

東京電力（株）

正員 佐山 順二

東京大学 生産技術研究所

正員 小長井一男

1. はじめに

近年，地下空間の高度利用により地中送電用洞道は大深度化し，併設される立坑も地下40m～50mと深くなる傾向にある．このような大深度構造物の地震時挙動を容易に把握することが重要な課題となっている．

野上，小長井¹⁾は杭基礎をWinkler地盤上の梁と仮定し，周辺地盤の剛性を複数個からなる直列の Voigt Modelで表現できるとの着想を得て，きわめて簡単なモデルで杭頭加振を受ける杭基礎の時刻歴応答を得ることに成功している．地中線立坑はケーブルスペース確保等の理由により中空で比較的天わみ易い構造である．

本報告は，野上，小長井¹⁾が提案した手法を地中線立坑構造物時刻歴応答解析に適用し地震観測記録と比較しながら解析手法の適用性について検討した結果について述べるものである．

2. 立坑の地震応答解析

地盤および立坑はいくつかの水平な層に分割されている．本手法では応答変位法の考え方を採用し，地盤だけの動きを解析した後その変位応答を立坑－地盤系のモデルに入力し立坑の応答を解析している．

地盤の応答解析には一次元せん断モデルを用いた．分割された要素の支配方程式は式(1)となる．

$$\frac{\partial^2 U_s}{\partial t^2} = \frac{G_s}{\rho_s} \frac{\partial^2 U_s}{\partial z^2} \quad \dots \dots (1)$$

ここに， U_s ， G_s ， ρ_s はそれぞれ地盤の絶対変位，地盤のせん断弾性係数，地盤の単位体積重量である．

また，立坑の応答解析は立坑をBelnoulli-Euler梁と仮定し，分割された要素の支配方程式は式(2)となる．

$$E_P I \frac{\partial^4 U_P}{\partial z^4} + m_P \frac{\partial^2 U_P}{\partial t^2} = -P \quad \dots \dots (2)$$

ここに， E_P ， I ， U_P ， m_P ， P はそれぞれ立坑のヤング率，立坑の断面2次モーメント，立坑の絶対変位，立坑の単位長さあたりの質量および立坑－地盤間の相互作用力である．Winkler地盤の仮定を導入することにより， P は考慮している深さ z での変位の時刻歴応答のみに支配される．

地盤要素，立坑要素の変位をそれぞれ時刻 t とともに変動する深さ z の3次式，5次式の多公式と近似することで式(1)および式(2)は伝達マトリックス法で時刻歴で解析することができる．

3. 観測記録との比較

観測記録は，東京都足立区の立坑にて得られた地震観測²⁾記録のうち，平成4年2月2日に東京湾を震源とするM5.9の地震記録データを用いた．

観測地点の地盤，立坑の構造，観測計器の配置および解析に用いた物性値を図-1に示す．

立坑－地盤系応答解析に用いる入力地震動はGL -44.81mで観測された加速度応答データを，計器の周波数特性を考慮して0.1～35Hzのバンドパスフィルターを通したものを積分し得ら

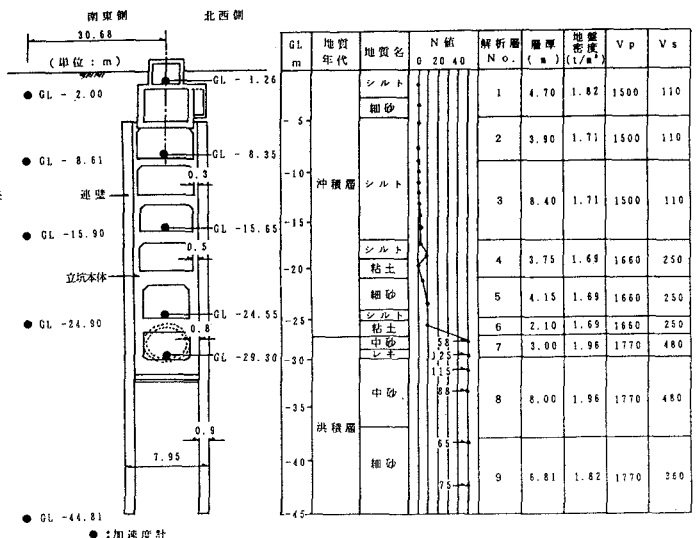


図-1 観測地点の地盤，立坑構造，観測機器の配置

れた変位を用いた。入力変位を図-2に示す。観測開始を0 secとしている。

解析は、図-1の解析層No.に示すように、入土地盤(GL -44.81m)から地表面までを1層2.1mから8.4mの9層に分割した。計算時間間隔は0.01secで、40secまでの計4000Step計算した。観測記録より得られる最大のせん断歪は 10^{-5} のオーダーであるため計算は線形計算でおこなった。

地盤変位応答の計算と観測結果との比較を図-3に示す。(1)はGL -24.90 m (2)はGL -8.61 m での比較結果である。両者は良く一致しており、観測地点における地盤応答解析では、水平成層を仮定した簡便なせん断一次モデルを用いることが可能であることがわかる。

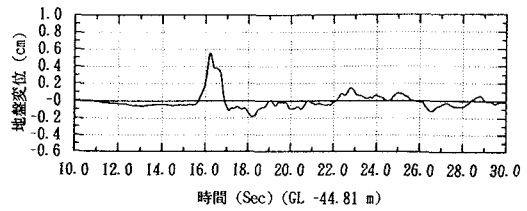


図-2 入力地震動

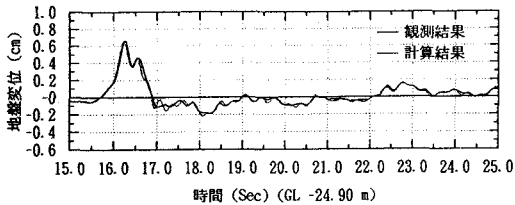


図-3 (1) 地盤変位応答比較 (GL -24.90 m)

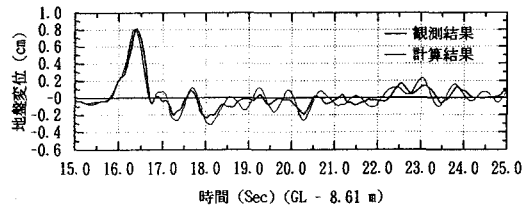
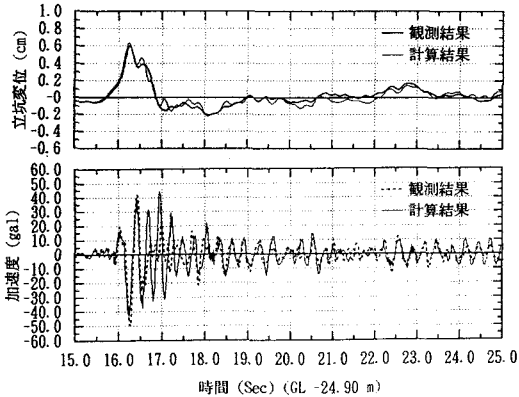
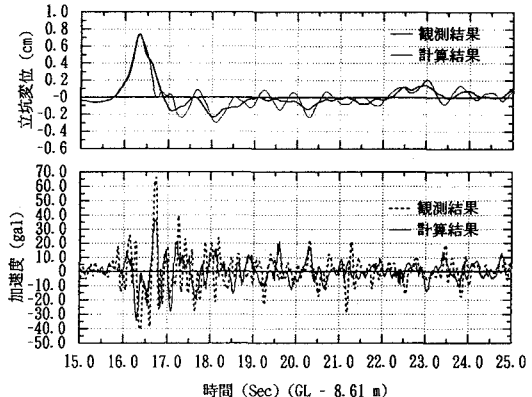


図-3 (2) 地盤変位応答比較 (GL -8.61 m)

立坑変位応答および加速度応答の比較を図-4に示す。(1)、(2)は図-3と同じ位置での比較結果である。ともに計算値は観測値をよく再現しているが、立坑の変位がほぼ地盤変位と等しく、一般にVoigt モデルで表現される相互作用バネの変形は全体変位の約1割程度と小さい。



(1) GL -24.90 m



(2) GL -8.61 m

図-4 立坑変位、加速度応答比較

4. あとがき

本手法を用いることにより、地中線立坑構造物の地震時時刻歴応答解析を容易にしかも短時間に精度良く処理することが可能であることがわかった。また、立坑変位は地盤変位にほぼ追従しておりその場合地盤変位応答を正確に予測することが解析上重要であることが示された。

(参考文献)

- 1) Nogami, T and Konagai, K.: Time Domain Flexural Response of Dynamically Loaded Single Piles, Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE
- 2) 大木・安中・海津: 地中線立坑の地震時挙動の解析, 第20回地震工学研究発表会講演概要, pp. 413-416, 1989