

東京電力 (株) 技術開発研究所

正員 鈴木 英世

同 上

正員 高比良敬一

同 上

坂本 幸男

1 はじめに

地中埋設導管の耐震設計の基礎資料を得るために、供用導管において地盤と導管の同時多点地震観測を実施し若干の考察を試みた。観測計器は図-1に示すように千葉県市原市の埋立地に設置されたLNGガス導管(D=950mm)の直線部約500mに5点の測点を設けたものであり、サーボ型加速度計により各点水平2方向成分の観測を行った。1976年6月より観測を開始しいくつかの記録を得たが、本報告では比較的加速度が大きく、震央距離の異なる2記録(表-1)に着目し検討を行った。

2 地盤と埋設導管の挙動の比較

本報告で検討の対象とした地震の諸元は表-1に示すとおりであり、震央距離の差異のほかマグニチュード・震源深さも各々異なるものである。また、震央方向は図-1に示すとおりである。図-2に波形の一例として'78宮城県沖地震によるS3(導管部)加速度波形、S4(地盤部)加速度・速度・変位波形(速度・変位はフーリエ積分による)並びにS1~S5間の相対変位波形を示す。これによると導管部と地盤部の加速度波形は非常に類似しており、また両者の最大値を比較するとほぼ同一の値を示していることから、導管部は地盤の挙動にほぼ一致しているものと思われる。一方、2点間の相対変位波形は速度波形に比較的類似したものとして得られ、これは地震波動が水平方向に位相差をもって伝播していることを示している。

次に'78宮城県沖地震記録波形のローカス図を最大変位振幅を示す時刻付近について描いたものを図-3に示す。図中に示す震央方向から波動が伝播するものと考えれば、この方向とほぼ直角な方向に振動しておりラブ波によるものと推定される。図-4に導管部と地盤部(S3・S4)の加速度フーリエスペクトル比を示すが、フーリエ成分の小さい短周期成分の一部を除きほぼ1倍の周辺に分布している。これにより、両者原波形の類似とともに、地盤部と導管部の挙動の一致を良く理解できよう。

3 地盤部歪の考察('78年宮城県沖地震を例として)

図-2ではS1~S5間の相対変位波形を示したが、図-5には各測点の絶対変位分布を0.1秒毎に示す。この図には位相速度を持った波動の伝播が導管測線上でとらえられている。図-6にはS4の加速度・速度・変位並びにS1~S5間相対変位の各波形のフーリエスペクトル図を示す。これらの図中、地盤歪に關係の深い相対変位波形と速度波形とのスペクトル曲線が類似していることが注目される。図-7にはGL-266mにおける波形を用いて重複反射計算を行った結果を示す。これによるとSH波による地表付近のせん断歪は約 60×10^{-6} と推定される。一方ラブ波が卓越するとみられる時間について推定波動伝播方向速度Vを相互相関々数によって約 1500 m/s 、卓越周期Tを約5秒、ベクトル合成して得た地盤変位aを 24 mm と得て、 $\gamma = \frac{2\pi a}{VT}$ により算出すると 20×10^{-6} となる。他方「石油パイプライン技術基準」に示される方法で波長Lと変位振幅U_hを得て $\gamma = \frac{2\pi U_h}{L}$ として算出すると 85×10^{-6} となりかなり余裕のあることが判る。

4 結び

以上の検討より、地表で約30gal程度の地震時の地盤・埋設導管の挙動を観測した結果得られた事項を列举すると以下のとおりである。1) 埋設導管は地盤と同一の挙動を示し導管部固有の応答は認められない。2) '78宮城県沖地震ではラブ波とみられる周期約5秒の波形がみられたが、波長は約7500mと算出されかなり長いものである。3) 管軸に沿った相対変位は速度波形に極めて類似している。

今後、更に強震時の多点観測記録の蓄積により耐震設計資料を充実させる必要があろう。

*) 「石油パイプライン技術基準(案)1974」日本道路協会 §3-3-10, 3-6-8

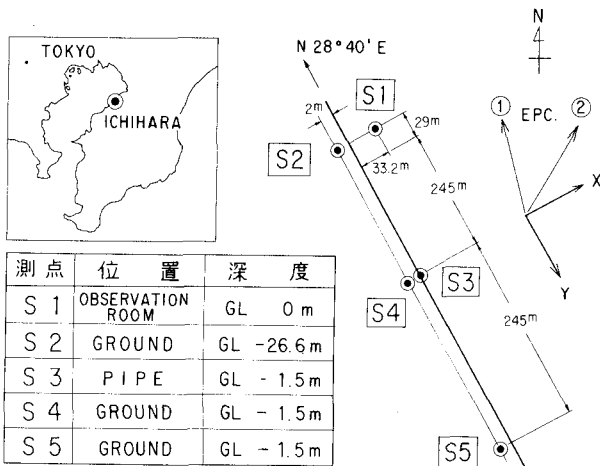


図-1 計器設置図

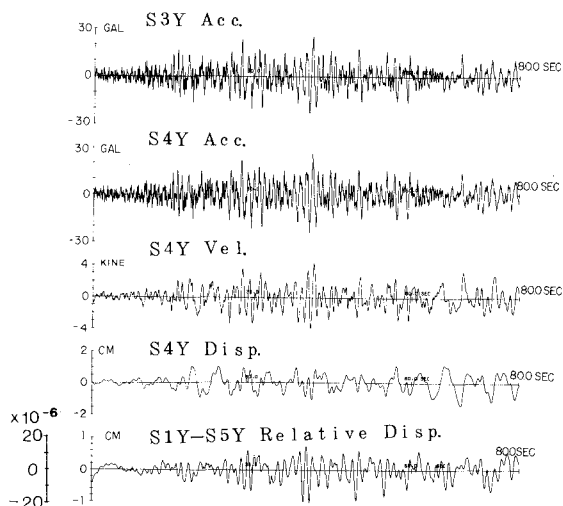


図-2 '78宮城県沖地震 記録波形

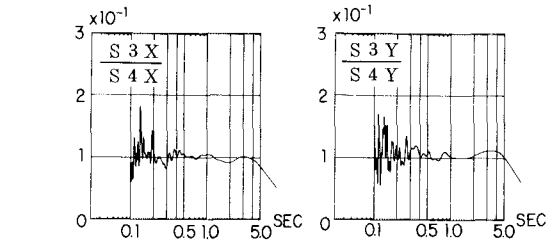
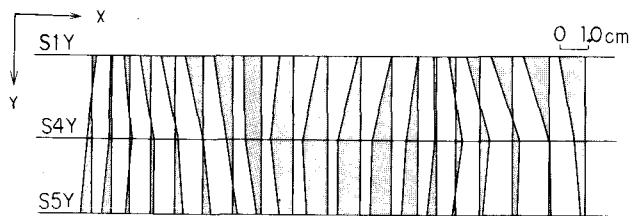


図-4 加速度フーリエスペクトル比 (S3/S4)



注) 各測点における導管軸方向 (Y) 変位を軸に直角な方向 (X) にプロットして示す。

図-5 地盤の変位分布の時刻歴 (t=39.1~40.9秒, dt=0.1秒)

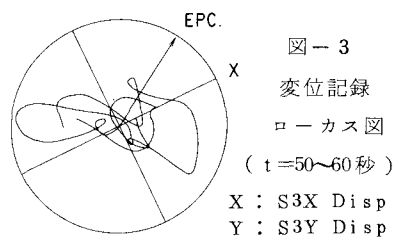


図-3 変位記録
ローカス図
(t=50~60秒)
X : S3X Disp
Y : S3Y Disp

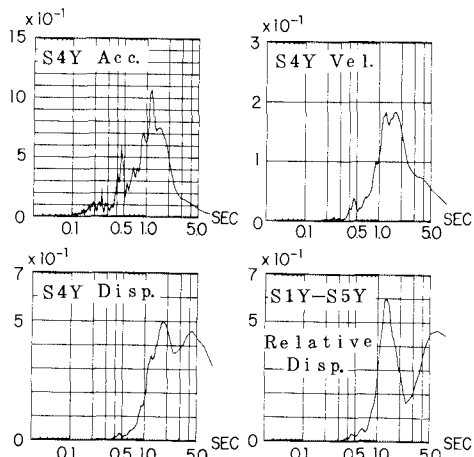


図-6 フーリエスペクトル

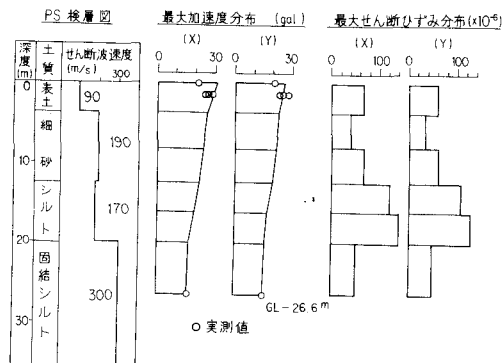


図-7 重複反射理論による最大加速度
および最大せん断ひずみ分布

表-1 観測地震および記録の最大値

観測地震名	①茨城県西部地震	②宮城県沖地震
発生日	1977.10.5	1978.6.12
マグニチュード	5.4	7.4
震央距離 (km)	65	340
震源深さ (km)	60	30
地表 max Acc (gal)	10.2	28.0
導管 #	8.3	25.4
基盤 #	4.8	14.3
地表 max Vel. (mm/s)	0.67	4.4
導管 #	0.66	4.4
基盤 #	0.33	3.3
地表 max Disp (cm)	0.068	1.4
導管 #	0.063	1.4
基盤 #	0.036	1.3

注) Y 方向記録の最大値を示す。