

抑止杭を用いた送電設備斜面の地震時対策工に関する遠心模型実験 (その2) 一斜面の加速度分布と修正震度を用いた抑止杭の設計計算法の提案一

東電設計 正会員 ○高橋 秀明

東京電力ホールディングス 正会員 河村 直明, 滝野 晶平, 東京電力パワーグリッド 非会員 西 俊彰

NTTデータ (元東京工業大学) 非会員 石田 小百合

東京工業大学 正会員 関 栄, 高橋 章浩

1. はじめに

尾根地形に立地する送電用鉄塔の地震時対策工は、鉄塔基礎の前面に鋼管杭を配置して周辺斜面を安定化させ、斜面下方の局所的な崩壊は許容する考え方を遠心模型実験で検討してきた¹⁾²⁾³⁾。設計で用いる地震時外力の大きさは鋼管杭の仕様を大きく左右するため、簡易で合理的な評価法が必要である。本稿では、杭の設計計算に用いる地震時主働土圧の静的震度を実験の杭最大モーメントから逆計算し、その静的震度の推定方法を従来法と比較した。

2. 斜面の最大加速度分布と修正震度の比較

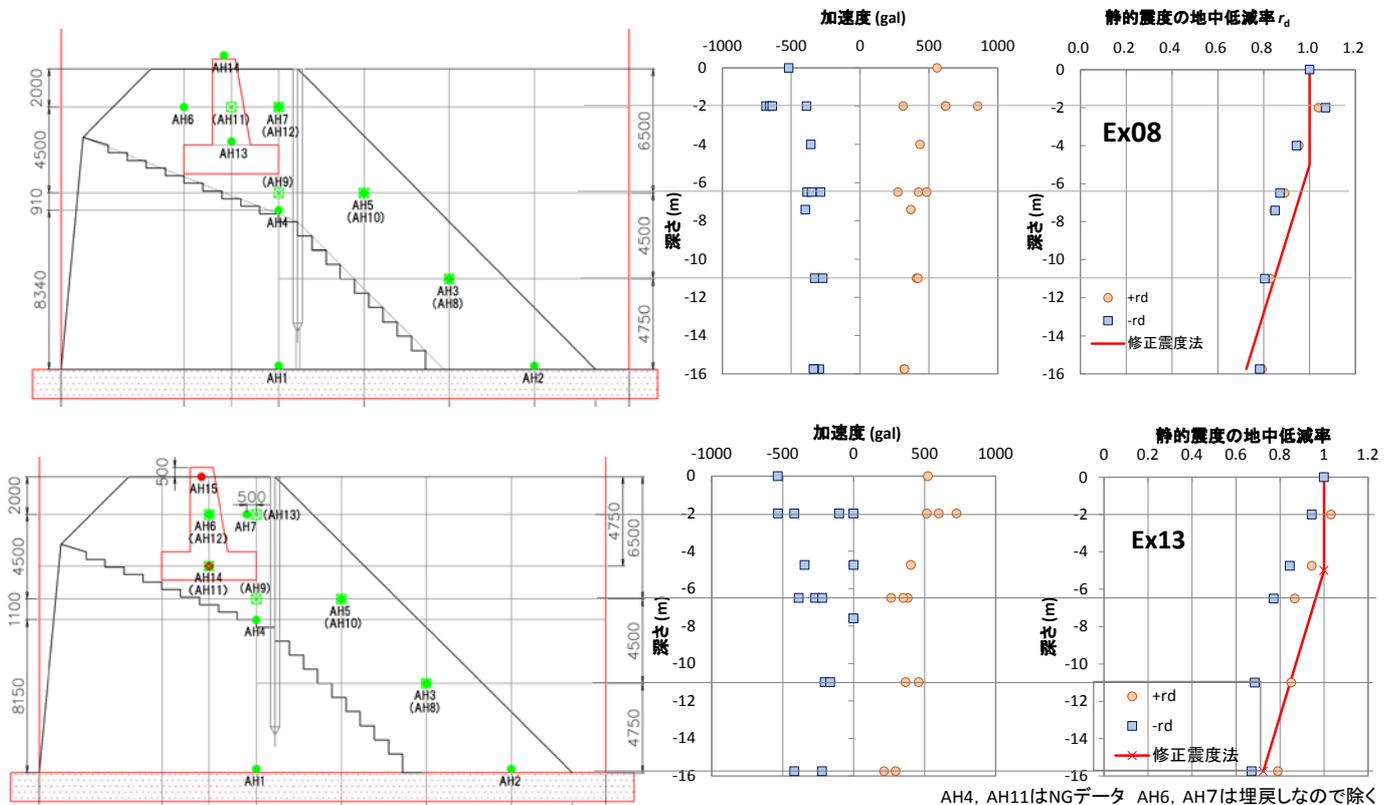
図1には、風化した表層と基盤からなる2層地盤の45度斜面を対象として実施した遠心模型実験のうち、基礎(形状A)と抑止杭を配置した実験ケースの最大加速度と地中低減率 r_d の分布を示した。地中の低減率 r_d は、地表から着目深さ(加速度計の設置深さ)までの加速度の平均値をすべり円弧の平均加速度とし、その値を地表部の最大加速度で無次元化して求めた。最大加速度に多少ばらつきがあるが、平均的には地表において500gal程度で、深さ5.0m以深を低減する修正震度⁴⁾の式(1)とほぼ調和することが確認できた。

$$k_{hs} = r_d \cdot k_h$$

$$y \leq 5.0\text{m} : r_d = 1.0$$

$$y > 5.0\text{m} : r_d = 1.0 - 0.405(y - 5.0)/H \tag{1}$$

ここで、 y は地表からの深さ、 H は斜面の高さを示す。



Ex08 Ex13
 AH4, AH11はNGデータ AH6, AH7は埋戻しなので除く

図1 抑止杭による残留変位の低減効果

キーワード 遠心模型実験, 送電用鉄塔基礎, 地震時斜面安定, 抑止杭

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計(株) 電気本部 送変電土木部 TEL 03-6372-5470

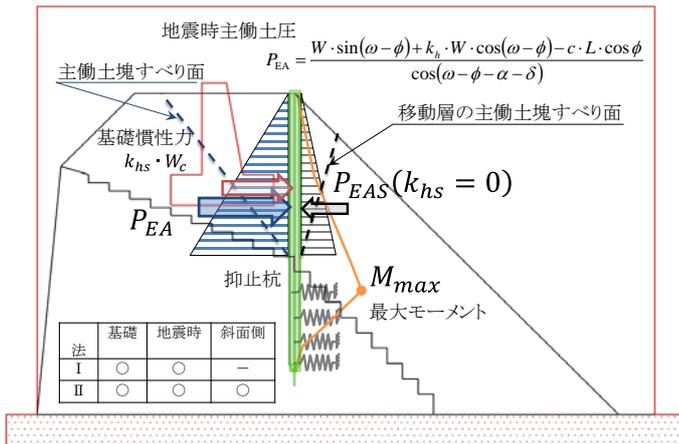


図 2 抑止杭の設計計算法

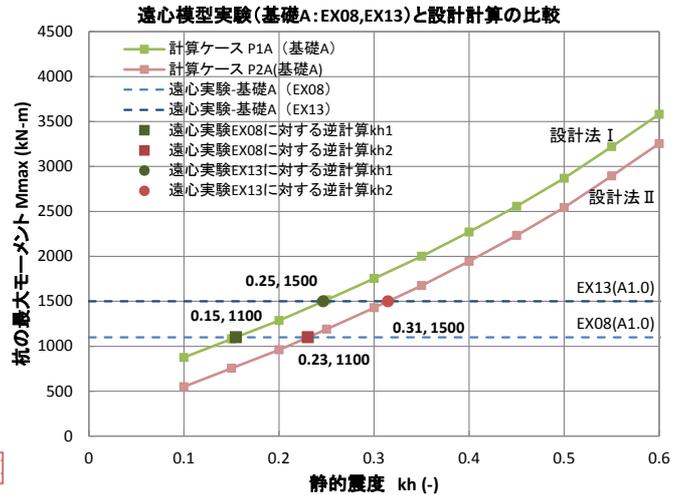


図 3 静的震度と杭の最大モーメントの関係 (基礎 A の実験)

3. 抑止杭の設計計算法と地震時主働土圧に用いる静的震度の逆計算

杭の設計は、表層の地盤ばねを無視した突出杭のモデルで、図 2 に示す 2 つの設計法 (I と II) を仮定した。外力は地震時主働土圧と基礎体慣性力の 2 つである。遠心模型実験は、杭の斜面側で表層が局所的に崩壊してすべりが発生したが、杭が完全に露出する大きな崩壊には至っていない。崩壊性状には、遠心模型土槽の境界の影響が強く現れたと言える。そこで、設計法 II は杭の斜面側から作用する主働土圧 ($k_h=0$) を考慮し、残存する斜面の地盤抵抗として見込むことにした。

基礎 A の遠心実験を対象に、2 つの設計法で杭最大モーメントと静的震度の関係を求め、遠心実験の杭最大モーメントを併記して図 3 に示した。実験の杭最大モーメントはモーメント分布から最大値を推定した。杭の斜面側の主働土圧を考慮した設計法 II から逆算される静的震度は、設計法 I より大きく修正震度は $k_h=0.23, 0.31$ となった。

4. 最大モーメントから逆計算した静的震度と最大加速度の関係

杭の最大モーメントから逆計算した静的震度と遠心模型実験の最大加速度の関係を図 4 に示す。静的震度は、式 (1) により地表の静的震度に換算してプロットとし、従来式との関係性を比較した⁴⁾⁵⁾。杭の斜面側地盤抵抗を無視した設計法 I は、実斜面の崩壊事例を分析した松尾式よりも静的震度が小さく評価されているが、遠心模型実験の境界条件を考慮した設計法 II は、松尾式と調和的な関係となった。遠心模型実験の入力地震動は 2Hz の正弦波としたため、実地震動よりも入力エネルギーは大きい。したがって、実地震動に対して松尾式の関係から静的震度を設定すれば、十分安全側の設計が可能と言える。

5. おわりに

抑止杭を用いた送電設備斜面の地震時対策工の設計について、遠心模型実験から以下の知見が得られた。

- 1) 斜面の静的震度は深さ方向に低減し、地中低減に関する既往の提案式と良く一致する。
- 2) 杭前面の局所的な斜面崩壊を許容する設計は、松尾式の静的震度に地中低減を考慮し、地震時主働土圧と基礎体の慣性力、杭斜面側の主働土圧抵抗を組み合わせた突出杭で概ね計算できる。

参考文献

1)新屋陽理, 関栄, 高橋章浩, 河原忠弘, 足立倫海, 西俊彰, 高橋秀明, 菊池美香 (2015) : 送電設備斜面の地震時斜面崩壊に関する遠心模型実験 —その 1: 基礎の影響と基礎構造物保全に対する抑止杭の効果—, 第 50 回地盤工学研究発表会. 2)高橋秀明, 河原忠弘, 新屋陽理, 足立倫海, 関栄, 西俊彰, 高橋章浩, 菊池美香 (2015) : 送電設備斜面の地震時斜面崩壊に関する遠心模型実験—その 2: 修正震度法による地震安定性評価法の適用検討—, 第 50 回地盤工学研究発表会. 3)河村直明, 西俊彰, 石田小百合, 高橋秀明, 関栄, 高橋章浩 (2016) : 抑止杭を用いた送電設備斜面の地震時保全対策に関する遠心模型実験 (その 1) —既設の基礎が抑止杭に及ぼす影響と変位抑制効果の評価—, 土木学会第 71 回年次学術講演会 (投稿中). 4)高橋秀明, 足立倫海, 佐藤博, 河原忠弘, 都築富雄 (2014) : 送電設備斜面の地震時安定性を合理的に評価する修正震度法の提案, 第 59 回地盤工学シンポジウム 平成 26 年度論文集. 5)松尾稔・板橋一雄 (1984) : 斜面および土構造物の耐震性評価に関する研究, 土木学会論文集, No.352/III-2

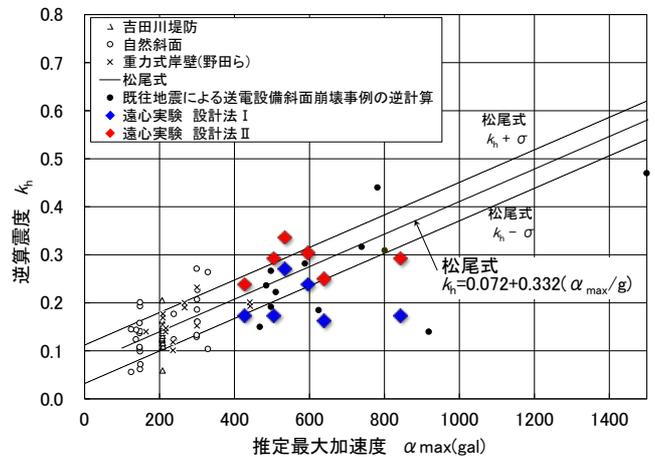


図 4 杭最大モーメントから逆算した震度と最大加速度の関係