

Ⅲ-A111 送電鉄塔基礎の遠心模型振動実験—その3 液状化層厚及び粒径の影響

大成建設技術研究所 正会員 川崎宏二¹⁾
 東京電力工務部 正会員 酒井達史²⁾
 東京大学工学部 正会員 東畑郁生³⁾
 電力中央研究所 正会員 大友敬三⁴⁾

1. まえがき 275KVA級送電鉄塔の四脚独立フーチング基礎について、液状化時の沈下挙動の検討を1/50縮尺モデルの遠心実験を通して実施している。既に、沈下に影響を与える要因として鉄塔・基礎荷重、入力加速度及び波数、地盤の密度、非液状化層厚、基礎幅についての検討は実施した^{1)~3)}。ここでは、沈下に影響する要因として液状化層厚と地盤の粒径を取り上げて検討した結果について述べる。

2. 実験の方法

2.1 液状化層厚の要因 本実験の条件は、特に断わらない限り、標準条件(標準砂、 $D_r=40\%$ 、正弦波20波、 $90Gal$ 、 $30tf$ 、基礎幅 $=3.2m$ 、非液状化層なし、液状化層厚 $=13.2m$)とした。液状化層厚(ここでは、基礎底面以下の層厚を言う)は、動的遠心実験における加振能力、用いるせん断容器の制限から、既に実施した実験ケースの層厚 $13.2m$ がほぼ最大であり、本試験で追加した層厚は $3m$ 、 $7m$ である。液状化層厚を設けるに際しては、全体層厚を既に実施したケースと同じとする、すなわち液状化層の下に厚さが減じた分の非液状化層を設けることも考えられるが、非液状化層での入力地震波の増幅を避け、液状化層の下端における入力地震動を一致させる意味から図1に示すような地盤モデルとした。

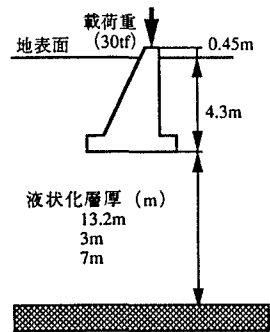


図1 実験対象モデル

2.2 地盤の粒径の要因 地盤の粒径に関する要因を調べるために従来の標準砂の他に、標準砂の粒径を挟む5号及び8号珪砂を使用した。地盤作製に際しては、ロートを用いて従来と同じ高さから降らせた。従って、相対密度、乾燥密度などについては、表1に示すように標準砂と異なるが、粒径の異なる土粒子が同じ様な堆積をした場合と考えられる。同じ間隙流体を用いると、粒径・粒度分布に応じた地盤の透水係数となり、それに伴う過剰間隙水圧の消散や液状化程度に差が出る。そこで、出来るだけ粒径の要因のみを見るために、間隙流体を各々透水係数の比に比例する粘性係数をもつシリコンオイルとした。

表1 地盤材量及び作製地盤の試験結果

材 料	標準砂	5号珪砂	8号珪砂	
土粒子の密度(g/cm^3)	2.665	2.660	2.646	
ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.635	1.746	1.520	
ρ_{dmin} (g/cm^3)	1.335	1.468	1.109	
$D_{50}(mm)$	0.161	0.420	0.096	
作製地盤	予備遠心後の ρ_d (g/cm^3) ($D_r=38\%$)	1.435 ($D_r=41.8\%$)	1.252 ($D_r=42.2\%$)	
	重力場での透水係数 (cm/s)	6.45×10^{-3}	1.99×10^{-2}	3.38×10^{-3}
	使用したシリコンオイル (cSt)	50	150	26

3. 実験結果

3.1 液状化層厚の要因 地表面及び基礎について、加振中の最大と収束沈下量の液状化層厚の違いによる差異を図2に示す。また、図3に各層厚における基礎の絶対沈下量の経時変化を示す。既実験ケースと同じ様に加振中の沈下量よりも加振後の収束までに生ずる沈下量の方が大きい。加振中の沈下は振動による即時沈下のなものと考えられ、層厚の大きい程この沈下量も大きい。基礎直下に形成される球根状の非液状化部(鉄塔・基礎荷重による有効応力増加に基づく)の液状化層全体(ここでは、基礎底面から容器底盤までの距離)に対する比率の差異によるところが大きいと思われる。一方、加振後の沈下の進行状況を見ると層厚

キーワード：遠心模型振動実験、送電鉄塔基礎、沈下、液状化、粒径

1) 〒245横浜市戸塚区名瀬町344-1 045-814-7236、2) 〒100東京都千代田区内幸町1丁目1番8号 03-3501-8111
 3) 〒113東京都文京区本郷7-3-1 03-3812-2111、4) 〒270-11千葉県我孫子市我孫子1646番地 0471-82-1181

3mは沈下速度が遅く収束は早い。層厚7mと13.2mを較べると、沈下速度はほぼ同じで、収束するまでの時間の差が、両者の沈下量差となっている。沈下速度については、前述の比率に依存していると思われる。一方、収束までの時間については次のようなメカニズムによるところが大きいと思われる。すなわち、本実験の条件では下部液状化層が加振初期に液状化し、その後の加振及び加振後の過剰間隙水圧の伝播によって層上部が液状化に至る二次的な液状化が主体となっている。更に、消散継続時間は層厚が大きいほど長くなる。

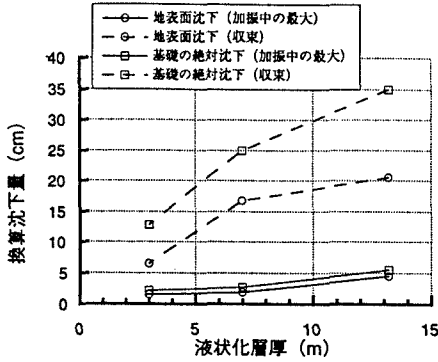


図2 液状化層厚の違いによる沈下量の差

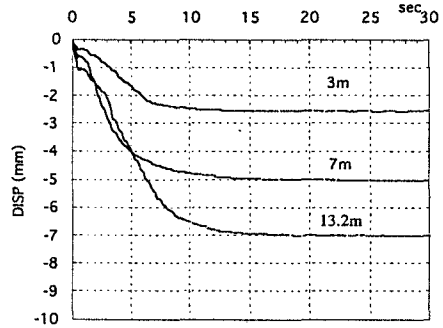


図3 基礎の絶対沈下量の経時変化

3.2 地盤の粒径の要因 粒径の要因を D_{50} によって整理した沈下について図4、5に示す。実地盤では、平均粒径、粒度分布、密度等に透水係数は左右され、地盤材料が異なれば、透水係数は等しくない。そこで流体を変えてはほぼ等しい透水係数とした場合、粒径が大きくなると液状化による強度・剛性低下の度合いが小さくなり、沈下量自体が少なくなる傾向がうかがえる。加振後の沈下速度は、粒径が異なってもほぼ同じで、過剰間隙水圧消散の状況の違い(粒径の小さい方が過剰間隙水圧のピーク付近の保持時間、収束するまでの時間が長い)が、沈下量の差となっている。

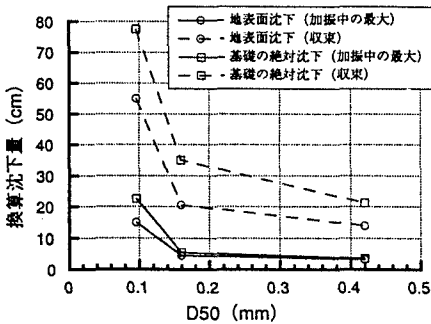


図4 地盤の平均粒径の違いによる沈下量の差

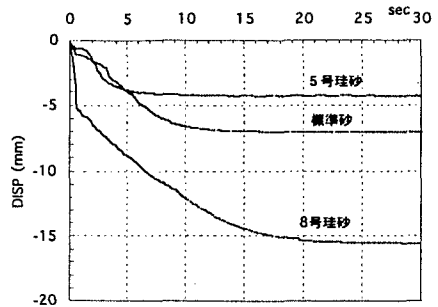


図5 基礎の絶対沈下量の経時変化

4. あとがき 本研究は、(財)地震予知総合研究振興会の「流通設備に対する地震荷重と液状化の影響評価」ワーキングメンバーによって遂行されたものであり、関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 田中ら：送電鉄塔基礎の遠心模型振動実験—その1 基本物性と実験手法, 第51回土木学会年次学術講演会, 1996
- 2) 川崎ら：送電鉄塔基礎の遠心模型振動実験—その2 沈下に影響する因子, 第51回土木学会年次学術講演会, 1996
- 3) Kawasaki et al.: Dynamic Centrifuge Modeling of an Isolated Footing for Transmission Line Tower, Proceedings from the Sixth Japan-U.S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Soil Liquefaction, 1996