

地盤—地中埋設管系の地盤反力特性に関する基礎的実験

武蔵工業大学 学正会員 ○筒井智照

武蔵工業大学 正会員 片田敏行 末政直晃

1. はじめに

現在都市生活を支援する上下水道・都市ガス等のライフラインは、地盤中に埋設された管路により広く供給されている。これら地中埋設管が地震により被害を受けると、都市を支えるライフラインシステムが機能を停止し、都市生活は麻痺し不可能なものになってしまう。近年国内外で大きな地震が発生しており、ライフラインの被害も数多く報告されている。それにより地中埋設管の耐震評価の重要性が再認識されている。そこで本研究では、塩化ビニルパイプを埋設管とした管軸方向静的引き抜き実験および振動台を用いた動的繰返し実験を行う。そして、地中埋設管が周辺地盤からどのような外力を受けているのかを把握し、埋設管と地盤の反力特性を明らかにするとともに、管軸方向の地盤拘束力—変位関係を求めることを目的とする。

2. 実験概要

本実験は管径 $\phi 26\text{mm}$ の塩化ビニルパイプを埋設管とし、要素実験を行い管軸方向地盤拘束力—変位関係を求めることを目的とする。図-1, 2 にそれぞれ静的引き抜き実験、振動台を用いた動的繰返し実験概要図を示す。試料には最適含水比 15% に調整した山砂を用いた。引き抜き実験においては締固め度を変え $D_c=85\%$, 95% について実験を行った。以下にそれぞれの地盤作成方法について示す。

i) $D_c=85\%$ の地盤作成方法

ベロフラムシリンダーを使用し、圧縮応力 200kPa のもとで試料を 3 層に分け締固め、幅 300mm × 奥行き 200mm × 高さ 200mm の地盤を作成した。1 層目の圧縮終了後高さ 80mm の位置に塩ビ管を設置した。また次層を圧密する際には表面をけがいた後圧密を行っている。

ii) $D_c=95\%$ の地盤作成方法

2.5kg ランマーを使用し、試料を 4 層 (1 層の仕上がり厚が 5cm) になるように締固め、締固め度が $D_c=95\%$ 以上になることを目的として地盤を作成した。2 層目を締固めた後、 $D_c=85\%$ と同様高さ 80mm の位置に塩ビ管を設置し、次層を締固める際表面をけがいた後締固めている。また水道管やガス管といった埋設管は通常、地表面から 1.2m 程度の深さに埋設されている。本実験では i) ii) どちらの地盤作成方法においても締固め終

了後、模型地盤上部にゴムパックで所定の拘束圧を加えることにより、地表面から 1.2m の深さの地盤を再現している。静的引き抜き実験は埋設管をスクリージャッキ (载荷速度 0.14mm/sec) により水平方向に引き抜き、スクリージャッキにかかる荷重をロードセルで、管の変位を変位計によりそれぞれ計測した。振動台実験

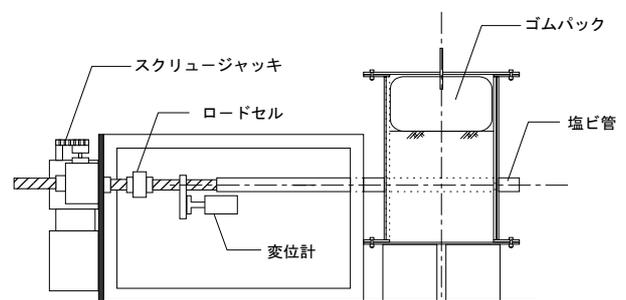


図-1 引き抜き実験概略図

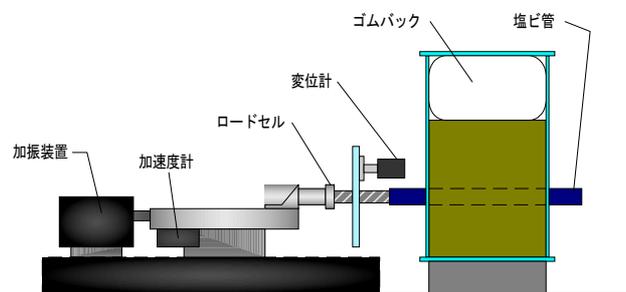


図-2 振動台実験概略図

表-1 実験条件

管	塩化ビニルパイプ (外径 $D=26\text{mm}$ 管長= 580mm)		
山砂	最適含水比 $w_{\text{opt}}=15\%$		
	最大乾燥密度 $\rho_{\text{dmax}}=1.634\text{g/cm}^3$		
	土粒子密度 $\rho_s=2.675\text{g/cm}^3$		
引き抜き実験	締固め度 $D_c=85\%$		
	$D_c=95\%$		
振動台実験	正弦波	振幅 0.1cm	振動数ともに 5Hz
		振幅 0.3cm	

キーワード：地中埋設管 地盤拘束力 相対変位 すべり

連絡先：武蔵工業大学 地盤工学研究室 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL&FAX03-5707-2202

においては、管を振動台に固定し、振動台を加振することで地盤と管の間に相対変位を発生させ管軸方向の地盤反力特性を求めた。振動台実験には入力変位の違う2種類の正弦波を用いた。表-1に実験条件を示す。

3. 実験結果および考察

図-3 は引抜き実験による地盤拘束力-変位関係を、図-4 は振動台を用いた動的繰返し実験による地盤反力特性である。a)に時刻歴波形 b)に地盤拘束力-変位関係を示す。図-3, 4a)において縦軸は地盤拘束力、横軸は相対変位を示している。地盤拘束力は、ロードセルによって計測した荷重 F を埋設管表面積で除した値 ($F/(\pi DL)$: D は管径、 L は管長を示す。)としている。図-3 よりどちらの場合においても 2~3mm の変位までは弾性挙動を示し、地盤拘束力は最大値に達する。限界相対変位を超えるとすべり摩擦が働き、地盤拘束力はある一定の値に収束している。また $D_c=95\%$ と $D_c=85\%$ を比較すると、 $D_c=85\%$ の最大地盤拘束力は $D_c=95\%$ の 75% 程度に低減することがわかる。図-4 より振幅 0.1cm に比べ振幅 0.3cm では塑性変形が大きいことが分かる。この理由として繰返し変位の大きさが影響し、塑性変形量の大きさに差が現われたと考えられる。動的地盤拘束力は、静的地盤拘束力の約 7 割程度の値を示すとされている。本実験においても図-3, 4 (ともに $D_c=95\%$) を比較すると 7 割程度の値を示している。表-2 にガス導管耐震設計指針¹⁾ と実験結果の比較を示す。ガス指針においては相対変位 0.17cm までは弾性領域を示し、それ以降はすべりが生じる塑性領域として地盤ばねが定義されている。静的引抜き実験においては最大地盤拘束力がやや大きな値を示してはいるが、動的地盤拘束力は静的地盤拘束力の 7 割程度であるということを考えれば、実験結果はガス指針と同程度の値である。

4. まとめ

- ・地盤拘束力は 2mm 程度の微小相対変位で最大値を示す
- ・地盤拘束力は繰返し変位を受けるとともに低減しある一定値に収束する
- ・動的地盤拘束力は静的地盤拘束力の 7 割程度の値を示す
- ・実験結果はガス指針とほぼ同じ値を示した。

<参考文献> 1) 日本ガス協会:「ガス導管耐震設計指針」1982.3

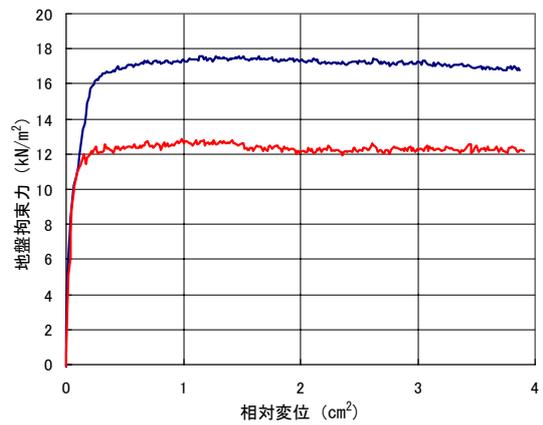
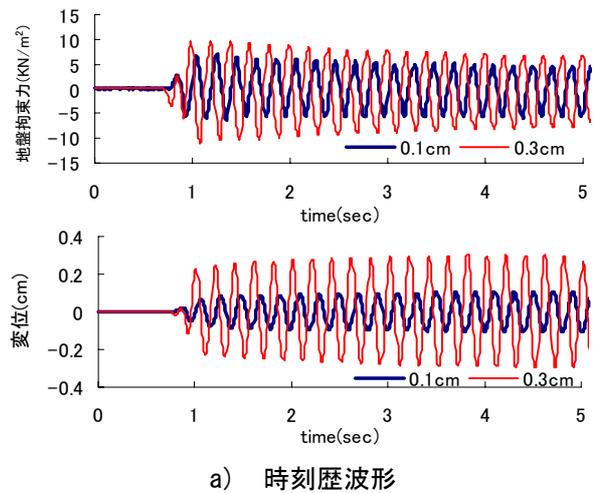
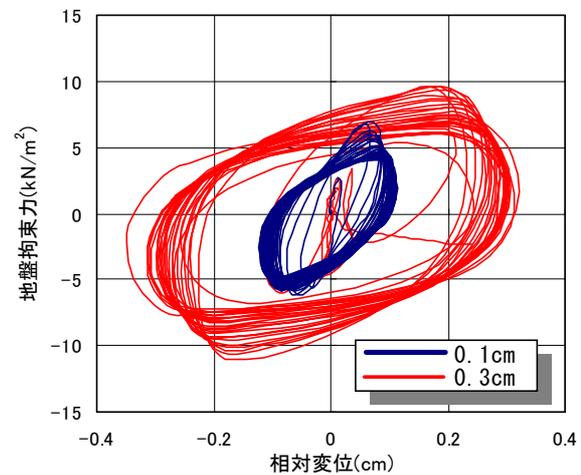


図-3 地盤拘束力-変位図(引抜き実験)



a) 時刻歴波形



b) 地盤拘束力-変位図

図-4 地盤拘束力特性

表-2 ガス指針と実験結果の比較

	最大地盤拘束力 (kN/m ²)	限界地盤相対変位 (10 ⁻² m)	地盤ばね定数 (MN/m ³)
ガス指針	9.8	0.17	6
引抜き実験	16.73	0.32	5.2
振動台実験	9.57	0.21	4.9