

6. 送電用鉄塔を対象とした地震時表層崩壊危険度評価の試み

The development of a shallow-seated landslide danger evaluation in case of an earthquake for the steel tower of power transmission

送電用鉄塔, 表層崩壊, 地震

香川大学工学部 ○鏡原和也・長谷川修一・野々村敦子
四国電力(株) 青木邦宣・橋本純也
(株)四国総合研究所 池田倫治

1. はじめに

南海トラフ沿いでは海溝型巨大地震が約 90 年から 150 年間隔で発生しており, 2012 年 1 月 1 日時点で今後 30 年以内に南海地震が単独で発生する確率は 60%程度, 50 年以内では 90%程度とされている¹⁾.

南海トラフで巨大地震が発生すると四国内でも斜面崩壊が多数発生し, 送電用鉄塔が影響を受けることも想定される. 台湾集集地震では, 超高圧送電用鉄塔が 15 基倒壊するなど, 甚大な被害を受けた²⁾. また, 日本でも, 2004 年新潟中越地震により, 送電用鉄塔が倒壊 1 件, 鉄塔傾斜 12 件などの被害を受けた³⁾. もし, 送電用鉄塔周辺で斜面崩壊が発生し, 鉄塔基礎が移動したり, 土砂が鉄塔に押し寄せて鉄塔に被害が発生すれば, 広域的に影響が生じる可能性も想定される. 斜面上の構造物を対象とした地震時表層崩壊危険度評価手法は, 佐々木ら (2009)⁴⁾によって提案されている. しかし, 佐々木ら (2009) の研究では送電用鉄塔のように基礎裕度が電圧階級別に異なる構造物に対する評価がなされていない. 本研究では, 基礎裕度を考慮した送電用鉄塔の表層崩壊危険度の評価手法を考案し, 現地調査によりその適用性について検証した.

2. 研究方法

研究にあたっては, 各種文献や過去の災害事例を調査し, 表層崩壊の構造物への影響を分析したうえで, 表層崩壊危険度のランク分けや影響度評価を行うなど, 図 1 のフローのとおり研究を進めた. また, 基礎裕度の違いによる影響度を評価するため, 電圧階級の違う 3 種類の送電ルートを選定した.

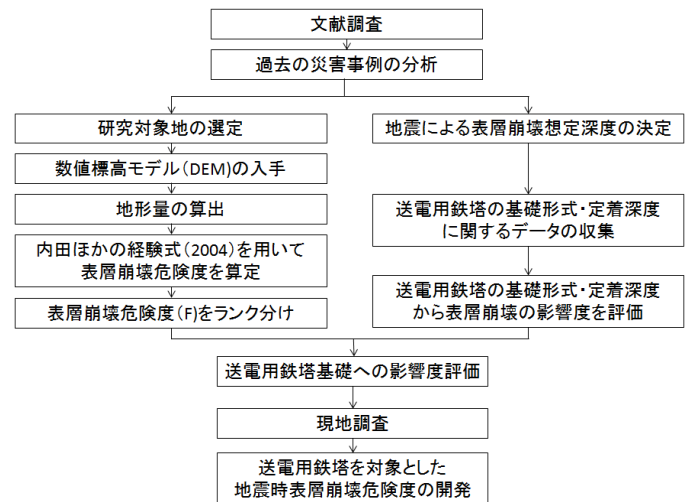


図 1. 研究フロー

2.1 表層崩壊危険度 (F) をランク分け

対象地点の地形量を用いて内田ら (2004)⁵⁾の経験式に基づき, 表層崩壊危険度 (F) を算出する. 本研究では, 国土地理院の 10m メッシュの数値標高モデル (DEM) を使用し, 標高, 平均曲率, 斜面勾配を算出し, 最大加速度 200gal と設定して, F 値を算定した. F 値が大きくなれば, 地震による表層崩壊危険度は増加する.

F 値の計算に当っては, 鉄塔毎に, 送電用鉄塔を中心に 30m×30m 合計 9 メッシュを設定し, メッシュ別 F 値の最大値を採用した. F 値は, 0 以下, 0~2, 2~4, 4 以上の 4 ランクに分けを行った (図 2).

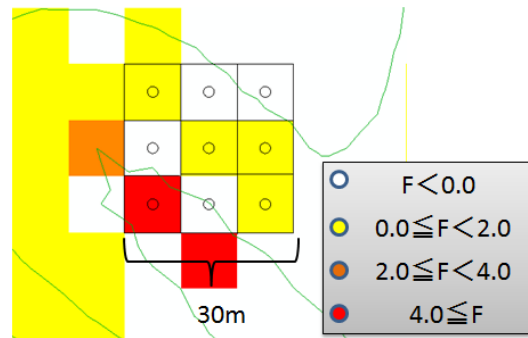


図 2. F 値の評価例

2.2 基礎裕度に関する評価手法

送電用鉄塔は電圧階級によってその高さ、根開きの幅、基礎の定着深さが異なり、その結果、基礎裕度はバラつきを有している。このため、今回の評価にあたっては、表層崩壊発生時における影響度が高い逆T字型基礎を対象とし、電圧階級ごとに基礎の裕度が大きいものから a, b, c の3段階に区分して評価を行った。また、表層崩壊の想定深度は、今市地震の平均崩壊深の分布⁶⁾から2m, 1mの2ケースを想定し、それぞれの基礎裕度を設定した(表1)。

表1. 表層崩壊想定深度ごとの基礎裕度

電圧階級	想定深度	ランク	範囲
500kV (2m)	定着深さ	a	$5.0 \leq x$
		b	$4.0 \leq x < 5.0$
		c	$x < 4.0$
500kV (1m)	根入れ深さ	a	$4.0 \leq x$
		b	$3.0 \leq x < 4.0$
		c	$x < 3.0$
187kV (2m)	定着深さ	a	$5.5 \leq x$
		b	$4.5 \leq x < 5.5$
		c	$x < 4.5$
187kV (1m)	根入れ深さ	a	$4.5 \leq x$
		b	$3.5 \leq x < 4.5$
		c	$x < 3.5$
66kV (2m)	定着深さ	a	$5.5 \leq x$
		b	$4.5 \leq x < 5.5$
		c	$x < 4.5$
66kV (1m)	根入れ深さ	a	$4.5 \leq x$
		b	$3.5 \leq x < 4.5$
		c	$x < 3.5$

2.3 送電用鉄塔基礎への影響度評価

表層崩壊危険度(F値)と鉄塔基礎の裕度の2つを組み合わせ、地震による表層崩壊が送電用鉄塔に与える影響度を4段階に区分した(表1)。危険度評価Aでは全く問題のない個所、評価Bはほとんど問題のない個所、評価Cは危険性のある可能性がある個所、評価Dは危険性が高い可能性がある個所となる。

表2. 送電用鉄塔基礎への影響度評価

基礎の裕度 \ F値	ランク1	ランク2	ランク3	ランク4
	F<0.0	$0.0 \leq F < 2.0$	$2.0 \leq F < 4.0$	$4.0 \leq F$
ランクa	A	A	A	A
ランクb	A	A	B	C
ランクc	A	B	C	D

3. 評価結果

3.1 送電ルート沿いのF値の評価

表層崩壊危険度(F)によるランク分けでは、電圧階級による大きな差はなく、3種類の電圧階級の送電用鉄塔の土の場合においても最も多い評価はランク2($0.0 \leq F < 2.0$)であった。これは、送電用鉄塔のほとんどが尾根沿いに立てられているため、いずれの送電ルートも同じ値になったと考えられる。

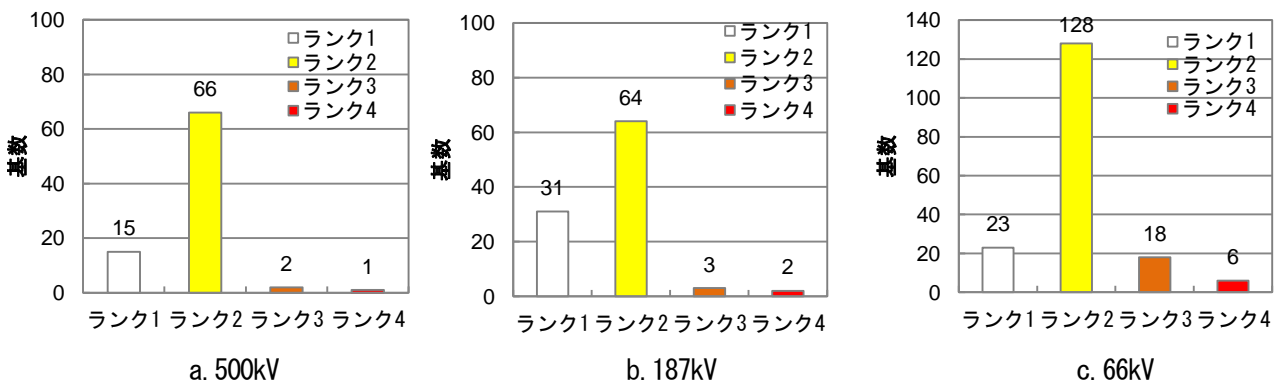


図4. F値による評価結果

3.2 基礎裕度による評価結果

定着深度に基づく基礎裕度評価の結果、図5および図6のような結果となった。表層崩壊想定深度を2mと設定した場合には187kV, 66kVはほとんどの鉄塔がcランクとなった。一方、表層崩壊想定深度が1mの場合では、500kVの基礎裕度はほとんどがaランクとなり、187kVではcランクのものがbランクへと大きく移行した。しかし、66kVの鉄塔ではcランク評価が多く残る結果となった。これらの結果から、表層崩壊が発生した際の影響が基礎の定着深さの異なる電圧階級毎に表されているといえる。

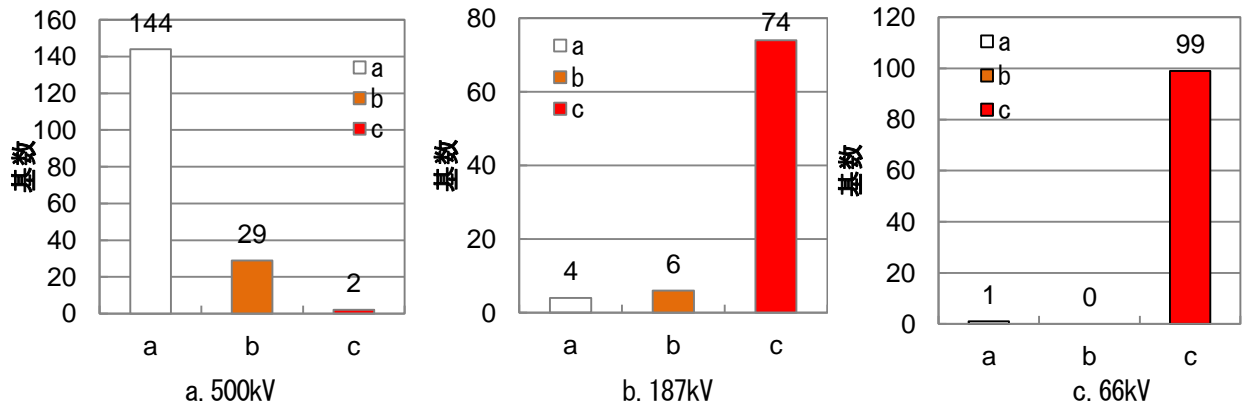


図5. 鉄塔基礎の裕度 (表層崩壊想定深度 2m)

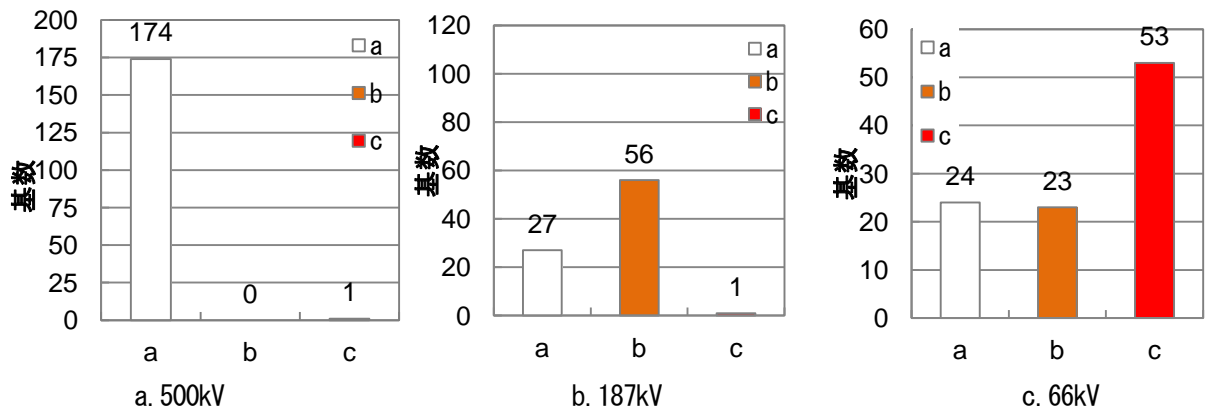


図6. 鉄塔基礎の裕度 (表層崩壊想定深度 1m)

3.3 送電用鉄塔基礎への影響度評価の評価結果

F値および基礎裕度による評価結果を踏まえ、送電用鉄塔基礎への影響度評価を行った結果を図6, 7に示す。表層崩壊想定深度を2mとして評価を行った結果、500kVの送電用鉄塔はほとんどが問題のないAランクと評価され、187kVと66kVではBランクが最も多く、わずかではあるがCランクとDランクと評価される鉄塔もあった(図7)。一方、表層崩壊想定深度を1mとした場合、500kVはほとんどAランクと評価は変わらないが、187kV, 66kVではAランクの評価が増えた(図8)。なお、A, Bランクが大部分となるのは、電力会社が鉄塔新設時に地形図・航空写真等の活用や現地調査により崩壊の危険性のある地域の回避に努め、尾根の平坦な部分などに鉄塔を建設するとともに、現地の地盤状況に応じた基礎を選定していることから、表層崩壊による影響が少なくなったものと評価される。

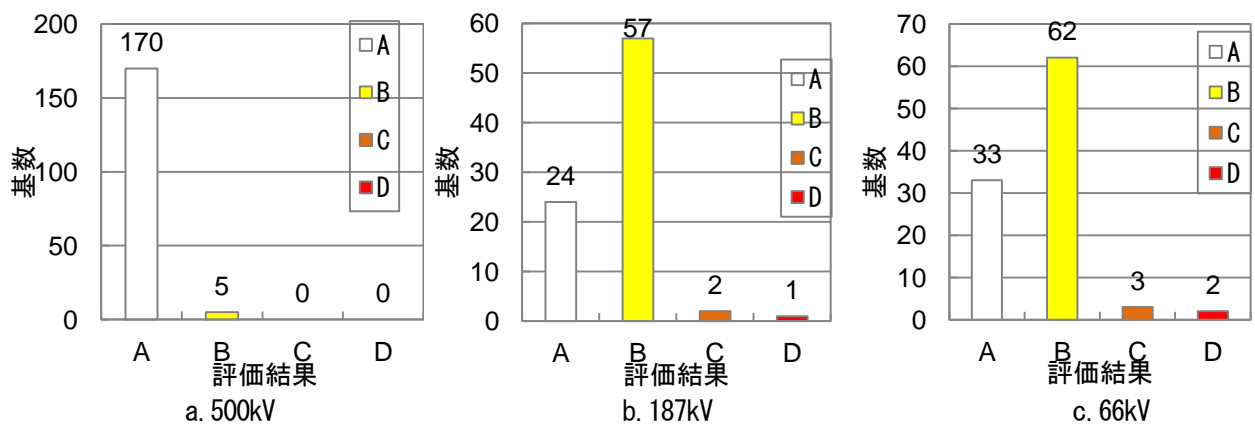


図7. 送電用鉄塔基礎への影響度評価 (表層崩壊想定深度 2m)

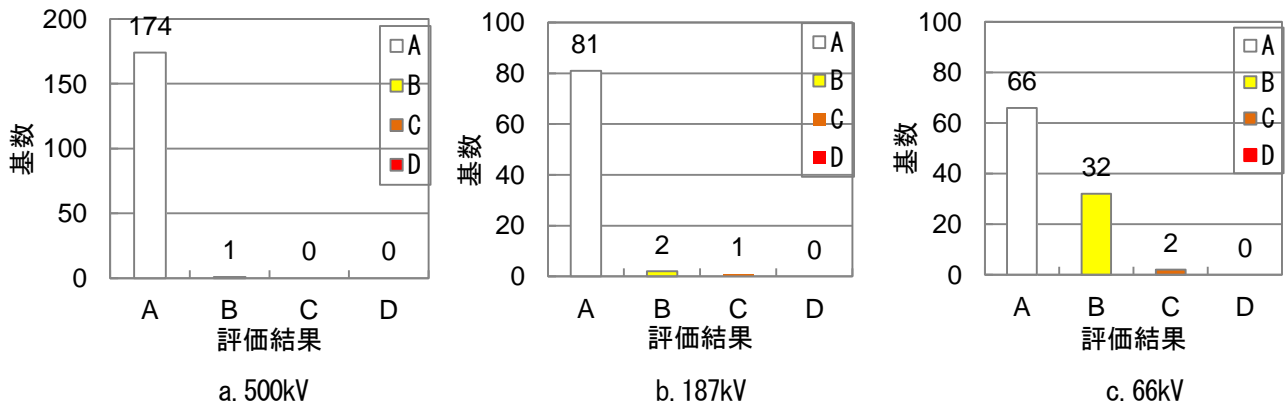


図 6. 送電用鉄塔基礎への影響度評価(表層崩壊想定深度 1m)

4. 現地調査

送電用鉄塔基礎への影響度評価で評価Dの箇所、表層崩壊危険度(F値)が非常に高い箇所について現地調査を行った。その結果、評価Dとなっている箇所や高得点F値が抽出された場所に新しい崩壊跡や遷急線を確認することができた。しかし、これらの崩壊跡や遷急線は送電用鉄塔から離れていることから表層崩壊が発生したとしても鉄塔に影響はないということが確認された。本研究では10mメッシュのDEMを使用しているため、鉄塔基礎と遷急線との精度良い位置関係は把握できないが、危険性のある箇所を抽出する手法としては、有用と思われる。

5. まとめと今後の課題

送電用鉄塔を対象とした地震時表層崩壊危険度評価手法を開発した結果、表層崩壊の危険性がある斜面を絞り込むことができた。このことから本手法は、電力会社の鉄塔を対象とした地震時の表層崩壊の一次スクリーニング手法として利用可能と思われる。

今後の課題としては、本手法は表層崩壊を対象にしているため、深層崩壊や大規模地すべりといった送電用鉄塔に大きな影響を与える災害の評価手法の開発が望まれる。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部ホームページ, 【最新版】活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧(2012年1月1日での算定), <http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran.pdf> (2012年9月12日閲覧)
- 2) 台湾電力公司供電處: 西元1999年九二一大地震輸電鐵塔基礎受損彙總及檢討, 2000.
- 3) 佐藤達哉: 新潟県中越地震大規模地震への復旧対応, 電気学会誌, Vol.125, No.9, pp.566-567, 2005, 2009年
- 4) 佐々木良: 山地における構造物周辺斜面の地震時の表層崩壊危険度評価手法について, 平成21年度土木学会四国支部第15回技術研究発表会, 講演概要集pp207-208
- 5) 内田太郎, 片山正次郎, 岩男忠明, 松尾修, 寺田秀樹, 中野泰雄, 杉浦信男, 小山内信智: 国土技術政策総合研究所資料, No.204, 2004.
- 6) 中村浩之, 土屋智, 井上公夫, 石川芳治: 地震砂防, 社団法人砂防学会地震砂防研究会, 古今書院, pp77-83, 2000