

非定常空気力を考慮した着氷 4 導体送電線の応答予測と実験結果の比較

石川島播磨重工業	正 員	井上 学	九州工業大学工学部	正 員	木村吉郎
東京大学工学系研究科	フェロー	藤野陽三	関西電力総合技術研究所	正 員	雪野昭寛
三井造船昭島研究所	正 員	井上浩男	三井造船昭島研究所	正 員	森島弘吉

1.はじめに 着氷多導体送電線の対風応答シミュレーションでは、一般に準定常空気力が用いられているが、回転運動を伴うためその適用性は明らかではない。一方、大振幅時に作用する非定常空気力の定式化が試みられており^{[1][2][3]}、ここではその定式化の適用性を 3 自由度大振幅風洞実験結果と比較することにより検討したので報告する。

2.解析結果と実験結果の比較検討 実験は東京大学社会基盤工学専攻所属のゲッチルゲン型全径間風洞を使用した。図 1 に示すように着氷 4 導体送電線部分模型を左右 4 本ずつのワイヤで弾性支持し、応答を測定した。一方、解析はワイヤの幾何学的非線形を考慮に入れた構造モデルを用い、運動方程式を時間間隔 1/100 秒でルンゲクッタ法を使用し、初期条件の影響がなくなると考えられた 100 秒経過後の 300 秒間の結果を用いた。解析には、準定常空気力と非定常空気力の 2 種類を使用した。ここで、非定常空気力とは大振幅時非定常空気力測定実験による結果から換算回転速度を取り入れて定式化した空気力^[3]である。但し抗力については、十分な精度のデータが得られなかったために準定常空気力を用いている。

図 2,3 は実験で得られた変位を基に計算された 3 つの空気力の比較図($U=12\text{m/s}$)である。実線は変位から慣性力・減衰力・復元力を計算して求めた部分模型に作用する空気力の測定値、点線は非定常空気力、実線に丸線は準定常空気力を表している。揚力は、非定常空気力と準定常空気力の違いは顕著ではなく、測定値ともほぼ一致している。一方、モーメントについては非定常空気力と準定常空気力の違いは顕著であり、非定常空気力では準定常空気力に比べ、変動の大きさなど測定値の時系列との整合性が大幅に改善されている。

図 4,5 に鉛直および回転変位の標準偏差を示す。非定常空気力を用いた解析では、ギャロッピング発現風速、 14m/s までの応答振幅共に実験とほぼ一致している。一方、準定常空気力を用いた解析では、発現風速は高めに、応答振幅は小さめの結果となった。風速が 14m/s を越える風速では、非定常空気力を用いた解析では回転角度、回転角速度の範囲が非定常空気力実験により得られたデータの範囲を越えるために、また、準定常空気力では応答変位が収束しなくなるために計算不能となっている。風速が 14.5m/s 以上では、風洞実験で得られた r.m.s.応答が減少しているが、これは高風速における応答が、定常空気力係数が極値を取る回転角 10 度および -10 度付近のどちらかをつり合い位置とするような小振幅振動となり、時々つり合い位置がもう片方の回転角に移って、その回転角をつり合い位置とする小振幅となる、といった現象を示すためである。解析では、非定常・準定常空気力どちらの空気力を用いた解析においてもこのような現象を十分に再現することは出来なかった。

図 6,7,8 に風速 14m/s における実験、非定常・準定常空気力を用いた解析の回転変位の時刻歴を示す。実験では上述のような安定した小振幅振動に時々もう片方のつり合い位置に移るような応答が見られ始めている。非定常・準定常空気力を用いた解析でも時々大きな振幅での振動が見られる。しかし、準定常空気力を用いた解析では振幅の大きさは実験よりも小さく、応答の性状も周期性が強く見られ、実験結果と整合しない。非定常空気力を用いた解析では、時々生じる大きな振幅の応答変位が定常モーメント係数の負の極値である -10 度付近に達している。その場合にも -10 度を中心とした振動が継続することはないため、現象の再現は十分ではないが、最大応答振幅の予測という意味では実験値とよく一致しているとも言える。いずれにせよ、このようなやや特殊な応答は、実験で用いた支持系の特性により生じた可能性があり、今後は実際の送

キーワード：着氷多導体送電線 ギャロッピング 応答振幅予測

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, TEL：03-5841-6099, FAX：03-5841-7454

電線により良く対応するような実験結果との比較を行っていくことが望ましい。

3.まとめ 模型の応答に対応する準定常空気力と非定常空気力は、特にモーメントにおいて違いが大きかった。着氷多導体送電線の対風応答においてはモーメントの寄与が支配的であるため、準定常空気力を用いた解析では実験値よりも小さな応答となったと考えられる。一方、非定常空気力を用いた応答解析結果は実験結果と概ね良好に対応しており、その適用性が確認された。

参考文献 [1] Kimura, Inoue et al : Unsteady forces on an ice-accreted four-conductor bundle transmission line, Proc.10 ICWE pp.467～472,1999 [2]井上学, 木村吉郎ら：着氷4導体送電線に作用する動的空気力の定式化に関する一考察, 日本風工学会誌第79号 pp.151～152, 平成11年4月 [3]木村吉郎, 井上学ら：着氷4導体送電線に作用する非定常空気力の一定式化, 土木学会第55回年次講演会概要集第1部, 平成12年9月

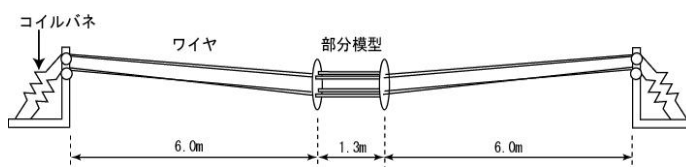


図1. 実験装置模式図

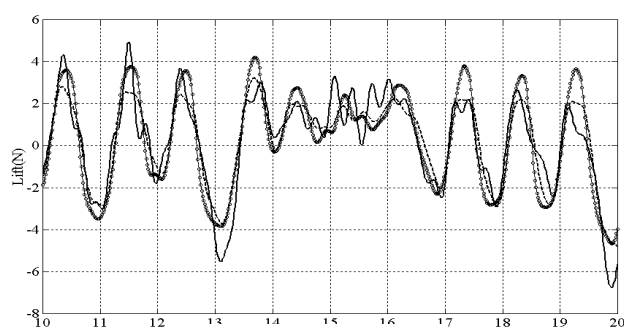


図2. 揚力比較図

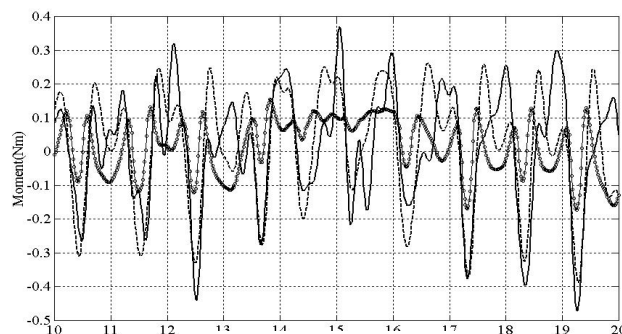


図3. モーメント比較図

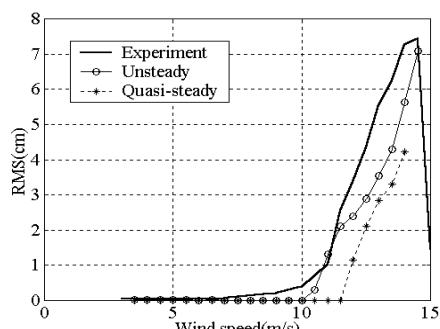


図4. 応答標準偏差（鉛直）

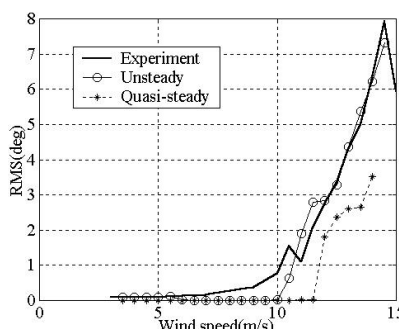


図5. 応答標準偏差（回転）

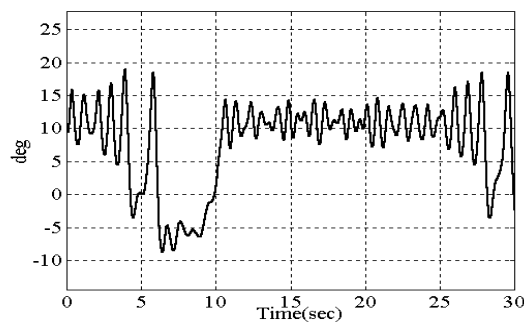


図6. 応答の時刻歴（実験）

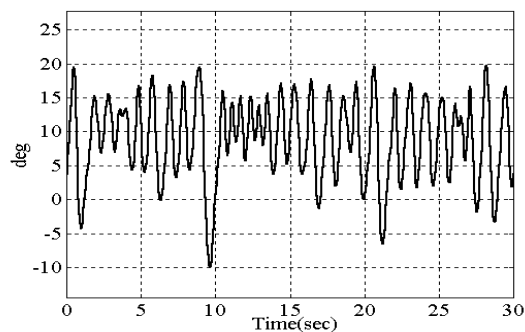


図7. 応答の時刻歴（解析・非定常空気力）

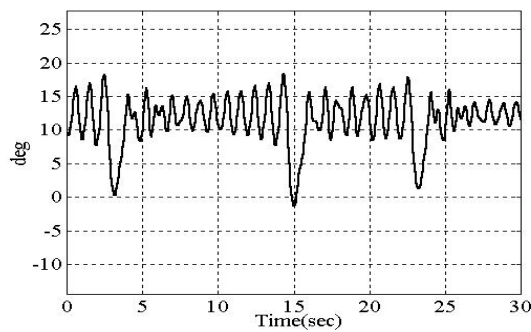


図8. 応答の時刻歴（解析・準定常空気力）