

防衛大学校 土木工学教室 正会員 ○ 佐藤 絃 志
石川 信 隆

1. 結言

1983年日本海中部地震におけるガス導管の被害報告によれば、全般的には1978年宮城県沖地震における被害傾向とほとんど同様であるが、ごく少数例として溶接接合された中圧本管における直管部本体の破断や曲管部本体の破断・亀裂など、従来の被害例では見られなかった現象が生じている。例えば、小口径鋼管路の被害を整理すれば表-1のようになり、SGP40Aでは主として直管部、SGP80Aでは主として曲部に損傷が起っている。このような被害は、一般的に山地や砂丘の端部に接する沖積低地や砂丘間低地に生じ、また切土と埋土の境界付近などいわゆる“地盤条件の急変部”に発生していることが注目される。

本研究は、地盤急変部における小口径埋設鋼管路の地震時挙動を考察するため、著者が先に提示した管体の塑性変形を考慮した埋設管路-地盤系の弾塑性解析手法を用い、ある地盤変位モデルを想定して、管径および管路形状の相異について検討を行ったものである。

表-1 日本海中部地震における
小口径ガス導管の被害(溶接鋼管)

	管 種 (口径)	被害部位	被害形態
能 代 市	SGP80A (80mm)	22.5°エルボ	亀 裂
	“ (“)	曲 り 部	折 損
	“ (“)	45° エルボ	折 損
	“ (“)	45° エルボ	折 損
若 美 町	SGP40A (40mm)	直管本体	折 損
	“ (“)	直管本体	折 損
	“ (“)	90° エルボ	亀 裂

(文献1) PP.41~59

2. 地盤変位のモデル化

いま、図-1に示すような地盤急変部における埋設管路の地震時挙動を考察するための地盤変位モデルを考える。この状態のモデル化にあたっては、地盤の変形に追随した挙動を示す埋設管路の特性を考慮する必要があり、ここでは、図-2(a)に示すように管路に沿った表層地盤に大きな相対地盤変位が生ずるモデルを考えた。従来は地盤変位として、地表面近くを伝播する表面波を考えていたが、表面波では変位振幅が大きくなっても波長が長いので地盤ひずみは大きくなれず、管路の震害を考察するための入力としては不向きである。よって、ここでは、実際の震害が基盤が傾斜している地域などのいわゆる地盤条件の急変部に起っていることから、不均一な表層地盤に鉛直下方から上方へ向ってS波が入射したときに生ずる地盤変位振幅の増幅を考慮して、図-2(a)のような地盤変位モデルを採用した。

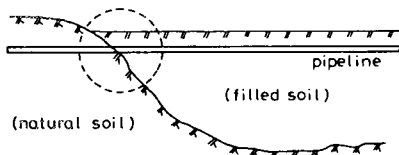


図-1 地盤急変部と埋設管路

3. 数値解析

管路系モデルは図-2(b), (c)に示すような全長180mの直線管路(モデル1)および中間に45°の曲り部をもつ平面管路(モデル2)を用い、管種および管径は表-1を参考にSGP40AとSGP80Aの2種類とした。また、地盤ばねに関するデータはガス導管耐震設計指針³⁾に準じて定め、文献2)の値を用いた。なお、管路の境界条件としては、管路両端を地盤の動きと同じになるように地盤に固定した。実際の解析は、図-2(b)または(c)に示す管路系モデルに対し、図-2(a)のような強制的な地盤変位を与え、この基準振幅の α 倍のときの管路の弾塑性挙動を調べるも

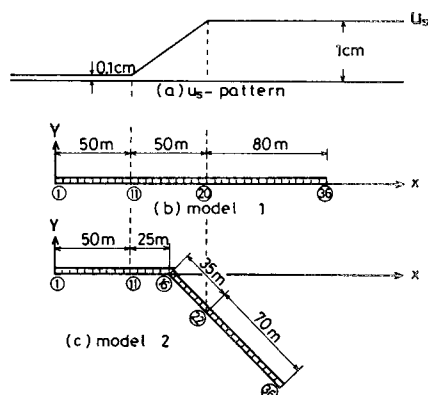


図-2 基準地盤変位分布および管路モデル

のである。

図-3は、SGP40Aを用いたモデル1およびモデル2の $\alpha=40$ に対する軸ひずみ分布を示したものである。モデル1の場合の軸ひずみは、地盤急変部に対応する要素(11~20)で非常に大きくなっており、このような顕著な傾向は弾性解析(点線)によっては予測できないことである。一方、曲り部をもつモデル2の場合には、曲り部の影響のため多少複雑な分布になっているが、この場合でも管路の軸ひずみは地盤急変部の直管部(12,13)で最大になっている。このことは、地盤急変部に建設された管路の直管部での損傷の可能性を示唆している。

図-4は、モデル1で軸ひずみが最大になっている要素(15)の軸ひずみ ϵ と地盤変位係数 α との関係を示したものである。これより、モデル1の直管部では管径の相異による影響はあまり見られず、また当然ながら弾塑性解析の方が弾性解析に比し大きな軸ひずみを生じていることが確認された。

次に図-5は、モデル2における曲り部付近の変形状態を $\alpha=40$ に対して図示したもので、いわゆる管路の弾塑性変形図である。これより、曲り部付近の管要素は軸方向変形のみならず曲げ変形を受けている様子が認められる。また、径の大きいSGP80Aの方が、径の小さいSGP40Aより大きな曲げ変形を生じていることが注目される。このことは、表-1に示しているようにSGP80Aにおける実際の震害が曲り部で起っていることの一つの証左ともなっている。この場合の曲り部(節点16)における部材端回転角 τ と地盤変位係数 α との関係を図-6に示した。この結果もSGP80Aの方が曲げ変形が大きくなるという図-5の傾向を裏づけている。

4. 結言

本研究の結果、(1)管路の軸ひずみは、地盤急変部で非常に大きくなること、(2)曲り部を有する管路の場合、曲り部付近では、軸方向変形のみならず曲げ変形も生ずること、(3)また曲げ変形は、口径の大きいSGP80Aの方がSGP40Aより大きくなっていることなど、実際の震害傾向を説明するいくつかの知見が得られた。

(参考文献) 1) 日本ガス協会: 日本海中部地震と都市ガス, 昭和59年2月。2) 香月・佐藤・石川: 任意の地盤変形を受ける埋設管路の弾塑性解析に関する一考察, 土木学会第38回年次学術講演会, I-365, 昭和58年9月。3) 日本ガス協会: ガス導管耐震設計指針, 昭和57年3月。

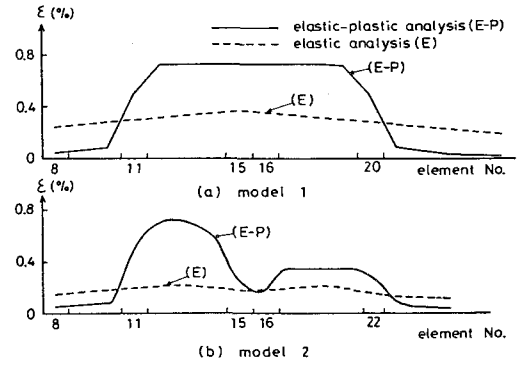


図-3 モデル1およびモデル2の軸ひずみ分布(SGP40A)

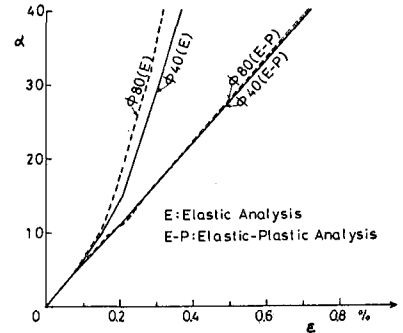


図-4 モデル1: 要素15の軸ひずみ

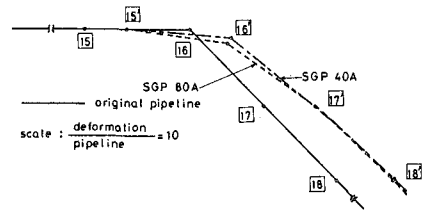


図-5 モデル2: 管路の弾塑性変形図($\alpha=40$)

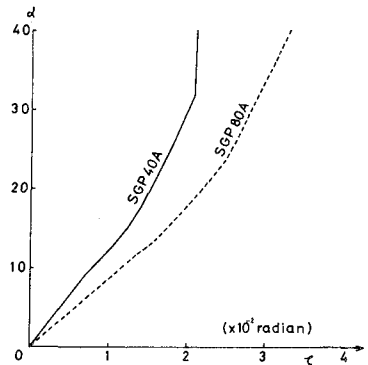


図-6 モデル2: 節点16の部材端回転角