

九州工業大学 正員 久保喜延
 構造計画研究所 正員 中村保則
 (研究当時九州工業大学学生)
 九州工業大学 学生員 畠中真一

1. まえがき

コンピューター社会となった近年では、瞬時停電でさえ、社会に多大な損失を与える。その一つの要因として考えられているのが、耐張式送電鉄塔に設けられているジャンパー線の強風時における閃絡事故の可能性である。耐張式鉄塔部では、両側に送電線があるが、それぞれの送電線は碍子連の先端で連結されている。図1に示すように、送電用にこの碍子連先端どうしを連結し、懸垂状態にある送電線が、ジャンパー線と呼ばれるものである。強風時には、このジャンパー線が風によって吹き流された状態で振動し、鉄塔に近づきすぎると、放電現象を起こして瞬時停電が起り、社会に多大な損害を与える可能性があるというものである。このたび、500KV高压送電鉄塔を用いて強風時の挙動観測を行う機会を得たので、報告するものである。

2. 観測体制

挙動観測は、平成3年の台風時期を選んで行われた。風速測定用にプロペラ型風速計が3台設置され、それぞれの高度は、鉄塔の下部地上10m、最下層の送電線位置の地上35.6m、鉄塔頂部の67.8mであった。また、ジャンパー線の挙動観測のために種々の方法の検討がなされたが、通電中ジャンパー線に計測用のセンサー類を取り付けることが困難であるため、ビデオカメラによる撮影によって挙動を観測することになった。当初、ジャンパー線の三次元挙動を観測する試みもなされたが、画像解析上の問題も発生したため、ジャンパー線真下の地上部に、ジャンパー線の両端部および中央部の水平変位を測定する目的で、3台の工業用ビデオカメラ(ITV)が設置された。この画像データは、鉄塔から245m離れた建屋までミリ波で送られ、ビデオデッキに収録された。鹿児島島の西方を通過した8月22日の台風9112号、9月14日の台風9117号、9月27日の台風9119号について観測が行われた。なお、台風9119号は西日本に大きな被害をもたらし、九州全域の観測記録を更新した。台風9119号により最大風速を記録した直後の15時48分に停電が起り、観測はこの時刻で中止せざるを得なかった。そこで、本報告では、停電発生の数分前からのデータを解析した結果について述べる。

3. 解析結果

風速データについては、データレコーダーに記録された結果をAD変換した後、平均風速、ガストファクター、乱れ強度、乱れスケール等が求められたが、これらについては別途報告するとして、ここでは、ジャ

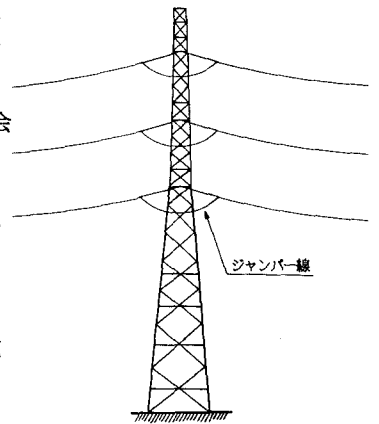


図1 観測に用いられた送電鉄塔

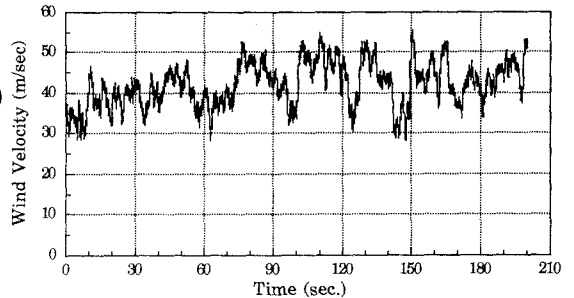


図2 台風9119号の風速変動時系列

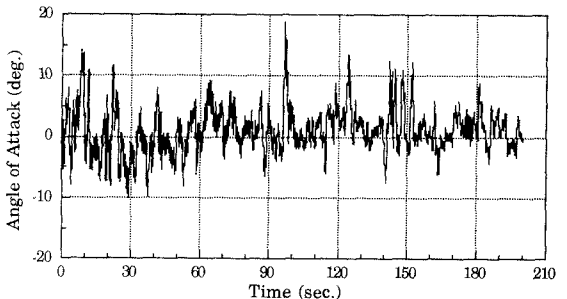


図3 台風9119号の傾斜角変動時系列

ジャンパー線の挙動についてのみデータ解析結果を述べる。ビデオテープに収録された1/30秒間隔のビデオ画像を、ビデオアナライザーによってデジタル化した後、画像内の輝度分布をもとめ、輝度の最も低い点をジャンパー線の座標値として決定した。この作業を繰り返すことによって、ジャンパー線の各測定点の時系列データを得た。以下に示す時系列データは、15時42分00秒～45分20秒のものである。図2、3はそれぞれ、ジャンパー線位置で測定された風速変化および傾斜角変化の時系列である。この卓越風向は、送電線路にほぼ直角であり、15時45分8秒に最大瞬間風速として56.6m/sを記録した。測定対象とされたジャンパー線は、水平距離23.6m、サグ5.8mの懸垂曲線をしている。図4、5、6は、このジャンパー線の右端、中央点および左端の水平移動画像を画像処理後、時系列表示したものである。これによると、右端および左端の平均水平変位は、それぞれ1107.13mm、938.33mmであるのに対して、中央点は2809.64mmとなっている。このように、ジャンパー線中央部の挙動は、端部の変位に重畳した形となっている。また、図5の100秒付近に現れている急激な変位の変化についてみると、1677mmであった変位が僅か1秒の間に3276mmにもなっており、この短時間に約1600mmもの変位が生じている。これについて、風速変動記録と対比してみると、この時刻に対する風速変化は、31m/sあたりから52m/s程度にまで変化しており、そのとき傾斜角も大きく変動している。その時刻後、約25秒間隔で風速および傾斜角が同時に大きく変動し、ジャンパー線もこの風速変動に合わせた動きをしていることが窺える。この水平振動時系列をスペクトル解析した結果が図7である。これによると、0.04Hzと0.34Hz付近に卓越したピークが見られる。0.04Hzの成分は、前述した風速の変動に対応したものであると見ることができる。また、このジャンパー線を振動解析した結果によれば、最低次元外振動の固有振動数は0.38Hzであり、第2のピークがこれに対応していると判断できる。すなわち、ジャンパー線の風による挙動は、平均風速によって静的な形で吹き流されたのち、ジャンパー線の長周期成分の変動は、風速変動の卓越周波数成分で振動し、短周期成分はジャンパー線の端部による加振で振動しているとみることができる。この端部による加振は、送電線系の風による振動として誘起されるものである。

4. まとめ

ジャンパー線の風による挙動について考察を加えてきたが、ジャンパー線の設計に対して、風の瞬間的な動きを反映すると同時に、送電線系の風による振動をも考慮したジャンパー線の設計法を開発する必要があると考えられる。

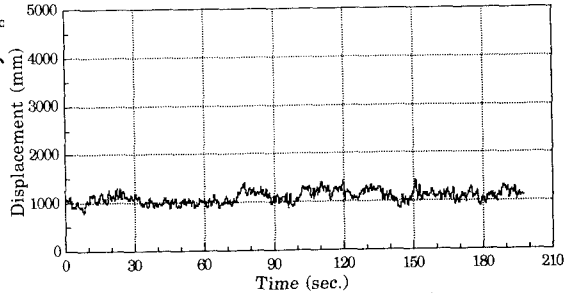


図4 ジャンパー線右端の水平振動

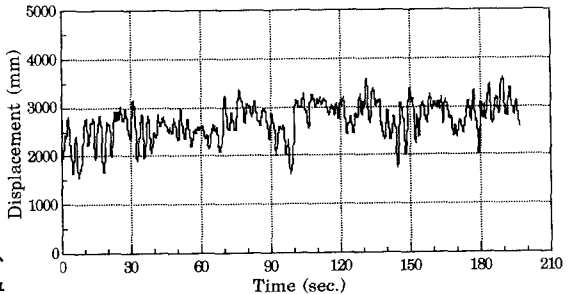


図5 ジャンパー線中央点の水平振動

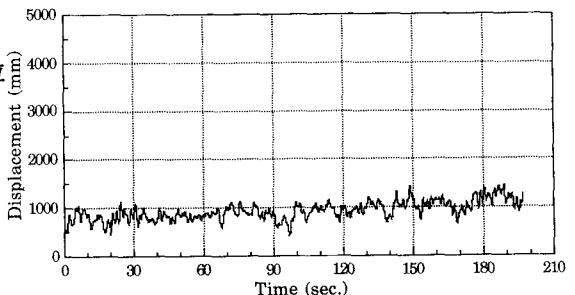


図6 ジャンパー線左端の水平振動

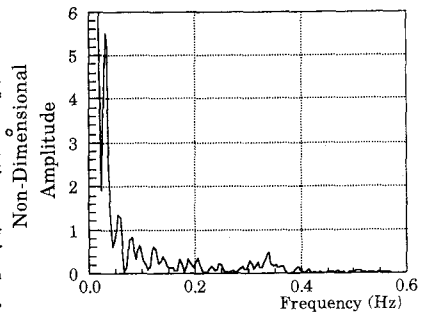


図7 ジャンパー線中央点のスペクトル解析