

ダンパーを用いた鉄道電車線柱の制震対策 (その1: 制震ダンパーの開発)

オイレス工業(株) 正会員 ○田中 剛 ・長田 修一
 正会員 河内山 修・横川 英彰

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 豊岡 亮洋・坂井 公俊・室野 剛隆

1. はじめに

過去の大規模地震において、電車線柱の損傷が多数報告されている。特に、高架橋上の電柱が高架橋の振動と共振した場合、非常に大きな振動が生じ、折損に至る可能性がある。そこで、鉄道電柱の耐震性能向上を図るため、制震ダンパー装置を開発し、その効果を振動台実験により検証した。本報では、制震ダンパーの開発について報告する。

2. 制震ダンパー

電車線柱の制震対策を検討する場合、ダンパー及び取付部品（以下構成部材と略）の設計と設置スペースの二点に問題が生じる。

電車線柱本体が細長形状となるため、構成部材は、座屈や曲げ変形を生じ易い形状となる。従って構成部材の設計にあたって、軸方向荷重を許容しながら、変形拘束も考慮しなければならず、構成部材断面は、ダンパー抵抗力や地震レベルに応じて増大する。また、高架橋上でのダンパー設置スペースは、電車線柱中心から数m程度しか確保できない場合もある。更に線路等他設備との兼ね合いより、制約を受けることも多い。

こうした問題点を念頭に、今回、自己復元機能を有し、引張方向にのみ作用するダンパーを開発した。ダンパーは、シリンダー内に特殊充填材を封入したもので、繰り返される地震に対しても、安定した履歴特性を示す。また、自己復元を実現するための剛性を有しているが、これは本装置の特異な特徴であり、コイルスプリングや皿ばね等の他の機械要素を利用していない。

設計したダンパーの概略図を図1に示す。また、制震ダンパーの諸元を表1に示す。制震ダンパーは、振動台実験で使用するプレストレストコンクリート製電車線柱を対象にした動的解析結果を元に設計した。ダンパーの履歴特性図を図2左に示す。

本ダンパーを電車線柱に用いる場合、図3に示すようにターンバックルと鋼棒を介して電柱上部—地面間に設置する。設置時は、ターンバックルを利用し、ダンパーの自己復元機能を作用させてプレテンションを導入する。これにより引張方向のみのダンパーでありながら、セット位置からの正負交番変形を許容することができる。この時のダンパー挙動を、図2右に示す。

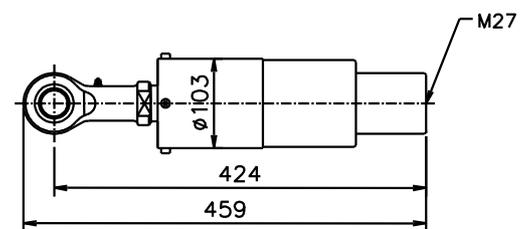


図1. 制震ダンパー概略図

項目	設計値
最大抵抗力	75 kN
最大ストローク	30 mm
剛性	0.5 kN/mm
対象電車線柱	10-40-T11B
電車線柱寸法	φ400×L10 m

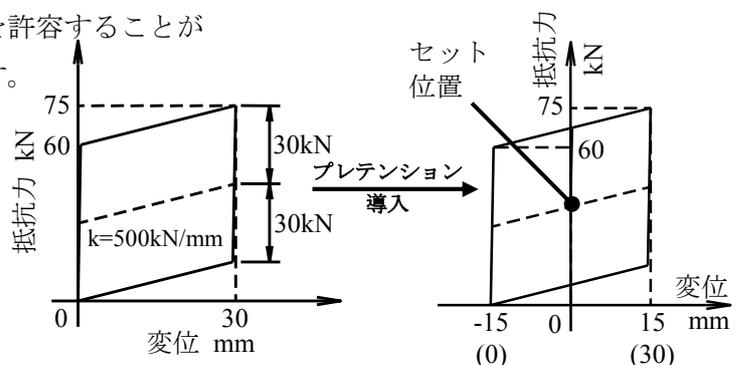


図2. 履歴モデル(左)とプレテンション導入時のダンパー挙動(右)

キーワード 電車線柱, 制震ダンパー, 自己復元機能

連絡先 〒326-0327 栃木県足利市羽刈町 1000 オイレス工業(株) 免制震事業部技術開発部 TEL:0284-70-1820

ダンパーは、自己復元機能によって常時引張力を発揮しているため、構成部材は座屈や曲げ等の変形を考慮しなくてよい。また、これにより微小変位でもダンパーは瞬時に稼働するため、微小変位でもエネルギー吸収が可能となる。従って、限られた設置スペースでもダンパー効果を期待でき、更に残留変位の抑制と簡易な施工性の実現にも繋がる。

3. ダンパー特性試験

ダンパーの特性を確認するため、加振試験を実施した。試験は、200kN アクチュエーターで引張方向にのみ作用するようにオフセットした三角波を 4cycle 繰り返す形式とした。試験条件は、振動数 0.1, 0.5, 1.0Hz、振幅、10, 20, 30mm の組み合わせとした。試験状況を写真 1 に示す。

最大抵抗力と振幅の関係を図 4 に示す。本図中のプロットを、振動数毎にまとめた。最大抵抗力は、振幅に依存して増減する。しかし、各振幅における振動数 0.1Hz~1.0Hz 間の抵抗力変化は、約 10%と小さい。従って、本ダンパーは自己復元のための剛性によって、振幅に依存した特性となるが、振動数の依存性は小さいことを確認した。

振動数 1.0Hz-振幅 30mm の抵抗力と変位の関係を、設計で想定した履歴モデルと比較して図 5 に示す。ダンパー特性は、動的特性を反映させるため、本条件を対象に履歴モデルと合わせるように設定したが、試験結果と設計モデルは概ね一致していることを確認した。本条件における吸収エネルギーの時刻歴推移を図 6 に示す。ダンパーのエネルギー吸収性能についても、抵抗力と変位の関係と同様に、試験結果と設計モデルは良好に一致していることが確認できる。

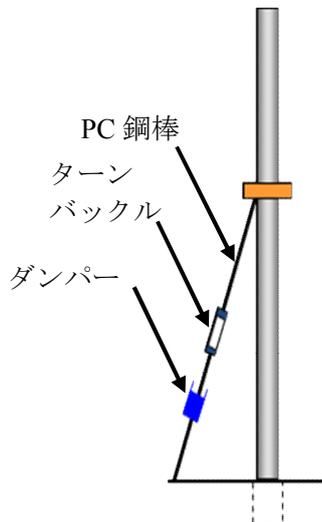


図 3. 設置イメージ



写真 1. ダンパー特性試験状況

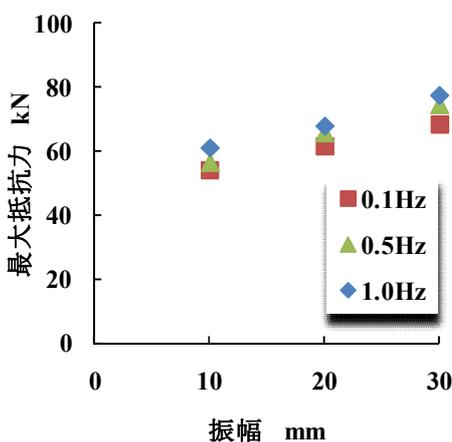


図 4. 最大抵抗力と振幅の関係

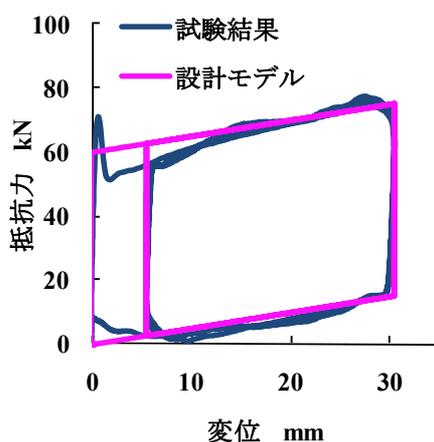


図 5. ダンパーの履歴特性 (振動数 1.0Hz, 4cycle)

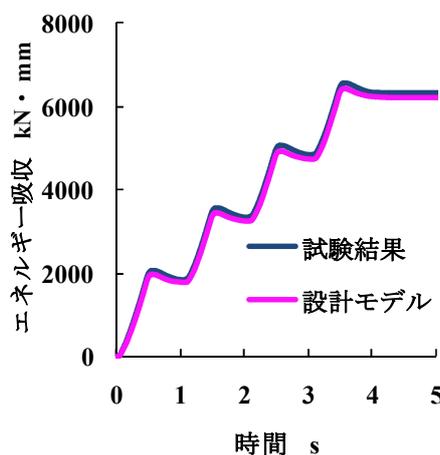


図 6. エネルギー吸収の時刻歴推移 (振動数 1.0Hz, 振幅 30mm, 4cycle)

4. まとめ

電車線柱の制震工法に使用する自己復元機能付き引張型ダンパーを開発した。ダンパーの抵抗力特性は、剛性を有しているため振幅に依存するが、振動数への依存性は小さいことを確認した。また、製作したダンパーの履歴特性は、設計値と良好に一致していることを確認した。