

基礎変位鉄塔の部材交換による残留変形および応力除去効果について

東電設計(株) 正会員 ○大野木亮太
東電設計(株) フェロー会員 中村 秀治

東電設計(株) 本郷榮次郎
東京電力(株) 三上 康朗

1. はじめに

既設送電鉄塔を維持管理する上で、基礎変位は重要なモニタリング指標の一つである。基礎変位は山岳地における地すべり、地盤沈下、液状化など原因は種々あり得る。一応の目安として許容鉛直変位 $b/1200$ 以下、許容水平変位 $b/800$ 以下 (b : 根開き) が提案されており¹⁾、耐力低下が懸念される場合には、部材補強、部材交換、あるいは建替による対応を実施している^{2),3)}。本報告では、部材交換による対応に関し、交換する過程を解析的にシミュレーションすることを試み、取替え順序が基礎変位による残留変形および応力の除去に及ぼす影響について考察する。

2. 基礎変位鉄塔の部材交換過程を解析する方法

立体はり要素を用いボルト滑りを考慮した送電鉄塔の耐荷力解析法は文献4)に示されているが、本報告では部材交換を中心に検討するため、ボルト滑りは考慮しないものとした。

主柱材を交換する場合の施工例を図-1に示す。補強部材取付けや部材交換等を解析技術的に見れば、古典的な非線形FEM解析技術(弾塑性解析、大変形解析)に加えて、解析コードのプログラミング技術に関わることとして要素発生(Element Birth)と要素消滅(Element Death)の機能が重要である。解析コードを開発するにあたってはこれらの機能を備えるように留意し、あるいは信頼できる既存の解析コードが利用できれば、その活用を図ればよく、本報告ではADINAを用いた。

部材交換を考慮した耐荷力解析の具体的方法は、腹材の交換、補強などの過程を時系列で忠実にシミュレーションするため、解析モデルの中に、①既設材、②仮設補強材、③部材交換後の新部材、を予め組み込んでおき、要素発生と要素消滅を変形後の位置で行なうこととした(図-2)。留意点として、現場合わせて新部材を取付けることから、解析上は変形位置にて無応力状態で要素発生させることとした。

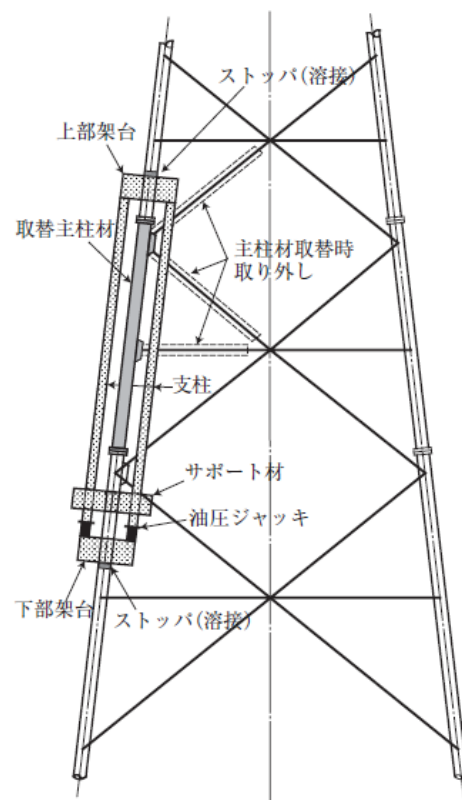
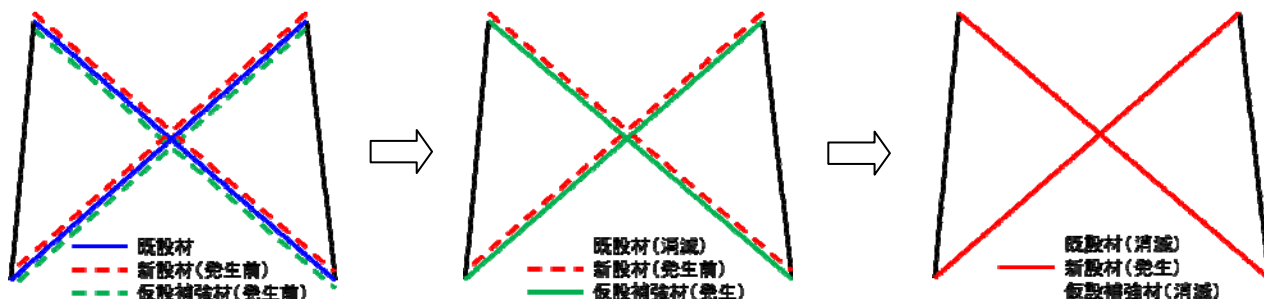


図-1 主柱材の部材交換状況の例



a) 既設材,新部材,仮設補強材 b) 仮設補強材の発生, 既設材の消滅 c) 新部材の発生, 仮設補強材の消滅
のモデル組込

図-2 部材取替え手順の模式図

キーワード 送電鉄塔, 基礎変位, ボルト滑り, 部材交換, 非線形解析, 電技風荷重
連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3丁目3番3号 東電設計株式会社電気本部
TEL: 03-6372-5733 E-mail: r.ohnogi@tepsco.co.jp

3. 基礎変位鉄塔の部材交換と交換後の耐力評価解析例

解析モデルを図-3 に示す. 本解析例においては, ①既設材の取外し, ②新部材の取付け, の繰り返しを例示するため, 材料的な非線形関係やボルト滑り, 局部座屈などは考慮していない. また, 基礎変位は a,c 脚を固定し, b,d 脚に強制変位 (鉛直変位 $b/1200$, 水平変位 $b/800$) として入力した. この基礎変位による部材応力を部材交換により除去し, かつ鉄塔全体の残留変形を最小限に止めるよう交換手順を変化させ解析を実施した. 交換対象部材は 11 パネルから 15 パネルの腹材および水平材 (図-3 の朱書き箇所) とし, 1 パネル 1 面ずつ交換を行う. 表-1 に解析ケースを示す. ここで, 周回とは同一パネル内の 4 面を ab 面→bc 面→cd 面→da 面の順で交換を行うものとし, 対面とは ab 面→cd 面→bc 面→da 面の順で交換を行うものとした.

解析を実施した結果, 基礎変位による部材応力 (表-2) は部材交換によって減少する事が確認されたが, 解析ケースごとに大きな差はなかった. ここで鉄塔全体の変形状態を鉄塔頂部の水平変位 (図-4) に着目して比較すると, 解析ケースごとに差が見られた. 下部から上部にかけて交換を行う case1,2 は, 上部から下部にかけて交換を行う case3,4 と比較し頂部変位が大きいことがわかる. また, 同一パネル内 4 面の交換手順は, 周回よりも, 対面で交換する case2,4 の方が小さい事がわかる.

4. 結 び

以上の検討結果として, 次の結論を得た.

(1) 鉄塔部材交換の過程を解析する場合, 或るタイミングから使用開始, あるいは使用終了する要素を予め全て配置しておき, 変形後の位置で無応力で発生 (Element Birth), あるいは消滅 (Element Death) させる機能を用いることで, 再現することができる.

(2) 基礎変位に伴う部材変形の生じた既設鉄塔で部材交換を行う場合, 交換手順により鉄塔の残留変形状態に違いが生じる. したがって, 基礎変位に伴い部材交換を行う必要がある鉄塔は, 交換手順をパラメータとしたシミュレーション解析を行い, 部材応力および変形状態を確認した後, 交換手順を決める事が望ましい.

参考文献 1) 電気学会 電気規格調査会標準規格: 送電用支持物設計標準 JEC-127-1979, 1980. 2) (社) 電気協同研究会: 電気協同研究第 60 巻第 1 号 架空送電設備の補修・改修技術, 2004. 3) (社) 送電線建設技術研究会: 鉄塔工事施工基準解説書, 1991. 4) 山崎智之, 河原章夫, 高橋圭一, 本郷榮次郎, 中村秀治: 基礎変位鉄塔のボルト滑りを考慮した耐荷力解析法に関する検討, 構造工学論文集, Vol. 58A, 2012. 3.

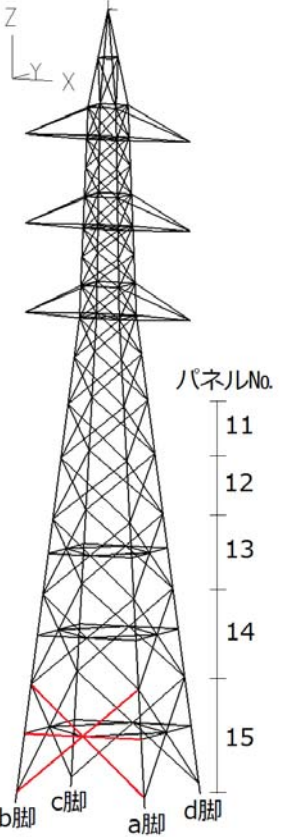


図-3 解析モデル図

表-1 解析ケース

	パネル	面
case1	15パネル→11パネル	周回
case2	15パネル→11パネル	対面
case3	11パネル→15パネル	周回
case4	11パネル→15パネル	対面

表-2 主柱材応力 (単位:kN)

脚	交換前	交換後			
		case1	case2	case3	case4
A	-125.42	-61.75	-61.72	-61.87	-61.85
B	78.21	19.28	19.28	19.48	19.49
C	-125.42	-61.47	-61.44	-61.70	-61.69
D	78.21	18.60	18.53	19.50	19.42

頂部水平変位

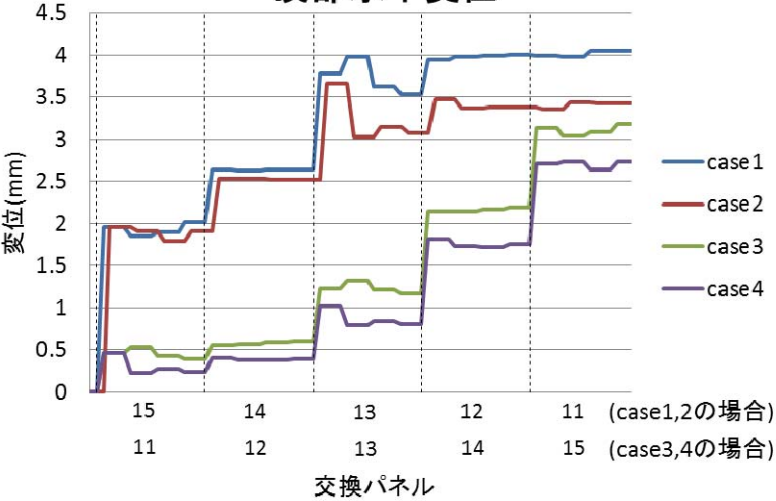


図-4 鉄塔頂部水平変位