

東京電機大学理工学部 正会員 安田 進
 東京電力工務部 正会員 酒井達史
 東電設計技術開発本部 正会員 佐藤正行
 佐藤工業中央技術研究所 正会員 吉田 望

1. まえがき

地盤の液状化にともなう送電鉄塔の沈下に関し、筆者達は遠心力載荷実験および新潟地震時の被災事例の調査を行ってきた。これらの結果をもとに、沈下のメカニズムの検討、沈下量に影響を与えるパラメータの整理を行い、簡易に沈下量を推定する方法の提案を行ってきた。

2. 遠心力載荷実験で考察された沈下のメカニズム

筆者達の遠心力載荷実験結果^{1) 2)}をもとに考察すると、鉄塔が沈下するメカニズムは次の様に考えられる。

①図-1a)に示すように、地盤内で液状化が発生する。ただし、基礎からの荷重と初期せん断力のために、直下には完全には液状化せず、ある程度の強度・剛性が残っている球根状の領域（以下球根と呼ぶ）が存在する。これは当初基礎幅と同程度の深さを持つ。

②図-1b)に示すように球根の下の地盤が横や上に”押し”られ、沈下が始まる。球根周囲地盤が液状化し続けている間、強度・剛性が大きく低下しているため、沈下は進行する。

③過剰間隙水圧の消散により地盤の体積圧縮が生じ、鉄塔基礎の絶対沈下量にこの分が加わる。

④しばらく経つと基礎および球根の沈下は停止する。そのパターンには図-1c),d)に示す次の2通りある。なお、周囲からの過剰間隙水圧の伝播により、球根の深さは半分程度に小さくなる。

・パターン1：液状化した周囲の地盤の過剰間隙水圧が消散し、強度や剛性が回復して、押しつける力よりは抵抗する力の方が大きくなって停止する。

・パターン2：下層の非液状化層の上面まで球根が沈下してしまつて沈下が停止する。

3. 沈下に影響を与える要因とこれを用いた沈下量の簡易推定式

遠心力載荷実験および被災事例調査によると、表-1に示した8個のものが鉄塔基

キーワード：液状化、基礎、沈下

連絡先：〒350-03 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL.0492-96-2911 FAX.0492-96-6501

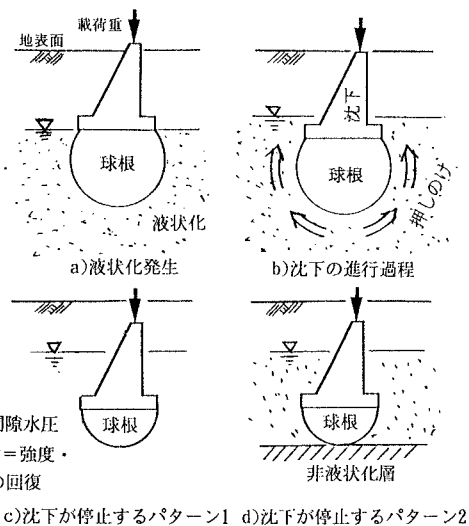


図-1 鉄塔基礎の沈下のメカニズム

表-1 液状化による鉄塔基礎の沈下に影響を与える主要な要因

沈下量に影響を与える要因	係数	影響を与える理由
鉄塔基礎下の（液状化層厚-基礎幅の半分）の厚さ	C1	厚いほど下部の非液状化層まで沈下できる量が多くなる。また、球根周囲の液状化継続時間が長く、沈下できる時間も長くなる。
鉄塔基礎下の非液状化層厚	C2	非液状化層が厚いと”押しつけ”が生じ難く沈下量は小さくなる。
液状化する地盤の密度	C3	密だと液状化にともなう強度・剛性の低下が小さく”押しつけ”が生じにくくなって、沈下量は小さくなる。
液状化する地盤の粒径	C4	粒径が大きいと液状化による強度・剛性の低下が小さいことと、水圧の消散が速いため沈下量は小さい。ただし粘性土では異なる。
入力加速度	C5	加速度が大きいと液状化による強度・剛性の低下割合が大きくなり”押しつけ”が生じ易くなって、沈下速度・量が増す。
入力波数	C6	波数が多いと激しく液状化し継続時間も長くなり沈下量は増す。
鉄塔基礎の幅	D1	幅が大きいと下部の上を押しつける量が多く時間がかかり、強度・剛性の回復までに沈下できる量が減る。
鉄塔基礎の荷重強度	D2	荷重強度が大きいと、押しつけの力が大きくなり、強度・剛性の回復量が大きくなると沈下は停止しなくなり、沈下量は増す。

礎の沈下に影響を与える主要な要因ではないかと考えられた。そこでこれらを用いて、液状化による鉄塔基礎の沈下量 S (cm)の定式を次式のように表してみた。

$$S = S_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot C_6 \cdot D_1 \cdot D_2 \quad (1)$$

ただし、 S_0 : 基準となる要因のもとにおける沈下量 (cm)

各要因ごとの基準値として、遠心力載荷実験^{1) 2)}の基本ケースを選び、 $C_1=13m-1.6m=11.4m$ 、 $C_2=0m$ 、 $C_3:Dr=40\%$ 、 C_4 : 豊浦砂、 $C_5:90gal$ 、 $C_6:20$ 波、 $D_1=3.2m$ 、 $D_2=30tf/m^2$ としてみた。そして、これらの条件のときの各補正係数を1とすると、遠心力載荷実験結果から、 $S_0=35cm$ 、各補正係数は図-2に示す値となった。

ただし、ここで得られた沈下量はあくまで遠心力載荷実験で求められたものであり、実際の地盤での事例と対比する必要があると考えられた。そこで、1964年新潟地震の際の鉄塔基礎沈下事例を調べたところ、(液状化層厚-基礎幅の半分)と鉄塔基礎の絶対沈下量の間に関係があることがわかった。この図はかなりバラついているものの、(液状化層厚-基礎幅の半分)が2m程度で20cm程度の絶対沈下が発生していたとみなすことができる。そこでこの場合の各要因の補正係数を図-2から求めて試算したところ、

実被害の方が1.89倍ほど大きくなっていた。その原因としては、実験では間隙水として粘性が大きいシリコンを用いており、液状化にともなう強度・剛性の低下割合が小さかったこと等が考えられる。そこで、 S_0 を実被害に合うように1.89倍して、次式が得られた

$$S = 66 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot C_6 \cdot D_1 \cdot D_2 \quad (2)$$

4. あとがき

液状化による送電鉄塔の沈下に関し、遠心力載荷実験および被災事例調査をもとに沈下の

メカニズム、影響を与える要因を検討し、簡易推定方法の提案を行った。なお、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」WGによって行われたものであり、関係各位に感謝する次第である。

参考文献

- 1) 川崎宏二・他：送電鉄塔基礎の遠心力模型振動実験—その2、土木学会第51回年次学術講演会、Ⅲ、pp.282-283、1996。
- 2) 川崎宏二・他：同上—その3、同上第52回、1997、提出中。

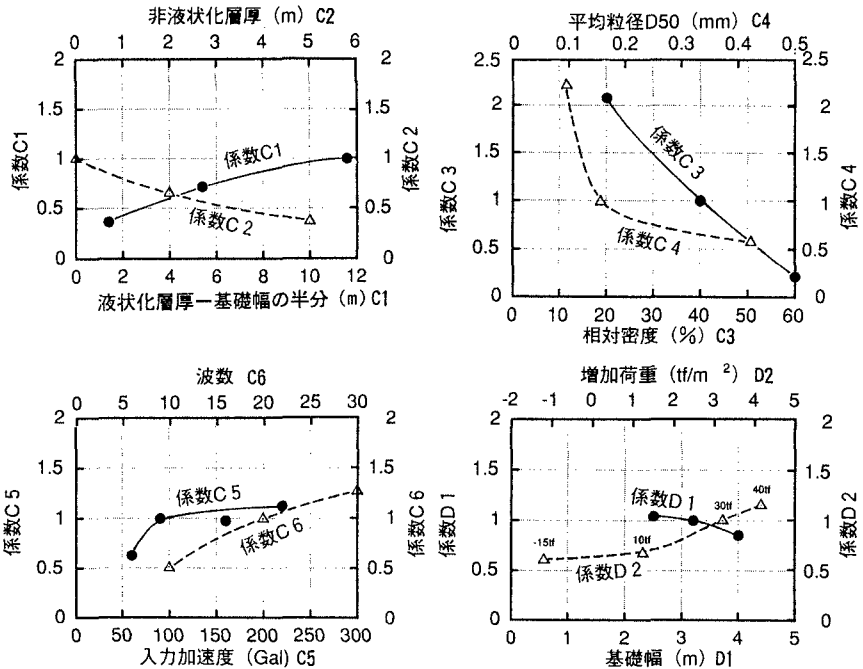


図-2 各係数の値

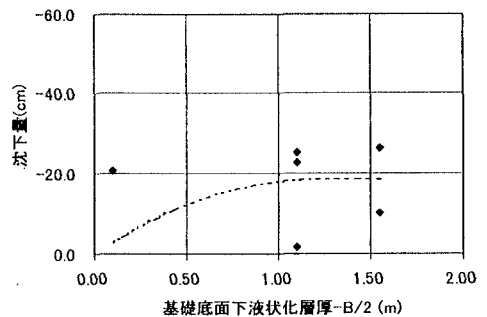


図-3 新潟地震時の被災事例の関係