

断層変位の影響を受ける埋設管の変形挙動 - 地盤反力特性 -

J F E 技研 正会員 鈴木 信久
 大林組技術研究所 正会員 樋口 俊一

1. はじめに

本研究は、断層変位の影響を受ける埋設管の挙動を、地盤の強度や剛性が実物とほぼ同等となる遠心模型実験により検討したものである。本編では埋設管と地盤との相互作用を評価することを目的に実施した埋設管の引上げ実験と、それにより得られた地盤反力特性について述べる。

2. 埋設管の引上げ実験

目的 逆断層による断層変位により埋設管が強制変位を受けると、下盤側（地盤が止まっている側）では埋設管が地盤に対して相対的に鉛直上方に変位するが、このような場合の地盤拘束力特性十分に解明されていない。そこで剛な管を地盤中に埋設して引上げる実験を実施した。

実験装置 図1に試験装置の概要を示す。実験は剛土槽中に作製した砂地盤（珪砂7号、相対密度90%）に埋設管模型（L=200mm）を埋設し、所定の遠心重力に载荷した後に電動载荷ジャッキで鉛直に引上げた。

試験体 図2に試験体の詳細図を示す。試験体は両端に取り付けたワイヤにより载荷治具を介して载荷ジャッキに接続されている。このため引上げ時に試験体端部に曲げモーメントは生じない。また、引上げ部周辺にはホト管（厚紙製）を設置し、内部にグリスを充填して、ワイヤ及び埋設管端部と地盤との摩擦を低減した。試験体には引上げ時の曲げモーメント分布を計測するため、歪ゲージを取り付けた。

試験ケース 表1、表2に試験ケースとパラメータを整理して示す。実験パターン2は実物換算値が同一で遠心重力が異なる試験体による実験で、いわゆる Modeling of models に相当する。

3. 実験結果

管径と作用荷重の関係 表3、表4に試験体の曲げモーメント分布より推定した荷重分布から算定した最大引上げ荷重を示す。ここで、実物換算値ではパイプの長さで除した単位奥行きあたりの荷重 P1 とした。整理の結果、(a)管径が大きいほど最大引上げ荷重は大きいこと、(b)管径が小さいほど最大荷重を示す D が大きいこと、(c)埋設深さが大きいほど最大荷重値は大きいこと、(d)埋設深さが大きいほど最大荷重を示す D は大きいこと、等の特徴が明らかとなった。また、縮尺が異なっても最大荷重値はほぼ等しくなることが確認された。

最大地盤拘束力 実験で計測された最大荷重と、高圧ガス導管液状化耐震設計指針¹⁾（以降、液状化指針）に準拠した、パイプが地盤に対して鉛直上方に変位する場合の最大地盤拘束力を比較した。ここで、液状化指針による地盤拘束力 σ_c の算定式（以降、指針式）は、

$$\sigma_c = \left(K \tan \phi \frac{H_p}{D} + 1 - \frac{\pi D}{8H_p} \right) \cdot \gamma_t H_p$$

K: 静止土圧係数、 ϕ : 土の内部摩擦角、 H_p : パイプ中心の埋設深さ (m)、 γ_t : 土の単位体積重量 (kN/m³)、D: パイプ直径 (m) である。 $\phi=43$ 度（土質試験値）、 $\gamma_t=14.8$ kN/m³（計測値）および K=0.65 を仮定して指針式による最大地盤拘束力を算定した。図3に指針式による最大地盤拘束力と、表3、4の最大荷重値 P1 により算定した最大地盤拘束力を比較して示す。この結果より、実験値と指針式の整合性が高いことがわかった。

地盤反力係数 表3、4で整理した最大引上げ荷重発生時の地盤反力係数 k_{pmax} は、全てのケースで 1.0 ~ 2.0N/cm³ 程度の値となった。一方、地盤反力係数の非線形性を検討するため、パイプ径 D で正規化したパイプ変位 δ/D と地盤反力係数 k の関係を図4に整理した。地盤反力係数はパイプ変位 δ_p/D が 0.075 ~ 0.2 で極大値を示し、これより大きな変位では地盤反力係数が小さくなることがわかった。

キーワード 断層変位、埋設管、遠心模型実験、地盤反力

連絡先 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1 JFE 技研(株) nob-suzuki@jfe-rd.co.jp

4.まとめ

- ・断層変位により埋設管が地盤に対して相対的に鉛直上方に変位する場合、最大地盤拘束力は高圧ガス導管液状化耐震設計指針の算定式で推定できる。
- ・地盤反力係数は H_p/D 変位 H_p/D が 0.075 ~ 0.2 で極大値を示し、これより大きな変位では漸減する。

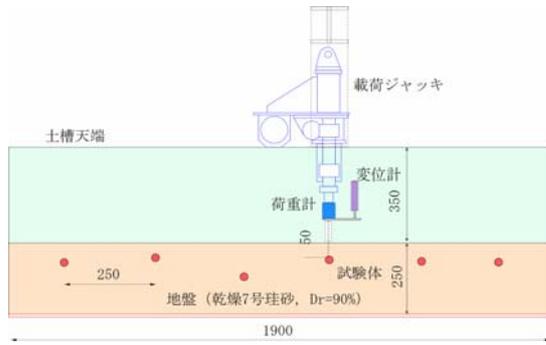


図1 試験装置概要

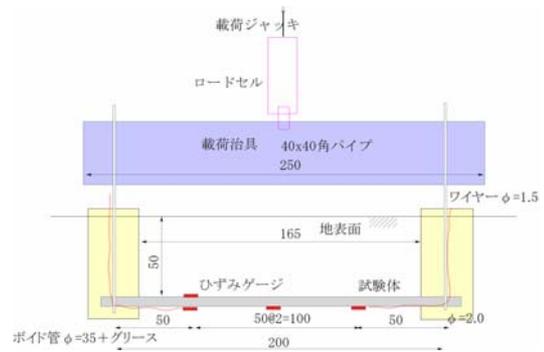


図2 試験体詳細図

表1 実験 H_p ターン1 (管径 H_p ラメータ)

ケース		1-1	1-2	1-3
H_p 種類	単位: mm	鋼棒 $\phi=6$	Al H_p ($\phi=15, t=1$)	Cu H_p ($\phi=10, t=1$)
管径 D	模型 / 実物換算値 (mm)	6 / 300	15 / 750	10 / 500

実験条件：遠心重力 50g、埋設深さ 50mm (実物換算値 2.5m)

表2 実験 H_p ターン2 (埋設深さ H_p ラメータ)

ケース		2-1	2-2	1-3	2-3
H_p 種類	単位: mm	Cu H_p ($\phi=10, t=1$)	SUS H_p ($\phi=20, t=0.5$)	2-1 と同様	2-2 と同様
遠心重力 (g)		50	25	50	25
埋設深さ H_p	模型 (mm)	30	60	50	100
	実物換算値 (m)	1.5		2.5	

実験条件：管径の実物換算値は全て 500mm

表3 実験 H_p ターン1 (管径 H_p ラメータ) による最大引上げ荷重と地盤反力係数

ケース		1-1	1-2	1-3
最大引上げ荷重 P1	模型 (N) / 実物換算値 (kN/m)	241 / 60.3	322 / 97.9	281 / 85.3
最大荷重時変位 \max	模型 (mm) / 実物換算値 (mm)	4.45 / 259	2.60 / 130	2.88 / 144
	\max/D	0.86	0.17	0.29
地盤反力係数 $k_{p\max}$	模型 (kN/m ³) / 実物換算値 (N/cm ³)	70,000 / 1.40	46,000 / 0.92	61,000 / 1.22

表4 実験 H_p ターン2 (埋設深さ H_p ラメータ) による最大引上げ荷重と地盤反力係数

ケース		2-1	2-2	1-3	2-3
最大引上げ荷重 P1	模型 (N) / 実物換算値 (kN/m)	121 / 36.6	281 / 42.7	281 / 85.3	603 / 91.5
最大荷重時変位 \max	模型 (mm) / 実物換算値 (mm)	1.32 / 66	1.8 / 45	2.88 / 144	4.35 / 109
	\max/D	0.13	0.09	0.29	0.22
地盤反力係数 $k_{p\max}$	模型 (kN/m ³) / 実物換算値 (N/cm ³)	56,000 / 1.12	40,000 / 1.62	61,000 / 1.22	29,000 / 1.15

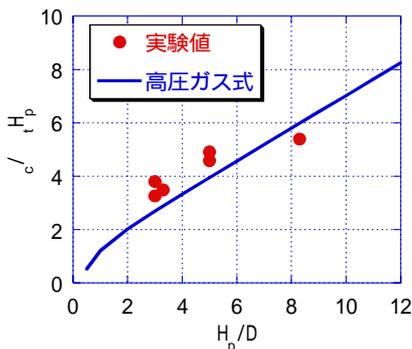


図3 最大地盤拘束力の比較

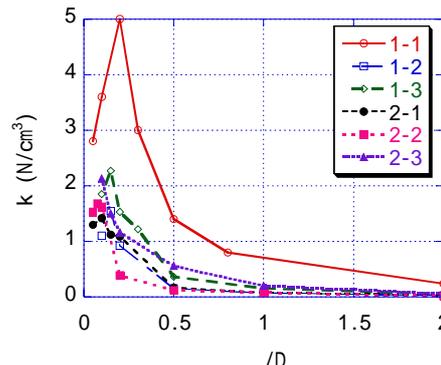


図4 H_p/D 変位 H_p/D と地盤反力係数 k の関係

参考文献.

- 1) 高圧ガス導管液状化耐震設計指針, 平成 14 年