

Ⅲ - B165

三次元遠心模型による埋設管路の土圧・変形挙動観測

大阪市立大学 井上裕司・東田 淳

まえがき 乾燥砂中に長尺の模型管路を埋め、容器の床の一部を遠心場で降下する三次元遠心実験を行い、地盤が不同沈下する時の埋設管路の土圧・変形挙動を遠心加速度30G場で精度良く測定した。

模型管路と実験方法 図-1、表-1に示す硬質アルミ製の模型管路（長さ $L=59\text{cm}$ 、外径 $D=2\text{cm}$ ）は、半円筒形の受圧部（長さ 2cm ）を持つ垂直・せん断土圧測定用の土圧計22個と、同形式のダミー6個を内桁（ $12\times 4.5\text{mm}$ ）の上下に計56個固定し、円形断面の管路を1/30に縮小模型化している。内桁の20箇所の上下面には曲げひずみ測定用のゲージを貼付した。内桁の両側に凹形の桁をはめ、曲げ剛性を高めた管路をR(Rigid)管路、凹形の桁の無い模型管路をF(Flexible)管路と呼ぶ。30G場のR・F管路の曲げ剛性 $(EI)_m$ は、 $D=60\text{cm}$ の実際のFRPM管とuPVC管の曲げ剛性 $(EI)_p$ とそれぞれ相似である（相似則は $(EI)_m=(EI)_p/n^4$ 、 n : 型縮尺）。模型管路の両端はたわみ角ゼロで鉛直変位可、水平変位は左端でゼロ、右端で可とした。この模型管路を図-2に示すように砂地盤中に土被り高 4cm （原型で 1.2m ）でうめ、容器の左側の床（幅 10cm ）を油圧により30G場で降下させ、管路に働く土圧（垂直土圧 σ ・せん断土圧 τ ）と曲げひずみ ε 、および床の降下量 Δ と降下床に働く土圧・管両端の変位量・管側深度10箇所（管側）の地盤変位量 δ_G を測った。模型地盤は、乾燥珪砂（ $D_{\max}=1.4\text{mm}$ 、 $U_c=1.75$ 、 $\rho_{d\max}=1.58\text{g/cm}^3$ 、 $\rho_{d\min}=1.32\text{g/cm}^3$ ）を落下させ、 $\rho_d=1.55\text{g/cm}^3$ と 1.45g/cm^3 の密・ゆる地盤を作成した。容器の内壁にはリユブリケーションを施した。実験数は4である。

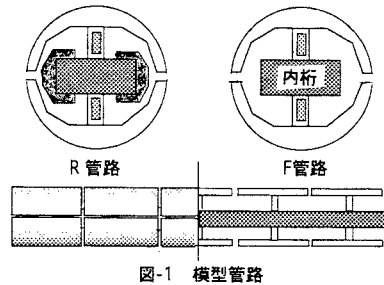


図-1 模型管路

表-1 模型管路の諸元

	D	L	W	$(EI)_m$	$(EI)_p$
管路 (cm)	(cm)	(gf/cm)	(kgf·cm ²)	(kgf·cm ²)	(kgf·cm ²)
R	2	59	6.8	2.86×10^4	2.31×10^{10}
F			5.8	0.61×10^4	0.49×10^{10}

床降下段階の土圧の変化 図-3は、R管路・ゆる地盤の場合を例にとって、床の降下に伴う δ_G ・ σ （下向きが正）・ τ （左向きが正）の変化を示したもので、横軸は管路の左端からの距離 x を表わす。 σ と τ に附したUとLは、それぞれ管路の上半分と下半分に働いたことを表わす。床が降下すると、 $x<12\text{cm}$ の範囲で δ_G の増加に伴って σ_U が増え、 σ_L はゼロとなる。 $12\text{cm}<x<30\text{cm}$ の領域の σ_L は増大する。

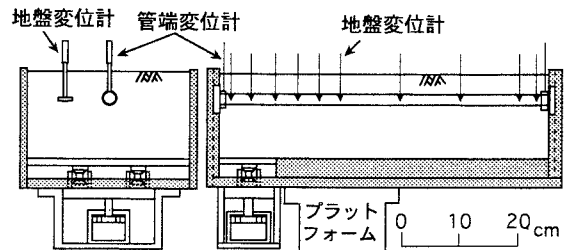


図-2 実験装置

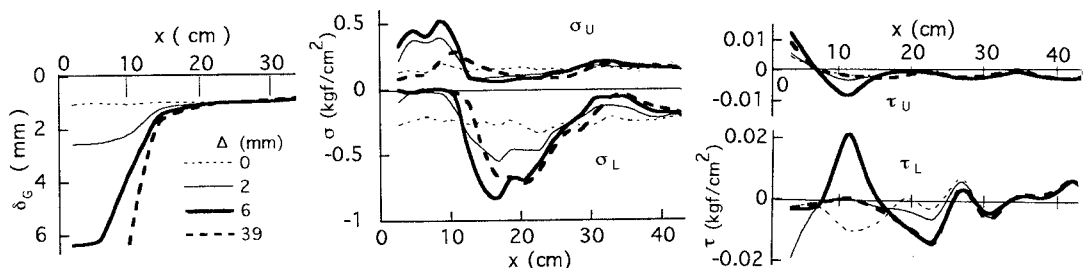


図-3 床降下に伴う地盤変位量 δ_G と土圧 σ ・ τ の変化(R管路・ゆる地盤)

キーワード: 不同沈下、埋設管路、土圧、遠心実験、降下床

連絡先: 〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学工学部 TEL&FAX 06-605-2725

τ はごく小さく、 $x \approx 10\text{cm}$ で地盤のせん断変形のため、 τ_U は右向き、 τ_L は左向きとなる。

考察 図-4に、 $\Delta=4\text{mm}$ の時の実験結果と、ガス指針¹⁾に規定されたバネ定数($k=8.3\text{D}^{-3/4}\text{kgf/cm}^3$)を用いて弾性支承上の梁理論によって計算した結果を示す。4段目の図は ε を積分して求めた管の変位量 δ_p 、また最下段の図は上下土圧の差($\sigma_U + \sigma_L$)である。実験結果から、以下のことが分かる。①砂地盤の密度が高いほど、地盤沈下領域の範囲が狭いため、 σ_L の働く範囲と $\varepsilon \cdot \delta_p$ の大きい範囲が狭まる。②曲げ剛性の高い管路ほど、 σ_L の働く範囲が広がり、 ε と δ_p が小さくなる。次に、図-4の各図に示した弾性支承上の梁理論による計算結果はいずれも実験結果とは異なり、特に($\sigma_U + \sigma_L$)の分布と強度が大きく異なっている。

図-5は、密地盤を例にとって、 $\delta_G > \delta_p$ の領域において管の上半分に働いた土圧総量 $P_V / \gamma \text{HD}$ 、および $\delta_G < \delta_p$ の領域において管の下半分に働いた反力土圧総量 $P_r / \gamma \text{HD}$ を、地盤と管の相対変位量 $l(\delta_G - \delta_p) / D$ に対して描いたもので、太実線は二次元遠心模型による管の引き上げ・引き下げ実験のデータ²⁾を、また細実線はガス指針の規定を表わす。さらに、各図のプロットは今回のR管路を用いた三次元実験のデータで、●は床の降下によって生じたせん断面に最も近い位置、○が最も遠い位置、xが中間の位置におけるデータである。この図から次のことが分かる。① $P_V \cdot P_r$ とも、せん断面に近い三次元実験のデータほど、二次元実験のデータよりも小さい。②ガス指針による $P_V \cdot P_r$ は二次元・三次元実験のデータとは異なる。以上の傾向は他の実験ケースでも同様であった。

あとがき 本研究により、地盤が不同沈下すると、管路に働く土圧は沈下領域の境界に近づくほど二次元実験の測定土圧よりも小さくなること、一定のバネ定数 k を仮定する弾性支承上の梁理論は、管と地盤の相対変位の大小による土圧の変化と沈下領域境界付近での地盤変位の変化を扱えないので、現象を正しく予測できないこと、が分かった。

参考文献 1)日本ガス協会:ガス導管耐震設計指針、1982。2)東田他:地盤が不同沈下する場合の埋設管に働く土圧、51回土木学会年講、1996。

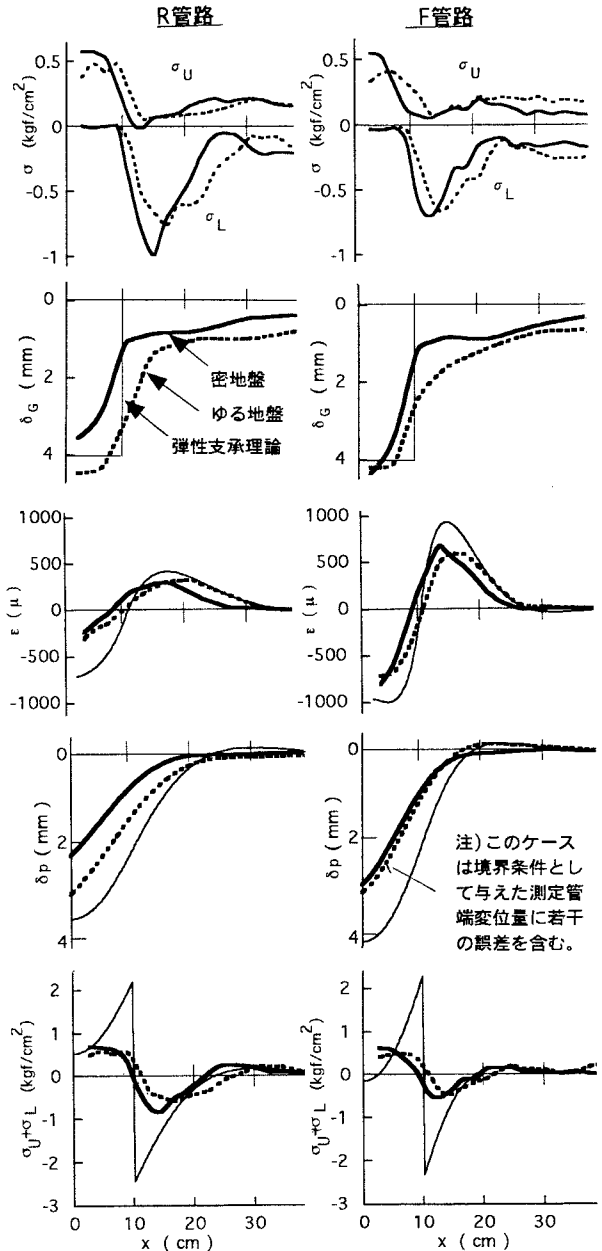


図-4 実験結果、および現行設計法との比較

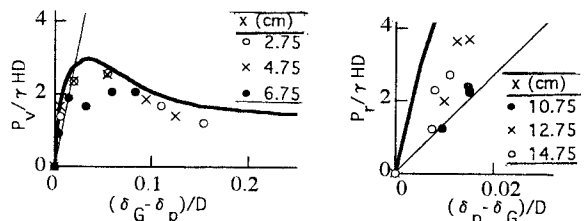


図-5 土圧総量と相対変位量 $l(\delta_G - \delta_p) / D$ の関係