

神戸大学工学部 フェロー会員 高田 至郎
 神戸大学大学院自然科学研究科 正会員 李 騰雁
 宇部興産㈱ 正会員 ○後藤 悟史

1. まえがき

1995年兵庫県南部地震は、野島断層を発端として須磨・大月断層を伴った地震断層の破壊が原因で発生した。神戸地域には多数の既知断層が存在しており、兵庫県南部地震のような大地震の際には起震断層とは別に、他の活断層も周辺の被害に何らかの影響を与えたと考えられる。また、六甲山地周辺に広がる住宅街は段丘地盤地域に建設されており、それらの地域の地中ライフラインも活断層近傍に埋設されていることとなるため、地震時にはその影響が無視できないと考えられる。活断層は、その内部に粘性土を含んだ不連続な亀裂性岩盤であることがわかっており、これまでにその挙動を表現するためにジョイント要素が多く用いられ、解析が行われている^{1) 2) 3)}。本研究では神戸大学東側地域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、活断層地形の地中管路に与える影響について検討した。

2. 解析条件

解析モデルは図1に示されるように、表層土、段丘層と不整形基盤を持つ地盤に、継手なしの直管を深さ4mのところ埋設したものである。地質条件は実際のボーリング図から得られたN値から求め、管路にはJIS G 3452 (呼び径200の満水管)を用いた。また本解析で対象とする断層は、地震の原因となる'起震断層'ではなくその周辺に存在する活断層地形であり、そのモデル化として断層部分には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³⁾を参考にし、接線方向のバネ定数の低減率を0.01とした。表1にその変化パターンを示す。管路は軸力と曲げを受けるCastiglianoの定理に基づいた厚肉梁要素として与えた。さらに断層の影響を検討するために、以下のように場合分けをした。

- case1 断層のズレなし (ジョイント要素なし)
 - case2 断層のズレあり (ジョイント要素あり)
- 表1 case2 バネ定数変化パターン(Kgf/m²)

	弾性域	塑性域
接線方向	1.02E+07	→ 1.02E+05
法線方向	1.02E+08	→ 1.02E+03

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、管路と地盤は一体として解析を行った。管路の材質諸元と地質パラメータをそれぞれ表2、表3に、また入力地震動を図2に示す。

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)	v	ρ (Kg/m ³)
21.63	0.48	31.9	2.1×10 ¹⁰	0.3	19746.1

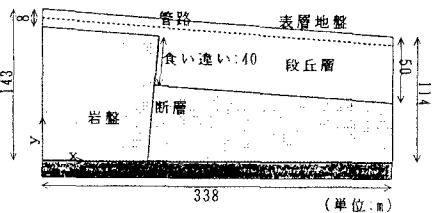
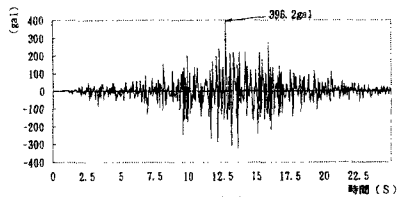
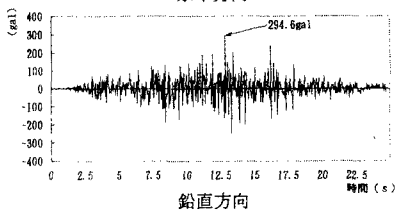


図1 解析モデル



水平方向



鉛直方向

図2 入力地震動

表3 各地質パラメータ

	E (kgf/m ²)	v	ρ (kg/m ³)
表層地質	0.292E+07	0.4	163.0
段丘層	0.212E+08	0.3	204.0
岩盤	0.102E+09	0.2	265.4

3. 解析結果

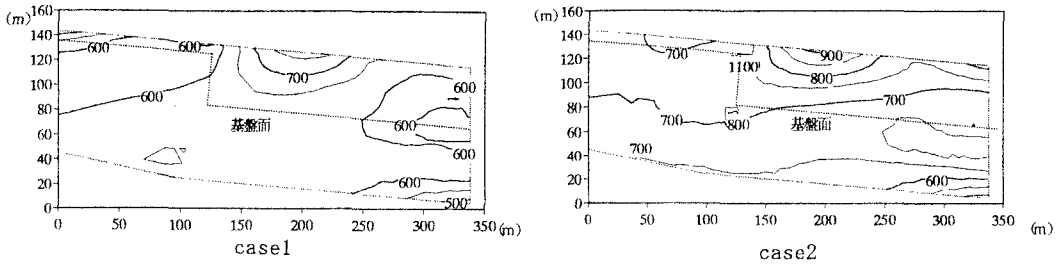


図3 各case 地盤の絶対加速度のコンター図 (単位:gal)

各caseの地盤の絶対加速度のコンターを図3に示す。またcase2で用いたジョイント要素は、解析後6秒で最初のズレが起り、それから解析終了直前までその変形は続いた。さらに、管軸方向の管頂ひずみを軸力と曲げモーメントから計算させ、それが最大になった時刻でのひずみ分布図、せん断力分布図をそれぞれ図4、図5に各case比較して示す。両解析の比較により以下のような知見が得られる。

- ・図3より、case1の基盤の食い違い部分から少し下降地点で加速度が最も増幅していることがわかり、これは兵庫県南部地震で見られた'震災の帯'の断面に相当するものと考えられる。

- ・またcase2に関してcase1と比較すると、やはり上記のような増幅現象が顕著に現れているが、さらに断層の両側で加速度の差が激しくなることがわかり、コンター図からのみであるが活断層のズレがその周辺地盤にかなりの影響を与えることがわかる。

- ・図4から、case2の最大管頂ひずみはcase1よりかなり卓越していることがわかり、またそのひずみは断層直上で発生していることから、活断層地形に埋設されている管路はそのズレによって、著しい変形を受けることがわかる。

- ・さらに、本解析では小口径の管路を想定したが図5に示されるほどせん断力が卓越していると、シールドトンネルのような大口径・大断面の管路であった場合、本解析以上にその影響が著しくなると考えられる。

4. まとめ

本研究は、活断層地形に埋設された地中管路を対象として、地震時挙動解析を行った。本解析によって、不整形基盤を持つ地盤の絶対加速度のコンター図から、兵庫県南部地震に見られた'震災の帯'の断面を小さなスケールで表現することができた。また、断層モデルとしてジョイント要素を用いることにより、地震時において活断層近傍にある地中管路は、活断層のズレによりその周辺で大きな断面力、ひずみを発生することが確認できた。

参考文献

- 1) 土岐憲三：構造物と地盤との非線形動的相互作用，社団法人 土質工学会，「土質・基礎工学における有限要素法の適用」
- 2) 谷山尚、渡辺啓行：逆断層上の表層地形の変形，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集，pp.1154～1155，1995
- 3) 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

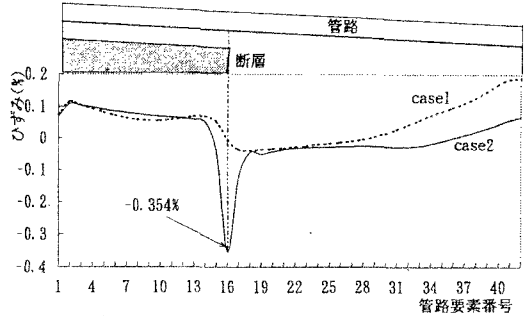


図4 最大ひずみ発生時刻の管頂ひずみ分布図

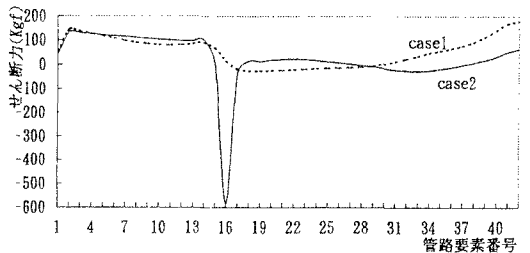


図5 最大ひずみ発生時刻のせん断力分布図