

東京ガス(株)技術研究所 正会員 塚 本 克 良
 正会員 西 尾 宣 明
 正会員 羽 村 淳

1 はじめに 宮城県泉市南光台の丘陵宅地造成地(急変地盤)において, 切土と埋土を横断する埋設管(鋼管口径200mm)の地震観測を行っている。今までに16の地震を観測した。今回は改めて実施した地盤調査, 観測結果および埋設管の地震応答数値解析結果について述べる。

2 地盤構造 観測開始時に宅地造成前と造成後の地形図と2ヶ所のボーリング資料をもとに観測場所の地盤断面を推定した。その後観測データが蓄積され, 地震応答解析による検討がなされるに従い, 当初推定した地盤断面より複雑である可能性があると考えられた。そこで改めてレーリー波を利用した地下探査を実施した。探査により明らかになった切土と埋土の境界を表わす地盤断面形状を図-1に示す。埋土部の最大深さは同じであるが, 幅(地表面で)は110mで当初推定した幅70mより広く, 造成時に段切りが行われたことを示唆している。地盤のせん断波速度は埋土で平均190m/S, 切土で600m/Sであった。

3 地震観測結果

- (1) 埋設管の軸ひずみ(以下ひずみ)はどの地震についても切土・埋土の境界と埋土層厚部との中間の埋土深さが変化しつつある位置で最大値を示し, 境界や埋土層厚部では小さい値であった(図-2)。
- (2) 管の軸ひずみの波形の主要な振動数成分は, 埋土層厚部の1次固有振動数と同じ2.0~5.0Hzの範囲にあり, 鉛直下方から入射するS波(地震波主要動部)に対する埋土部の応答が, 層厚の変化により不均一となることがひずみの主たる原因であると考えられた。なお, 近距離地震の場合, 境界近傍埋土部で6.0~8.0Hzの高い振動数成分も現われるが, これは埋土層薄部の1次固有振動数と一致する成分である。また, 遠距離地震の場合, 1.0Hz以下の表面波によると思われるひずみも多少現われた。

4 地震応答数値解析 急変地盤における埋設管のひずみを評価するため, S波に着目した数値解析による検討を加えた。計算は2つの過程に分けて行った。初めに図-3a)に示すモデルで地盤に関する応答解析を行う。次にその応答変位をb)に示すモデルに入力し管のひずみを求めた。解析に使用した地盤定数, 管諸元を表-1, 表-2に示す。計算を単純化するため, ここでは切土部をほぼ剛体と見なした。管軸方向の地盤ばね定数は $k=\pi DK$ (D :管外径, K :地盤反力係数)で定義し, $K=3.0\text{kgf/cm}^2$ として計算した。近・遠2つの地震(1982年6月1日宮城県沖地震, 1982年7月23日茨城県沖地震)についての解析結果(加速度, 変位, ひずみ)を図-4, 図-5に示す。加速度と変位応答の分布は埋土層厚部で最大となり境界寄りで小さな値となる不均一性を示している。図-4c)の管ひずみの最大値は観測値とよく一致しており, 2つのピークを持つ分布形状もよく合っている。図-5c)の管ひずみの最大値は観測値より若干小さめであるが, 分布形状は観測値の場合と非常によく似ている。管の全長にわたって観測値より解析値の方が若干小さめでその差がほぼ一定であるのは, この地震にかなりの強さで含まれる低振動数の表面波による成分の差であると考えられる。以上述べたとおり近距離地震, 遠距離地震のどちらの場合も管ひずみの最大値が観測値とほぼ等しくその分布形状がかなり一致していることから, S波に着目した本解析手法は急変地盤における埋設管の地震時挙動を適切に表現しているものと考えられる。

5 おわりに 基盤(切土部)を剛体に近づけ単純化したFEMモデルによって観測された埋設管挙動の特徴をきわめてよく説明できることが示された。このことは埋設管のひずみが, 不均一な地盤の, 主としてS波による不均一な応答によって生じることを示すものである。ひずみの大きさは地盤の不均一度(とくに軟弱地盤層厚の急変度)が大きいほど大きいと考えられ, そのような条件に対して, S波に対する地盤の応答解析は, ひずみの予測に有効な手法である。

6 参考文献 1) 西尾、塚本：丘陵地大規模宅地造成地盤における埋設管の地震時挙動観測、土木学会第38回講演集、1983,10
2) 塚本、西尾、羽村：埋設管の地震時応力に関する研究(第5報)、東京ガス技研報告第29号、1985,3

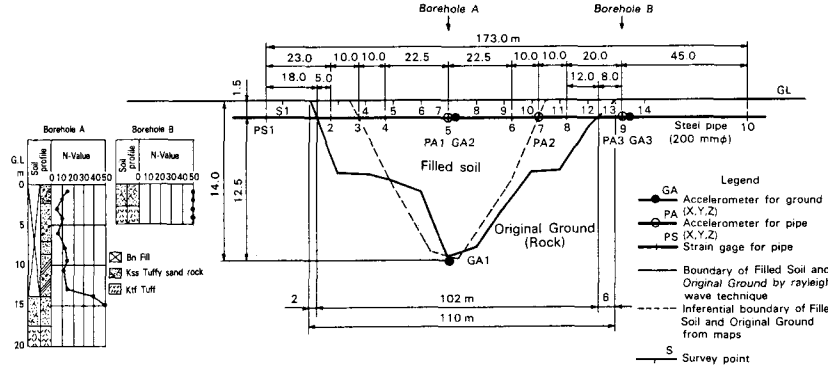


Fig. 1 Soil Profile and Location of Measuring Instruments at Observation Site

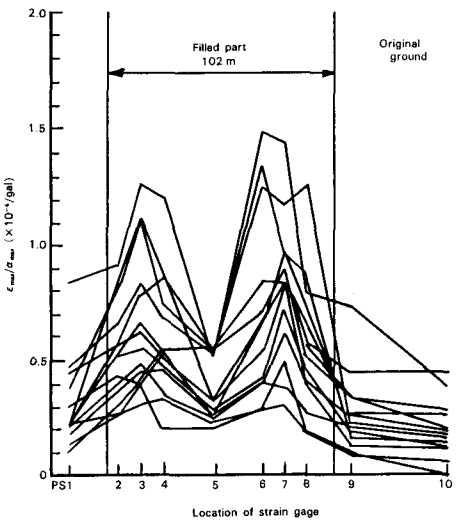


Fig. 2 Distribution of Maximum Axial Strain along Pipeline (Strain is normalized with respect to unit ground acceleration at GA3)

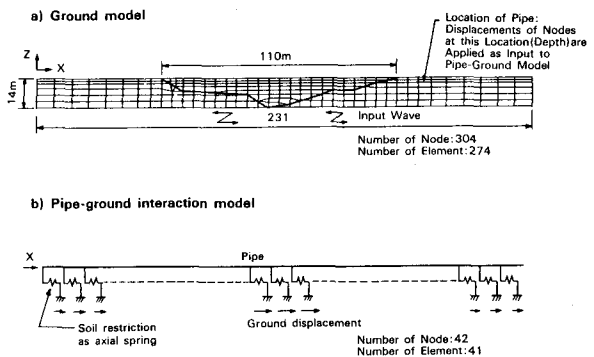


Fig. 3 Finite Element Models for Ground and Pipe

Table 1 Constants of Ground

	Filled Soil
Shear Wave Velocity Vs(m/s)	190
Density ρ(t/m ³)	1.9
Poisson's Ratio ν	0.47
Shear Modulus G(t/m ²)	7000
Damping Constant h	0.05

Table 2 Dimensions of Pipe SGP coated with Asphalt, Vinyl Cloth and Glassmat

Outside Diameter Do(cm)	21.63
Inside Diameter Di(cm)	20.47
Thickness t(cm)	0.58
Sectional Area A(cm ²)	38.4
Young's Modulus E(kgf/cm ²)	2.1 × 10 ⁶

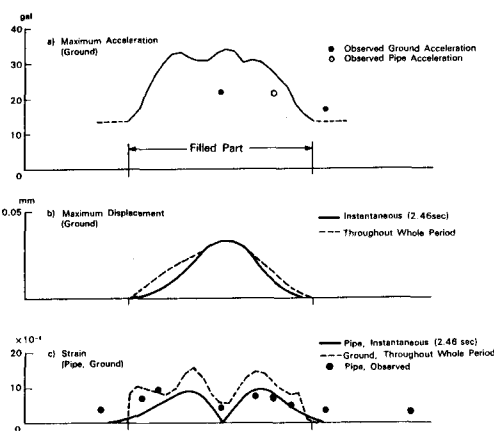


Fig. 4 Calculated Responses of Pipeline and Ground to No. 13 Earthquake: Max. Acc. at Base=13.8 gal

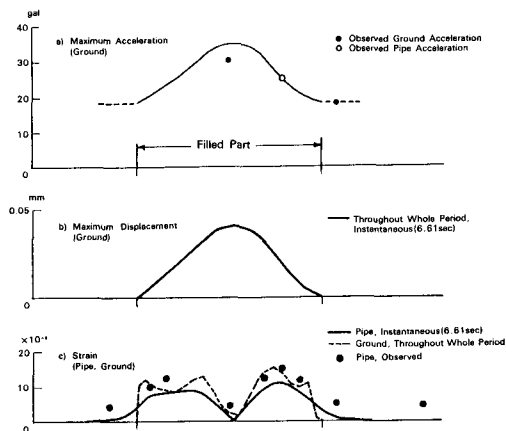


Fig. 5 Calculated Responses of Pipeline and Ground to No. 14 Earthquake: Max. Acc. at Base=17.5 gal