

I-608

地震波を受けるコルゲート地中管路の
ハイブリッド地震応答解析

神戸大学大学院 学生員 新見達彦

神戸大学工学部 正会員 高田至郎

㈱クボタ合成管技術部 正会員 片桐 信

1. 概 説 近年、埋設管としての使用が増大しているコルゲートパイプの埋設時の動的挙動には不明な点が多く、適切な設計指針も提案されていないのが現状である。そこで本研究では、こうした埋設時挙動の検討に対して有効な解析手法を提案することを目的として、ハイブリッド挙動解析法¹⁾により対象管路が地震波を受ける場合について解析している。この解析手法は、地中管路を弾性床上的のはりと見なして非線形地震応答解析を行うことによって、任意位置での断面力を算出し、得られた断面力を外力として軸対称有限要素法の解析モデルに作用させて、管路の局所的な応力状態を調べるものである。ここで、非線形地震応答解析にはERAUL (Earthquake Response Analysis of Underground Lifelines) プログラム²⁾を用いた。ERAULは弾性床上的のはり理論を基に伝達マトリックス法により解析するもので、このとき地盤の非線形性は、荷重増分法を用いて考慮されている。

2. 解析手法 解析は、図-1に示すコルゲートパイプ（φ200）を対象としている。対象管路が地震波を受けるとき、管体には引張軸力と圧縮軸力の両方が同時に作用するが、引張と圧縮では管路の剛性EA（E：弾性係数、A：断面積）が異なるために、両者による挙動も異なっている。そこで本解析では引張、圧縮それぞれが作用したときの等価剛性を軸対称FEMによる線形解析結果から以下のように求めている。

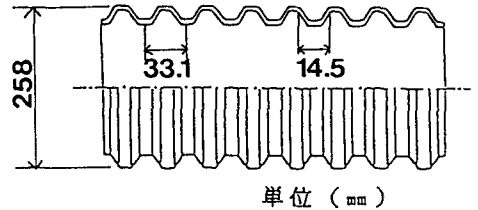


図-1 対象管路の概形

今、軸力作用時の変形量から剛性は次式で表される。

$$EA = \frac{P \cdot L}{\Delta L} \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここで、 E：弾性係数（kgf/cm²） A：管路の断面積（cm²） P：軸力（kgf）
L：管路長さ（cm） ΔL：変位量（cm）

引張軸力のときは図-2、圧縮のときは図-3に示す解析モデルに単位軸力（P=100kgf）を作用させ、その時の変形量から式（1）により等価剛性を算定する。（引張において谷部の土は管路変形に影響を及ぼさないとして除外している。）その結果、等価剛性EAは、引張に対しては 1.10×10^4 （kgf/cm²・cm²）圧縮に対しては 3.71×10^4 （kgf/cm²・cm²）となった。

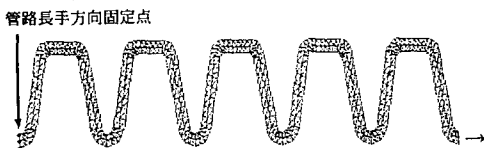


図-2 解析モデル（引張）

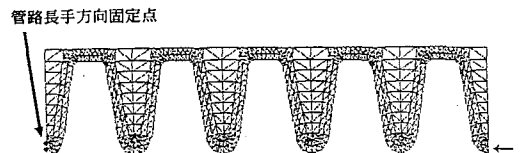


図-3 解析モデル（圧縮）

ERAUL解析において入力波は、図-4に示すように管路に引張と圧縮の軸力が同時に作用するよう、振幅1.5(cm)、波速度100(m/s)の半波長分とした。また、地盤ばね定数は $k_{70}=0.297(\text{kgf}/\text{cm}^3)$ 、すべり限界変位は $\delta_{cr1}=0.658(\text{cm})$ と設定している³⁾。

次に引張力、圧縮力の最大値が発生すると思われる管路両端部においてERAUL解析結果を用いた軸対称FEM解析を行う。引張、圧縮軸力が作用するときの解析モデルはそれぞれ図-2、図-3であり、ERAUL

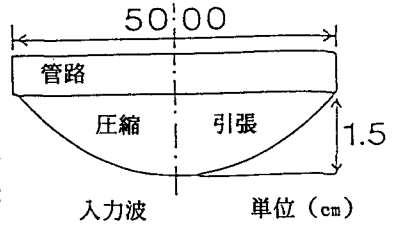


図-4 ERAUL解析モデル

で得られた軸力（断面力）から等価節点力を算出し、これを荷重漸増法を用いてモデルに作用させている。

3. 解析結果 ERAUL解析の結果、得られた軸力分布を図-5に示している。これより、等価剛性の低い引張側のほうが軸力は小さくなっていることが分かる。軸力の最大値は引張側で10.4(kgf)、圧縮側で34.9(kgf)であり、これを外力として軸対称FEM解析に用いた。また、図-6には管路の変位量を示しているが、管中央で発生している最大変位量は1.4993(cm)であり、入力波の振幅とほぼ等しくなっている。このことから、コルゲートパイプの軸方向地盤拘束力が大きく、地盤変形によく追従する性質が確認できる。

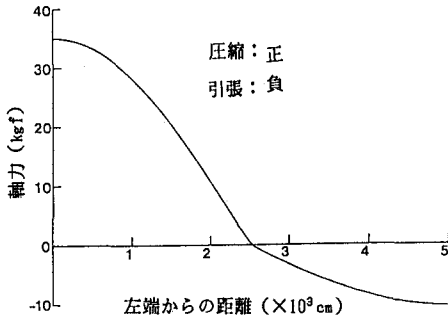


図-5 軸力分布

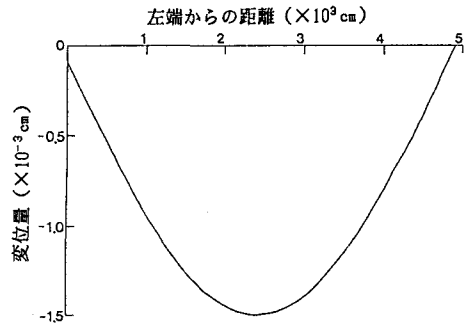


図-6 管路変位量

次にERAUL解析の結果を用いて、軸対称FEM解析を行った。解析結果から得られる軸力-変位量関係を図-7に示すが、この図から、対象管路は引張、圧縮いずれの場合も線形領域で挙動しており、材料の降伏は起こっていないことが分かる。さらに、両者の最終変形量は等しく（いずれも、0.0083cm）図-6に示した管変位量の分布形状から考えても、本解析手法によって妥当な結果が得られているものと思われる。

4. 結 語 本解析の結果、コルゲートパイプは軸力に対する等価剛性が低いという性質から地盤の変形によく追従し、このため管路に作用する軸力および管内の応力は非常に小さいことが分かった。従って、本解析で対象としたレベルの地震波によって発生する軸力に対してパイプ材料が降伏や破壊等を起こす危険性は非常に低いものと思われる。

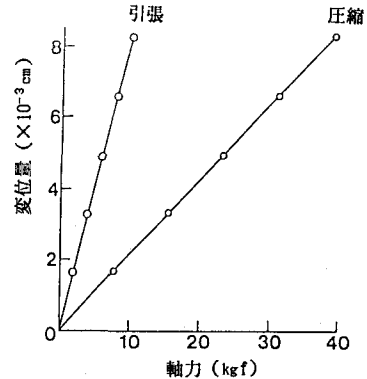


図-7 軸力-変位量関係

参考文献

- 1) 山下淳志：変断面たわみ性管の埋設時挙動に関する基礎的研究、神戸大学修士論文、1990.2, pp66～103.
- 2) 高田至郎、高橋俊二、山部泰男：硬質塩化ビニル管の地震時挙動シミュレーション、水道協会雑誌547号、1980, pp27～32.
- 3) 新見達彦：不連続面を考慮した変断面たわみ性管の埋設時挙動解析、神戸大学提出卒業研究、1991.2, pp2～11.