

(I-19) 地中埋設ダクトの横断方向地震時挙動のシミュレーション

東京電力(株) 正会員 片平 冬樹 正会員 興野 俊也
東電設計(株) 正会員 安中 正 高本 全徳 西村 友次

1. まえがき 地中埋設ダクトの地震時挙動を明らかにするために、1982年10月以来、福島県東部において鉄筋コンクリート製地中埋設ダクト及びその周辺地盤で地震観測を実施している。本研究では、埋設ダクトの横断方向地震時挙動に関して、2次元有限要素法を用いたシミュレーションを行った。

2. 地震観測の概要 地中埋設ダクトの断面形状及び計器配置を図-1に示す。ダクトには、速度型地震計が2台、鉄筋計が5台、表面歪計が11台、土圧計が6台、ほぼ同一断面に設置されている。表面歪計の内7台は1989年3月に増設された。ダクト周辺地盤には、ダクト端から10mの位置に、鉛直方向に6台の速度型地震計が設置されている。ただし、土圧計6台は現在では全て計測不能になっている。

3. 地盤モデル 地盤調査により得られたモデル及び鉛直アレーの観測記録を用いて設定したモデルを表-1に示す。地盤モデルの設定では、地盤モデルから計算した地表と地中のスペクトル比のピーク周波数の位置が観測されたピーク周波数の位置と少なくとも1次は一致するように速度構造を変更した。S波速度構造の修正には水平動主要動部分(S波群)のスペクトル比を、P波速度構造の修正には上下動初期微動部分(P波群)のスペクトル比を用いた。

4. 解析モデル及び解析対象地震 地震時挙動のシミュレーションには、2次元複素応答解析プログラム(FLUSH)を用いた。解析モデルを図-2に示す。ダクトはソリッド要素でモデル化し、コンクリートの物性は、品質管理試験結果に基づき、弾性定数 $E=3.92 \cdot 10^8 \text{ tf/m}^2$ 、ポアソン比0.167、単位体積重量

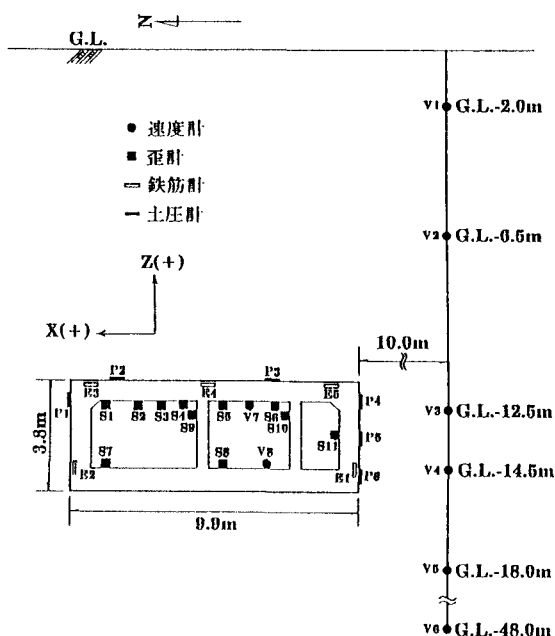


図-1 ダクトの断面形状と計器配置

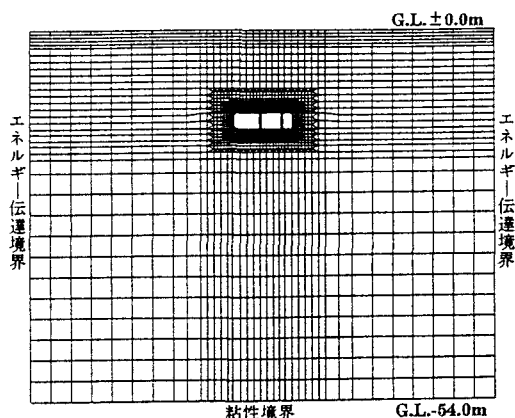


図-2 解析モデル

表-1 地盤モデル

深度 (m)	地層名	地盤モデル			地盤モデル		
		Vs (m/sec)	Vp (m/sec)	単位重量 γ (t/m³)	Vs (m/sec)	Vp (m/sec)	減衰定数
G. L. ±0.0	埋	227	550	1.52	230	480	1% 2%
-5.8	埋	227	550	1.52	230	480	
-0.5	埋	227	550	1.52	230	480	
-10.8	埋	227	550	1.52	230	480	
-13.3	埋	208	1000	1.42	800	480	
-14.5	埋	208	1470	1.98	300	480	
-48.0	土	452	1630	1.70	480	1630	

2.40tf/m²とした。周辺地盤は水平成層でモデル化し、側方境界はエネルギー伝達境界、下方境界は粘性境界とした。入力としては、地表の観測波形から1次元波動理論に基づき推定した下方境界での入射波を用いた。解析対象地震として、1984年1月1日東海道はるか沖地震(M=7.4、震源深さ400km、震央距離581km、地表での最大加速度55gal)と1989年4月28日福島県沖地震(M=4.9、震源深さ53km、震央距離47km、地表での最大加速度26gal)を選んだ。前者は土圧計を含めて記録状態が良好で、鉄筋計等のダクトの応答が最も大きな地震として、後者は1989年3月の表面歪計の増設後に得られた記録の中でダクトの応答が最も大きな地震として選んだ。後者については土圧計の記録は得られていない。

5. 観測記録と解析結果の比較 福島県沖地震の場合について、鉄筋計と表面歪計の観測と解析の最大値の比較を図-3に、また、各種の時刻歴の比較を図-4に示す。最大値だけでなく、時刻歴もかなりよく一致している。鉄筋計と表面歪計の波形はダクト頂底版間の相対変位の波形と対応しており、ダクト各部の応答がダクトのせん断変形に支配されていることを示している。東海道はるか沖地震の場合について、鉄筋計と表面歪計、土圧計の最大値の比較を図-5に示す。鉄筋計と表面歪計は、福島県沖地震の場合と同様に、最大値だけでなく時刻歴もかなりよく一致している。土圧計は、解析による最大値が観測よりもかなり小さい。ただし、波形の対応はそれほど悪くない。土圧計については、設置条件の影響があり、測定精度に問題がある可能性も考えられる。

6. あとがき 埋設ダクトの横断方向地震時挙動について、土圧計を除くと、2次元有限要素法を用いたシミュレーションにより観測結果をかなりよく再現することができた。

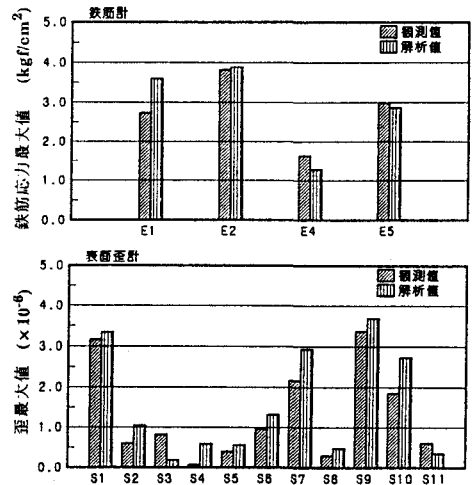


図-3 福島県沖地震の場合の最大値の比較

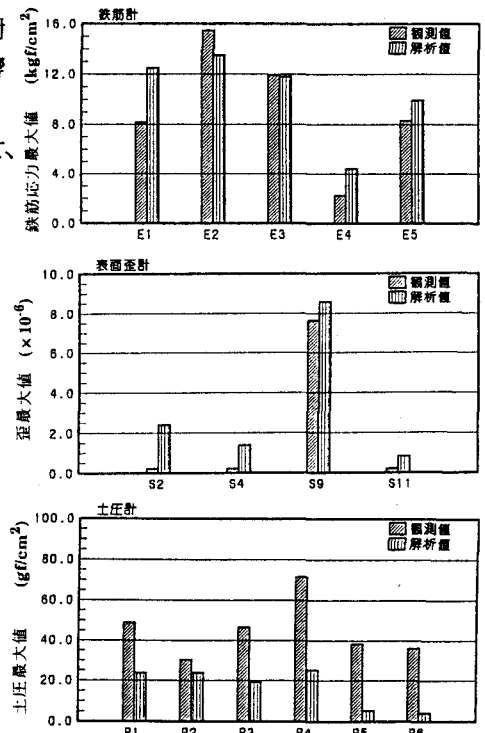


図-5 東海道はるか沖地震の場合の最大値の比較

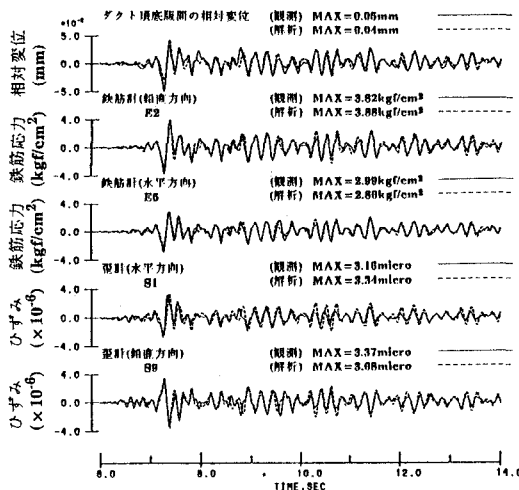


図-4 福島県沖地震の場合の時刻歴の比較