

地中送電設備の耐震設計技術に関する研究（その2）

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1）に引き続き、電気協同研究¹⁾では、本研究の特徴の1つである耐震設計を省略できる選択肢について検討した。

既設の地中送電設備の多くは耐震設計を行っていない。これは、過去の大規模地震に際しても送電に支障が生じるような設備の被害が少なかったためであるが、この実状を踏まえて、既設の地中送電設備はなぜ地震の被害が少ないかを定量的に検証することで、今後新設する設備について耐震設計を省略できる選択肢を検討した。本稿では、地震による被害の事例を踏まえ、管路における耐震設計の省略可能な条件について報告をする。

2. 地中送電設備の被害の事例

過去50年間における震度5以上の地震を対象に、東北、東京、中部、関西、九州の5電力会社における地中送電設備の被害の事例を調査した。調査対象とした地震は1964年に発生した新潟地震から、2018年に発生した北海道胆振東部地震までの合計18地震とした。

調査の結果、送電支障に至ったものは新潟地震(1964)と兵庫県南部地震(1995)における9線路であり、いずれも特殊な設備、または特殊な地盤条件に起因するものであった。

この他、送電支障が生じない被害として、管路の被害件数を表-1、小規模マンホールの被害件数を表-2に示すが、いずれも崩壊や公衆災害を生じるものではない軽微な損傷であった。また、図-1に兵庫県南部地震における橋梁添架管路の被害事例を示すが、兵庫県南部地震において、添架金物の損傷によって管路が垂れ

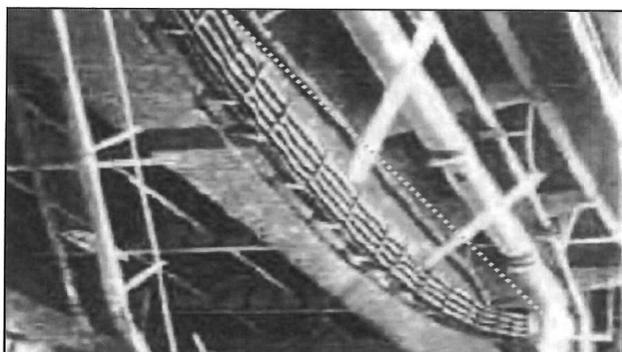


図-1 橋梁添架管路の被害

表-1 管路の被害件数

設備	部位	被害モード	件数	地震名
PFP管	管本体	折損	2	東北地方 太平洋沖地震
		ひび割れ	1	
		段差	7	
	継手	段差	5	兵庫県南部地震
抜け・開き		14		
鋼管	管本体	圧壊	1	東北地方 太平洋沖地震
	継手	溶接部 亀裂・破断	数件	新潟地震 兵庫県南部地震

表-2 小規模マンホールの被害件数

	現場打ち	プレハブ
東北	被害なし (東北地方太平洋沖地震にて、数件のクラック)	被害なし
東京	地震なし	地震なし
中部	地震なし	地震なし
関西	被害なし (兵庫県南部地震にて231件のクラックや表面剥離等、軽微な損傷)	被害なし (兵庫県南部地震にて9件のクラックや目地ずれ等、軽微な損傷)
九州	被害なし (福岡県西方沖地震で数件、熊本地震にて5件のクラック)	対象設備なし

キーワード 地中送電設備, 耐震設計, 地震被害, 管路, マンホール

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

下がる事例もあった。当時の道路橋示方書の設計地震動が過小評価されていたことにより損傷が生じたものと考えられる。なお、その他のシールド洞道や開削洞道など、規模の大きな地中送電設備についての被害も報告されていない。

3. 管路における耐震設計の省略可能な条件（被液状化時）

表-1 に示す通り、小規模な管路は過去の大きな地震において損傷した事例がわずかであることを鑑み、以下に示す場合は耐震設計を省略できることとした。

(1) 横断方向の照査

管材は最大でも 300mm 程度の外径のため、上下端の相対変位量は問題とならない²⁾。したがって、横断方向の照査については省略してよいこととした。

(2) 縦断方向の照査

水平成層地盤中に管路が埋設されている場合を想定し、表-3 に示す 8 ケースにおいて試算により管路の耐震性照査を行った。表層地盤の物性値を表-4 に示すが、表層地盤は一樣な地盤として検討した。

試算モデルの一例を図-2、管路断面図を図-3 に示す。検討にあたっては照査結果が安全側となるよう、マンホール取付け部にコンクリート胴締めを考慮し、その重量に対して慣性力を作用させた。このため、管路延長に対する荷重の変化を考慮するため、管路を梁にモデル化した解析にて評価した。なお、入力地震動は、他のインフラ基準で定めている設計地震動を総合的に勘案した結果、最も安全側となる高圧ガス導管耐震設計指針で定める設計地震動より導出している³⁾。

照査は管材の耐荷性能や変形性能に関する項目に対して行った。各管種のレベル 2 地震動における照査結果の最大値を表-5 に示すが、いずれのケースも地震による応答値は限界値に対して十分に小さく、安全であることが確認できた¹⁾。

したがって、このような場合には照査を省略してよいこととした。ただし、布設ルート上に地盤急変部や基盤面に大きな傾斜がある場合など、縦断方向の相対変位が局所的に大きくなることが想定される場合においては照査を実施することとした。

4. おわりに

本稿では地中送電設備の被害の事例と、管路における耐震設計の省略可能な条件を示した。なお、シールド洞道や開削洞道などの規模が大きい地中送電設備は、構造物や送電ケーブルの重要度に応じた耐震設計を実施する。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)日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説，2014. 5， pp. 216-219
- 3) (一社)日本ガス協会：高圧ガス導管耐震設計指針，2013. 4

表-3 試算ケース

ケース	管種	表層地盤	表層地盤厚
1	GP 管 (鋼管)	沖積砂質土	20m
2			40m
3		沖積粘性土	20m
4			40m
5	PFP 管 (強化プラスチック複合管)	沖積砂質土	20m
6			40m
7		沖積粘性土	20m
8			40m

表-4 地盤物性値

地層名	設計 N 値	単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 Φ (°)	せん断弾性波速度 V_s (/s)	変形係数 E_0 (N/m ²)
沖積砂質土	8	18	—	26.0	160	22400
沖積粘性土	3	16	37.5	—	140	8400

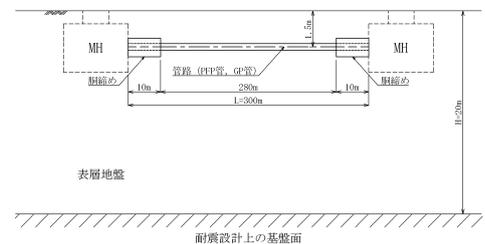


図-2 試算モデルの例

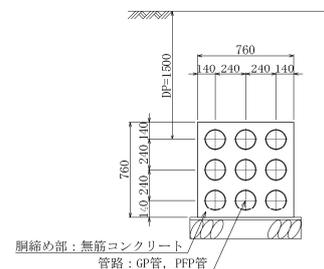


図-3 管路断面図（胴締め部）

表-5 照査結果の最大値（レベル 2 地震動）

管種	表層地盤	MH 接続部	胴締め端部	一般管路部
GP 管	沖積砂質土	0.01	0.37	0.12
	沖積粘性土	0.01	0.17	0.09
PFP 管	沖積砂質土	0.01	0.01	0.01
	沖積粘性土	0.02	0.01	0.01