

砂詰基礎の置き換えを想定したシリコンゴム充填基礎の静荷重試験

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○原田 智
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
 (公財) 鉄道総合技術研究所 非会員 清水 政利

1. 目的

2011 年の東北地方太平洋沖地震では、高架橋上で多数の PC 柱の折損が発生し、その復旧作業が列車運転休止期間に少なからず影響をおよぼした。これに対し、電化柱の地震時挙動に関する研究が進められ、多くの知見が得られている¹⁾。また、2012 年には鉄道構造物の耐震設計標準²⁾が改訂されている。これらを反映し、2013 年に電車線路設備の耐震設計指針³⁾が改訂され、新設の電化柱については耐震性能の向上が図られた。

一方、設計年代の古い既設の電化柱には耐震性能が劣るものもある。それらに対する地震対策として、鉄道総研では、(i)電化柱の耐力や変形性能を向上させる対策、(ii)電化柱の応答を抑制する対策、(iii)危機耐性²⁾の向上を目的に電化柱の倒壊を防止する対策、の 3 つの視点から、具体的な対策工法の開発が進められている¹⁾。ここでは、上記(ii)に該当するシリコンゴム充填基礎の静荷重試験の結果を報告する。

2. 砂詰基礎の概要

砂詰基礎は電化柱の地震対策として開発され、東北新幹線以降に建設された新幹線や在来線の高架橋の PC 柱に対して導入されている。新幹線高架橋に導入されている砂詰基礎の基本構造を図 1 に示す。図 1 のように、まず基礎底面に不織布等を敷き、その上に PC 柱を建植する。次に、基礎底面から 100mm の高さまで PC 柱と基礎枠の間に砂利を充填する。さらに、砂(川砂)を 3 回に分けて充填する。ここでは、砂の沈下なくなるまで水締めを行い、基礎底面から 980mm の高さまで砂を充填する。最後に、厚さ 20mm 程度のモルタルを電化柱根際に打設し、モルタルヒューズを形成する。

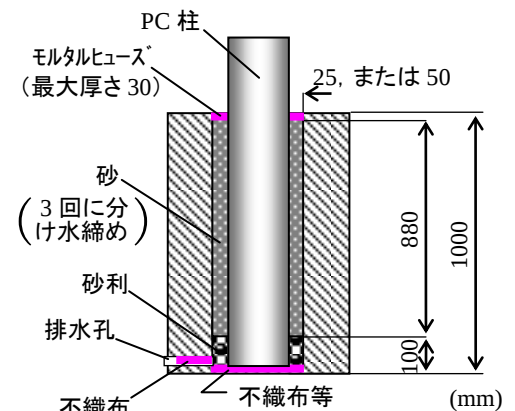


図 1 砂詰基礎の基本構造

このモルタルヒューズは PC 柱や架線等の常時荷重を支持するが、地震時などの非常時には破損して基礎内部の砂が PC 柱を直接支持する構造となる。このような構造では、PC 柱が振動する際に生じる砂の摩擦等の作用によって PC 柱の振動が抑制されると考えられるが、以下に述べる問題点がある。

3. 砂詰基礎の問題点

地震時にモルタルヒューズが破損して砂が PC 柱を直接支持する構造では、大きな荷重が作用し砂が大変形すると考えられる。そこで、実物大砂詰基礎電化柱の試験体による静荷重試験を実施した⁴⁾。この静荷重試験では、基礎底面からの高さ 2500mm で電化柱に荷重を作用させ、基礎底面からの高さ 1200mm における水平変位 1mm を基準変位とし、基準変位に対して±1 倍、±2 倍、±3 倍、... 水平変位をと正負に増減させ、荷重と変位の関係を計測した(载荷は各変位につき 3 サイクルずつ実施)。静荷重試験の結果を図 2 に示す。

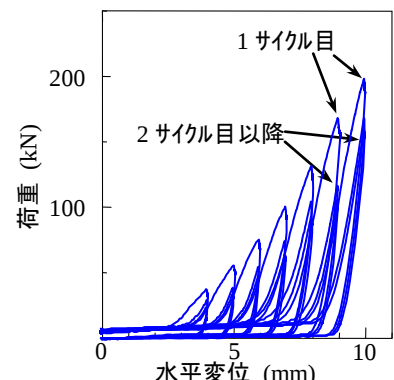


図 2 静荷重試験の荷重・変位関係⁴⁾

図 2 より、1 サイクル目に砂が電化柱に上方へ押し出されるとともに締め固められ、2 サイクル目以降では電化柱が砂に接触するまで荷重が増加せず、基礎内部に隙間が生じていることがわかる。そのため、地震時のように砂が大変形する際には、砂の摩擦等による PC 柱への振動抑制作用が低下すると考えられる。

キーワード 電化柱、電柱基礎、応答抑制、耐震工法、シリコンゴム、東北地方太平洋沖地震

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 地震応答制御 TEL 042-573-7336

4. 砂詰基礎の置き換えを想定した電柱基礎の構造

前述のように、砂詰基礎電化柱では地震時に基礎内部に隙間が生じるため、当初期待していたほどの振動抑制作用が得られないことがわかった。これに対して、砂と比較して剛性が低く、かつ形状が元の状態に戻り隙間が生じない材料として、シリコーンゴムなどのポリマー材を電柱基礎に充填する構造を提案した。なお、ここでは、既設の高架橋上に多数存在する砂詰基礎を置き換えることによって、既設電化柱の耐震性能を向上させることを目的とし、砂を取り出してその代わりにシリコーンゴムを充填する電柱基礎の構造を提案する。

5. シリコーンゴム充填基礎の静荷重試験

提案したシリコーンゴム充填基礎電化柱の基礎的な特性を把握するため、砂詰基礎電化柱と同様に実物大試験体による静荷重試験を実施した。試験体を図3に示す。本静荷重試験では、基礎底面からの高さ2500mmで電化柱に荷重を作用させ、基礎底面からの高さ1200mmにおける水平変位5mmを基準変位とし、基準変位に対して±1倍、±2倍、±3倍、... 水平変位をと正負に増減させ、荷重と変位の関係を計測した（载荷は各変位につき3サイクルずつ実施）。その結果を図4に示す。

図4と図2を比較すると、同条件の砂詰基礎では変位10mmで荷重が200kN程度になるのに対し、シリコーンゴム充填基礎では変位30mm程度まで荷重が20kN以下となり、実際の使用条件でもシリコーンゴムの剛性が十分小さいことを確認した。また、図2のように荷重が増加せず変位のみが増加する特性も見られなかったことから、砂詰基礎電化柱のような隙間は生じないことを確認した。

6. シリコーンゴム充填基礎における電化柱の挙動

上記の静荷重試験において、図3中の①に示す変位計の他、①より上部に設置した2組の変位計の計測値から、シリコーンゴム充填基礎における電化柱の挙動を求めた。その結果を図5に示す。図5により、電化柱は基礎底部からの高さ約400mmの位置を中心として回転運動することがわかった。

7. おわりに

既設砂詰基礎電化柱の耐震性能を向上させるシリコーンゴム充填基礎を提案し、静荷重試験によりその特性を確認した。今後は、上記工法の解析モデルを構築して振動抑制に対するシリコーンゴムの適切な剛性値を検討し、また実設備における耐久性について検証する予定である。

参考文献：1) 原田智，酒井大央，坂井公俊，室野剛隆：大規模地震時の電車線柱挙動解析モデルと被害低減手法，鉄道総研報告，Vol.28，No.10，pp41-46，2014。 2) 国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)，2012。 3) 鉄道総合技術研究所：電車線路設備耐震設計指針・同解説，2014。 4) 原田智，酒井大央，坂井公俊，室野剛隆：砂詰基礎電化柱の解析モデルと耐震評価方法，鉄道総研報告，Vol.29，No.12，pp41-46，2015。

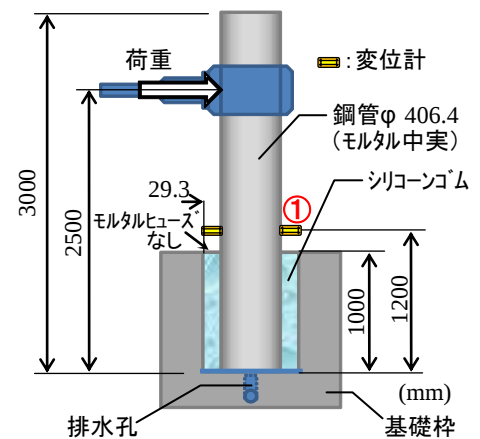


図3 試験体の概要

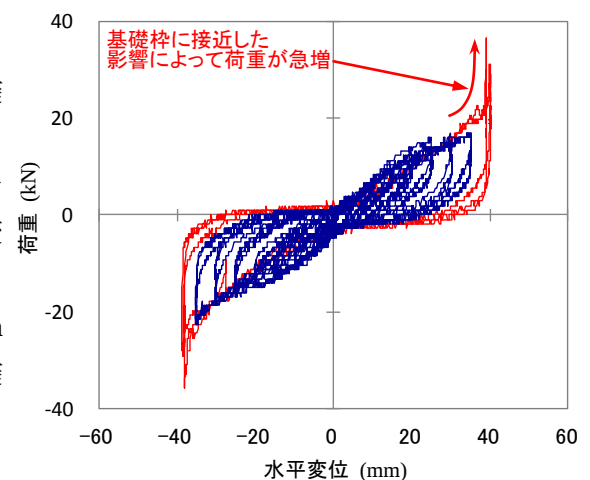


図4 静荷重試験の荷重・変位関係

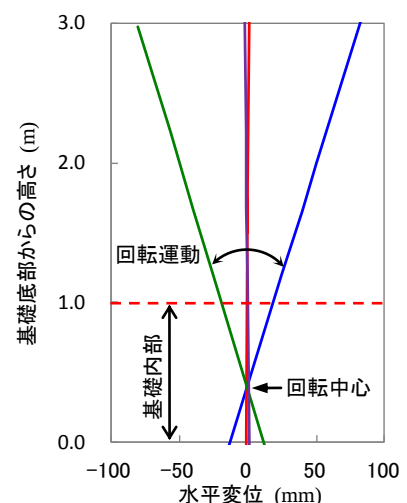


図5 シリコーンゴム材充填基礎電化柱の挙動