

I-534 配電設備の地震被害予測手法について

東北電力 正員 安田 悟

1. まえがき

昭和58年日本海中部地震によって、東北電力管内では秋田・青森両県の日本海側の地域を中心に、発電・送電・変電・配電設備が被害を受けたが、過去の地震の教訓と反省を踏まえた変電機器の動的設計・柱上変圧器の固定方法の改良等の耐震対策が功を奏し、震害規模の割に被害は軽微なものにとどまった。本地震による被害の特徴は、地盤災害多発地域で配電設備被害（主に電柱）が集中的に発生した点にあった。筆者は既に、電柱被害率が最大（3.9％）となった能代市域の被害データを多変量解析し、被害要因の定量化を行なったが¹⁾、その後、他地点の地震被害予測に適用すべく、再検討したので報告する。

2. 電柱被害の特徴

これら両県の電柱被害率は1.1％で、計2,517本の電柱が被害を受けたが、その内訳は倒壊（94本）、折損（46本）、沈下（249本）、傾斜（2,121本）、滅失（7本）であった。詳細は1)に譲り、ここでは能代市域の被害状況の特徴を以下に概説する。

- ①前述した5種の被害パターンのうち大半を傾斜・沈下が占めること。
- ②液状化現象が顕著であった松美町・昭南町では沈下被害が他地区に比して大きいこと。
- ③被害は錯綜した微地形の境界付近に集中する傾向にあること。
- ④構成材料別被害率はコンクリート柱（以下、コン柱と略す）が5.3％（16,693本中888本）、本柱が1.8％（10,928本中198本）で、折損被害（コン柱：18本、木柱：19本）を除いてコン柱の被害率が大きく、特に沈下被害（コン柱：130本、木柱：0本）は100％コン柱の被害となっていること。

3. 解析条件

(1) 解析方針

一般的な土木・建築構造物と異なり、電柱はその形状・寸法、強度、重量等の諸元がほぼ規格化されているため、被害の有無は地震動も含めた支持地盤に関連する諸要因のみである程度説明可能と考えられる。解析手法は数量化理論第Ⅱ類で、能代市域の地盤柱状図が得られている26地点¹⁾を対象に微地形、地表面最大加速度、地下水位を説明変量（アイテム）、被害の有無を外的基準として採用し、電柱被害の有無に及ぼす上記説明変量の影響力（カテゴリー数量）を評価した。

(2) アイテム及びカテゴリーの設定（表1参照）

- a. 外的基準：電柱は市街地に一樣な密度で分布するものと仮定し、地盤柱状図が得られた地点近傍での被害の有無を採用した。
- b. 地形条件（微地形）：地形条件としては、地震動の局所的な増幅を励起すると考えられる斜面や傾斜基盤の状況を考慮するのが望ましいが、当市域が全般に平坦な地形であることに加え、これらに関する資料が不十分なことを勘案し、ここでは微地形を採用した。なお、当市域の砂丘は2期の砂丘に区別され、古いものから順に新砂丘Ⅰ、新砂丘Ⅱと呼ばれている。

表1 アイテム・カテゴリー区分

アイテムNo.	説 明 変 量			外的基準
	1. 微 地 形	2. 地表面最大加速度 (gal)	3. 地下水位 (GL-m)	
カテゴリーNo.	ポイントバー	～ 199 : 1	0.00 ～ 0.99 : 1	無被害：1 有被害：2
	・自然堤防：1	200 ～ 224 : 2	1.00 ～ 1.99 : 2	
	砂丘間低地	225 ～ 249 : 3	2.00 ～ 2.99 : 3	
	・後背湿地：2	250 ～ 274 : 4	3.00 ～ 3.99 : 4	
	新砂丘Ⅱ：3	275 ～ : 5	4.00 ～ : 5	
	新砂丘Ⅰ：4			

c. 地表面最大加速度：1)では地盤の軟硬を表わす指標として、地盤パラメータ S_n を採用していた。この S_n 値は日本各地の地震記録を統計処理し、想定される地震のマグニチュード、震央距離等の諸元から任意地点の加速度期待値を計算するための1パラメータで²⁾、 $-0.6 \sim -0.2$ の場合は堅硬な地盤、 $-0.2 \sim 0.6$ が通常の地盤、 $0.6 \sim 1.0$ の場合は軟弱地盤に分類される。今回は他地点の地震被害予測に適用できるように、地表面最大加速度に改めた。震央距離を84kmとして S_n 値から求めた解析対象地点(26地点)の地表面最大加速度は153~283 gal となった。

d. 地下水位：地下水位の高低は砂質地盤の液状化現象と密接な関係にあり、地表まで液状化が波及するか否かは、非液状化層厚と液状化層厚により概ね決定される³⁾。ここでは、地下水面の深度を採用した。

4. 解析結果と適用例

(1) 解析結果

解析結果は表2~3に示すとおりで、カテゴリー数量が負値となるカテゴリーが被害発生に寄与することになるが、砂丘間低地・後背湿地や新砂丘Ⅱ等の微地形が被害を受けやすく、また地表面最大加速度が大きいほど、地下水位が高くなるほど被害を受けやすいことを示している。なお、レンジまたは偏相関係数は、地表面最大加速度と地下水位の影響が大きいことを示している。

表2 解析結果

アイテム No	カテゴリー No	頻度	カテゴリー数量	レンジ	偏相関係数	相関比
1 (微 地 形)	1	1	0.2712	0.9986	0.4134	
	2	7	-0.0354			
	3	14	-0.2232			
	4	4	0.7754			
2 (地表面最大加速度)	1	2	1.3295	2.1006	0.5769	
	2	5	0.4444			
	3	9	0.0336			
	4	6	-0.3499			
	5	4	-0.7711			
3 (地 下 水 位)	1	1	-1.4886	2.4407	0.7479	0.6328
	2	5	-1.4070			
	3	9	-0.0271			
	4	3	0.3836			
	5	8	0.9521			

表3 カテゴリー区分別統計量

グループ1(無被害)	平均値	0.4357	グループ2(有被害)	平均値	-1.4524
	分散	0.3821		分散	0.3174
	標準偏差	0.6182		標準偏差	0.5634

(2) 適用例

本解析結果により他地点の電柱被害を予測する際の具体的な手順を、電柱の沈下被害が確認された秋田市新屋松美町を例に説明する。まず、表3から被害の有無を判定するための判別区分点⁴⁾を算出すると-0.5521で、本手法により地震被害を予測する場合のミニマックス的中率と的中率⁴⁾は各94%、92%となる。

一方、当該地点(震央距離：110km)の地盤柱状図¹⁾から求める地表面最大加速度は249 gal (S_n 値：0.393)であるから、表1のカテゴリー区分3に該当し、微地形および地下水位は共に2に該当する。従って、該当するカテゴリー数量を加算すると-1.4088が得られ、判別区分点よりも小さいのでグループ2(有被害)に属することになり、実際ともよく適合する。

参考文献

- 1) 安田：土質工学会東北支部 1983年日本海中部地震被害調査報告書 p 222 ~ 229
- 2) H. Kameda et al. : Third International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, June 28 - July 1, 1982
- 3) 浅田：土質工学会東北支部 1983年日本海中部地震被害調査報告書 p 183 ~ 192
- 4) 林：数量化理論とデータ処理