電力中央研究所 構造部 正員 清水幹夫\*

1. はじめに

着氷雪した送電線に,強風が重畳した際稀に発生するギャロッピング現象については,これまで,解析的な 手法による振動特性評価や対策法の検討が種々行われてきた<sup>1),2)</sup>が,実現象をシミュレーションした例は少な いと思われる.ここでは,固有振動,空力特性が実験で明らかにされている実規模試験送電線を対象として, ギャロッピング時の風速および電線挙動が同時観測されている事例をシミュレーションし,その結果を観測結 果と比較したので報告する.シミュレーションには,幾何学的非線形性を考慮した有限要素法を用いた. 2. 対象電線とその解析モデル

検討の対象は最上試験線(山形県立川町)に架線さ れた,鋼心アルミより線410mm<sup>2</sup>(=アルミの断面積) 4本を束ねた4導体送電線であり,図1のとおり碍子 装置および径間スペーサを含め棒要素を用いてモデ ル化した.モデルの固有値解析結果は表1に示すとお り,試験線における強制加振試験結果と概ね一致し ている.また,対象電線にはギャロッピングの発生を 目的とした人工模擬着雪が取付けられており,その

表1 対象電線の固有振動特性

次数	固有振動数(Hz)		+⊨≢++⊤ เง*1
	解析	試験	振動モート
1	0.193	_*2	水平方向1ループ
2	0.333	0.350	捻回方向1ループ
3	0.383	0.350	鉛直方向2ループ
4	0.384	-*2	水平方向2ループ
5	0.388	0.375	鉛直方向1ループ

注 \*1)ループはモードの腹の数を意味する. 捻回方向は図1のx軸回りの回転方向. \*2)試験データの取得なし.

表2 比較ケース一覧

<b>午</b> 一フ	観測時の風速 <sup>*</sup> (m/s)				
9-2	平均值	瞬間最大値	標準偏差		
1	13.9	20.0	1.7		
2	16.5	23.8	3.1		
3	10.3	14.7	1.7		

注\*) 評価時間は10分間.





図2 模擬着雪の形状と空力特性(図の拡大表示した素導体1条の値を示した)

空力特性は風洞実験により図2のように得られているため,シミュレーションではこれを活用した.なお,図2の値は4導体の部分模型に多点風圧計を設置して,素導体ごとに測定した中の1条分である.

3. シミュレーションの条件

試験線では,電線両端の鉄塔に設置された風向風速計とITVカメラにより,ギャロッピング時における風速と径間中央の電線変位が同時観測 されているため,その中の表2に示す3ケースを対象として,観測とシ

ミュレーション結果との比較を行った.シミュレーションでは,風向風速計の記録を岩谷の方法<sup>3)</sup>で補完した うえで,図2の結果と併せて準定常空気力として各素導体に入力し,0.05秒刻みで6600ステップの動的解析を 行った.構造減衰は,各モードで0.5%となる Rayleigh 減衰を仮定した.

4. 観測結果とシミュレーション結果の比較

図3にケース1の比較結果を示した.図より,観測とシミュレーションの間で電線の動揺範囲,捻回角,張 力変動および変位の卓越振動数は概ね一致しているということができ,本検討で用いたシミュレーション手法 の妥当性を確認できる.図3(a)では,シミュレーションに比較して観測の鉛直変位が小さめの値を示してい

キーワード:送電線,ギャロッピング,風応答観測,シミュレーション,有限要素法\*) 〒 270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646 TEL 0471-82-1181 FAX 0471-83-2962

るが、この原因の一つとして鉄塔の振動の影響が 考えられる.また,図3(d)と表1より,ケース 1では水平,鉛直,捻回各方向に1あるいは2ルー プの振動モードでギャロッピングが発生している 可能性が高いと考えられる.図4にはケース1~3 の変位および捻回角の平均値と標準偏差を示し た.これらの図より、ケース間にみられる風速の 大小に応じたギャロッピング振幅の大小関係が,



2.0

0.0

-1.0

-2.0

0.0

水平变位(m)

垂直変位(m) 1.0

シミュレーションにおいても再現さ れていることがわかる.

謝辞

観測データの活用に際し多大なご 支援を頂いた,東京電力(株)電力技 術研究所および旭電機(株)技術開 発本部の武田浩三氏に心より感謝申 し上げます.





4.0

3.0

2.0

0.0

図4

シミュレーション(m)

標準偏差

1.0



図3 (d) 変位パワースペクトル:ケース1

観測

垂直変位(m)

-1.0

-2.0 0.0 シミュレーション

4.0 5.0

水平变位(m)



参考文献

1)清水幹夫,守護雅富,佐藤順一:送電線のギャロッピングの幾何学的非線形解析,構造工学論文集, Vol.44A, 1998, pp.951-960

平均値・標準偏差の比較

2) 清水幹夫:時間-周波数分析によるギャロッピング時における送電線の振動特性評価,電力中央研究所研究報告, U98058, 1999 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,日本風工学研究会誌, 第11号, 1982, pp. 5-18