

第 I 部門

地震時における埋設管の被害に及ぼす不整形地盤の影響に関する研究

京都大学工学部 学生員 ○井上 佳樹
 京都大学大学院工学研究科 正会員 清野 純史
 日本ガス協会技術部 正会員 清水 謙司

1. はじめに

本研究では 2007 年 7 月 16 日の新潟県中越沖地震で発生した新潟県柏崎市での埋設管の長柱座屈による被害と柏崎市の不整形地盤の関係を地盤震動解析により考察する。地震時において不整形地盤によって発生する地盤のひずみが埋設管に影響を与える評価として考えられ、ひずみがどのように埋設管に影響を及ぼすのかについての考察を行なう。まず入力波を振幅 1m の正弦波として解析を行ない、地盤特性を明らかにし、次に新潟県中越沖地震で観測された実観測波を入力波とした解析を行なう。

2. 解析モデルと解析手法

新潟県地盤図〔(社)新潟県地質調査業協会、2002 年 11 月〕の柏崎市の地盤断面図とボーリング調査及び PS 検層で得られたデータから以下のようなモデルを作成した。離散点は 20m 間隔で 256 点配置した。

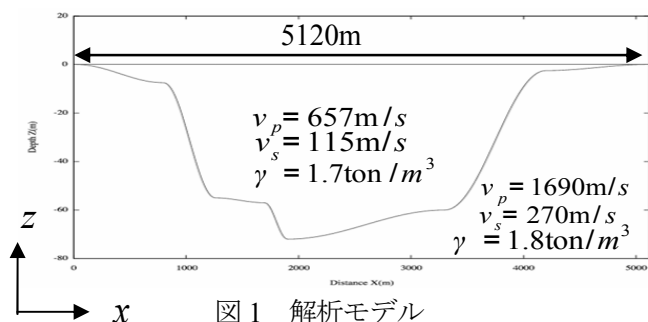


図 1 解析モデル

解析には Aki and Larner 法を用いる。Aki and Larner 法とは、対象となる地盤の水平方向の不規則構造に周期性を持たせることによって Fourier 級数展開の形に置き換えることができ、これを不規則境界面の変位、応力の連続条件に適合させるように近似的に解を評価する方法である。

3. 解析結果

入力波は振幅 1m の正弦波で鉛直入射として周波数を様々に変化させて解析を行ない、地表面における x 方向の変位応答倍率 U_x と地下 2m における地盤の軸ひずみ ε_{xx} を求めた。以下にその結果を示す。

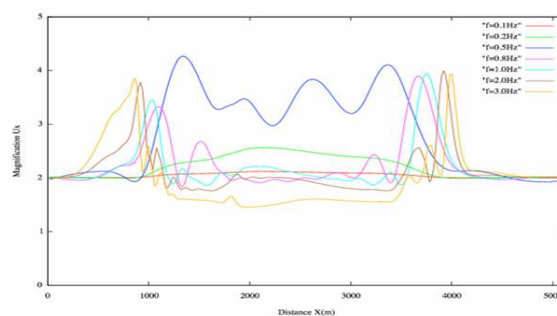
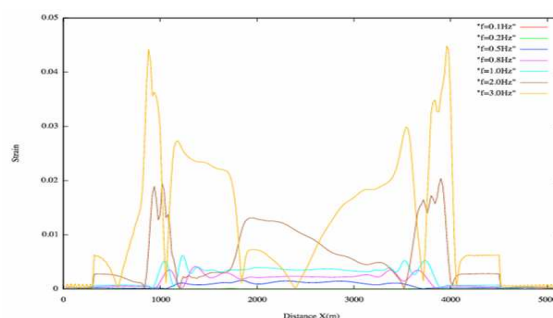
図 2 地表面における応答倍率 U_x 図 3 地下 2m における軸ひずみ ε_{xx}

図 2 において、地表面における応答倍率 U_x は低周波では中央つまり堆積層が厚い地点で大きい値となり、周波数が大きくなるにつれて応答倍率は大きくなっていき、高周波になるにつれて応答倍率は両端で大きくなることがわかった。特に 0.5Hz 付近で非常に大きくなっていることがわかった。図 3 において、高周波ではひずみは両端で非常に大きくなっていて、また低周波では平野中心部でひずみは大きくなっている。

4. 実観測波入力による解析結果

新潟県中越沖地震で柏崎刈羽原子力発電所の地下 31.9m で観測された加速度時刻歴の 20 秒間をとり

だしたものを以下に示す。最大加速度は 647gal である。また加速度時刻歴から速度時刻歴を求めた。最大速度は 52.8kine である。

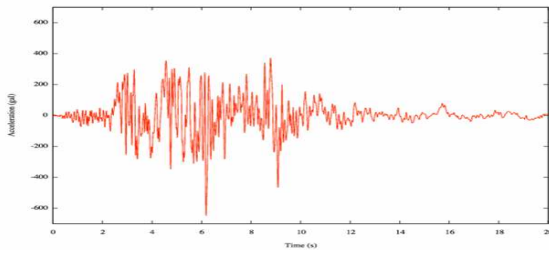


図4 実観測波加速度時刻歴

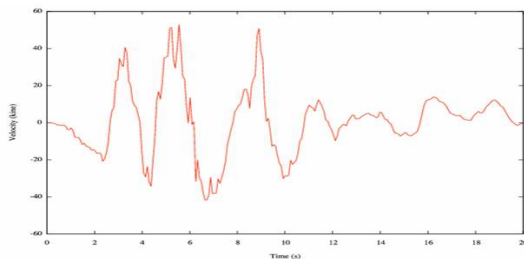


図5 実観測波速度時刻歴波形

この速度時刻歴を入力波として、各地点において地下 2m における地盤の軸ひずみの時刻歴波形を求めた。

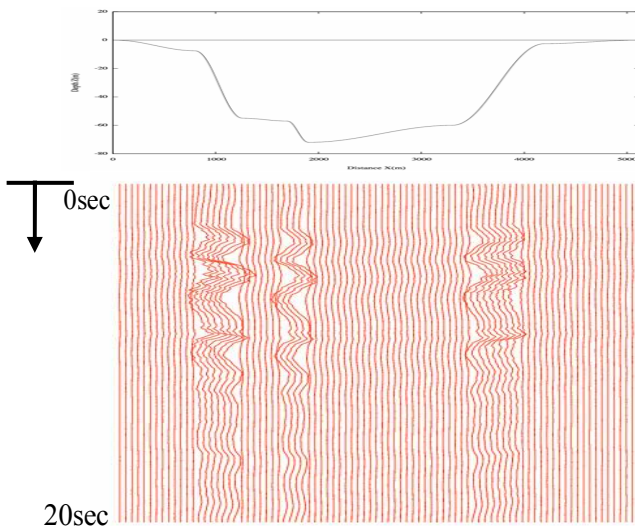


図6 ひずみ波形

図6について、各地点においてひずみは時間ごとに变化しており、ひずみが正のときは埋設管に対して引張応力が作用し、またひずみが負のときは圧縮応力が作用する。各地点において 0s~20s の間で圧縮を引き起こすひずみすなわち負のひずみで絶対値が最大のものをプロットしたものを図7に示す。

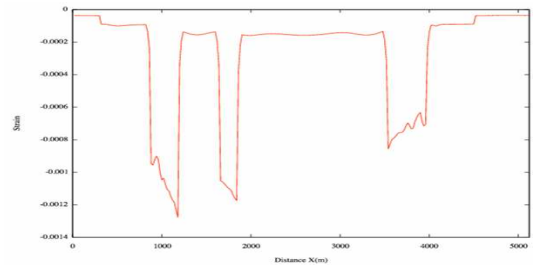


図7 圧縮を引き起こすひずみの最大値

また JFE エンジニアリング株式会社の研究による SGP50、SGP80、SGP100 と呼ばれる口径、管厚の異なる 3 つの鋼管の中でさらに材料特性の異なる合計 9 つの鋼管の長柱座屈解析では表 1 のような結果とされている。

管種	口径	管厚	材料特性		長柱座屈開始歪(%)
			降伏棚	降伏棚の終点歪(%)	
SGP50	60.5mm	3.8mm	あり	1	0.15
			あり	2	0.11
			なし	—	0.12
SGP80	89.1mm	4.2mm	あり	1	0.15
			あり	2	0.11
			なし	—	0.13
SGP100	114.3mm	4.5mm	あり	1	1.09
			あり	2	0.12
			なし	—	0.26

表1 長柱座屈解析結果

図7を見てわかる通り、1200m 地点付近でひずみが 0.12%を上回っており、1900m 地点付近で 0.11%を上回っている。表1の結果を見ると、降伏棚が 2%の SGP50 および降伏棚が 2%の SGP80 は長柱座屈開始ひずみが 0.11%で、また降伏棚のない SGP50 および降伏棚が 2%の SGP100 は長柱座屈開始ひずみが 0.12%となっているので、1200m 地点付近および 1900m 地点付近で座屈が起きる可能性があると考えられる。

5. 結論

本研究では、新潟県中越沖地震で起きた埋設管の被害が不整形地盤による影響によって発生したものとして、新潟県柏崎市の地盤をモデル化して地盤応答解析を行なった。

実観測波入力による解析では地下 2m における地盤の最大の軸ひずみは長柱座屈が起きると思われる軸ひずみを上回っており、長柱座屈が起きる可能性があることが確認された。