

東北新幹線における電化柱の耐震補強の解析的検討

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 ○藤沢 康平
 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 竹谷 勉

1. はじめに

東北新幹線では、電化柱基礎に図-1のような砂詰基礎が用いられている箇所がある。検証実験の結果により、砂詰基礎においても電化柱が倒壊することが確認されており、耐震補強を検討している。電化柱と本体構造物は剛性が異なるため、共振しないかを確認する必要がある。今回は、電化柱基礎を剛結とし、本体構造物との一体的な振動の評価を行うことで地震時特性の検討を行う。一般的な構造物は、既往の研究等により地震時特性が明らかになりつつあるが、特殊な形状の構造物の地震時特性については明らかでなく、その特性の把握が課題である。本稿では、特殊な構造物について静的非線形解析を実施し、電化柱の設計に必要なとなるデータを算定した結果を報告する。

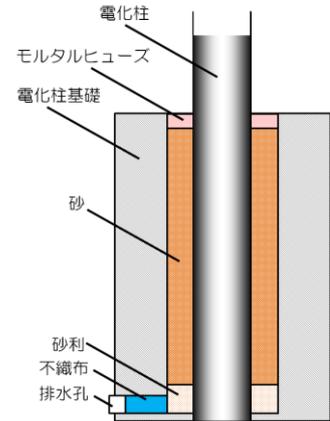


図-1：砂詰基礎電化柱の基本構造

表-1：当社のマニュアル¹⁾における電化柱の断面力（抜粋）

線数	構造	線路直角方向		
		鉛直力 kN	水平力 kN	モーメント kN・m
①永久作用時（無風時）： E_D				
単線	単独柱	30	10	60
②地震の影響： E_{EQ}				
単線	単独柱	30	40	450

2. 解析概要

今回解析を実施した構造物を図-2に示す。本構造物は、昭和54年3月に建設された橋長10m、杭本数36本（径0.6m）のボックスラーメン橋台で、一般的な構造物と異なり、梁に10mスパンの桁が2線載荷されている為、二層構造となっている。図-3には骨組モデルを示す。解析モデルは2次元骨組モデルとし、基礎は線路方向の杭1列の剛性を1部材とみなし、柱部は線路方向1列2本の剛性を1部材とみなしている。起点側（福島方）に20m、終点側（一ノ関方）に30mの上載桁を有することから、全上部工反力を考慮し、自重および地震時慣性力として桁支点上に載荷している。この時、部材の接合部と電化柱基礎は全て剛結として評価し、柱はM- θ 部材、梁と桁はM- ϕ 部材としている。電化柱については、架線の慣性力を考慮した表-1に基づき、無風時と地震時の荷重を電柱基礎部に載荷している¹⁾。ただし、この際の地震時荷重は $Kh=1.0$ を想定している為、実際には電化柱が $Kh=0.7$ 程度（本体構造物のみを静的非線形解析した場合に想定される応答値）として換算した値を入力している。以上の条件により、静的非線形解析を実施した。

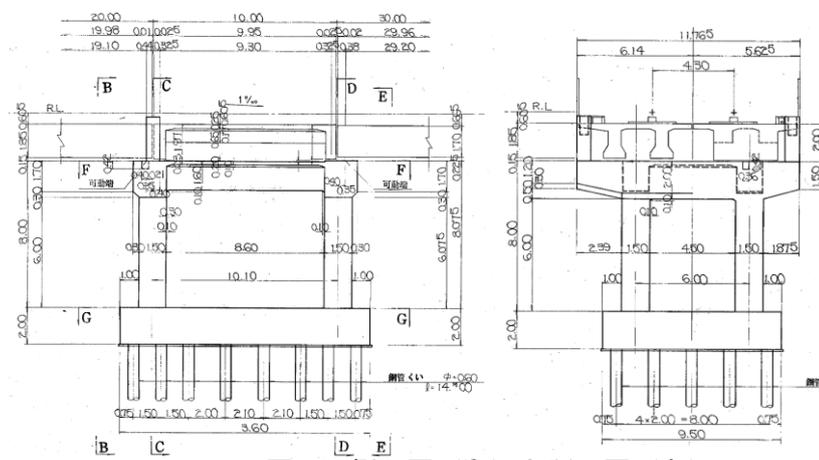


図-2：側面図（左）と断面図（右）

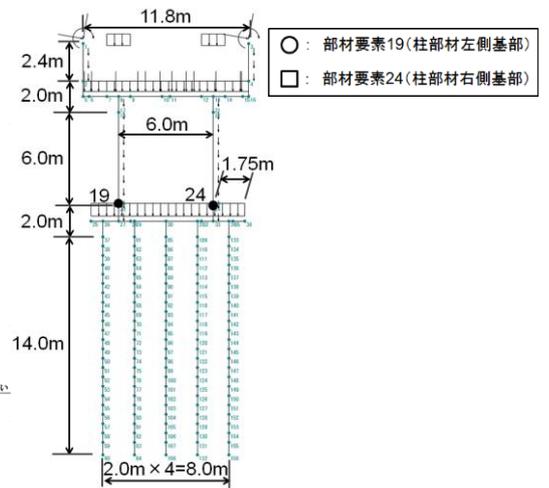


図-3：骨組モデル図（永久作用時）

キーワード 電化柱, 耐震補強, 固有周期
 連絡先 宮城県仙台市青葉区五橋1丁目1-1

3. 解析結果

解析結果を図-4 に示す。今回の構造物は、左方向から荷重すると、橋脚の柱左側基部が先行破壊する。この時、最大応答値 $K_h=0.588$ 時に変位が $\delta=229.2\text{ mm}$ となる。最大応答時の検討では、柱部材の場合、損傷レベル 3 以下になるように設計を行う。今回の解析結果では、柱の損傷レベル 3 の範囲は、柱が損傷レベル 4 に達する点 $\delta=290\text{ mm}$ までの範囲であり、今回は最大応答値が損傷レベル 3 の範囲に収まっている為、安全と評価できる。

また、本構造物は設計水平震度 0.25 で設計されており、今回算定した最大応答値と比較しても 2 倍程度の余裕度を有している。

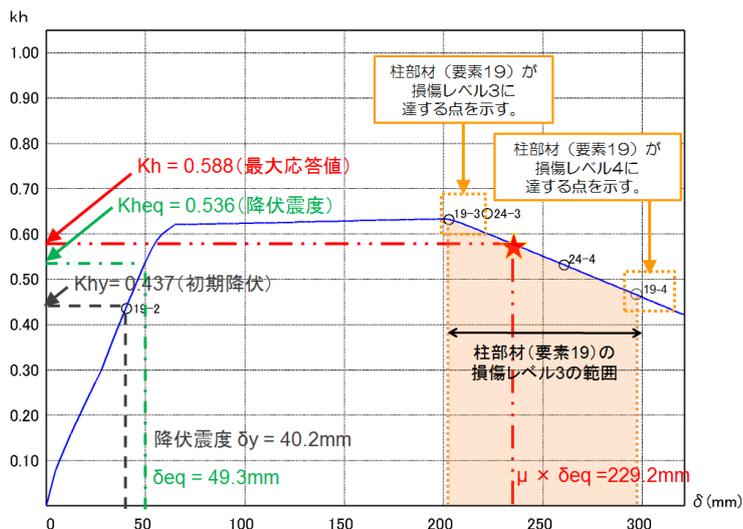


図-4：解析結果（荷重-変位曲線）

表-2 に、電化柱の耐震設計に必要な解析結果を示す。今後は、これらの解析結果の値を元に電車線支持物の耐震性能を評価し、単独柱（コンクリート柱・鋼管柱）・門型支持物（コンクリートとトラスビーム）等の構造形式を選定していく²⁾。

鋼管柱の固有周期は一般的に 0.3sec 程度である、本構造物の等価固有周期は 0.61sec であるため、鋼管柱を建てた場合、共振はしないことが示唆される。ただし本検討では、本体構造物と電化柱の接合を剛結としており、砂詰基礎による拘束条件が正確に定義されていない可能性がある。

今後は、静的非線形解析の成果に加えて、動的解析を実施し、その乖離を比較することで精度の検証を行う必要があると考えられる。

表-2：解析結果

地盤の種類	等価固有周期 $T_{eq}(\text{sec})$	降伏震度 k_{heq}	回転降伏角 $\theta_y(\text{rad})$	降伏変位 $\delta_y(\text{mm})$	回転水平比 $k_\theta (= \theta_y / \delta_y)$
G3	0.61	0.536	0.002307	40.2	5.74×10^{-5}

4. まとめ

以下に知見を示す。

今回解析した構造物では、等価固有周期が一般的な電化柱の固有周期を上回るため、共振はしないことが示唆された。しかし、砂詰基礎の拘束条件が正確に定義されていない可能性がある為、詳細に精度の検証等を行う必要がある。

今後は、高架橋・橋梁上における電車線路設備の応答は、支持される土木構造物との動的作用を評価するため、一体型モデルの動的解析法を用いることが望ましいとされていることから、土木構造物上での電化柱の応答加速度を電化柱基礎に入力し、動的解析による詳細な検討を進める。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株：鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）[平成 16 年 4 月版] のマニュアル
- 2) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：電車線路設備耐震設計指針・同解説（平成 25 年 3 月）