

III-B 191

地盤が不同沈下する場合の埋設管に働く土圧

大阪市立大学 東田 淳・李 黎明・村中 一郎（現 大阪ガス）

まえがき 模型管を遠心場で引上げる実験と引下げる実験を行って、不同沈下する地盤中に埋設された管路の土圧を調べている^{1)、2)}。今回は、引下げ実験について、新たに製作した模型管を用いた相似則の検証と土圧分布の測定を行ったので報告する。

実験方法 図-1に模型と実験装置を示す。模型は、外径 $D=1, 2, 4\text{cm}$ の模型管を表-1、2に示す6種類の地盤中に土被り高 $H=2D$ 、管底と基盤との距離 $H_b=4.5D$ の寸法で埋めた二次元模型で、この模型を原型が同じ $D=60\text{cm}$ になるようにそれぞれ60、30、15Gの遠心場に置き、模型管に接続したロードセル兼用の2本のピアノ線を容器底部に設置した油圧シリンダーによって 0.23mm/min の一定速度で引張って管を引下げ、管の引下げ量 δ と引下げ力(地盤反力) P_r を測定した。模型地盤は、表-1に示す乾燥砂・まさ土・シルト質砂を鉛直方向に落下または締固めて作成した。

引き下げ実験では応力レベルが高くなるため、容器内面と地盤の間に働く摩擦力の影響を無視できないので、摩擦軽減策として厚さ 0.2mm のゴム二枚とシリコングリスによるリュブリケーションを容器内面に施した上で、 $D=1\text{cm}$ の管を用いた実験では容器の奥行きを 20cm 、 $D=2, 4\text{cm}$ の管を用いた実験では 37cm に増した。

$D=1, 2\text{cm}$ の管は剛性を増すためにステンレス製の丸棒とした。また、 $D=4\text{cm}$ の管は肉厚 1cm のステンレス製とし、図-2に示すように管中央部の18個の土圧計によって管面に働く垂直・せん断両方向の土圧 ($\sigma \cdot \tau$)を測定した。

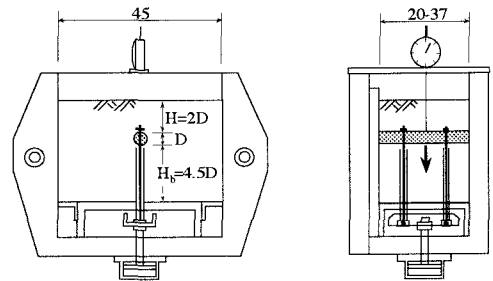


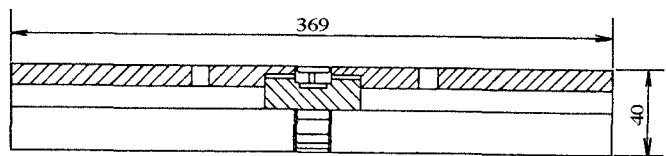
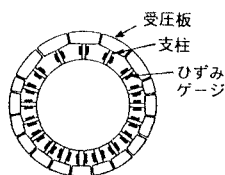
図-1 模型と実験装置 (単位: cm)

実験結果と考察

図-3に実験で得られた $\delta/D - P_r/\gamma HD$ の関係を6種類の地盤に対して示す。図から、各地盤条件で $\delta/D - P_r/\gamma HD$ 関係は良く一致しており、相似則の成立が認められる。地盤材料が同じ場合、 $P_r/\gamma HD$ は密度の高い方が常に大きい。さらに、 $\delta/D - P_r/\gamma HD$ 曲線は乾燥砂地盤では密度に関わらず、上に凸であるが、まさ土・シルト質砂地盤ではゆる地盤で下に凸、密地盤で上に凸となっている。

図-4は $D=4\text{cm}$ の模型管を用いた実験で測定された $\delta/D=0.25$ 時点の $\sigma \cdot \tau$ 分布を極座標で示したもので、 σ は管中心向きを、 τ は上向きをそれぞれ正として表している。管の上半分の土圧はゼロとなっており、これは管の上半分で管と地盤の間に空隙が生じていることを示す。一方、下半分の σ

は、乾燥砂・まさ土両地盤では管底へ集中するが、シルト質砂地盤

図-2 模型管と土圧測定部 ($D=4\text{cm}$)

単位: mm

表-1 地盤材料の一次性質

地盤材料	最大粒径 (mm)	砂分 (%)	細粒分 (%)	U_c	ρ_{dmax} (g/cm^3)	ρ_{dmin} (g/cm^3)	w_{opt} (%)
乾燥砂(S)	1.4	100	0	1.75	1.58	1.32	-
まさ土(SF)	2.0	84	16	70	1.92	1.37	11.4
シルト質砂(SF)	2.0	70	30	115	1.86	1.18	13.5

表-2 地盤材料の二次性質

地盤		ρ_d (g/cm^3)	w (%)	D_r (%)	D_c (%)	c_d (kgf/cm^2)	ϕ_d ($^\circ$)
乾燥砂	密	1.55		83	97	0	43
	ゆる	1.43	0	47	91	0	37
まさ土	密	1.70	10	68	89	0.23	38
	ゆる	1.50		30	78	0.09	38
シルト質砂	密	1.70		84	91	0.46	32
	ゆる	1.50	12	58	81	0.3	32

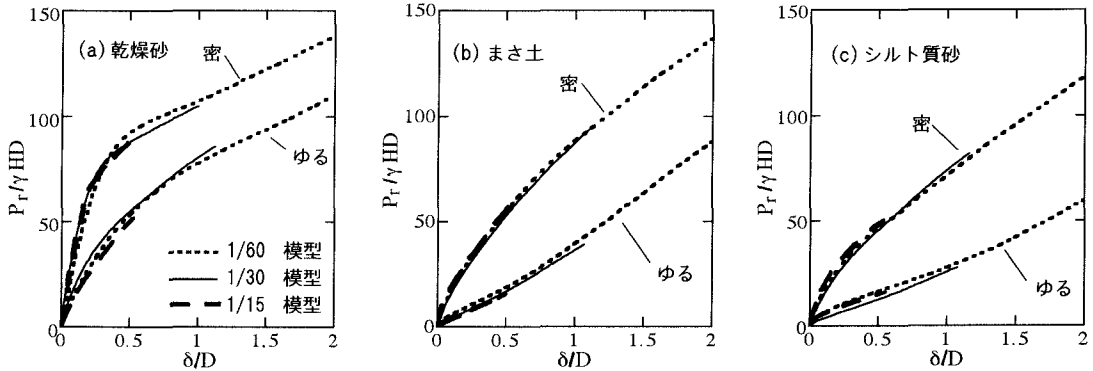


図-3 相似則検証実験で得られた δ/D - $P_r/\gamma HD$ 関係

では管底よりもその両側が大きい分布になっている。また、図-4の土圧分布から算定された鉛直土圧総量はロードセルで測定した P_r の値の87~100%の間にあり、十分な測定精度と言える。

図-5は、ガス指針³⁾に規定された600mm口径管に対する地盤バネ定数 k と実験で得られた P_r/δ の値を δ に対して描いたもので、図には前回の引上げ実験¹⁾で得られた P_v/δ の値も併せて示した。まず、実験値から以下のことが分かる。① δ が増えるにつれて P_r/δ の値は減少する傾向を示すが、 P_v/δ の方が P_r

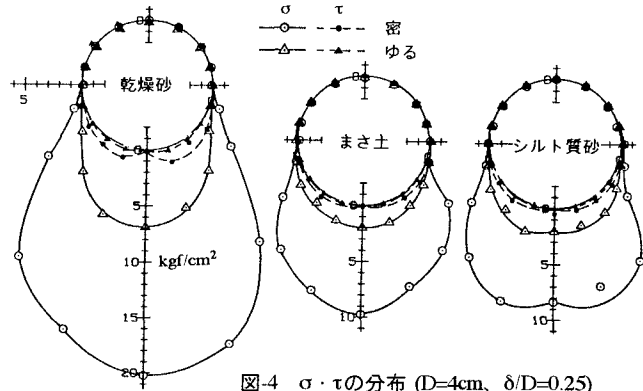


図-4 σ ・ τ の分布 ($D=4\text{cm}$, $\delta/D=0.25$)

$/\delta$ よりも大きく減少する。②地盤の密度の違いによる P/δ の値の差は、 P_v/δ よりも P_r/δ の方が大きい。③乾燥砂地盤の P_r/δ の値は他の地盤の P_r/δ よりも大きい。次に、 k の設計値は、地盤密度・土の種類・ δ に関わらず、一定と仮定され、また地盤に対して管が上向き、下向きに変位しても同じ値となっているが、これらの点は実験値とは傾向が異なっている。

まとめ 今回の実験によって、不飽和砂質土を含む6種類の地盤において、相似則の成立が確認され、実験結果の実際への適用性が確かめられた。また、地盤のバネ定数の推奨設計値は、実験で得られたような地盤の種類・密度による違いと管・地盤の相対変位量に対する非線形性を考慮しておらず、さらに管が上下どちらに変位する場合も同じ値を仮定しているところに不備があることが分かった。

文献 1)東田他:地盤が沈下する時に埋設管に働く土圧、28回土質工学研究発表会、1993。2)東田他:地盤が沈下する時に埋設管に働く土圧(遠心模型による管の引下げ実験、48回土木学会年講、1993。3)日本ガス協会:ガス導管耐震設計指針、1982。

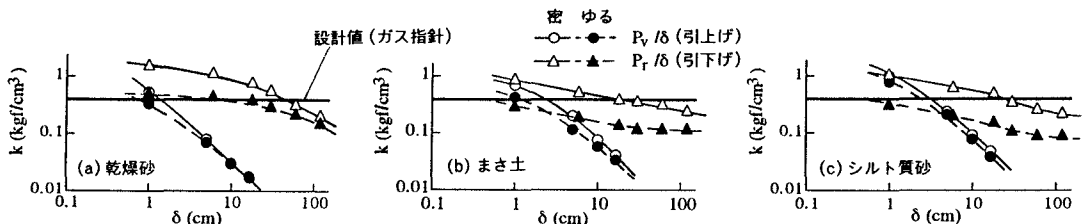


図-5 k の測定値と設計値の比較