直方向成分）方向の3成分を検出可能な構成となっている。

3. 観測余震

2ヶ月間に亘る余震観測では、合計16余震が観測できた(図-1)。東北地方太平洋沖地震当時の電柱の倒壊、傾斜方向が主に線路直角方向であったことを踏まえ、本解析に用いる余震観測波は、東北地方太平洋沖地震と震源、震源深さが概ね一致するものの選定を考えた。しかし、観測できた余震の中には上記条件を満足するものではなく、そのため、入力加速度の大きさが比較的大きいことと地震波の進来方向が東北地方太平洋沖地震と同方向という条件で選択することとした。その結果、No.16の2012年3月17日22時47分に宮城県沖で発生したM4.5の余震が、柱基部線路直角方向最大加速度として10.72galを記録し、また、この余震の震源方向が東北地方太平洋沖地震と観測箇所を結ぶ直線上に位置するので、この余震波を用い検討を行うこととした。また、震源地の違いによる挙動特性を把握するため、観測箇所以南で発生したNo.13の2012年3月10日2:22分に茨城県北部で発生したM5.5の余震についても解析を行なうこととした。

4. 解析結果

余震観測波形の解析結果として、観測波形の特徴、構造物に入射されてからのラーメン高架橋および電柱の振動特性について述べる。なお、余震波が構造物に入射され、増幅・減衰・収束するまでの応答振動に対する考察については応答波形のフーリエスペクトル解析結果に基づき考察することとした。

電柱が倒壊したことの原因としては作用した地震力が大きかったことは言うまでもないが、入力地震動により加振されたラーメン高架橋が、さらに特有の振動特性を有する電柱を加振し、このときに共振状態に陥ったことで過大な変位振幅を呈し、曲げ破壊したと考えるならば、以降の解析に関しては変位成分に着目し、整理していくことがわかりやすいと考えた。

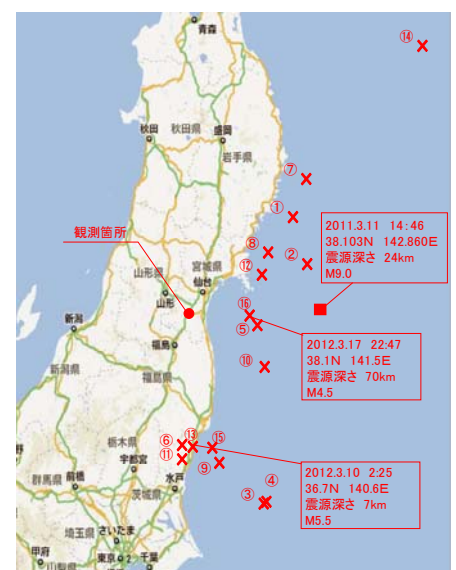


図 - 1 余震観測位置

キーワード：フーリエスペクトル，リサーチ，モニタリング，フーリエ解析

連絡先〒171-0021 東京都豊島区西池袋一丁目11番1号メトロポリタンプラザビル19F

ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社 メンテナンス事業部 TEL. 03-6846-1194

観測されたデータを用い、フーリエスペクトル・伝達関数・リサージュに着目し解析を行なった。

その中で、ラーメン高架橋柱基部、上部および電柱が平面的にどのように振動変位を呈しているかを知るためにリサージュを描いた結果を以下に示す。(図-2)

- (1)柱基部、柱上部、電柱ともに線路方向の変位振幅より線路直角方向の変位が卓越している。なお、この傾向はモニタリング箇所(センサ設置箇所)が高くなるにしたがい著しくなる。
- (2)電柱部では線路直角方向の変位は大きく増幅し、ラーメン高架橋柱基部の変位振幅に対し3倍超の値となった。
- (3)一方、線路方向の変位振幅はセンサの設置高さの影響もほとんど認められず、増幅程度は些少であった。
- (4)電柱に設置したセンサのリサージュより線路直角方向の変位の増幅は著しく大きく、このことから電柱は線路直角方向に揺れやすい特性を有している一方で、線路方向については揺れ難いと判断できた。

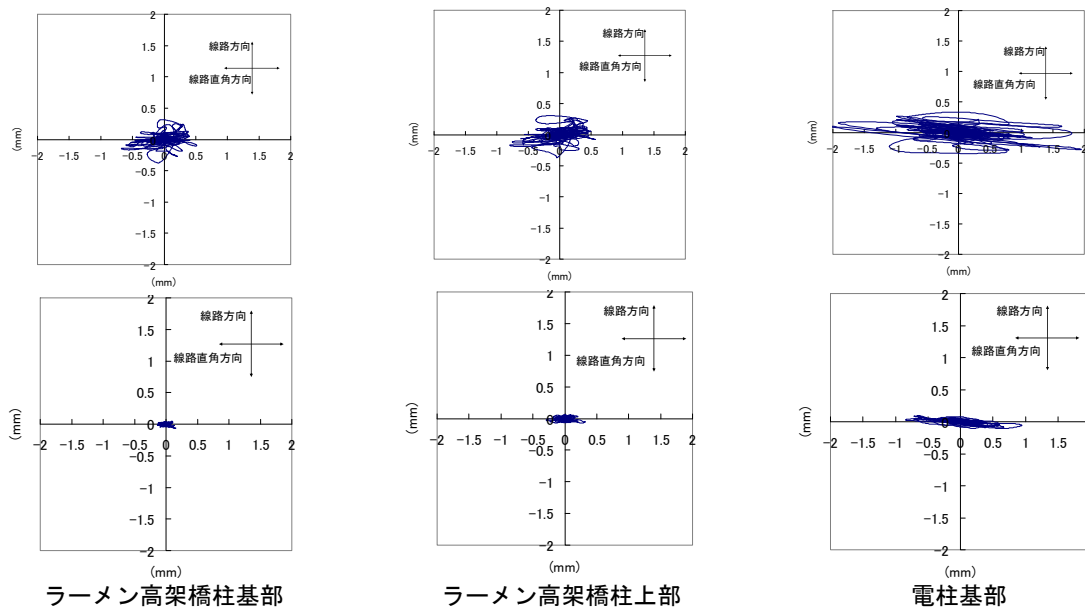


図-2 リサージュ図(上段:No.13, 下段:No.16)

5. まとめ

電柱は線路方向、線路直角方向で応答特性が著しく異なることは周知のことであり、線路方向については架空線等の拘束効果により電柱頭部を最大振幅とする曲げ1次のモードでは揺れ難く、地震時において線路方向に倒壊・傾斜する事象は発生しづらい。

一方、線路直角方向に関しては、震源地の違いによる影響はなく、震源地 No.13, No.16 ともに線路直角方向に変位が卓越したものとなった。

このときの電柱の揺れを計測したセンサの設置高さが電柱基部から僅か 2.6m の高さであったことを考慮すると、電柱は線路直角方向に関して、フリーな状況にある電柱頭部を最大振幅とする曲げ1次の振動モードで著しく揺れやすい構造形式であるといえる。

以上、余震観測結果に基づく考察により、今後、電柱の設計法、あるいは既存の電柱の耐震補強を考える上で多くの知見を得ることができた。それらを列挙すると、

- ①電柱基礎の設計条件として耐力設計(弾性設計)を採用する場合には、電柱が線路直角方向に著しい増幅特性を示す応答特性を有していることを十分考慮し、強固な設計とすることが重要である。
- ②従来から採用されてきている砂基礎のように電柱基礎の非線形化を積極的に採用する場合には、供用期間中に作用する地震力に対し、正しく非線形領域へ移行可能な構造形式・支持条件を維持し続ける性能を担保させるとともに、基礎が発揮し得る塑性変形性能を十分に確保することが重要である。