

送電用鉄塔腹材の鋼材ダンパー置換による制振効果について

東電設計(株) 正会員 ○大野木亮太

東電設計(株) フェロー会員 中村 秀治 東電設計(株) 正会員 山崎 智之

東京電力(株) 河原 章夫

1. はじめに

兵庫県南部地震を契機に、重要基幹送電線などの送電用鉄塔については、L2 地震動に対する耐震性を動的解析により確認することが増えており、解析に用いる減衰定数は鋼管鉄塔 1~2%、山形鋼鉄塔 2%、地線・電線 0.4%であり剛性比例型減衰が採用されてきた。送電用鉄塔は風荷重が支配的であり、十分な耐風設計された送電用鉄塔は、同時に十分な耐震性能を有することが確認されている。しかしながら、従来の検討に用いてきた地震動と比較し、加速度レベルの極端に大きな L2 地震動に対して耐震性評価を行う場合には、限界耐力評価が必要となるが、耐震性を評価する上で減衰定数の重要性が増し、その設定が評価結果を左右することになる。筆者らによるボルト滑りの影響を考慮した減衰定数の検討²⁾から、鋼管鉄塔の減衰定数は 3%程度との結果が得られているが、耐力評価の結果、多くの部材で補強や交換等の対策が必要になる場合、対策の一案として既設部材の制振ダンパーへの置換が考えられる。本報告は送電用鉄塔の腹材に鋼材ダンパーを用いた場合の制振効果について解析的に検討し、L2 地震対策の可能性を考察したものである。

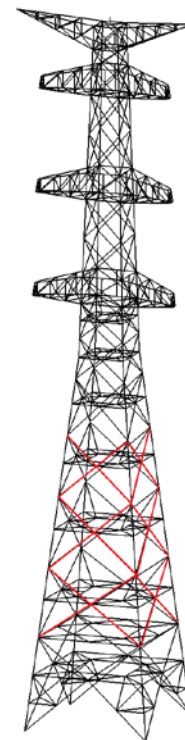


図-1 単体モデル図

2. 送電用鉄塔腹材の鋼材ダンパー置換の可能性

送電用鉄塔に制振ダンパーを用いるとすれば、軸力降伏型鋼材ダンパーが最適と考えられる。市場に流通しているダンパーの内、座屈拘束ブレースを用いて検討を進めることとした。図-1、表-1 に解析モデルに用いる鉄塔形状および鉄塔概要を示し、図-2 に座屈拘束ブレースの概要図を、図-3 に履歴図の例を示した。³⁾

表-1 鉄塔概要

電圧 (kV)	回線数 (cct)	型名	塔高 (m)	継脚 (m)	1次固有 周期(sec)
500	2	P B	92.5	55.5	1.025

ダンパーのモデル化においては、芯材塑性化部と、補剛プレートを含む両端の接合部、本体側のガセットプレートなどを直列に接合した状態を想定し合成評価を行う。

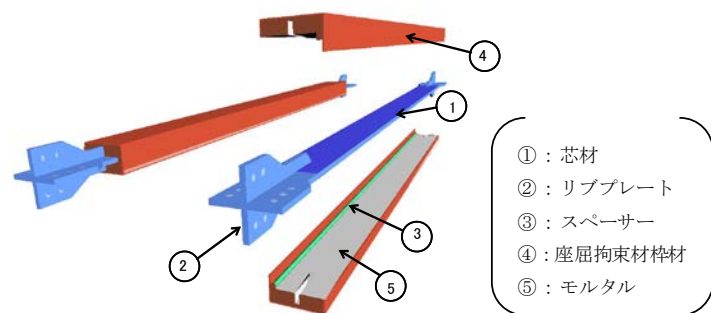


図-2 座屈拘束ブレース概要図

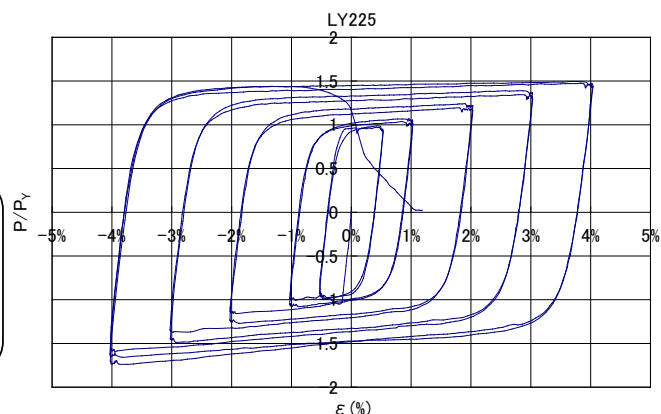


図-3 座屈拘束ブレース履歴図

キーワード 送電用鉄塔, 鋼管鉄塔, ボルト滑り, 制振ダンパー, 動的弾塑性解析, 耐震性評価, 履歴減衰
連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 東電設計株式会社電気本部 TEL 03-6372-5733

3. 鋼材ダンパーを配置した鉄塔解析モデル

本解析においては、14～16 パネル（図-1、朱書き箇所）の腹材の代わりにダンパーを計 48 部材（3 パネル，4 面，腹材上・下）設置することとした．ここで，新たに設置するダンパーが，既設部材と同等の強度を有するダンパーとして，履歴特性を設定した．図-4 に解析モデルに設定した履歴特性を，表-2 に履歴特性に組み込んだダンパーの特性値を示す．なお，ダンパーを設置しないパネルの腹材については，ボルト滑りを考慮した．

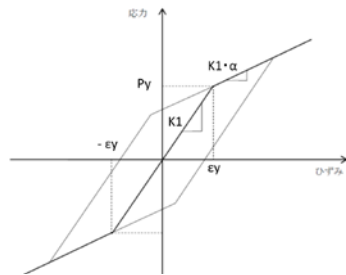


図-4 ダンパーの履歴特性

表-2 ダンパーの特性値

パネル	初期剛性 K1 (kgf/cm)	降伏耐力 Py (kgf)	2次剛性 K2 (kgf/cm)	剛性低下率 $\alpha = K2/K1$	芯芯距離* L0=Lk/0.9 (cm)	降伏時 変形量 ϵ_y (cm)
14 上	113861.5	38463.7	1353.6	0.0119	544.4	0.33781
14 下	69116.4	29600.3	805.6	0.0117	661.1	0.42827
15 上	75612.0	31858.0	886.7	0.0117	638.9	0.42134
15 下	53728.8	26088.4	617.6	0.0115	772.2	0.48556
16 上	53728.8	24583.3	612.7	0.0114	727.8	0.45754
16 下	41502.4	21573.1	467.4	0.0113	844.4	0.51980

4. 解析例

図-1 に示す解析モデルに対して，図-5 に示す曲げ 1 次モードを励起しやすい特性を有する十勝沖地震直別記録波(2003)⁴⁾を入力波に選定し，ダンパーの履歴減衰効果を確認するために，記録波の振幅を 3 倍にした地震動を入力波として，動的応答解析を行った．振幅を 3 倍にした理由としては，記録波ではダンパーが降伏に至らないためである．ここで，減衰定数をパラメータとした線形解析の応答値とダンパーの履歴減衰を考慮した非線形解析の応答値から，応答減少率を算出し，ダンパーによる履歴減衰効果を見出すものとする．

線形解析の結果およびダンパーを考慮した非線形解析の履歴減衰効果による応答減少率を図-6 に示す．図-6 の横軸はダンパーを考慮しない線形解析に用いた減衰定数である．また，縦軸は減衰定数 1%における線形解析を基準とした応答減少率である．線形解析で減衰定数を増加させた場合の応答減少率を実線で示し，さらにダンパーを考慮した非線形解析での応答減少率を実線上にプロットすることにより，ダンパーによる履歴減衰効果がもたらす等価減衰定数を算出した．

5. むすび

文献 4)に示された代表的な L2 地震動より遙かに大きな地震動を想定した場合，ダンパーを考慮した際の等価減衰定数は 3.1%とボルト滑りのみのケースと比較し若干増加し，ダンパーによる履歴減衰効果が期待できる結果が得られた．今後の課題として，更なる等価減衰定数の向上を目的として，適切なダンパー設置箇所について検討を行うと共に，入力波を変更した際の検討についても行う必要がある．

参考文献

1) (社)日本電気協会：架空送電規定，JEAC 6001-2000 2) 大野木亮太，河原章夫，久保田邦裕，山崎智之，中村秀治，本郷榮次郎：レベル 2 地震動に対する送電用鋼管鉄塔の耐震性評価に用いる減衰定数について，構造工学論文集，Vol.60A，2014.3 3) (株)巴コーポレーション：<http://www.tomoe-corporation.co.jp/index.html> 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V 耐震設計編（平成 24 年版）

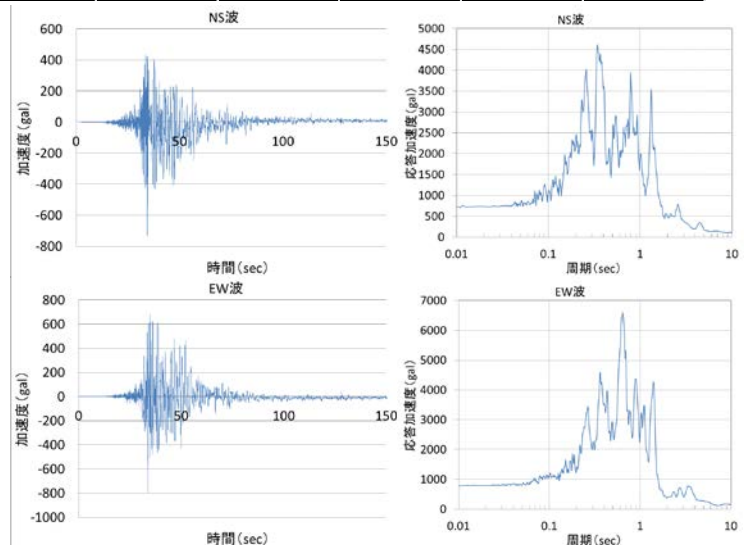


図-5 十勝沖地震直別記録波(2003) 加速度波形，加速度応答スペクトル

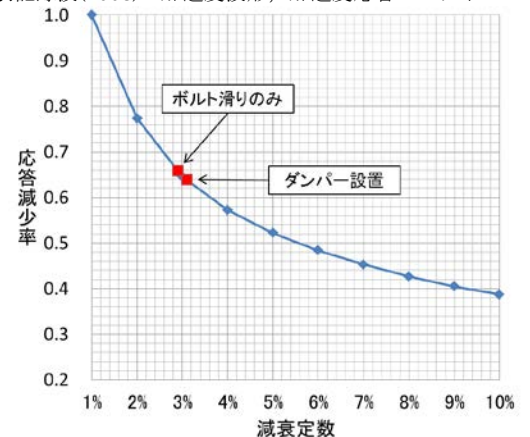


図-6 応答減少率と等価減衰定数