

地中送電設備の耐震設計技術に関する研究（その3）

東京電力パワーグリッド(株) 正会員 佐藤 克晴, 正会員 吉本 正浩
東京電力ホールディングス(株) 正会員 岡 滋晃, 正会員 斉藤 仁
東電設計(株) ○正会員 新家 由隆

1. はじめに

地中送電設備の耐震設計技術に関する研究（その2）に引き続き、電気協同研究¹⁾では、地盤の液状化時における地中送電設備の評価方法についても検討した。

地盤が液状化した場合、地中送電設備に想定される影響は、たとえば、管路や洞道が不等沈下し、継手部に段差が生じることや、マンホールが浮上るなどの可能性がある。本稿では、地中送電設備に対する耐震設計として液状化の判定方法や、液状化時の浮上りの判定方法、液状化時の沈下量の算定方法および管路に対する検討省略の可能性について報告する。

2. 液状化の判定

液状化の判定が必要な土層の選定は、道路橋示方書²⁾に準拠した。これは他の地中インフラの基準においても道路橋示方書に準拠していることを確認したためである。

液状化の判定方法には一般的に F_L 法と P_L 法があるが、 F_L 法では各土層の液状化の有無が判定され、 P_L 法では地盤全体の液状化の程度が判定される。地中送電設備は線路構造物であり、広域に布設される設備であることから P_L 法により判定することを基本とした。算出した P_L 値は、表-1 に基づき $P_L > 5$ の場合は液状化地盤と判定する。

表-1 P_L 値の判定

P_L 値	液状化の危険度
$P_L = 0$	かなり低い
$0 < P_L \leq 5$	低い
$5 < P_L \leq 15$	高い
$15 \leq P_L$	極めて高い

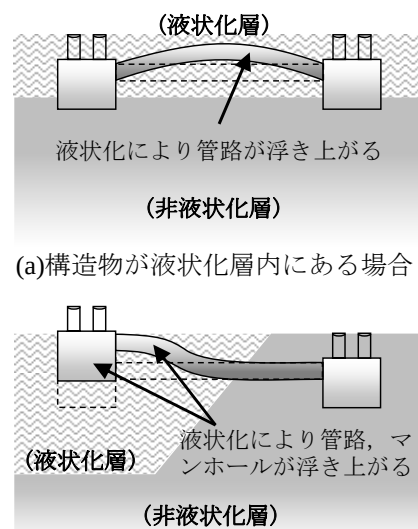
3. 液状化時の浮上りの判定

管路やマンホール等の周辺地盤で液状化が生じた場合、地盤中の過剰間隙水圧が上昇し、構造物に作用する揚圧力が増加し浮上りが生じる。この場合、検討対象の範囲内で変位量が不均一となり、管路継ぎ手部の抜け出しや屈曲による損傷が生じる恐れがある。地中送電設備において、このような損傷を生じさせる可能性がある構造物の設置条件の例は図-1 に示すとおりであり、このような場合には、浮上りに対する安全性を判定する。

この判定方法は、鉄道標準³⁾を準拠した。さらに、鉄道標準では浮上り安全度が1.0を上回りNGとなる場合、浮上り判定用の P_L 値が20以下の場合には浮上りが生じないと判定してよいとする参考例が示されている。本研究¹⁾では、過去の地震で地中送電用のマンホールに浮上り事例がないことから、これを採用し2段階の浮上り判定を行うこととした。

4. 液状化時の沈下量の算定

液状化が生じた地盤では、地震後の過剰間隙水圧の消散とともに沈下が生じる。このような沈下が管路や管路とマンホールの接続部等に生じた場合、検討対象の範囲内で変



(b) 構造物が液状化層～非液状化層にわたる場合

図-1 浮き上がりを検討する設置条件の例

キーワード 地中送電設備, 耐震設計, 液状化, 管路, マンホール

連絡先 〒100-8560 東京都千代田区幸町 1-1-3 東京電力パワーグリッド(株)工務部 TEL 090-6722-4710

位量が不均一となり、管路継ぎ手部の抜け出しや屈曲による損傷が生じる恐れがある。地中送電設備において、上記の損傷を生じさせる可能性がある構造物の設置条件の例は図-3に示すとおりであり、沈下量は水道施設耐震指針⁴⁾に準拠し下式にて算定する。

$$h_0 = h_e \cdot \varepsilon$$

..... (1)

ここに、 h_0 ：地盤沈下による地盤変位量 (m)、 h_e ：液状化層の厚さ (m)、 ε ：体積ひずみ

本研究では、図-2(a)のようなイメージで管路の布設区間の一部に層厚 20m の液状化層が存在し、両端のマノホールに対して管路が約 1 m 地盤沈下するという過酷な条件を設定し、管路への沈下の影響を検討した。液状化範囲は管路長の区間に連続して 50m、100m、300m の 3 ケースを設定した。管種は地中送電設備として使用頻度の高い PFP 管と GP 管の 2 ケースを実施した。

表-2 に レベル 1 地震動(耐震性能 1)における PFP 管の応答地と限界値、表-3 に照査結果を例として示す。PFP 管については、液状化範囲が 100m 以上と比較的長く存在する場合は、管の継手やマノホール取付け部における抜け出し量や屈曲角は限界値に対して安全であることが確認できた。この理由は、液状化範囲が管路長に対して長いいため沈下による管路の曲率が緩くなったためと考えられる。なお、レベル 2 地震動はレベル 1 地震動よりも限界値が大きいため、照査結果はレベル 1 地震動よりも小さくなる結果となった。GP 管に対しても、管本体に対する応力度やマノホール部の抜け出し量と屈曲角を確認し、PFP 管と同様の結果を得た。

したがって、本研究では液状化範囲が管路長の区間に連続して 100m 以上あれば、沈下に対する管路の照査を省略してよいという選択肢を設けた。

5. おわりに

本稿では、地中送電設備における液状化の判定方法、液状化時の浮き上がりの判定方法、液状化時の沈下量の算定方法および管路に対する沈下検討省略の条件を示した。詳細については参考文献 1) を参考にされたい。

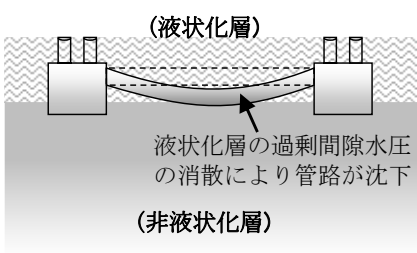
参考文献

1) (一社)電気協同研究会：地中送電設備の耐震設計技術，2020.5

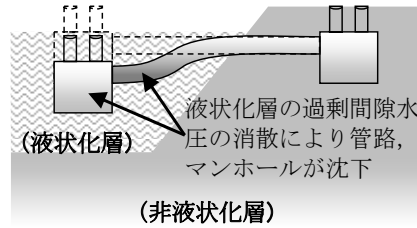
2) (公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2017 年 11 月，pp161-169

3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計，2006 年，pp. 193～195

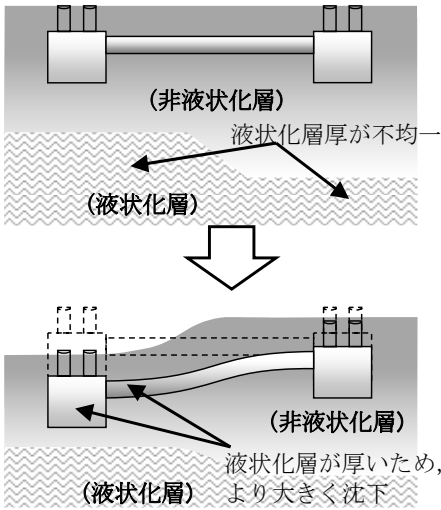
4) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説 I 総論，2009 年，p. 110



(a)構造物が液状化層内にある場合



(b)構造物が液状化層～非液状化層にわたる場合



(c)構造物が非液状化層内にある場合

図-2 沈下を検討する設置条件の例

表-2 PFP 管の応答値と限界値(耐震性能 1)

性能	部位	目標性能	応答値	限界値
変形性能	マンホール取付け部	マンホール取付け部および継手で抜け出し量が少なく、抜け出しに対して十分に安全状態	継手拔出量	許容拔出量
	継手		継手屈曲角	許容屈曲角

表-3 PFP 管の照査結果 (レベル 1 地震動)

液状化範囲	マンホール取付け部		継手	
	拔出量	屈曲角	拔出量	屈曲角
50m	0.96	1.73	0.21	0.14
100m	0.48	0.87	0.05	0.04
300m	0.16	0.29	0.01	0.00