

神戸大学工学部 フェロー 高田至郎
 神戸大学工学部 正員 李 騰雁
 神戸大学大学院 学生員 ○福田克己

1. はじめに

1995年1月に発生した兵庫県南部地震においては、会下山断層や渦ヶ森断層近傍などといった既存の活断層周辺においても埋設管路などに多数の被害を生じた。構造物の耐震性を検討する際に、断層地形などの地盤急変部付近における地震動特性を解明することも極めて重要である。

本稿では、長田・会下山断層周辺の地盤をモデル化し、断層挙動としてジョイント要素を用いた地中管路の2次元動的FEM解析を行い、活断層地形がその周辺の地震動特性や地中管路に与える影響について検討した。

2. 解析条件

解析対象地域としては、配水管およびガス管の被害が集中していた地域の一つである長田・会下山断層付近を選定した。解析モデルは図1に示されるように、上部・中部・下部大阪層群と不整形な岩盤の4層を持つ地盤とし、水平距離4000m、深さ方向1000mとした。管路は、継手なしの直管を地表面付近に埋設したものである。推定地質パラメータと管路の材料諸元をそれぞれ表1、表2に示す。管路にはJISG 3452（呼び径200の満水管）を用いた。断層部分のモデル化としてジョイント要素を配置し、基盤岩に地震波を与えた。そのバネ定数の変化パターンは、矢田らの研究¹⁾を参考にし、接線方向のバネ定数の低減率を0.01とした。管路は軸力と曲げを受ける Castilianoの定理に基づいた厚肉梁要素として与えた。解析は表3に示すように、断層部分に活断層の挙動を表すジョイント要素を考慮するかしなにかにより、4ケースについて実施した。また、内部減衰としてRayleigh減衰を1次、2次ともに減衰定数0.01として与え、管路と地盤は一体系として解析を行った。入力地震動は、神戸海洋気象台の波形を基盤に戻し、さらに水平最大加速度200galに修正したものと水平・鉛直2方向に入力した。

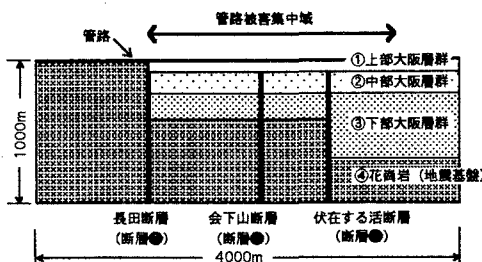


図1 解析モデル

表1 推定地質パラメータ

層	せん断波速度	ヤング係数	ポアソン比	単位体積質量
	Vs(m/s)	E(t/m ²)	ν	ρ(t/m ³)
①上部大阪層群	150	5.22×10 ⁴	0.45	1.6
②中部大阪層群	350	3.02×10 ⁵	0.4	1.8
③下部大阪層群	1000	2.73×10 ⁶	0.3	2.1
④花崗岩(地震基盤)	3000	2.67×10 ⁷	0.1	2.7

表2 管路材質諸元

外径 D(cm)	肉厚 t(cm)	断面積 A(cm ²)	E(kgf/m ²)	ν	ρ(kg/m ³)
21.63	0.48	31.9	2.1×10 ¹⁰	0.3	19746.1

表3 解析ケース

	ジョイント要素を用いて	考慮した活断層
case1	なし	—
case2	長田断層のみ	断層①
case3	長田断層・会下山断層	断層①・断層②
case4	長田断層・会下山断層 および伏在活断層	断層①・断層②・断層③

3. 解析結果

まず、case2における長田断層を挟んだ3地点における応答加速度の時刻歴波形を図2に示す。ここにA地点は長田断層から北側200mの地表面、断層の南側200m・1000mをそれぞれB・C地点とする。これより、ジョイント要素を考慮することにより断層周辺部における加速度応答が大きく異なることがわかる。

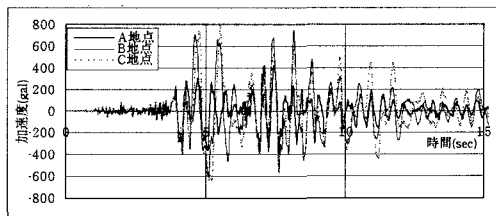


図2 応答加速度の時刻歴 (case2)

次に、case1とcase4における水平方向の絶対最大加速度コンター図を図3に示す。case1において、基盤の食い違いによるいわゆる焦点効果により、食い違い部分から少し南に下降した地表面において最大加速度が最も増幅していることがわかる。case2からcase4におけるジョイント要素を用いて活断層部分を表現した場合については、各ケースともに断層部分を表現しているジョイント要素が滑動や剥離現象を起こしており、そのために活断層部分の絶対最大加速度値がその他の地域に比べて相対的に高くなっていることがわかる。

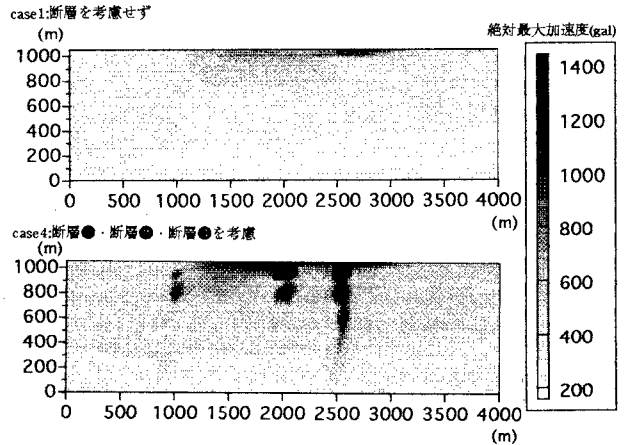


図3 水平方向の絶対最大加速度コンター図

さらに、case1からcase4における管路の管軸方向の管頂ひずみが最大となった時刻でのひずみ分布図を図4に示す。case1の断層部分を考慮していない場合においては、岩盤と上部大阪層群の地盤の急変部でかつ基盤の食い違い部分周辺においてひずみが増大しているのがわかる。case2からcase4においては、概ね考慮した活断層上において管軸方向のひずみが顕著に大きくなっている傾向にある。最大ひずみはcase1で0.09%，case2で0.26%，case3とcase4では0.36%であった。また、図3と比較してもわかるように、地表面における最大加速度のピーク位置と管路に最大ひずみを生じる位置とは必ずしも一致していないことが確認できる。

4.まとめ

本稿では、長田・会下山断層周辺の地盤をモデル化し、地中管路の2次元動的FEM解析を行い、活断層地形がその周辺の地震動特性や地中管路に与える影響について検討した。その結果、既存の活断層の存在がその周辺の地震動に影響を与えること、地中管路の最大管頂ひずみは基盤の急変部や断層部分付近において顕著に大きくなる傾向があることが知られた。

【参考文献】

1) 矢田敬・竹内則雄・大久保誠介：断層挙動の一解析手法について，土木学会第50回年次学術講演会概要集，pp.1150～1151，1995

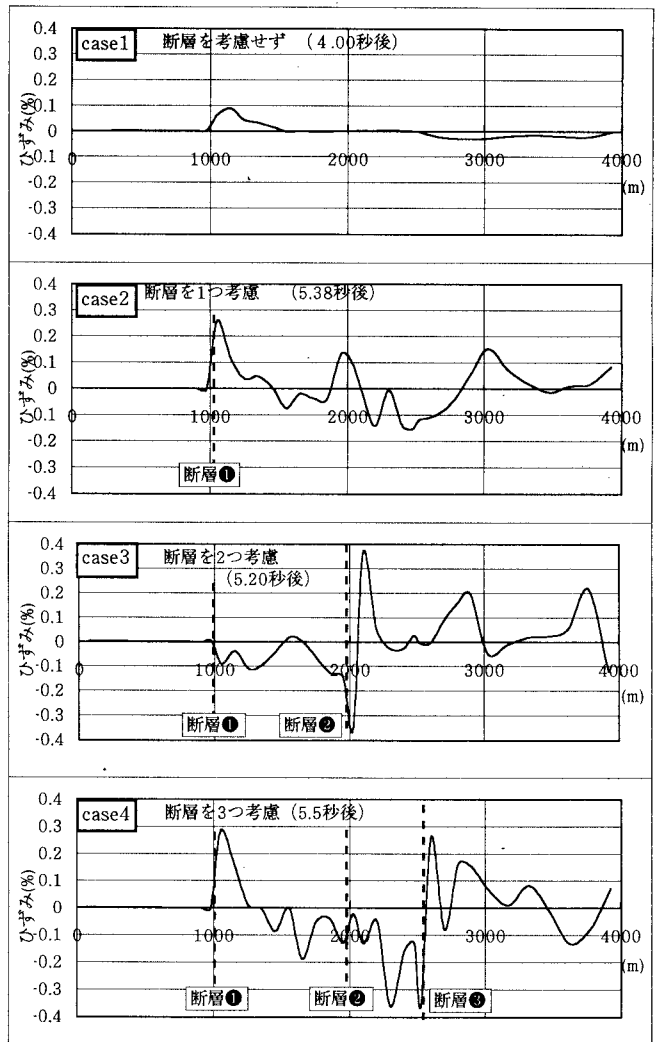


図4 最大ひずみ発生時刻での管頂ひずみ分布図