

金物の疲労破断事象の評価

赤外線カメラを用いた疲労破断事象の評価

Evaluation of Fatigue Fracture Events in Hardware

Evaluation of Fatigue Fracture Events using an Infrared Camera

(電力技術研究所 電気G)

(Electrical Engineering Group, Electric Power Research & Development Center)

配電設備に用いられる金物が、風等による繰り返し応力を受け、疲労が蓄積することで破断する疲労破断事象が発生している。このため、赤外線カメラを用いて、散逸エネルギー変化から金物の蓄積疲労を定量化し、余寿命を評価する手法の検証を行った。

Fatigue fracture events have been observed in power distribution equipment due to the accumulation of fatigue caused by repeated stresses from wind and other things. Therefore, a method to quantify the accumulated fatigue of hardware from the change of dissipated energy and to evaluate the remaining life was verified by using an infrared camera.

1 はじめに

実フィールドでは、電線を把持する腕金に使用されるUバンドボルト等の金物の疲労破断が発生している(図1)。

疲労破断とは、金物が風等による繰り返し応力を長時間受け疲労が蓄積していくことで、局所的な塑性滑りが発生し、これを起点にき裂が進展していき、最終的に破断に至る事象である。

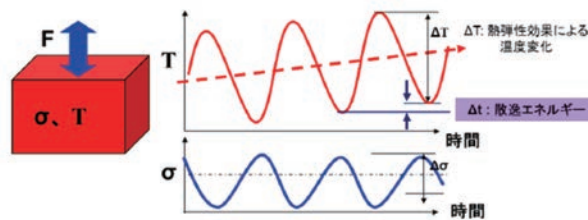
このため、破断事象に至る前に疲労度合を評価するためには、塑性滑りに伴うミクロな組織変化を測定し、蓄積されている疲労を評価することが必要となる。



第1図 Uバンドボルト破断事象

第1表 赤外線カメラ仕様

項目	仕様
型式	FLIR X6580sc
波長域	1.5 μ m~5 μ m
撮影速度	355Hz
温度分解能	0.02 $^{\circ}$ C (ロックイン方式を用いることで0.001 $^{\circ}$ C)
温度範囲	-20~3000 $^{\circ}$ C



第2図 散逸エネルギーイメージ

3 赤外線カメラを用いた評価試験の方法

赤外線カメラによる散逸エネルギーの測定から金物の余寿命評価が可能か検証するため、以下の試験を実施した。

(1) 赤外線カメラの有効性検証

まず、赤外線カメラの有効性を検証するため、Uバンドボルトにき裂が発生するまで徐々に荷重を上げていき(表2)、金物のき裂の発生状況と赤外線カメラで測定した散逸エネルギーの関係性を確認した。

(2) 余寿命評価手法の検証

Uバンドボルトに蓄積されていく疲労を赤外線カメラの散逸エネルギーで定量化し、余寿命評価が可能か検証するため、一定荷重で繰り返し疲労を蓄積させ(表2)、破断に至るまでの散逸エネルギーの変化を測定した。

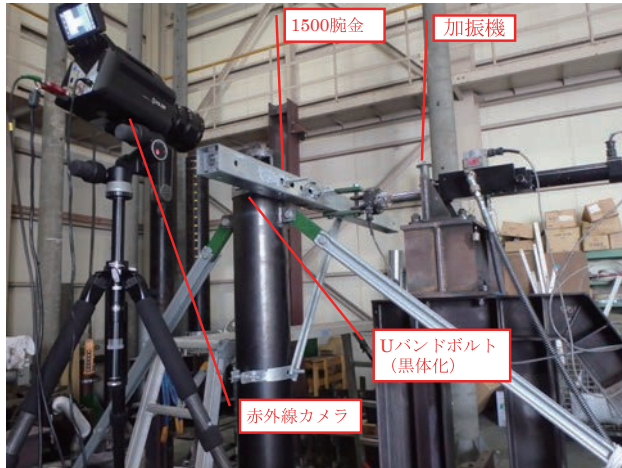
なお、(1) および (2) の試験は、金物の反射や太陽光、風の外乱があると画像解析に影響があるため、金物を黒体化し、屋内での試験とした(図3)。

2 余寿命評価手法の検討

各種測定技術の中で、金物等に繰り返し応力(σ)を与えていった際に、局所的な塑性滑りや組織変化等に起因して発生する微細な熱変化(Δt)を測定できる赤外線カメラに着目した(表1)。この Δt は、散逸エネルギーと言われる。(図2)。このため、この赤外線カメラで散逸エネルギーを測定し、蓄積されていく疲労を定量化することで金物の余寿命評価に適用できないか検証することとした。

第2表 試験条件

検証項目	荷重 (N)	加振周波数 (Hz)
(1)	200 ~ 1900 (可変)	7
(2)	1700 (一定)	9



第3図 試験状況

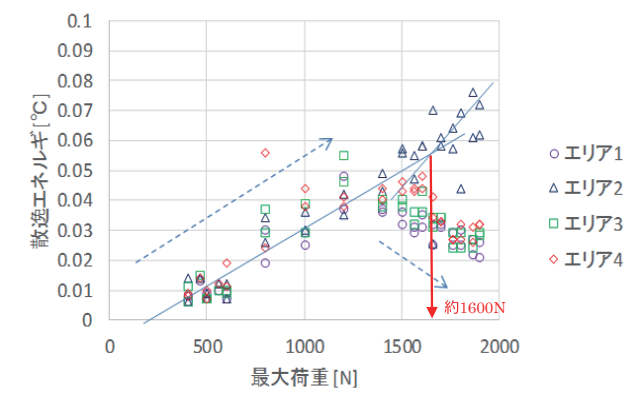
4 疲労評価試験の実施結果

(1) 赤外線カメラの有効性検証

荷重を上げていくにつれて、散逸エネルギーが上昇することが確認され、赤外線カメラにより、荷重と散逸エネルギーの関係性を測定できることが確認できた(図4)。

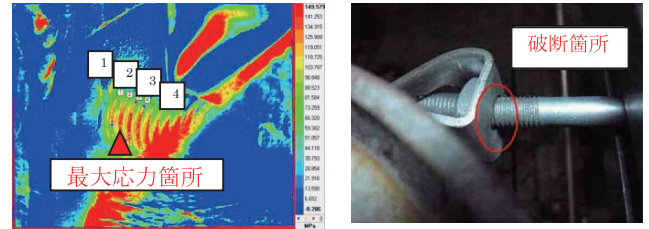
散逸エネルギーの変化は、最大荷重1500Nまでは、ほぼ線形に変化したが1500Nを越えるとボルト谷部(エリア2)で急上昇を示しはじめ、約1600N付近に屈曲点が存在することが確認できた。この屈曲点の荷重値は、Uバンドボルトの疲労限度^{※1}1400N~1800Nと近い値であることから、赤外線カメラにより非破壊で金物の疲労限度が推定できることが明らかになった。

※1 一定の繰り返し応力で何回振幅しても破断に至らない応力の限界値



第4図 散逸エネルギー測定結果

また、赤外線カメラで測定したUバンドボルトの最大応力箇所であるエリア2は、実際に破断した箇所と一致しており、非接触で破断に至るボトルネック箇所の推定が可能であることが確認できた。(図5)。

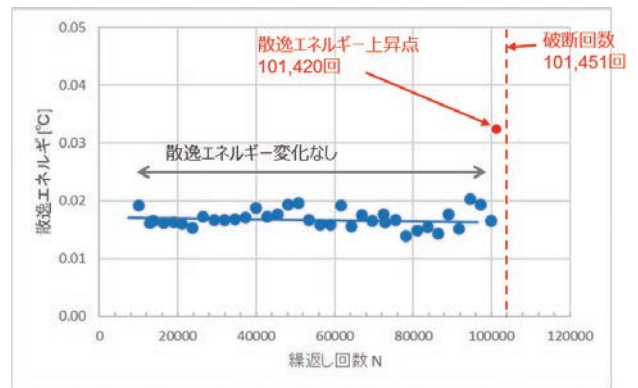


第5図 応力画像・破断箇所

(2) 余寿命評価手法の検証

応力の繰り返し回数の増加と散逸エネルギーの上昇が比例関係にあれば、測定された散逸エネルギーから蓄積された疲労を事前に把握し、破断に至るまでの余寿命(残回数)を推定することができる。

今回、1700Nの一定荷重において、蓄積されていく疲労を評価した結果、散逸エネルギーは、Uバンドボルトが完全に破断(101,451回)する直前(101,420回)まで上昇しない結果となり、当初想定していた比例関係は得られなかった(図6)。このため、金物の破断事象に対し、事前に余寿命評価を行うことは難しいことが明らかとなった。



第6図 蓄積疲労評価結果

5 まとめ

赤外線カメラを用いて、金物に蓄積されている疲労を定量化し、金物の余寿命評価に活用することは困難であることが判明した。

一方で、非破壊で金物の疲労限度の推定やボトルネック箇所の把握が行えることが確認できたため、今後の用品改良や新たな用品開発時の特性把握や性能評価等に活用できる見込みを得た。

今後も引き続き各種評価手法を検討し、余寿命評価に資する技術開発に取り組んでいきたい。



執筆／杉下裕司