

配電線の空中分岐工法を対象とした風応答解析と疲労評価

電力中央研究所 正会員 ○早田 直広 清水 幹夫 石川 智巳

1. はじめに

電柱を設置できない場所に配電線を架線する方法として、径間途中から T 字に電線を分岐させる工法が挙げられる。図 1 のとおり、分岐線は、ポリマスパーサなどによって絶縁された吊線に支持され、縁線を通して本線と接続される。また、分岐線の反対方向に水平支線を張る場合もある。以上のような空中分岐工法を対象に、風の影響を評価した事例はみられない。本研究では、有限要素法を用いた時刻歴風応答解析によって縁線の風応答を明らかにし、疲労損傷への影響を評価した。

2. 解析方法

解析モデルの諸元や風速の条件を表 1 に示す。要素にははり要素を使用した。本線、分岐線、吊線の端部はピン支持とした。縁線は円弧形とし、100 要素に分割した。ポリマスパーサは剛体とし、両端の Z 軸回りの回転を解放した。表 1(c)の条件に基づき作成した変動風速を抗力係数 1.0 として荷重に換算し、各節点に与えた。解析では幾何学的非線形性や空力減衰を考慮し、自重による静的解析後、風速漸増時間を含めた 700 秒の変動風荷重による動的解析を実施した。

3. 縁線端部の曲げ応力

対象電線は、中心の鋼線 1 本と、周囲のアルミより線 1 層で構成される。ここでは、鋼線の曲げ応力 σ を次式により求める。

$$\sigma = E_s M r_s / EI \cdots (1)$$

ここで、 E_s は鋼線の弾性係数 (205.8 kN/mm²)、 M は曲げモーメント、 r_s は鋼線の半径 (1.15 mm)、 EI は縁線の曲げ剛性を表す。縁線に生じる張力は非常に小さいため、曲げ剛性は素線間の摩擦を無視した値と仮定した^[1]。

図 2 には、平均風速 20 m/s の変動風荷重作用時に B 相縁線端部に生じる曲げ応力を風向別・成分別に示す。風向の定義は図 1 のとおりである。90 度の風によって分岐線側端部に生じる面内曲げ応力の変動が大きい。これは、本線と吊線の横振れによって縁線が大きく変形するためである。一方、本線側端部の面内曲げ応力は小さい。これは、縁線の面内変形に追従して本線が捻じれるためである。分岐線側端部では、分岐線などの重量によって吊線が捻じれにくいと考えられる。また、面外曲げ応力は、風向 0 度の場合に縁線の横振れ、風向 90 度の場合に本線・吊線接近時の面外方向への変形によって生じる。

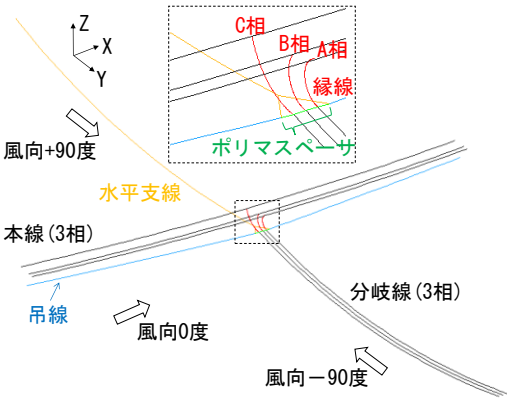


図 1 解析モデル

表 1 解析条件

(a) 架線形態

本線	径間長 [m]	40
	弛度 [m]	0.67
	相間距離 [m]	0.45, 1.2
分岐線	径間長 [m]	30
	弛度 [m]	1.72
	相間距離 [m]	0.35
分岐点弛度 [m] (縁線両端の Z 軸方向の距離)		1.2
出幅 [m] (吊線の Y 軸方向の張り出し)		1
水平支線		なし

(b) 電線諸元

	本線/分岐線/縁線	吊線/水平支線
電線種類	鋼心アルミ より線 (0C 絶縁)	亜鉛めっき 鋼より線
断面積 [mm ²] (公称値)	25	38
軸剛性 [kN]	2402.4	7651.2
曲げ剛性 [kNm ²]	5573.5 (縁線は 791.7)	22626.4
ねじり剛性 [kNm ²]	11147.1 (縁線は 1583.4)	45252.7
重量 [N/m]	1.519	2.876
受風幅 [mm]	10.3	7.8
減衰定数 [%]	0.4	0.4

(c) 風速条件

平均風速 [m/s] (乱れ強度)	5 (0.407), 10 (0.305)
	15 (0.272), 20 (0.255)
	25 (0.244), 30 (0.238)
乱れのスケール [m]	57.735
パワースペクトル	カルマン型
風速の空間分布	一様
時間刻み [s]	0.05

キーワード 時刻歴風応答解析, 有限要素解析, 累積疲労損傷度, 鋼心アルミより線, 曲げ応力

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 070-5588-3629

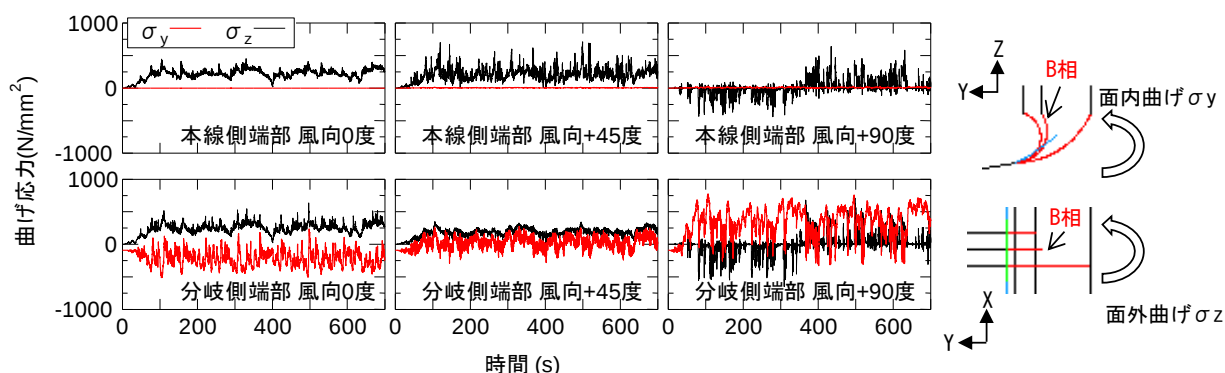


図2 平均風速 20m/s の変動風荷重作用時における B 相縁線端部の曲げ応力

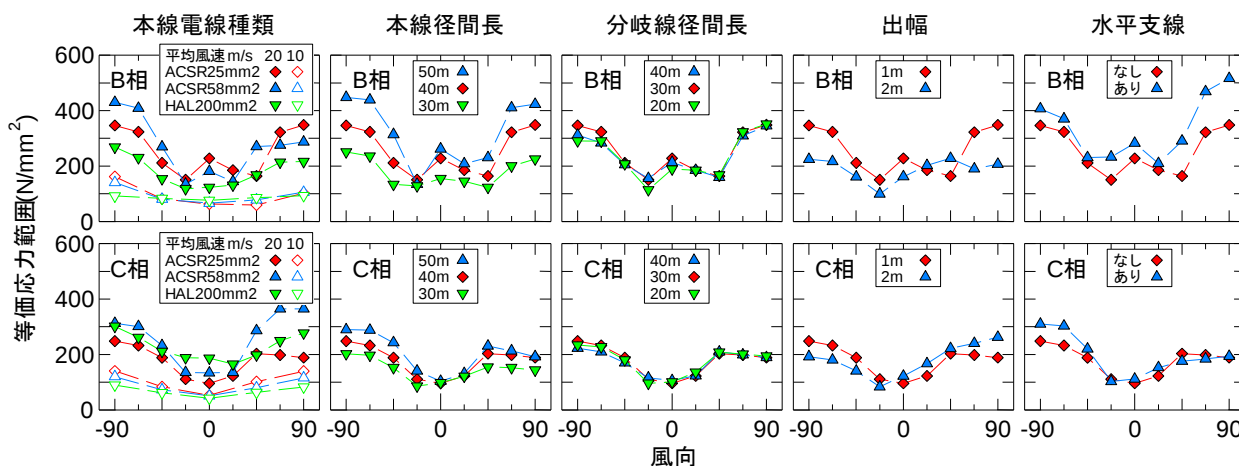


図3 平均風速 20m/s の変動風荷重作用時における分岐側端部の等価応力範囲

4. 縁線の疲労損傷と架線条件の関係

表1のモデルを基本ケースとし、本線電線種類、径間長、出幅、水平支線の有無を変えた解析を実施した。平均風速 20m/s の場合に B, C 相縁線の分岐線側端部における風向別の等価応力範囲を図3に示す。ここでは、各曲げ成分の等価応力範囲に対して応力比による補正^[2]を行い、二乗和平方根で合成することで両成分の影響と平均応力の影響を考慮した。本線電線種類は、公称断面積の異なる鋼心アルミより線

(ACSR) と硬アルミより線 (HAL) を対象とし、平均風速 10m/s の結果を併記した。図より、本線径間長や水平支線の影響が大きいことがわかる。前者は本線・吊線の横振れの影響、後者は吊線の捻じれに対する拘束の影響と考えられる。縁線の違いによる等価応力範囲の差異も大きい。出幅 1m の C 相と出幅 2m の B 相では縁線形状が類似し、等価応力範囲も近い値となるため、出幅の影響は縁線形状の違いによるものと考えられる。分岐線径間長は、本線や吊線の横振れ量に大きく影響しないため、縁線の等価応力範囲への影響は小さい。また、本線電線種類によって固有周期や風圧が変化し、等価応力範囲も変化するが、風速によって傾向は異なる。

表2は、平均風速 5~30m/s の6種類、風向-90~90度の5種類を対象に解析を行い、基本ケースに対する累積疲労損傷度の比率を求めた結果である。風速発生頻度には、広島気象台の観測データ（1991~2015年の毎正時データを高さ 10m、粗度区分II相当の風速に換算^[3]）を使用した。ただし、風向頻度は一様とした。分岐線側端部における B 相縁線の累積疲労損傷度は、径間長が 40m から 50m に変化した場合に 3.13 倍、水平支線の有無によって 3.43 倍高くなる。なお、基本ケースにおいて、B 相の累積疲労損傷度は C 相の 1.28 倍であった。

謝辞 本研究は中国電力(株)のご協力のもと実施された。ここに感謝の意を表す。

参考文献 [1]電気学会，電気学会技術報告，第II-471号，1993 [2]日本鋼構造協会，鋼構造物の疲労設計指針・同解説，2012 [3]山崎ら，日本風工学会論文集，第29巻，第3号，2004

表2 基本ケースに対する
累積疲労損傷度の比率

縁線(分岐側端部)	A	B	C
基本ケース	1.00	1.00	1.00
本線 ACSR58mm ²	0.77	1.05	0.84
本線 HAL200mm ²	1.48	1.50	0.34
本線径間長 30m	0.28	0.27	0.40
本線径間長 50m	2.59	3.13	1.93
水平支線あり	2.60	3.43	1.27