

I-B58

ねじれ防止ダンパー装着時の架空送電線の素線切れに関する検討

電力中央研究所 正員 清水幹夫*

東北大学大学院 正員 岸野佑次**

JR 東日本

岩井有人***

1. はじめに

架空送電線は、鋼製の芯線と、これを取り巻くアルミ製のより線とで構成されている。また、着氷雪の堆積を防ぐため、ねじれ防止ダンパーが電線支持点間に数個取り付けられる場合がある。近年、ねじれ防止ダンパーの電線把持部近傍において、電線の振動に起因してアルミ製のより線が切れる「素線切れ」と呼ばれる事故が発生しており、その現象解明及び対策法の検討が課題となっている。本研究では、ねじれ防止ダンパー装着の際の、クランプによる電線の締め付けが電線断面に及ぼす力学的影響を、粒状要素法を用いて評価した。

2. 解析モデルと解析条件

ねじれ防止ダンパーの略図を図1に示す。送電線とクランプの間には、アーマロッドと呼ばれる補強材が設けられている。本研究では、2次元平面内において、図2に示すように電線断面を外径の異なる素線の集合で、クランプを2個の半円弧でそれぞれモデル化し、素線を粒子とみなして粒状要素法¹⁾を適用する。粒状要素法は、粒状集合体に対する離散的な平衡条件を直接解く解析手法であり、その適用によりクランプの電線締め付けをシミュレートすることが可能になると考えられる。

ここでは、送電線として表1に示す断面構成の鋼芯耐熱アルミ合金より線（TACSR240mm²）を想定した。また、粒状要素法解析に必要な粒子間の法線方向及び接線方向のばね定数、 kn 及び kt には、各素線の材料物性値を基に、Johnson²⁾、Mindlin³⁾、Thorntonら⁴⁾の理論を適用して定めた、表2の値を用いた。

解析では、クランプが閉じて締め付けを開始する状態、すなわち図2の2つの半円弧が近づき、点a、bが重なって円を形成した状態を初期状態とし、クランプ接合部に相当する各半円弧の片端の交点oを支点として、図2の矢印方向に1ステップ0.05度で100ステップの締め付けをシミュレートする。なお、粒子間の摩擦角 ϕ は0度、10度、25度の3通りに仮定した。

3. 解析結果と考察

解析の結果、粒子すなわち素線間の接触力が算出される。ここに接触力とは、法線方向及び接線方向の接触力の合力である。以下では、接触力分布図及び接触力の標準偏差を示し、素線間の力の分布状況を明らかにした。また、接触力集中度を定義し、クランプによる締め付けと電線断面の不均一性及び素線切れとの関係を評価した。

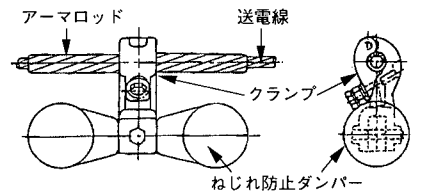


図1 ねじれ防止ダンパー略図

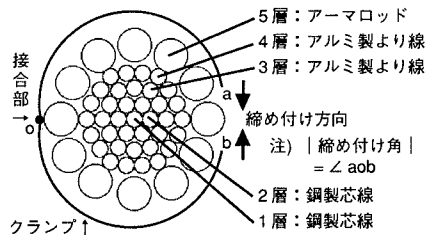


図2 送電線断面の粒状要素法解析モデル

表1 断面構成：TACSR240mm²

層	素線本数(本)	材質	素線外径(mm)
1層	1	鋼	3.2
2層	6	鋼	
3層	12	アルミ	
4層	18	アルミ	6.7
5層	12	アルミ	

表2 ばね定数

層の関係	$kn(N/m)$	$kt(N/m)$
1-2, 2-2層間	1.19×10^7	1.11×10^7
2-3層間	7.60×10^6	3.11×10^6
3-3, 3-4, 4-4層間	5.84×10^6	5.09×10^6
4-5層間	7.47×10^6	6.51×10^6
5-5層間	6.46×10^6	5.63×10^6
5層-クランプ間	1.61×10^6	1.02×10^7

キーワード：架空送電線、ねじれ防止ダンパー、素線、粒状要素法、不均一性

*) 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646

TEL 0471-82-1181 FAX 0471-83-2962

**) 〒980-8567 仙台市青葉区荒巻字青葉

TEL 022-217-7421 FAX 022-217-7423

***) 〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-2-2

TEL 03-5334-1111

1) 接触力分布図及び接触力の標準偏差

ϕ が0度の場合の、締め付け角3度、5度における接触力分布図を図3 (a), (b) にそれぞれ示した。図中の粒子の中心間を結ぶ直線は接触力が作用していることを、その太さは接触力の大きさを示す。図より、締め付けによる5層内及び4-5層間の接触力の増加がみられる。

また、接触力の標準偏差 S_f は次式によって得られる。

$$S_f = \sqrt{\frac{n \sum f^2 - (\sum f)^2}{n^2}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 n :配位数(接触点の数)、 f :接触力の絶対値である。 S_f の大小により接触力の遍在の度合いが表され、 S_f が小さいほど、接触力が均等に分布し、断面の均一性が高いといえることができる。図4に締め付け角と S_f との関係を示した。図より、いずれの ϕ についても、締め付け角3度～4度の間に S_f が急激に増加することがわかる。これは、全ての素線が完全に詰まり切った状態を示すものである。また、 ϕ が小さいほど、 S_f も小さいといえることができる。

2) 接触力集中度

図2の電線断面において、素線切れの発生し易い層を確認するため、 i 層と j 層との間の接触力の総和 $\sum f_{i-j}$ と、断面内の全ての接触力の総和 $\sum f$ との比、

$$R_{i-j} = \frac{\sum f_{i-j}}{\sum f} \quad \dots\dots\dots (2)$$

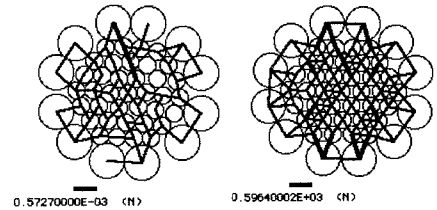
により、 i 層と j 層との間の接触力集中度を定義した。締め付け角の増加に対し、ある層間の R_{i-j} が一定値を保って推移する場合、接触力は均等に分布しているとみなすことができる。ここでは、特に4-5層間に着目し、図5に締め付け角と R_{4-5} との関係を示した。図より、いずれの ϕ についても締め付け角の増加に伴って R_{4-5} は増加しており、4-5層間に接触力が集中していることがわかる。このことから、クランプの締め付けにより、断面内の接触力の遍在、すなわち不均一性が増すと考えられる。なお、実際の素線切れは主に4層で発生していることから、本研究で得られた解析結果は、実現象に合致するものといえることができる。

4. まとめ

本研究では、架空送電線の断面を粒子の集合とみなし、粒状要素法を適用して、ねじれ防止ダンパーのクランプ締め付けによる電線断面の力学特性について考察した。その結果、素線間の接触力の分布状況が把握できた。また、接触力集中度により、実際の素線切れ現象を説明し得ることが明らかになった。今後、5層のアーマロッドの外径をパラメータとした解析を行うなどして、素線切れの対策法について検討する。

参考文献

- 1) 岸野 佑次：新しいシミュレーション法を用いた粒状体の準静的挙動の解析，土木学会論文集，Vol.406/III-11，pp.97-106，1989
- 2) Johnson, K. L., Contact mechanics, Cambridge University Press, Cambridge, 1985
- 3) Mindlin, R. D., Compliance of elastic bodies in contact, Trans. ASME, J. Appl. Mech., 16, pp.259-269, 1949
- 4) Thornton, C. and Randall, W., Applications of theoretical contact mechanics to solid particle system simulation, Satake, M. and Jenkins, J. T. (eds.), Micromechanics of granular materials, pp.133-142, 1988



(a) 締め付け角3度 (b) 締め付け角5度

図3 接触力分布図： $\phi=0^\circ$

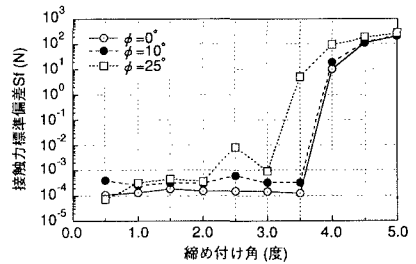


図4 接触力の標準偏差

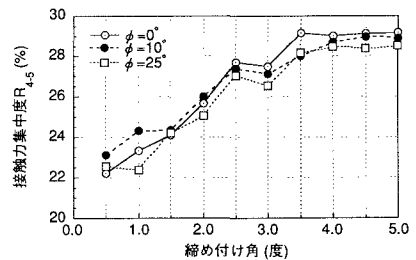


図5 接触力集中度：4-5層間