

地震動の位相差と地盤変位を考慮した地下埋設管の地震時挙動

京都大学 学生会員 ○檜原 新山

京都大学 正会員 清野 純史

1. 研究の目的と背景

地下埋設管のような長大な構造物は断層を横断して建設せざるを得ない場合があり、地震時に地盤の揺れに加えて断層変位による外力が作用する危険がある。構造物の安全を確保する上で、断層変位を考慮した地震時挙動を明らかにすることが重要であると考えられ、近年、盛んに挙動解析が行われている。しかし、それらの多くは静的解析によって強制変位を与えた後、地震動による動的応答解析を行っており、本来同時に作用する地震動と断層変位が相互に影響することを考慮できていない。そこで、本研究では断層による地盤変位と地震動を同時に入力する非線形2次元有限要素法による動的解析を行い、その影響を調べた。

2. 解析の概要

解析には図1のような地盤—地下埋設管モデルを用いた。幅101m、深さ20mの均質な地盤の地表面から2mの深さに長さ101mの地下埋設管が設置されており、周辺の地盤とは粘性境界を介して接続されている。地盤は弾—完全塑性モデルであり、4節点の平面ひずみ要素を用いた。地下埋設管は水道配水用ポリエチレン管を想定し、2節点の弾性梁要素を用いた。パラメータを表1、2に示す。

地下埋設管は細長い構造をしているため、地震動が構造物の各節点に到達する時間ずれが影響するものと考えられる。そこで、本研究では基盤面の各節点に取り付けたダッシュポットごとに位相差をもつ地震動の時刻歴速度波形を入力し、時間ずれの影響を考慮した。伝播方向は基盤面の左端から右端とし、伝播速度は500、1000、2000、4000m/s、無限大（同位相入力）の計5種類を比較した。図2は入力地震動に使用した Ricker Wavelet の時刻歴加速度波形であり、最大加速度は約600galである。

また、断層による撓曲が生じ、地盤の左側が隆起す

るような状況を想定したため、地盤—地下埋設管モデル内に断層面は設けず、地盤変位による外力を基盤面の左側に入力した。図3は基盤に入力した地盤変位の時刻歴変位波形であり、変位の大きさは10cmである。

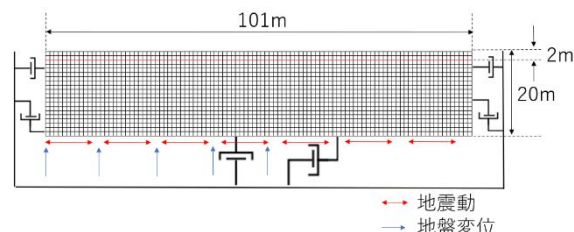


図1 地盤—地下埋設管モデル

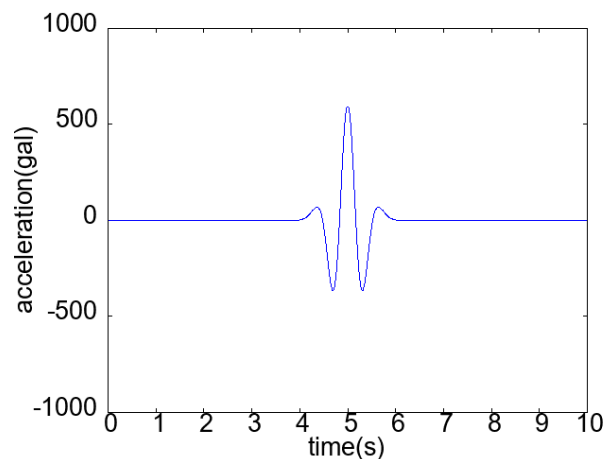


図2 地震動の時刻歴加速度波形

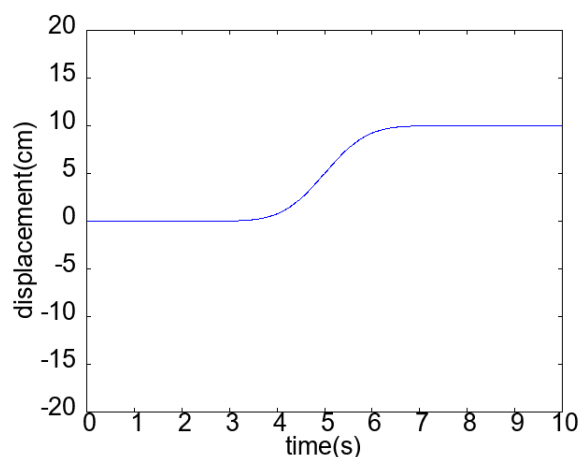


図3 地盤変位の時刻歴波形

キーワード 断層変位 地下埋設管 位相差入力 2次元有限要素法 非線形解析 動的解析

連絡先 〒615-8520 京都府京都市西京区京都大学桂 TEL075-383-3252

表 1 地盤材料のパラメータ

	せん断波速度(m/s)	ポアソン比	レイリー減衰 α	レイリー減衰 β	単位体積重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)
表層	120	0.300	2.70×10^{-2}	6.78×10^{-2}	14.7	0.00	30.0
基盤層	500	0.300	-	-	17.6	-	-

表 2 埋設管のパラメータ

	ヤング率 (kN/m ²)	ポアソン比	呼び径 (m)	外径 (m)	単位体積重量 (kN/m ³)
埋設管	1.00×10^6	0.46	7.5×10^{-2}	9.0×10^{-2}	9.31

3. 解析結果

図 4 は伝播速度 2000m/s の場合の t=10 秒時点での変形の様子である (変形の倍率は 100 倍)。地盤左側が撓曲し、それに伴って埋設管が変形している様子が確認できる。図 5 は左端から 75m に位置する埋設管要素の伝播速度ごとの軸ひずみの時刻歴波形である。本研究で使用した地盤—地下埋設管モデルの幅がそれほど大きくないため、軸ひずみ波形に顕著な位相差は現れない。一方、ひずみ振幅に関しては伝播速度が小さくなるほど大きくなる傾向が確認できる。入力地震動の位相差が大きくなると、節点ごとの変位の差が増大するため、軸ひずみは大きくなる。図 6 は伝播速度 2000m/s 時の埋設管の中央に位置する要素の軸ひずみ時刻歴波形である。method 1 は地震動と地盤変位を同時に入力する方法であり、method 2 は地震動のみを入力した場合の時刻歴波形と地盤変位のみを入力した場合の時刻歴波形を足し合わせたものである。method 1 に対して method 2 は大きな軸ひずみが得られており、断層による地盤変位と地震動を個別に計算する手法では応答を過大に評価することが分かる。そのため、解析手法としては地盤変位と地震動を同時に入力する方法がより望ましいものと考えられる。

4. まとめ

- ① 地震動の位相差入力により、管路の軸ひずみに大きな違いが現れる。これは入力地震動の位相差が大きくなると、節点ごとの変位の差が増大するためである。
- ② 地盤が非線形性を有する場合には、地盤変位と地震動を個別に計算する手法との違いが顕著に表れるため、構造物の地震時挙動を評価する場合には、断層による地盤変位と地震動を同時に入力する解析手法が望ましい。
- ③ 本研究では、地盤が撓曲する場合のみを想定し

た解析を行ったが、埋設管が断層面を横切る場合にはより大きなひずみが管路に生じるので、地盤—地下埋設管—断層系に対する解析を今後の課題としたい。

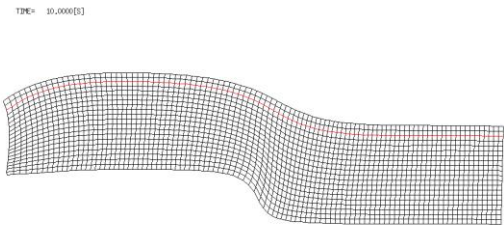


図 4 時刻 t=10s 時点での変形の様子

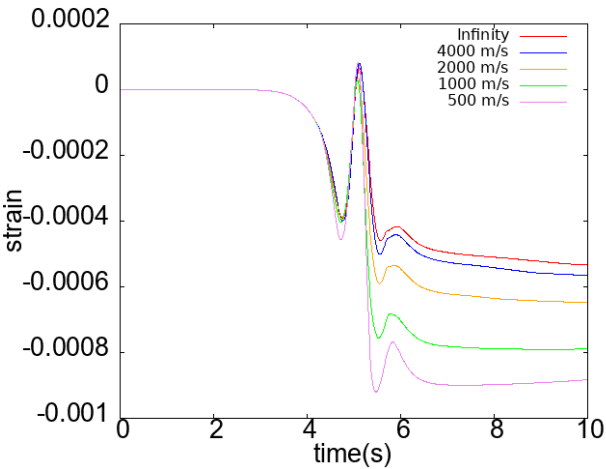


図 5 異なる伝播速度における軸ひずみ時刻歴波形

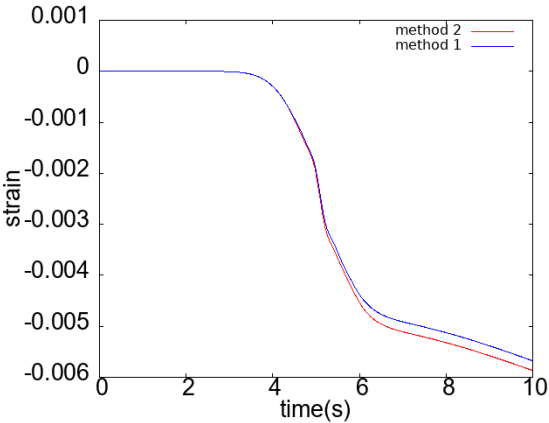


図 6 同時入力による軸ひずみ時刻歴波形への影響