

## I-639

## 地盤の剛性変化点を横断する地中管路の地震応答解析

(株)奥村組 正会員 °中山 学  
 (株)奥村組 正会員 岡 衛  
 神戸大学 正会員 高田 至郎

## 1. まえがき

近年、地中埋設物の動的挙動を把握するために実施されるようになった観測や実験の結果の中で、地震応答値は地盤の剛性変化点付近で卓越し、この位置における被害発生の可能性が大きいとの報告が見られるようになった。一方、位相差を考慮した地震応答解析では、大きな応答値が得られている場合が多い。

本検討は、傾斜した基盤を持つ地盤 ( $V_s = 1000 \rightarrow 550 \rightarrow 400$  m/sec と変化) 内に管路を築造するという特殊な条件を想定し、入力波のみかけの速度  $C$  を 1500m/sec とした場合と鉛直上昇波の場合 ( $C = \infty$ ) の地震応答解析結果と比較することにより、両者の応答特性の差異について検討を加えたものである。

## 2. 解析条件

図-1のような地層条件になっている。Arh 層の中にシールド工法によって管路が築造される予定であることを考慮して、せん断波速度が 550 m/sec の Dg 層よりも以深の Arh 層を地震基盤と設定した。解析モデルは、管路を梁要素に置換した2次元平面ひずみ問題とし、地盤の半無限性を表すために底面には粘性境界、側面には伝達境界を設けた。管路軸方向のバネ定数の評価は川島ら<sup>1), 2)</sup>の手法を採用した。また、地震応答解析を行い、管路という地中線状構造物の動的挙動の把握を試みるという主旨から、本検討では対象地点の地盤特性を有する応答スペクトルを考慮した入力地震波を求めた。すなわち、参考文献<sup>3)</sup>における提案式を採用して目標スペクトルを作成した後、対象地盤が属する地盤種別における強震記録の位相を考慮して、目標スペクトルに沿った加速度振幅に近づけるように周波数領域で振幅調整して模擬地震波を求めた。なお、基盤最大加速度は再現期間を考慮し、150 gal とした。

## 3. 解析結果

## 1) 地盤内に発生する応答加速度

位相差入力をした場合と同位相の場合の管路中心付近、地表面付近における水平方向の最大応答加速度分布を図-2, 3 に、鉛直方向の最大応答加速度分布を図-4, 5 に示す。

水平方向では、一部地表面付近の地形の影響によって、A点付近で位相差入力の場合の方が大きな応答となったが、管路中心付近も含めて同位相入力の方が大きな応答値を得た。一方、鉛直方向では、水平方向と同様、地表面付近の影響は一部見られたが、管路中心も含めて水平方向とは逆に位相差入力の方が応答は大きい。これは、時間遅れの影響も無視できないことを意味すると考える。剛性変化点の影響は地表面付近で見られたが、管路中心付近では顕著ではなかった。

また、深さ方向に着目すれば、地表面付近では水平・鉛直両方向とも応答値は大きかった。これは地形の影響と考えられる。一方、地中内に深くなるほど、地形の影響を受けていないことがうかがえる。

## 2) 地中管路に生じる断面力

最大の軸力(圧縮力)を図-6に示す。地盤の剛性変化点近傍で管路に生じる軸力(圧縮力)および地盤の鉛直方向の応答によって発生する曲げモーメントは、通常言われている現象と同様、地震波の入力方法にかかわらず急激に変化している。発生する軸力は位相差入力をした場合の方が大きく、B点に近づくほど同位相を入力した場合と比較してその倍率は小さくなるが、約 2.5 倍程度の差が生じている。

これは基盤の傾斜の影響であると考えられ、設計上断面力を検討する際、地盤の剛性変化点の影響とともに基盤の傾斜も考慮すべきであると考えられる。

4. まとめ

付近の既往の検討結果を参考に、入力地震動の大きさを設定して入力した場合（自由地盤における基盤面最大応答加速度 400 gal）でも、管路周辺の地盤のせん断ひずみは  $10^{-4}$  前後であり、図-7に示すように引張側の各セグメント間の相対変位量は継手間の耐力から求められる許容変位量以下であるので、継手は設定したような良質の地盤では健全である範囲におさまると判断できる。今後、剛性変化点付近における地盤の水平・鉛直方向の応答によって管路内に発生する断面力について検討をさらに進める予定である。

現在、地下空間の合理的な利用方法についての研究が多くなされており、電気、ガス等のライフラインのような線状構造物が多く建設されようとしている。当該地点のような地盤剛性の差異が顕著であるような地点では地表面近くに設置するのではなく、地表面付近の応答が管路に与える影響を少しでも軽減するような深さに建設すべきではないかと考えられる。また、観測等による入力地震波の精度向上等の体制作りと共に動的地盤特性を含めた解析との整合性の検証も必要であろう。なお、現行の指針との比較は当日発表予定である。本文をまとめるにあたり、久保慶三郎 東京大学名誉教授より暖かいご指導を得た。深謝の意を表すしだいである。

（参考文献）

- 1) 川島一彦ら：シールドの耐震性に関する研究—シールドセグメントの等価剛性の評価および応答変位法の適用—, 土木研究所資料, 第2262号
- 2) 川島一彦ら：耐震設計に用いるシールドトンネルの長手方向剛性および耐力の評価法, 土木技術資料, Vol. 31, No. 9
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説（v耐震設計編）, 平成2年2月

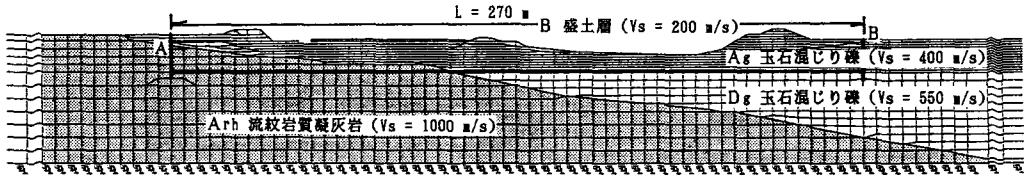


図-1 解析モデル図

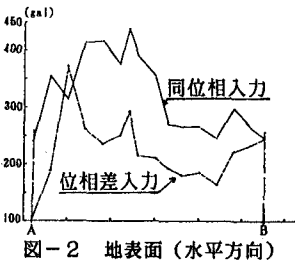


図-2 地表面（水平方向）

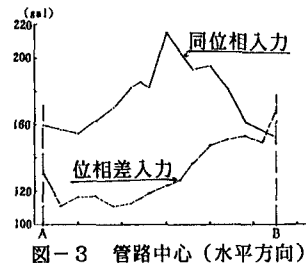


図-3 管路中心（水平方向）

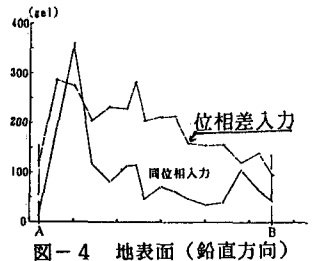


図-4 地表面（鉛直方向）

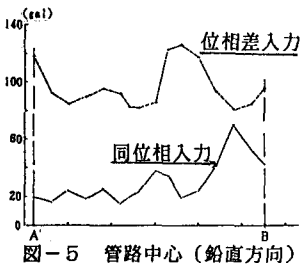


図-5 管路中心（鉛直方向）

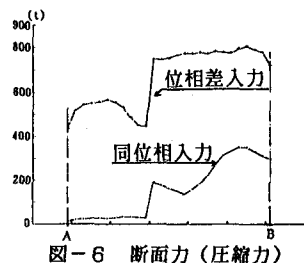


図-6 断面力（圧縮力）

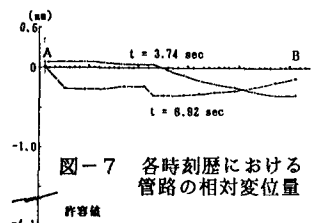


図-7 各時刻歴における管路の相対変位量