

神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎
 神戸大学工学部 正会員 Nemat Hassani
 神戸大学大学院 学生員 ○津吉 俊尚
 株式会社クボタ 正会員 今久保 謙一郎

1.はじめに

地震動を受ける地盤が液状化すると、マンホール底面に過剰間隙水圧が作用することによって、マンホールが浮上し、マンホールにつながれた地中管路の応力が降伏応力に至ったり、継手部が離脱してしまう可能性がある。そこで本研究では、入力地震波としてレベル 2 地震動を対象とし、マンホールの浮上を伴う液状化地盤における地中管路、および地盤の動的挙動を解析的に求め、管路の継手変位や管体応力を計算することによって、対象とする地中管路の安全性能についての検討を行うことを目的とする。

解析手法としては、まず本研究室で所有する液状化解析プログラムを用い、地盤のみを対象としてマンホール底面での過剰間隙水圧を計算した。その後、液状化解析によって得られた過剰間隙水圧から、マンホール底面に作用する揚圧力を算定し、この揚圧力および地震動を外力として入力することにより、地中構造物を取り入れたモデルで、汎用プログラム「ABAQUS」を用いて管路の動的挙動を検討する。

2.解析手法

解析モデルを図-1 に示す。マンホールは高さ 3m、幅 1.1m としてモデルの中央に配置し、マンホール底面から 50cm 上方の、図の破線部分に地中管路を梁要素としてモデル化する。管路同士の継手部、マンホールと管路との継手部には、非線形のはね特性を持つ要素を入力した。

地盤に関して、図-1 において影をつけた部分を液状化層とし、液状化層を除く地表面下 10m 以浅の部分を軟弱地盤、地表面下 10m 以深の部分を密な地盤とした。非液状化地盤の塑性モデルには、*Mohr-Coulomb* の破壊基準を用いた。表-1 に非液状化地盤における諸定数を示す。また液状化地盤は完全塑性モデルとし、降伏ひずみは 0.002 とする。解析にあたり、液状化地盤を表現するために液状化地盤におけるせん断剛性を軟弱地盤におけるせん断剛性の 1/3 としている。

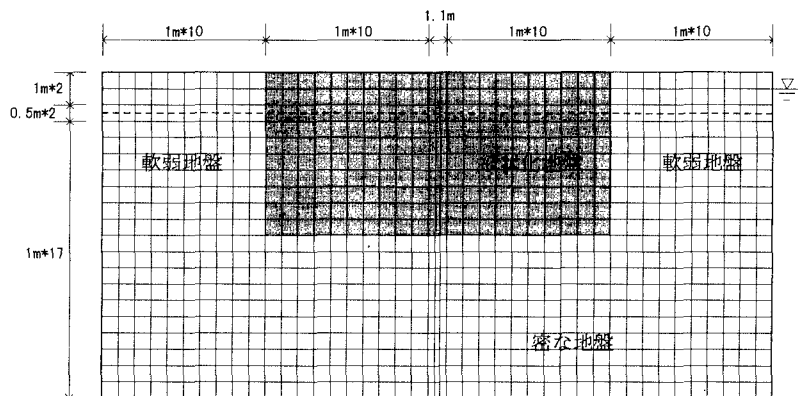


図-1 解析モデル

表-1 非液状化地盤における地盤特性

	N値	単位体積重量 (kN/m^3)	せん断波速度 (m/sec)	粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角 (度)	ポアソン比	せん断剛性 (kN/m^2)
密な地盤	30	17.6	248.6	176.4	36.21	0.47	111220
軟弱層	10	14.7	100	58.8	27.25	0.49	15000

入力地震波については、レベル 2 地震動を受ける際の地中管路応答を知るために、兵庫県南部地震の際に東神戸大橋地下 33m の位置で得られた最大加速度 446gal の記録 (図-2) を用い、解析モデルの下端より入力している。さらに、本研究室で所有する液状化解析プログラムによる解析の結果得られたマンホール底面

Shiro TAKADA, Nemat HASSANI, Toshisane TSUYOSHI and Kenichiro IMAKUBO

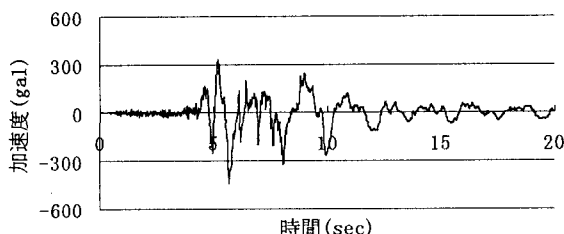


図-2 入力地震波

に位置する節点における過剰間隙水圧比から、マンホール底面に作用する揚圧力を算定し、図-3 に示す揚圧力をマンホール底面に位置する要素より分布荷重として入力する。

3.解析結果

マンホール底面に位置する節点の鉛直方向変位から、マンホール浮上量を求めた結果、最大で約 15cm 浮上した。また、各継手要素における最大変位量および最大回転角、各パイプ要素における最大軸応力を解析モデルにおける座標を用いて図-4、図-5、図-6 に表した。ただし、解析モデルの左端より右方向に x 座標をとっており、正を引張、負を圧縮として表している。

継手要素の伸縮量に関して、液状化層において約 0.5cm の抜け変位が生じているが、許容伸縮量は 6.5cm であり、今回用いた管路の継手に対しては安全な範囲であると言える。

マンホールが浮上しているため、管路とマンホールの間の継手部において、大きな屈曲角が生じており、可動範囲が ± 10 度として入力しているこの継手に対しては、ほぼ最大限屈曲していることになる。またマンホールの浮上によって、マンホール近傍の管路において大きな引張応力が作用している。しかし、今回用いた管路の軸方向降伏応力は、 $49000(\text{kN}/\text{m}^2)$ であり、この値に対しても安全であると言える。

4.結果の考察

解析の結果、継手変位、および管路の軸応力に関しては安全であるという結果が得られた。本解析においては、液状化地盤におけるせん断剛性を軟弱地盤におけるせん断剛性の $1/3$ としたが、液状化地盤の剛性がさらに下がれば、より大きなマンホール浮上量、継手変位、管路の軸応力が得られる可能性がある。そこで地中管路の安全性能を検討する上で、液状化地盤の特性をさらに詳細に検討して、同様の解析を行う必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 高田至郎，上野淳一：1993 年釧路沖地震における液状化現象と地下構造物の挙動特性，建設工学研究所報告第 35 号，1993.12.
- 2) 株式会社クボタ 合成管研究部：研究打合せ会資料，1998.

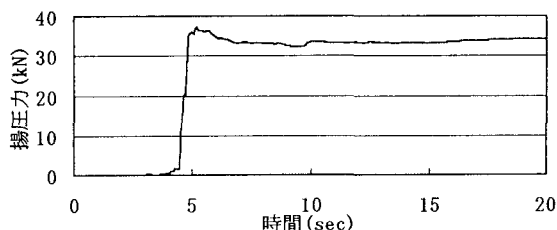


図-3 マンホール底面に作用する揚圧力

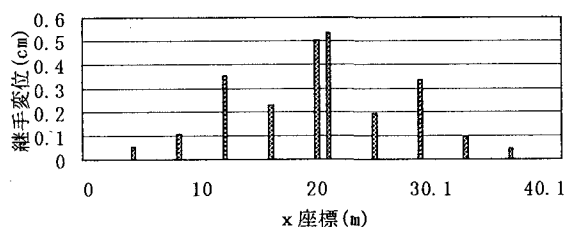


図-4 各継手要素における最大伸縮量

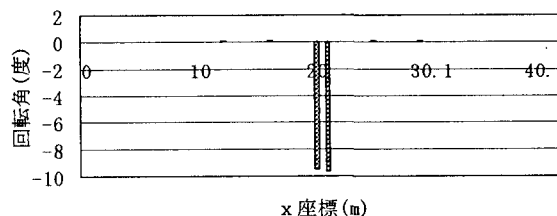


図-5 各継手要素における最大回転角

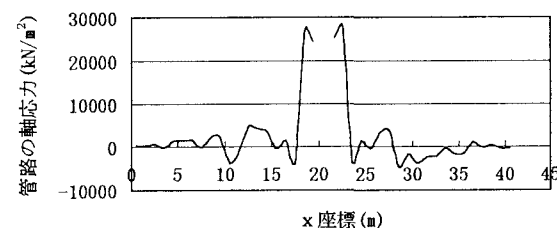


図-6 各パイプ要素における最大軸応力