

地盤との滑り現象を考慮した埋設管の地震時変形挙動評価のための数値解析手法

東京ガス(株) 正会員 ○坂上 貴士

東京ガス(株) 正会員 鈴木 暢恵

1. 緒言

天然ガス供給インフラの地震被害予測及び耐震性評価において、埋設管の地震時変形挙動の予測は重要である。著者らは、三次元有限要素解析を用いた埋設管の地震時変形挙動評価のための手法構築を行っている。既往研究¹⁾²⁾によると、埋設管と地盤との間における管軸方向の相対変位が一定量に達すると、埋設管と地盤との間に滑り現象が発生することが知られている。本研究では、この滑り現象を埋設管の地震時変形挙動評価のための有限要素解析に導入する方法を考案したので、ここに報告する。

2. 埋設管と地盤との間に発生する滑り現象及びそのモデル化手法

小林ら³⁾は、都市ガス導管網において標準的な塗覆材であるポリエチレンコーティングを施した鋼板と標準的な埋戻し材である山砂との間に発生する滑り現象を図1に示した一面せん断試験機に準じた試験装置を用いて観察した。その結果、滑り現象は鋼板のごく近傍の山砂内で発生し、図2に示すように、鋼板に発生したせん断力が鋼板と山砂間の相対変位がわずかな値で最大値となること及び鋼板に発生したせん断力の最大値が鋼板に発生する垂直応力に比例することを確認した。

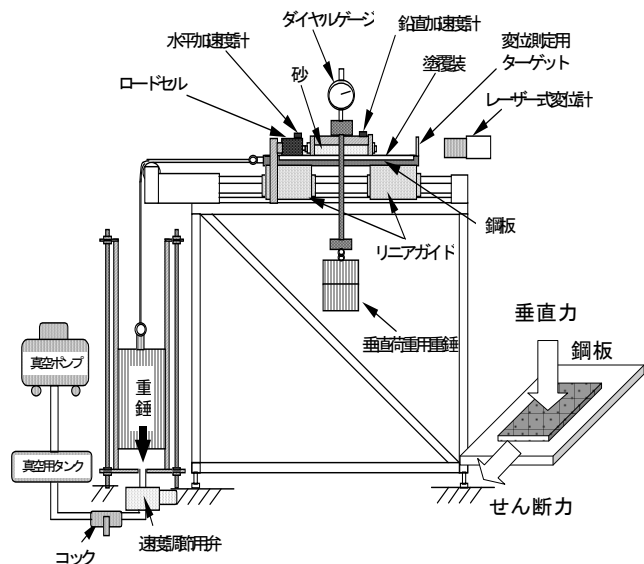


図1 滑り現象評価のための試験機

以上で示した滑り現象の特性を埋設管の地震時変形挙動評価のための有限要素解析に導入するにあたり、図3に示すように、埋設管と地盤の間に滑り現象を表現するための要素（以下、滑り要素）を考案した。滑り要素は、図2に示した滑り現象の特性を表現するため、微小なせん断変形により、一定のせん断応力となるものとした。せん断応力の大きさは、滑り要素内に発生する垂直応力に比例し、その比例係数は図2(b)に示した試験結果に基づき、0.50に設定した。

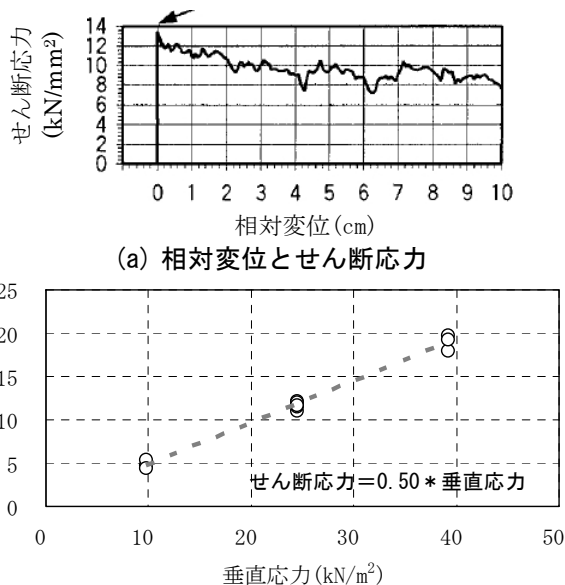


図2 鋼板に発生するせん断力の特性

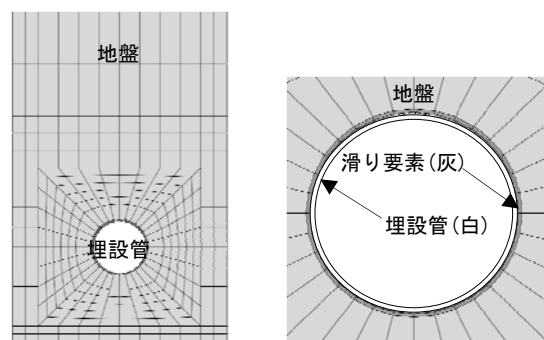


図3 滑り要素

キーワード 埋設管, 不整形地盤, 一面せん断試験, すべり

連絡先 〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-7 東京ガス(株) TEL 045-505-7309

3. 不整形地盤下における埋設管の地震応答解析例

ここでは、不整形地盤下における埋設管の地震応答解析例を通じて、滑り要素を導入した埋設管の変形解析手法の特性を確認した。図4に示した不整形地盤に土被り1.2mで埋設された呼び径300Aの溶接鋼管の発生ひずみを有限要素解析により算出した。地盤物性及び埋設管の緒元を表1に示す。入力に用いた波形は、表層地盤の一次固有周期を中心周波数とするリッカー波である。

解析は、滑り要素を導入しない場合及び滑り要素を導入した場合について実施した。滑り要素の特性は図5に示した通りであり、地震応答解析に先立ち実施した自重解析により求まる滑り要素の埋設管法線方向の垂直応力に比例係数0.50を乗じることで、各要素の最大せん断応力を定義した。基盤層、表層、滑り要素及び埋設管は、いずれも8節点要素を用いてモデル化した。滑り要素を導入しない場合は、埋設管と節点を共有する埋設管周囲の要素の特性を地盤と同一とした。解析に用いたソルバーは、SIMULA社製のABAQUS ver. 6.9である。

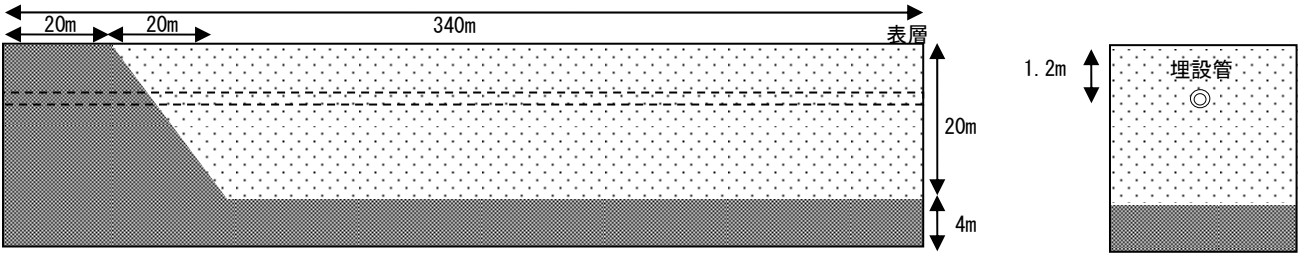


図4 不整形地盤下における埋設管

表1 地盤物性及び埋設管の緒元

	基盤層	表層	埋設管
単位体積重量(kN/m³)	19.6	17.4	76.4
ポアソン比	0.45	0.45	0.30
せん断波速度(m/sec)	300	100	1018
外径(mm)			318.5
管厚(mm)			6.9

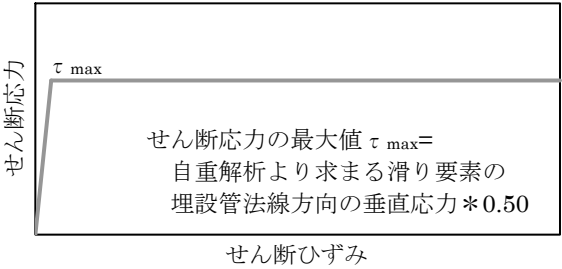


図5 滑り要素の特性

図6にリッカー波の最大振幅を300gal及び600galとした場合にて、埋設管に発生した軸方向ひずみの分布を示す。滑り要素の導入により、軸方向ひずみの分布が変化するとともに、その最大値が軽減した。埋設管の地震時変形挙動評価のための数値解析手法に埋設管と地盤との間の滑り現象を考慮することは、合理的な耐震性照査にもつながることが示された。

4. 結言

埋設管と地盤との間に発生する滑り現象を埋設管の地震時変形挙動の評価に関わる有限要素解析に導入する方法を示した。滑り要素の特性は、自重解析により求まる滑り要素の埋設管法線方向の垂直応力に応じて決定される。

参考文献

1) 鵜飼恵三：軸方向すべりを考慮した場合の地中埋設管の震動応答解析，土木学会論文報告集，第272号，pp. 27-33，1978。
2) 小池武：埋設パイプラインの地震時ひずみ評価，土木学会論文報告集，第331号，pp. 13-24，1983。
3) 小林実央他：高速一面せん断試験機による埋設管に作用する軸方向地盤拘束力特性の検討，第24回地震工学研究発表会講演論文集，pp. 441-444，1997。

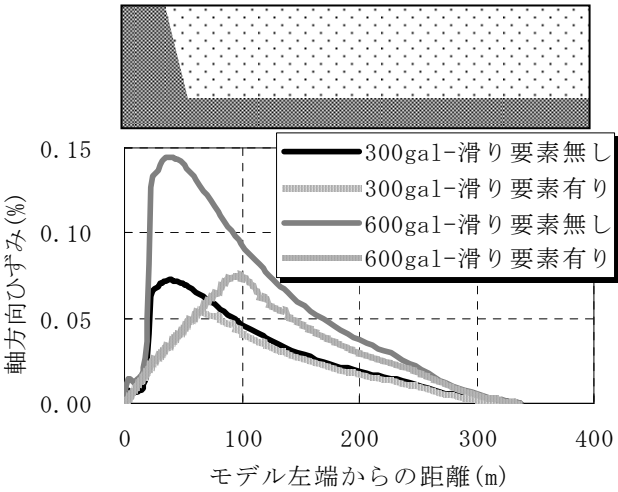


図6 埋設管の軸方向ひずみ分布