

I - B79

ガスト応答解析による配電線の混触防止対策の検証

電力中央研究所構造部

正会員

清水幹夫*

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

正会員

岸野佑次**

アーク情報システム解析第2部

佐藤順一***

1. まえがき

既に筆者らは、幾何学的非線形性を考慮したケーブルの時刻歴応答解析コード「FU_SIN」を開発し、風応答観測結果との比較、及び架空地線と高压配電線との混触のシミュレーションを通して、コードの有効性を確認している¹⁾。ここに混触とは、強風時のパフエッティングにより架空地線と高压配電線とが接触することをいう。本検討では、高分子碍子製の相間スベサの取り付けによる混触防止効果を、「FU_SIN」を用いたガスト応答解析により検証する。

2. 解析の対象と解析手法の概要

本検討では、図1に示す典型的な配電線を想定し、架空地線及び高压配電線をモデル化し、解析の対象とする。解析モデルの諸元を表1に示した。解析は、幾何学的非線形性を考慮したケーブルのFEM解析コード「FU_SIN」を用いて行う。当コードにより、増分解析のステップ毎に、変動風速とケーブルの速度との相対速度から、準定常的に決定される空気力を考慮した風応答解析が可能となる。解析コードの特徴を表2に示した。

3. 解析条件

入力は、文献1と同様、試験配電線における観測記録に基づき、岩谷の方法²⁾を用いて発生させた。発生計算に用いる変動風速のパワースペクトルは、観測結果を近似した次式、

$$\frac{S(f)}{\sigma^2} = \frac{1}{0.14 \left\{ 1 + \left(\frac{f}{0.14} \right)^2 \right\}^{1.63}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

で与え、空間相関は次式で仮定した。

$$\sqrt{\text{Corr}(\eta, f)} = \exp(-8\eta / v_0) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\Phi(\eta, f) = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $S(f)$: 変動風速のパワースペクトル、 f : 周波数、 σ : 乱れの絶対強さ、 $\text{Corr}(\eta, f)$: 風向に対し水平横方向に η m隔たった2点間のコヒーレンス、 $\Phi(\eta, f)$: 同じくフェイズ、 v_0 : 平均風速である。ここでは、架空地線及び高压配電線に対し共通の変動風速を、高压配電線側を風上として作用させることとし、図2のように各線の軸方向に直交する水平風速を5m間隔で8波形（チャンネル、ch）発生させた。この時、平均風速を30m/s、乱れの絶対強さを6m/sとした。また、鉛直方向には30度の吹き上げ角を考慮し、水平方向風速を $\tan 30^\circ$ 倍した風速を上向きに与えた。発生された1chの波形を図3に示した。

解析は、図1に示す架空地線及び高压配電線を対象としたケースと、架空地線と高压配電線の径間中央に近い位置を、図

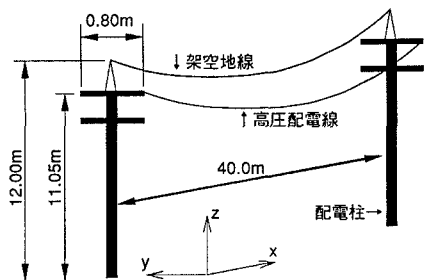


図1 配電線略図

表1 解析モデルの諸元

	架空地線	高压配電線	相間スベサ
断面積	19.64mm ²	83.32mm ²	1075mm ²
密度	8.89t/m ³	1.86t/m ³	3.25t/m ³
ヤング率	12000kgf/mm ²	8400kgf/mm ²	3940kgf/mm ²
サグ	1.8m	2.0m	-
初期張力	20.08kgf	17.42kgf	0
要素分割数	20/回線		1/本

表2 解析コードの特徴

解法	直接積分、Newmark-β法	
使用要素	線形トラス要素	
定式化	基本的未知量	変位法
	参照座標系	updated Lagrange系
大変形	要素の幾何学的非線形性を考慮	
増分解析法	Newton-Raphson法	
非定常空気力	準定常的に節点集中荷重に換算	
減衰	Rayleigh減衰	

キーワード：配電線、混触、ガスト応答解析、幾何学的非線形性、相間スベサ

*) 〒270-11 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 0471-82-1181 FAX 0471-83-2962

**) 〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉 TEL 022-217-7421 FAX 022-217-7423

***) 〒102 東京都千代田区五番町 4-2 TEL 03-3234-9233 FAX 03-3234-9402

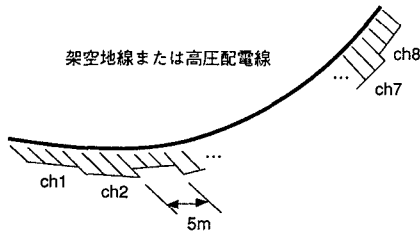


図2 架空地線・高圧配電線に作用する風速

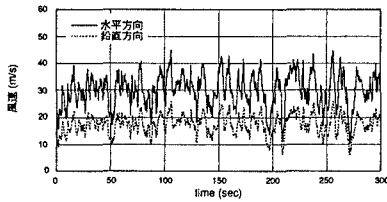


図3 変動風速時刻歴（チャンネル1）

4のように相間スパーサで連結したケースを行った。図の相間スパーサは、送電線のコンパクト化のために開発されたものであり³⁾、表1に示す物性を有する、高分子碍子材で構成されている。各ケースの計算は、架空地線及び高圧配電線の両端を固定の条件の下に、0.05秒刻みで6600ステップ行い、減衰定数は表3に示す値を用いた。また、空気力は架空地線及び高圧配電線に抗力のみ（抗力係数1）が作用すると仮定し、発生された変動風速と各線の応答速度から、解析ステップ毎に換算した。なお、相間スパーサに作用する空気力は無視した。

4. 解析結果

各ケースの解析により得られた、架空地線及び高圧配電線の径間中央の節点変位リサージュを図5に、架空地線と高圧配電線の径間中央の節点間距離を時刻歴として図6に示した。図では、初期釣合状態における高圧配電線の径間中央の位置を原点とし、過渡応答の含まれる初期の600ステップの結果を捨てて示した。図5、図6より、相間スパーサの設置により、架空地線と高圧配電線との間隔が1.2m以上に保たれ、混触が防止され得るものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本検討では、相間スパーサの設置による混触防止効果を、ガスト応答解析により確認した。ここでの解析は強風時を想定して行なったが、今後、弱風時における配電線-相間スパーサ系の応答評価、及び最適な相間スパーサの設置位置の評価を実施する。

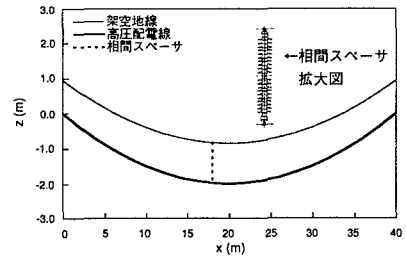


図4 相間スパーサの設置位置

表3 モード減衰定数

架空地線		高圧配電線	
振動数(Hz)	減衰定数	振動数(Hz)	減衰定数
0.391	0.0521	0.414	0.0208
0.771	0.0367	0.809	0.0332

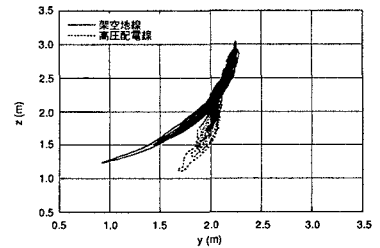


図5(a) 変位リサージュ：相間スパーサ無

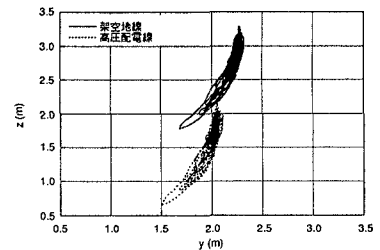


図5(b) 変位リサージュ：相間スパーサ有

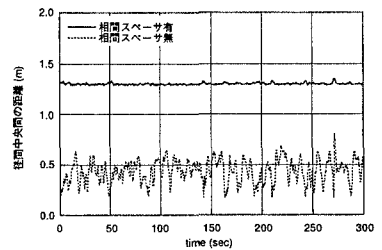


図6 架空地線・高圧配電線の径間中央の間の距離

参考文献

- 清水幹夫, 岸野佑次, 藤井啓一, 佐藤順一: 強風時における配電線の混触に関する検討, 構造工学論文集, Vol.43A, pp.919-928, 1997.3
- 岩谷祥美: 任意の「パワースペクトル」と「クロススペクトル」をもつ多次元の風速変動のシミュレーション, 日本風工学会研究会誌, 第11号, pp.5-18, 1982.1
- 清水幹夫, 佐藤順一: 送電鉄塔-架渉線連成系のスリットジャンプの解析, 構造工学論文集, Vol.43B, pp.403-413, 1997.3