

マンホール・管路系の液状化挙動実験

神戸大学工学部 正員 高田至郎

神戸大学大学院 学生員 田邊 揮司良, 永井 淳一

久保田鉄工(株)合成管研究部 伊藤 武廣, 山條 和明

同上 正員 入岡 博明, 〇片桐 信

1. まえがき 本研究では、液状化現象にともなうマンホール際管路の被害に注目し、実験を通じてその基本的挙動を明らかにするとともに、マンホール・管路系に作用する外力を推定し、弾性床上的梁理論で解析する場合の液状化地盤のばね定数値を検討した。

2. せん断変形砂槽 本実験では砂地盤のせん断変形を拘束しないようにする為にせん断変形砂槽を用いた。これは10層からなるFRP製の枠組の内側に箱状の防水ゴムシートを張った構造となっており、最下層に設けられた水槽内の配管から水を吹き上げることにより十分に疎な飽和砂地盤が再現できるように工夫されている。

3. 実験-1 図-1のようにせん断変形砂槽に固定した片持管路の挙動を調べた。

4. 実験-2 図-2のようなモデルを用い、管路が地盤から受ける拘束力のマンホール浮上量への影響を調べた。管路相似則に関して

$$\frac{L_p}{L_m} = \frac{D_m}{D_p} \sqrt{\frac{I_p}{I_m}} \quad (1)$$

は、地盤ばねを考慮しない片持空中梁の解析解より、固定端部で模型管路と実管路の応力が等しくなるように管路の長さ比を決めた。(1)式中、添字pは実管路、mは模型管路を表わしている。模型

L:管路長 D:管直径

I:断面2次モーメント

管路としてφ40mm、実管路としてφ150mmの塩ビ管を想定すると長さ比は1:3.09となる。

5. 実験結果と地盤ばね定数の推定値

共同溝耐震設計指針に基づき完全液状化時にマンホールに作用する外力 F_m は(2)式で示される。

$$F_m = U_s + U_d - W_s - W_Bm \quad (2)$$

また管路に作用する外力 F_p を(3)式で設定する。

$$F_p = \gamma_s \times D^2 - W_Bp \quad (3)$$

Us:底面への静水圧力(kg/cm)

Ud:底面への過剰間隙水圧力(kg/cm)

Ws:上載土の荷重(kg/cm)

WB:自重(kg/cm) m:マンホール, p:パイプ

 γ_s :飽和砂の単位体積重量(kg/cm³)

D:管路の外径(cm)

(実験-1) 図-3に管路自由端の鉛直方向変位を示す。この図より管路が最終変位状態に至るまでほぼ等速的に変位していることがわかる。この自由端計測変位=2.22cmと(3)式より求まる外力: $F_p=0.04113$ (kg/cm)を、弾性床上的片持梁の解析解に代入すると、この時の地盤ばね定数は $K=0.0012$ (kg/cm²)となった。これはガス導管耐震設計指針による一般地盤で使用するばね定数の1/500に相当する。

(実験-2) 図-4にマンホールの鉛直方向変位を示す。この図よりマンホールも等速的に浮上していることがわかる。

Shiro TAKADA Kishiro TANABE Junichi NAGAI

Takehiro ITO Kazuaki YAMAJYO Hiroaki IRIOKA Shin KATAGIRI

図-5に示す釣合モデルよりマンホールの浮上量 y_0 は(4)式で表され、管路ひずみ e_p は(5)式で表される。

$$y_0 = \frac{F_m + 8 \cdot E \cdot I \cdot \beta^3 \cdot F_p / (\pi \cdot K_p \cdot D)}{2(4 \cdot E \cdot I \cdot \beta^3 + A_m \cdot K_m)} \quad - (4)$$

$$e_p = D \cdot \beta^2 \cdot e^{-\beta x} (y_0 - F_p / (\pi \cdot K_p \cdot D)) \cdot (\cos \beta x - \sin \beta x) \quad - (5)$$

表-1に管軸方向歪およびマンホールの鉛直変位の測定値、(5)式より算定される管路に作用する地盤ばね定数および(4)式より求まるマンホールに作用する地盤ばね定数を示す。

表-1 液状化ばね定数 ($K = 0.6 \text{ kgf/cm}^3$)

		6 sec	12 sec	20 sec	29 sec
管路 歪(μ)		0.0~1000.0	0.0~1000.0	0.0~800.0	0.0~450.0
浮上量 (mm)		6.3	55.0	122.0	208.0
K'	管路	1/28.6~1/150	1/723~1/1304	1/2105~1/2956	1/5660~1/4918
	マンホール	1/22.5~1/28.8	1/197~1/217.5	1/435~1/462	1/729~1/733

この表から、管路に作用する液状化地盤ばね定数は一般地盤の1/1000程度と推定される。またマンホールに作用する地盤ばね定数が管路ほど低下していないのはマンホール上面に砂を載せた状態で浮上した為と考えられ、マンホールに対しても管路と同じ K' を作用させることができるものと思われる。

6. まとめ 本実験では、マンホールおよび管路が液状化地盤中でほぼ等速的に変位することが明らかとなり、これを弾性床土上の梁理論で静的に解析する場合の地盤ばね定数は一般地盤の1/1000程度であると推定された。今後、今回の結果を基に解析をした液状化対策管路の検証実験を通じて、静的解析に用いる諸量をさらに明確にしていく予定である。

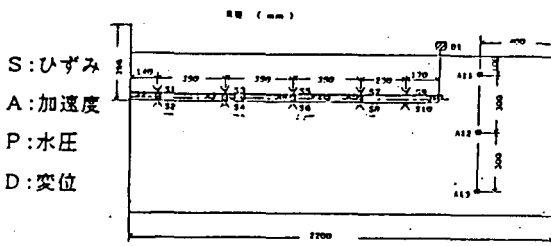


図-1 実験-1

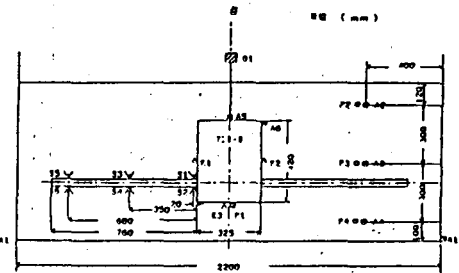


図-2 実験-2

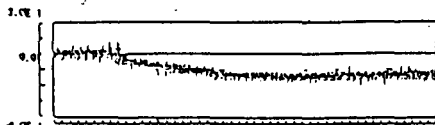


図-3 管路自由端変位

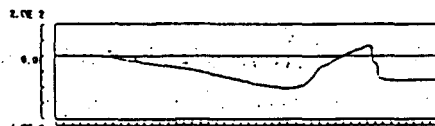


図-4 マンホール変位

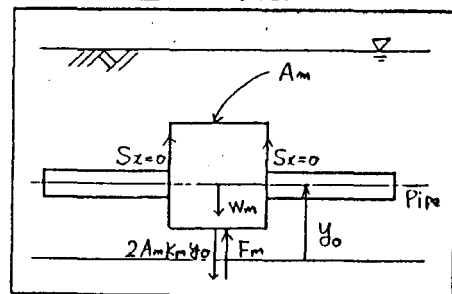


図-5 釣合モデル