

埋設管に作用する液状化地盤の抵抗力特性

N K K 正会員 鈴木 信久
 N K K 正会員 矢野 達夫
 東電設計 正会員 佐藤 正行
 山口大学 正会員 三浦 房紀

1 まえがき

砂地盤の液状化に伴って発生する側方流動により埋設管などの地中構造物は、大きな変形を生じることがある。本文では、埋設管に作用する液状化地盤の抵抗力特性に及ぼす変位速度の影響を調べるために行った土槽実験の結果について報告する。

2 実験の概要

実験装置の全体概要を図1に示す。実験土槽は、幅1.5m、深さ1.5m、長さ2.0mの鋼製で、側壁にはアクリル板を取り付けた。また土槽の下部には、実験地盤を液状化させるための加圧室を設けた。実験地盤を液状化させるため、定格吐出量 $0.2\text{m}^3/\text{min}$ 、全揚程30mの水中ポンプを使用し実験土槽底部の加圧室に注水した。これにより、土槽内の実験地盤に上昇流を発生させながら間隙水圧を上昇させた。液状化した実験地盤の抵抗力を測定する円柱供試体は、外径50mm、長さ30cmのアルミ管を使用し埋設深さは管中心位置で200mmとした。液状化地盤内に設置した円柱供試体は、強制動揺装置から下げた支持アームに接続し、強制動揺装置を水平に最大変位20cmで移動させた。

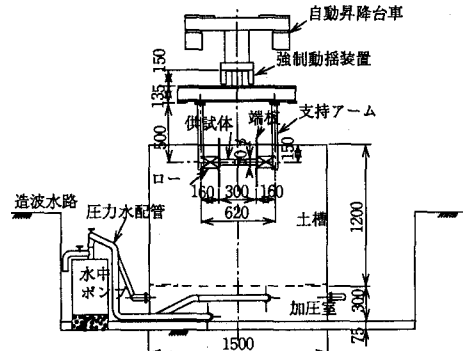
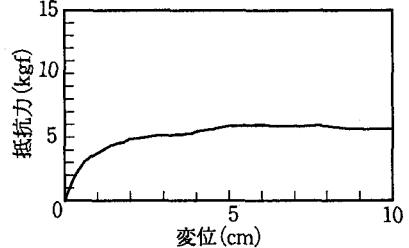
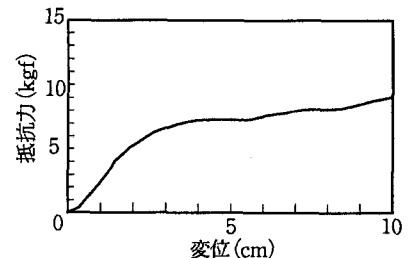
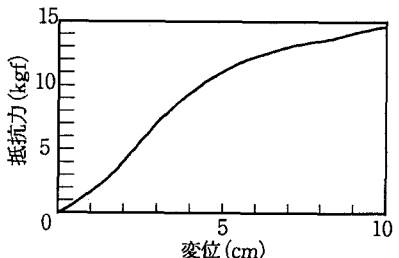


図1 実験装置概要図

図2 抵抗力と変位の関係 ($V=0.43\text{cm/sec}$)図3 抵抗力と変位の関係 ($V=3.70\text{cm/sec}$)図4 抵抗力と変位の関係 ($V=8.84\text{cm/sec}$)

3 実験結果

(1) 埋設管に作用する抵抗力～変位曲線

変位速度が $V=0.43, 3.70, 8.84\text{cm/sec}$ の3ケースについて、代表的な荷重～変位曲線を図2～図4に示す。ただし、この実験時における土槽底部での過剰間隙水圧比は、 $0.827\sim 0.877$ であり、完全液状化状態にはなっていないものと思われる。各変位速度における荷重～変位関係を見ると、 $V=0.43\text{cm/sec}$ では変形の初期段階において荷重が線形的に増加した後で明確な降伏点が表れ、変位の増加にかかわらず荷重強度はほぼ一定となっている。 $V=3.70\text{cm/sec}$ について見ると、全体的な傾向は $V=0.43\text{cm/sec}$ よりも滑らかな曲線となっており、降伏変位の増加と最大荷重の上昇が認められる。 $V=8.84\text{cm/sec}$ では、さらにその傾向が顕著に表れている。

(2) 変位速度による地盤ばね特性の変化

ここでは、(1)に示した荷重～変位曲線を図5に示すよう

に、弾性～完全塑性のバイリニアモデルで近似し、バイリニアモデルを表す三つのパラメータ、地盤ばね係数（ k ）、降伏変位（ u_y ）、最大抵抗力（ q_u ）と供試体の変位速度の関係を以下に示す。

①地盤ばね係数

地盤ばね係数（ k kgf/cm³）～変位速度（ V cm/sec）の関係を図6に示す。図に示すように、地盤ばね係数は変位速度とともに漸減し、一定値になっている。そこで $V=0\sim 10$ cm/secの範囲で二次曲線で回帰すると次式のようなになる。

$$k = 0.000350V^2 - 0.00699V + 0.0482 \quad (1)$$

②最大抵抗力

最大抵抗力（ q_u kgf/cm²）～変位速度（ V cm/sec）の関係を図7に示す。最大抵抗力と変位速度の関係は、変位速度とともに漸増し、変位速度の大きな領域ではほぼ一定となる傾向を示している。この関係を上述の地盤ばね係数と同様に二次曲線で回帰すると、次式が得られる。

$$q_u = -0.000374V^2 + 0.00748V + 0.0364 \quad (2)$$

③降伏変位

降伏変位（ u_y cm）～変位速度（ V cm/sec）の関係を図8に示す。図に示すように、降伏変位は変位速度の増加に従って比較的急速に増加し、変位速度が速い領域では q_u の場合と同様に一定値に漸近する傾向を示している。よって同様に二次曲線で回帰すると次式が得られる。

$$u_y = -0.0352V^2 + 0.7041V + 0.440 \quad (3)$$

④地盤パネ特性に及ぼす変位速度の影響

埋設管と地盤の相対変位速度に関して基本変位速度として1.0 cm/secを選定し、地盤ばね特性を表す各パラメータ（ k 、 q_u 、 u_y ）の値及びそれらと $V=10$ cm/secにおける各パラメータの比を表1に示す。各パラメータのうちで u_y が最も大きく変動している。

4 まとめ

以上、試験土槽内における液状化実験の結果をまとめると次のようになる。

- ①地盤ばね係数（ k ）は、変位速度（ V ）に従って減少し7 cm $\leq V$ ではほぼ一定値に漸近する傾向を示している。
- ②最大抵抗力（ q_u ）・降伏変位（ u_y ）は、変位速度とともに増加し、7 cm $\leq V$ では上限値に漸近する傾向を示している。

参考文献 1) (財)地震予知総合研究振興会：-日米共同研究-地盤変状と地中構造物の地震被害に関する研究，昭和63年度調査・研究報告書，821p.，1989。

2) 山下裕司，ロサト・マシタ，東畑郁生：液状化した砂地盤が側方流動するときの埋設管の挙動，第27回土質工学研究発表会，417，1992。

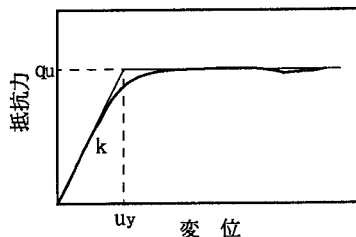


図5 バイリニアモデルの定義

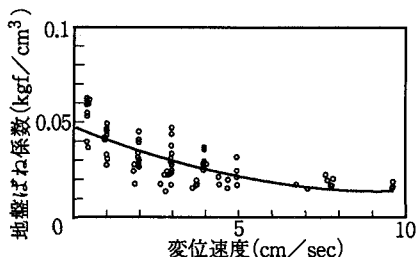


図6 地盤ばね係数と変位速度の関係

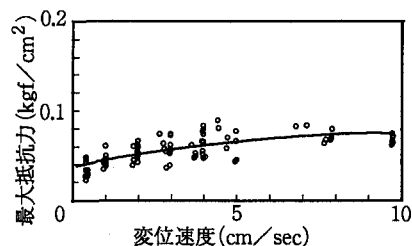


図7 最大抵抗力と変位速度の関係

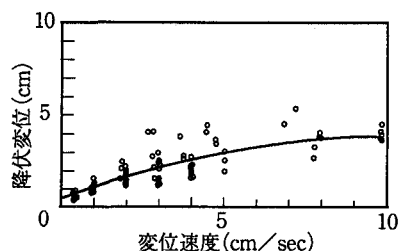


図8 降伏変位と変位速度の関係

表1 地盤ばね特性に及ぼす変位速度の影響

	V (cm/sec)		V_{10}/V_1
	1	10	
k (kgf/cm ³)	0.0416	0.0133	0.320
q_u (kgf/cm ²)	0.0435	0.0738	1.697
u_y (cm)	1.1090	3.9611	3.572