

架空電線の捻れ剛性を模擬した電線サンプルによる着雪観測

久保雅弘，藤井敬太郎（北海道電力㈱），高橋忠大（㈱ジェイ・パワーシステムズ）

1. はじめに

送電線に取り付ける雪害対策品（難着雪リング，捻れ防止ダンパー，相間スペーサ）の難着雪効果を確認するためには，定量的な電線着雪量の評価が極めて重要である．しかしながら，これまで，捻れ防止ダンパーなどの電線着雪対策品の難着雪効果や，相間スペーサを取り付けた送電線の着雪量を定量的に評価した研究は少ない．

このため，その前段として，自然条件下における電線着雪（中でも電線を捻りながら発達する着雪）の状況やその発達過程を確認する目的から，2007年度より，様々な架線条件の捻れ剛性（捻れにくさ）を模擬した電線サンプルの着雪状況および着雪時の気象を観測している．^[1]

本稿では，2007年度および2008年度の冬季間（11月から翌年3月までの期間）の観測結果とその考察について報告する．

2. 観測設備概要

(1) 着雪特性観測システム

着雪特性観測システムとは，短尺電線（電線サンプル）と架空送電線の捻れ剛性（捻れにくさ）を模擬する器具により様々な送電線径間の一部を模擬した設備と，それら電線サンプルの着雪状況や気象を観測する機器類を合わせた観測設備である．

本システムは，図1に示した江別市の北海道電力敷地内に設置した．設備の設置に要した敷地面積は，夜間の照明設備を除き，300m²（縦幅：約16m，横幅：約18m）程度である（図2）．

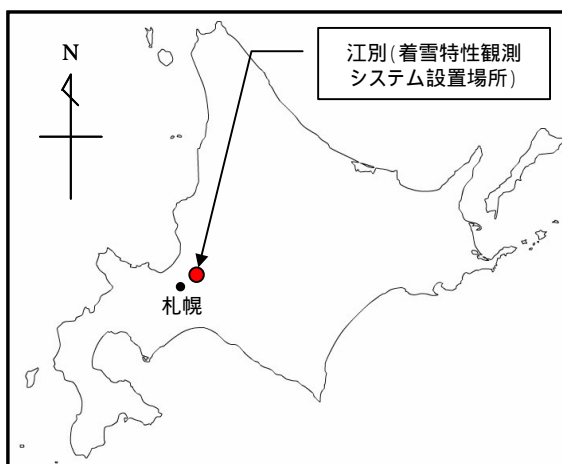


図1 着雪特性観測システム設置場所
Fig. 1. Location of snow accretion observation system

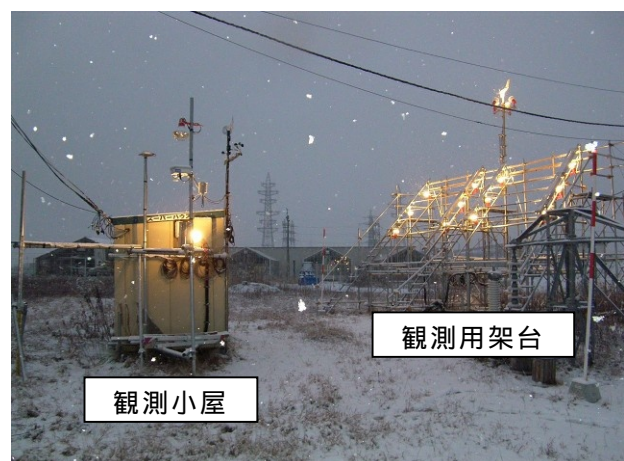


図2 着雪特性観測システム
Fig. 2. Snow accretion observation system

(2) 設備構成

着雪特性観測システムを構成する機器の概要を表1に示す。

表1 着雪特性観測システムの構成機器概要

Table 1. Outline of composition equipment of snow accretion observation system

| 構成機器 | 概要 | | | | | | |
|-------------|--|--------|------|-----|-------------|-----|-----|
| 電線サンプル | <ul style="list-style-type: none"> ・長さは2250mm程度である。 ・端部に、電線の捻れ剛性を模擬する器具を取り付けている。 ・電線サンプルは、軸に対して直角方向を冬季主風向である西向きに設置している。 | | | | | | |
| 観測用架台 | <ul style="list-style-type: none"> ・模擬架線条件を与えた電線サンプルを設置している(12種類)。 ・電線サンプル毎に着雪重量を測定するロードセル、回転角度を測定するポテンシオメータを設置している。 | | | | | | |
| 画像収録装置 | 電線サンプルの状況を任意のサンプリング間隔で常時記録する。 | | | | | | |
| 気象データ観測装置類 | <table border="0"> <tr> <td>風向・風速計</td> <td>温湿度計</td> <td>積雪計</td> </tr> <tr> <td>雨量計(転倒マス方式)</td> <td>降雨計</td> <td>日射計</td> </tr> </table> | 風向・風速計 | 温湿度計 | 積雪計 | 雨量計(転倒マス方式) | 降雨計 | 日射計 |
| 風向・風速計 | 温湿度計 | 積雪計 | | | | | |
| 雨量計(転倒マス方式) | 降雨計 | 日射計 | | | | | |

2008年度から設置している。

(3) 電線サンプルの模擬架線条件

着雪特性観測システムに設置している電線サンプルの模擬架線条件は、表2の通りである。相間スペース取り付け時の模擬は、径間中に3本の相間スペースを設置している場合におけるサブパン径間中央部の電線の捻れ剛性に設定した。また、捻れ防止ダンパー取り付け時の模擬は、径間中の2箇所に捻れ防止ダンパーを取り付けた場合における径間中央部の電線の捻れ剛性に設定した。

表2 電線サンプルの模擬架線条件一覧

Table 2. Simulated condition of the test conductors

| 模擬条件 | 電線サンプルの模擬架線条件 | | | | |
|------|---|-------------------------|--------|----------|--------|
| | 電線種類 | 模擬径間・模擬箇所 | 難着雪リング | 捻れ防止ダンパー | 相間スペース |
| A | ACSR160mm ² | 300m・径間中央部 | - | - | - |
| B | ACSR160mm ² | 300m・径間中央部 | | - | - |
| C | ACSR160mm ² | 300m・径間中央部 | | | - |
| D | ACSR160mm ² | 300m・径間中央部 ² | | - | |
| E | ACSR160mm ² | 400m・径間中央部 | | - | - |
| F | ACSR160mm ² | 400m・径間中央部 | | | - |
| G | ES-ACSR ¹ 160mm ² | 300m・径間中央部 | - | - | - |
| H | ACSR610mm ² | 300m・径間中央部 ² | | - | |
| I | ACSR610mm ² | 300m・径間中央部 | - | - | - |
| J | ACSR610mm ² | 300m・径間中央部 | | | - |
| K | ACSR610mm ² | 300m・径間中央部 | | - | - |
| L | ES-ACSR ¹ 610mm ² | 300m・径間中央部 | - | - | - |

:有, -:無し 1:捻回楕円電線 2:サブパンの径間中央部を示している。

(4) 電線サンプルの設置方法と捻れ剛性の模擬方法

各電線サンプルの観測用架台への設置方法の模式図を図3に示す。電線サンプルは、電線の捻れ剛性を模擬する器具を取り付け、観測用架台に取り付けたロードセルで吊るよう設置する。

電線の捻れ剛性の模擬には、図4に示すように、各模擬条件の電線の捻れ剛性と同等の性能となるバネを用いた。

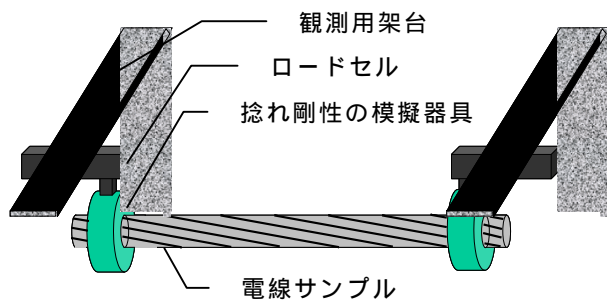


図3 電線サンプルの設置図

Fig. 3. Installation diagrams of the test conductors

3. 観測結果

2007年度および2008年度の冬季間(11月から翌年3月までの期間)に観測した中で、比較的有意な電線着雪の発達を確認した期間は9ケースあった。これら9ケースの着雪期間の中でも着雪が増加している期間における観測結果を表3にまとめた。

これら9ケースのうちいずれのケースにおいても電線着雪の状態は図5に示すような「冠雪(雪が電線に上載している着雪)」であり、最終的には「筒雪(雪が電線を覆う着雪)」にならずに落雪していた。

各ケースにおける着雪増加量については、電線径が大きいほど、着雪増加量も概ね大きい傾向であった。

また、3ケース(ケース , ,)において、着雪に伴い5°以上の電線サンプルの回転を確認した。その回転角度の変化量は最大30°程度であった。

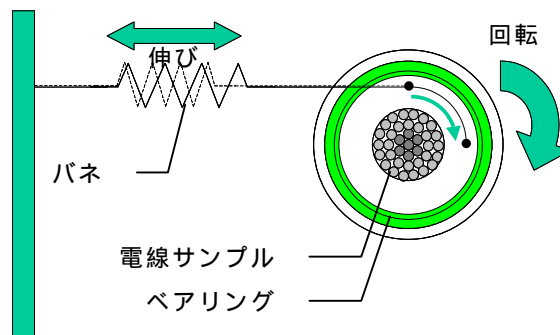


図4 捻れ剛性の模擬器具の概念図

Fig. 4. Conceptual diagram of apparatus that installs torsional rigidity

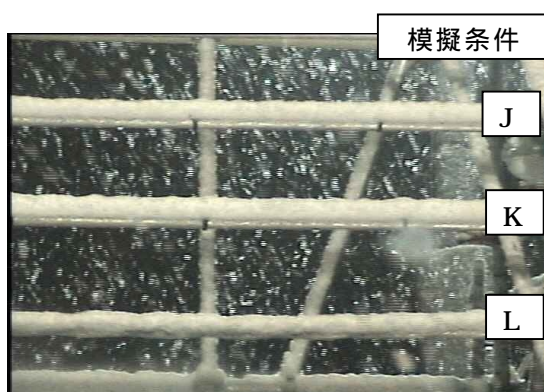


図5 着雪状況(2008/11/23 2:20)

Fig. 5. Condition of snow accretion

表3 電線着雪が増加していた期間内の観測結果

Table 3. Observational result of snow accretion developed period on the test conductors

| ケース (発生年/月/日) | 電線着雪観測結果 | | | 気象観測結果 | | | |
|------------------|------------|-------------------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------------------------|
| | 模擬架線 条件 | 最大着雪増加量 (kg/m) | 回転角度 変化 | 風速 (m/s) | 気温 () | 相対湿度 (%) | 日射量 (kW/m ²) |
| (2007/12/13) | K | 0.6 | - | 0.6 | -0.5 | 99.4 | 0.00 |
| (2007/12/29) | I | 0.3 | - | 2.1 | -0.3 | 98.2 | 0.01 |
| (2008/01/30) | J | 0.2 | - | 0.4 | -6.4 | 95.4 | 0.00 |
| (2008/02/27) | I | 0.3 | - | 0.6 | -8.1 | 93.7 | 0.00 |
| (2008/11/22) | J | 0.4 | - | 1.5 | +0.0 | 94.7 | 0.01 |
| (2008/12/31) | H | 0.2 | × | 4.7 | -1.0 | 96.2 | 0.05 |
| (2009/01/10) | J | 0.2 | - | 1.5 | -1.6 | 94.5 | 0.00 |
| (2009/01/14) | H | 0.2 | × | 3.9 | 0.5 | 91.7 | 0.00 |
| (2009/01/20) | J | 0.2 | - | 0.3 | -1.9 | 92.1 | 0.02 |

各値は、着雪が増加していた期間内の平均である。 : 有, × : 無し(5°未満), - : 測定無し

4. 考察

(1) 着雪(冠雪)発達の要因について

表3より, 着雪発達時の気象には, 以下の共通点があった.

- ・ 相対湿度が90%以上であった.
- ・ 日射量がほとんど無かった.(0.05kW/m²以下)
- ・ 風速が5m/s以下であった.

特に風速については, 風が弱い場合, 風による落雪が起きづらくなるとともに, 雪が電線上面へ付着しやすくなることから, 冠雪状態で着雪が発達した大きな要因と考える.

(2) 小サイズ電線の顕著な着雪の発達過程について

ケース毎に, 小サイズ電線(模擬条件A~F)の最大着雪増加量の平均と, 大サイズ電線(模擬条件H~K)の最大着雪増加量の平均を算出し, その比を着雪増加比とにおいて, 風速および気温とともに, 図6に示す.

図6より, 小サイズ電線(ACSR160mm²)は, 大サイズ電線(ACSR610mm²)よりも最大着雪増加量は小さく, 着雪増加比の平均は50%程度であった. これは電線の投影面積の違いによるところが大きいと考える. しかし, ケースは, 他のケースとは異なり着雪増加比80%を超えていた.

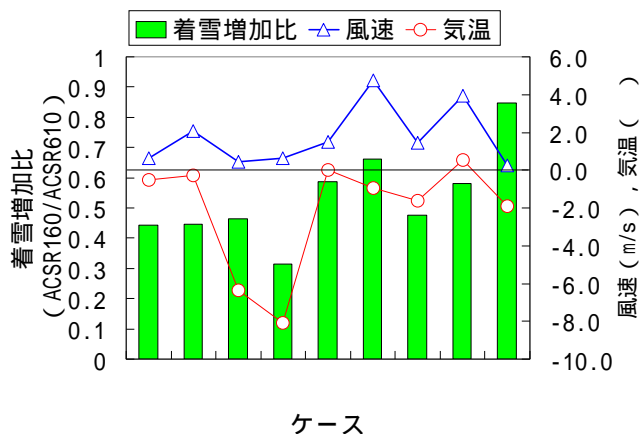


図6 着雪増加比

Fig. 6. Ratio of snow accretion increase

この原因は, ケースの着雪状況の映像などから確認できた着雪発達時の「着雪のクリープ(変形)」と「電線サンプルの回転」にあると考える. すなわち, 着雪(冠雪)がクリープによって電線上から雪庇のように張り出し, その自重により電線サンプルを回転させたことにより, 上方から見た場合の着雪を含む電線の投影面積が大きくなったため, 大サイズ電線に近い最大着雪増加量に発達したと推測する.

5. おわりに

これまで, 観測主対象である電線の捻れによる筒雪発達事象はまだ発生していないが, 着雪時の気象を含む電線着雪状況の観測データが得られたことは有益であった. また, 着雪(冠雪)発達時の要因などについて整理することができた.

今後も引き続き観測を継続し, 定量的な送電線着雪量の評価につなげていきたい.

参考文献

[1] 藤井・高橋, 2008: 屋外試験電線による着雪観測. 2008年電力・エネルギー部門大会, 338