

地中送電用構造物に関する地震外力の簡易算定手法の検討

中部電力（株） 正会員 川 邊 史
 中部電力（株） 正会員 ○北 澤 智
 基礎地盤コンサルタンツ 正会員 細 堀 建司

1. はじめに

構造物の耐震評価には、地震外力と構造物耐力の把握が必要となる。地中送電用構造物の耐震評価を行うには、広範囲かつ多くの地盤物性値を入力して地震応答解析を実施する必要がある、多大な労力を要していた。また、多種多様な構造形態を有することから、個別に耐力計算を実施していた。

そこで我々は、地中送電用構造物の耐震評価の簡略化を目的に、地震外力の簡易算定方法について検討した。今回、地震外力と地盤のパラメータとの間に比較的良好な相関関係が確認できたため報告する。

2. 検討内容

兵庫県南部地震時の地中送電設備被害調査⁽¹⁾では、被災後の復旧に際して、目視点検が困難な埋設管路の被害想定が重要とされたことから、管路を評価対象とした。管路は、図1に示すとおり、液状化地域での被害率が高く液状化による地盤変形量の影響が最も大きいことが分かる。また、非液状化地域でも耐力の低い管路は、被害が発生しており地震動による地表面の水平変位も地震外力として算定する必要がある。

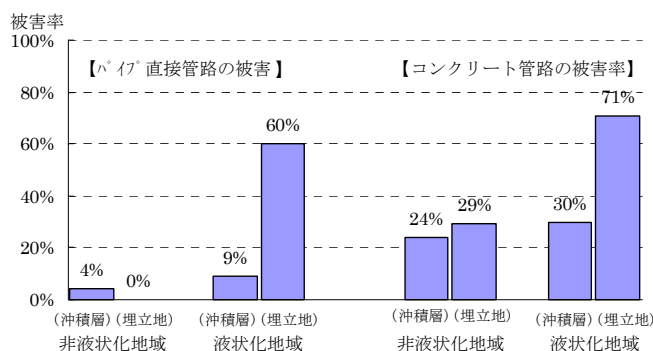


図1 管種毎の地域別被害

本検討では、濃尾平野の任意地点（約80箇所）における地震応答解析を実施して得られた地震外力と、地盤柱状図から簡易に算出可能な各種地盤パラメータとの相関性を評価した。解析における基盤入力地震波は、中央防災会議による東海・東南海想定地震（名古屋市栄付近の基盤波形）と兵庫県南部地震（ポートアイランド基盤波形）を使用した。

(1) 地震応答解析

地震応答解析では、地盤材料の動的非線形性が的確に考慮できるMDM一次元地盤地震応答解析ソフトウェアを使用して、地表面最大応答変位量（以下 δ_{max} という）を計算した。また、液状化判定機能で道路橋示方書⁽²⁾に準拠した地盤の液状化指数（以下 PL という）を計算した。なお地盤の液状化の有無は、 $PL=5$ を閾値として判定することとして、石原らの理論⁽³⁾に基づき液状化による地盤沈下量（以下沈下量という）を算定した。

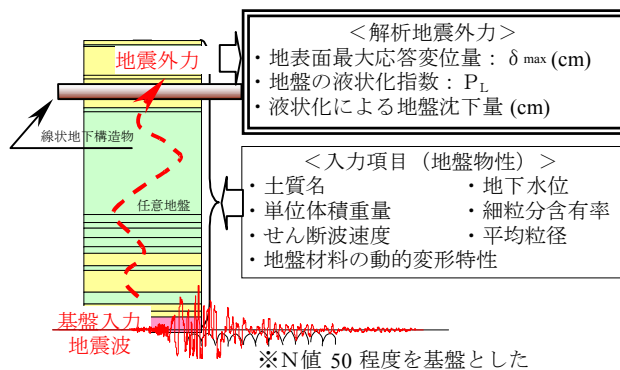


図2 地震応答解析

(2) 各種地盤パラメータ

各種地盤パラメータで検討対象としたものを表1に示す。地盤の固有周期（以下、 T_g という）は道路橋示方書で示される地盤の特性値であり、地盤種別に関する指標である。一方、補正 N 値は同示方書の液状化判定で使用されている粒度の影響を考慮した地盤の特性値である。

表1 各種地盤パラメータ

記号	名 称	単位
T_g	地盤の固有周期	sec
T_{g20}	20m 以浅の地盤の固有周期	sec
N_{al0}	補正 N 値 10 以下の層厚	m
N_{al15}	補正 N 値 15 以下の層厚	m

キーワード 地中構造物、地盤パラメータ、地震応答解析、地震外力

連絡先 〒456-0022 愛知県名古屋市熱田区横田 2-3-24 中部電力（株）工務技術センター TEL:052-682-3438

3. 検討結果および考察

解析により得られた地震外力と各地盤パラメータとの相関性を表2に示す。 $\delta_{\max}$ は、 T_g と高い相関を示しており、図3に示すように、 T_g から $\delta_{\max}$ を推定可能であることが分かる。一方、 P_L と相関の高い地盤パラメータは得られず、単一のパラメータからの推定は困難であると考えられる。そこで、複数のパラメータを用いて $P_L = 5$ を閾値とした判別分析を実施した結果、 T_g と $Na10$ により液状化の有無が判別できる可能性があることが分かった。この方法による液状化有無の判定と、兵庫県南部地震における10箇所の実測データとを比較し、判定方法の検証を行った。図4に兵庫県南部地震における $P_L = 5$ となる境界線および10箇所の実測データを示す。この境界線より上にあれば液状化の可能性があり、下にあれば液状化の可能性がないと判定できる。同図より、 $Na10$ と T_g により液状化有無の判定ができる可能性があると考えられる。また、表2より沈下量は、 $Na15$ と高い相関を示す結果となり、図5に示すように、 $Na15$ から沈下量を推定可能であることが分かる。また、地震が異なった場合でも沈下量に差異は見られず、沈下量は地震波形によらない可能性がある。兵庫県南部地震における実測データにより推定式を検証した結果、概ね一致した。

表2 地震外力と地盤パラメータとの相関係数一覧表

地震外力	パラメータ	T_g	T_{g20}	$Na10$	$Na15$
地表面最大応答変位量 $\delta_{\max}$ (cm)	東海・東南海想定	0.68	0.60	0.52	0.51
	兵庫県南部	0.89	0.70	0.63	0.65
地盤の液状化指数 P_L	東海・東南海想定	0.02	0.28	0.41	0.31
	兵庫県南部	0.22	0.44	0.55	0.52
液状化による地盤沈下量(cm)	東海・東南海想定	0.62	0.40	0.72	0.85
	兵庫県南部	0.62	0.46	0.77	0.92

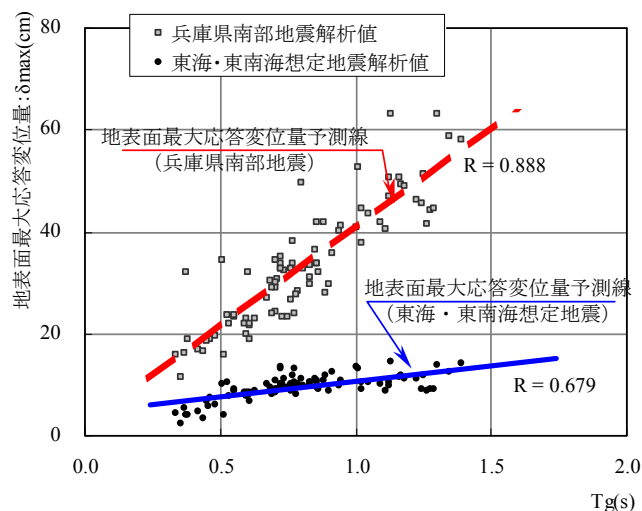


図3 地盤の特性値と地表面最大応答変位量の関係

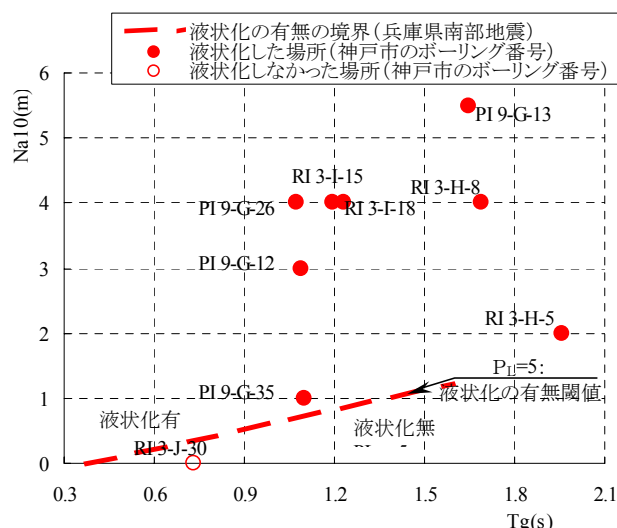


図4 液状化の有無の判定手法の検証結果

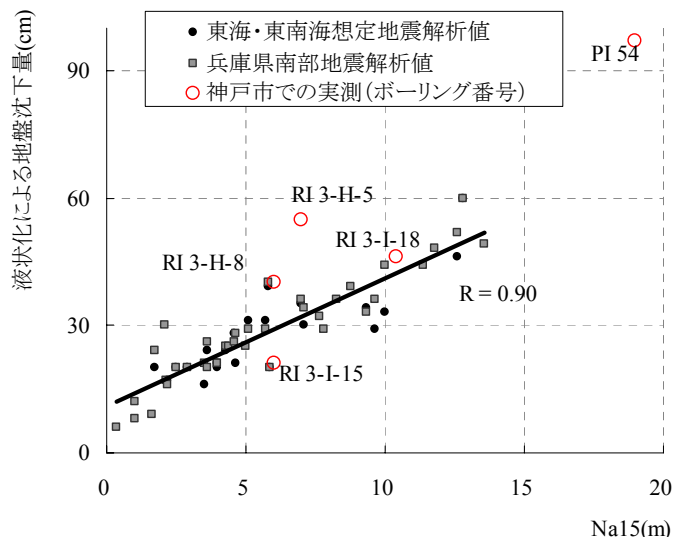


図5 補正N値15以下の層厚と液状化後の沈下量の関係

4. まとめと今後の課題

地震外力と地盤のパラメータとの間に良好な相関関係が確認できたため、任意地震の外力を容易に算定する可能性が確認できた。今後は、当該手法を様々な地震に対して一般化するため、今回得られた地盤パラメータに着目して解析用地盤モデルを構築し、地震外力を算定する手法を検討する。また、各種地中送電用構造物の耐力算定モデルを設定することにより、耐震評価の合理化、迅速化を目指したい。

参考文献 1)資源エネルギー庁:地震に強い電気設備のために,1996.3 2)日本道路協会:道路橋示方書(V 耐震編),2002 3)ISHIHARA et al: EVALUATION OF SETTLEMENTS IN SAND DEPOSITS FOLLOWING LIQUEFACTION DURING EARTHQUAKES, S&Fs Vol.32, No.1, 1992