

不同沈下地盤に埋設される管路の力学挙動(提案設計法と遠心実験の比較)

中央復建コンサルタンツ

正会員 八谷 誠

大阪市立大学 正会員

東田 淳・非会員 佐野洋平

まえがき 不同沈下地盤に埋設される管路の挙動を、管路剛性、地盤材料の種類と密度、土被り高を変えた三次元遠心実験¹⁾によって調べ、提案設計法²⁾(図-1(a))ならびに現行設計法(ガス指針³⁾、図-1(b))による予測と比べた。

実験概要 実験は、表-1に示す外径2cm(原型で60cm)、長さ59cm(原型で17.7m)の剛性の異なる2種類の模型管路(R管路とF管路)を、表-2に示す6通りの模型地盤中に土被り高H4cmまたは8cmで埋め、模型を30g場に置き、実験容器の右側の床(幅49cm)を降下させ、模型管路に働く土圧、管路内桁の曲げひずみ、管路両端の変位量を測定した。実験容器の左側の床(幅10cm、原型で3m)は固定とした。また、管路両端は、鉛直変位可、回転拘束とし、水平変位は右端のみ可とした。

計算方法 図-1に提案設計法と現行設計法の計算モデルを示す。以下、これらを提案モデル、指針モデルと呼ぶ。図(a)に示した提案モデルでは、地盤の沈下量 $\delta_g >$ 管路の沈下量 δ_p である領域2において管路の上半分に作用する平均鉛直土圧 $p_v (=P_v/D)$ を、領域の中央に最大値 p_{vmax} を持つ放物線形分布で与え、領域1と3の地盤反力 p_r を $(\delta_g - \delta_p) \times kD$ で与える。ここにD: 管路の外径(cm)、 P_v : 管路の上半分に働く鉛直土圧の総量(kgf/cm)、k: 地盤の反力係数(kgf/cm³)である。領域2の距離Lは、領域1、2の境界から $\delta_p = \delta_g$ になる地点までの距離として収束計算により求める。指針モデルでは全領域の荷重と反力を一律に $(\delta_g - \delta_p) \times kD$ で与える。

境界条件は、両モデルとも実験条件に合わせて左端で管路の回転を拘束した。また、右端は無限遠方で $\delta_p = \delta_g$ 、およびたわみ角がゼロを与えた(問題無いことを確認済み⁴⁾)。提案モデルでは、領域2の p_{vmax} として三次元遠心実験の測定値を与えた。提案モデルのばね定数kは、別途実施した遠心場の二次元引下げ実験で得られた模型管に働く平均反力土圧 $p_r (=P_r/D) \sim$ 管の引下げ量 δ 曲線の $\delta = 0.1D = 6\text{cm}$ における勾配から定めた(詳細は別報⁵⁾参照)。つぎに、指針モデルのばね定数kは、規定値である0.39kgf/cm³、ならびに提案モデルで用いたkの両者を与えた。

三次元実験結果との比較 図-2と図-3は、提案モデル、ならびに指針モデルによる計算結果と三次元実験の結果を、いずれも原型換算で比べている。図-2は地盤の沈下量 δ_g が増大する時の比較例、

図-3は $\delta_g = 36\text{cm}$ 時
点の要因
別の比較
例であ
る。各図

表-2 地盤材料の性質								
Soi	G _s	U _c	ρ_{dmax} (g/cm ³)	ρ_{dmin} (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	w (%)	c _d (kPa)	ϕ_d (°)
S0L	2.65	1.8	1.58	1.32	1.43	0	0	37
S0D					1.55		0	43
S16L	2.71	70	1.92	1.37	1.50	10	9	38
S16D					1.70		23	38
S30L	2.67	115	1.86	1.18	1.50	12	29	32
S30D					1.70		45	32

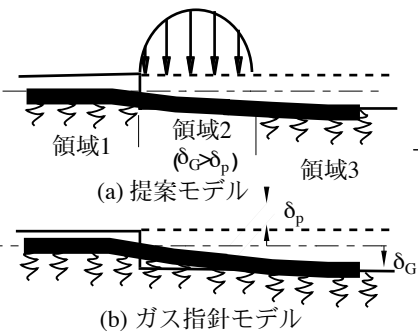


図-1 提案設計法と現行設計法のモデル

表-1 模型管路の諸元			
	D _m Pipe (cm)	EI _m (N・m ²)	EI _p (MN・m ²)
R	2	28	22.7
F	2	5.9	4.8

(mとpはそれぞれ模型、原型を表す)

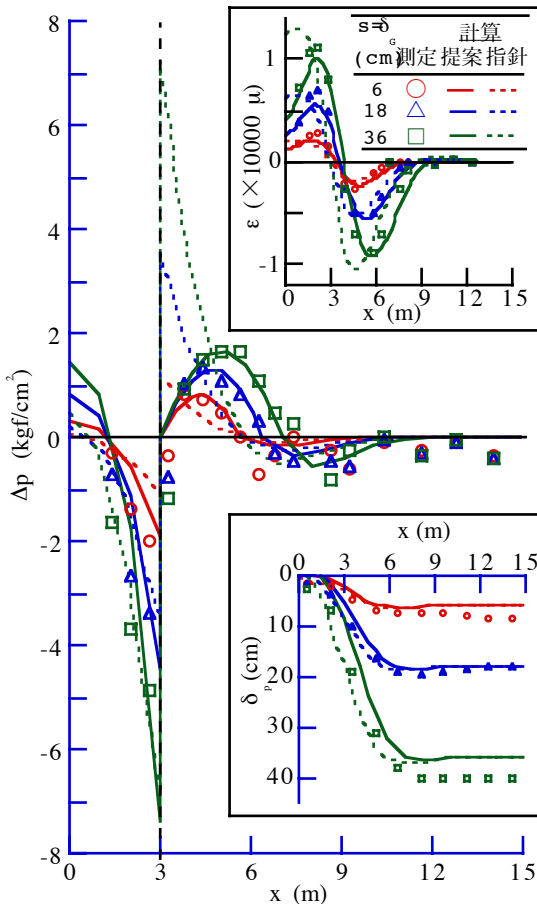
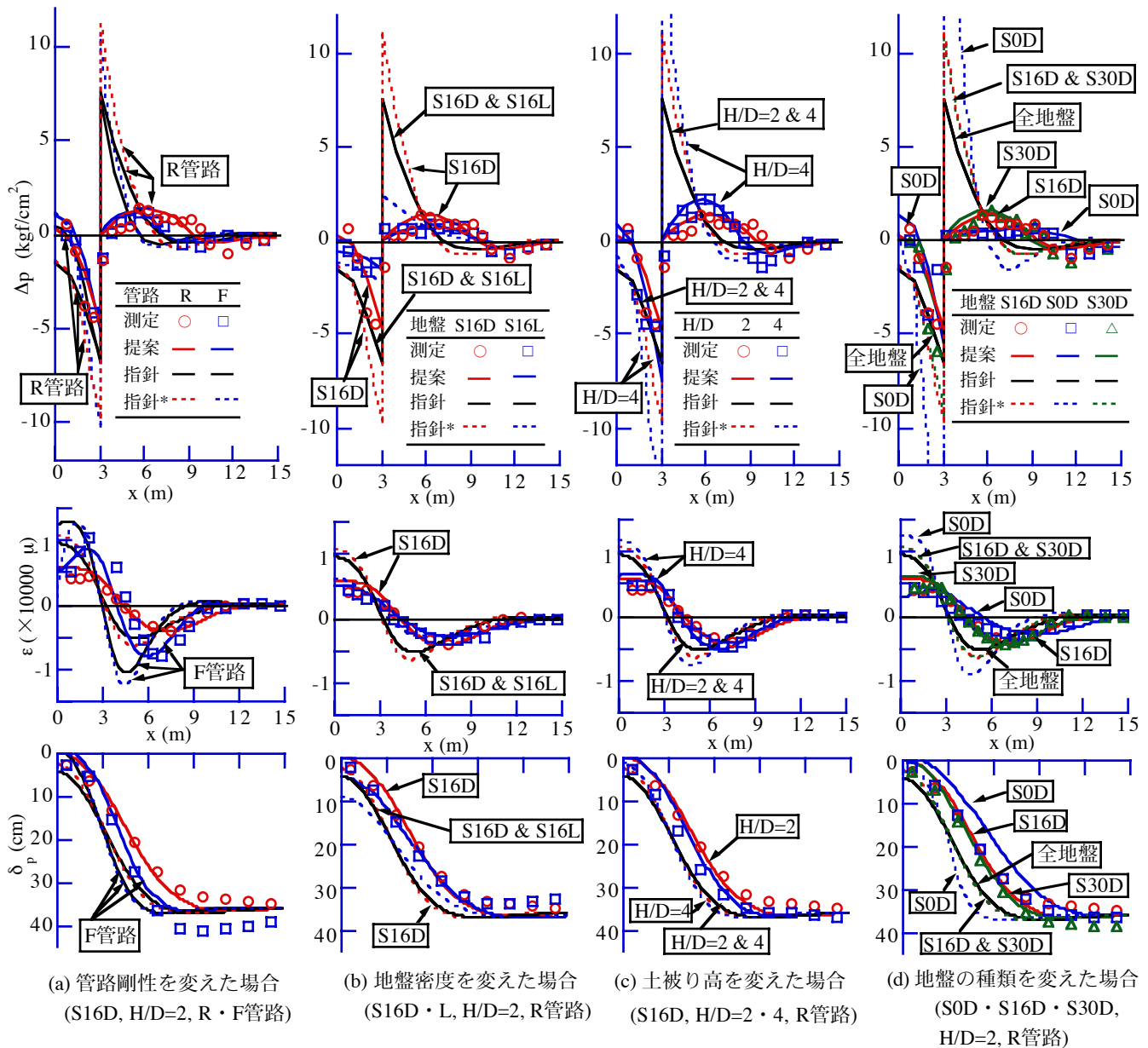


図-2 異なる地盤の沈下量 δ_g に対する提案モデル・ガス指針モデルの計算結果と実験結果の比較 (S16D地盤、F管路、H/D=4)

図-3 実験結果と提案設計法・ガス指針の比較($\delta_g=36\text{cm}$)

の横軸 x は管路左端からの距離を表す。図-2と図-3の Δp のプロットは測定土圧 p_v と p_r の差($p_v - p_r$)を表す。また、 ε のプロットは、模型管路の内桁の上下面で測定した曲げひずみを外径2cmの円形管路の縁ひずみに換算している。 δ_p のプロットは、測定した管路両端の変位量を境界条件として、 ε を積分して求めた管路の変形量である。

図-2の実線と破線は、提案モデルと指針モデル($k=0.39\text{kgf/cm}^3$)による計算結果を表す。提案モデルによる計算結果はプロットで示した測定結果と良く一致している。一方、指針モデルによる計算結果は、領域2の土圧分布、および ε の分布が測定結果とは異なっており、この相違は δ_g の増大につれて強まっている。

図-3のカラーの実線、黒実線、破線は、提案モデル、規定された $k=0.39\text{kgf/cm}^3$ を用いた指針モデル、提案モデルと同じ実際の k を用いた指針モデルによる計算結果をそれぞれ表す。提案モデルによる計算結果は、(d)図のS0Dの場合の1例を除き、測定結果と良く対応しているのに対して、指針モデルによる計算結果はいずれも測定結果とは異なる。特に、実際の k を用いた指針モデルによる計算結果(破線)は、 $k=0.39\text{kgf/cm}^3$ を用いた指針モデルよりも測定結果との差が広がっており、このことは、指針モデル(図-1(b))が領域2で生じる土圧集中と反力消滅を正當に評価していないため、実態を反映できないことを示す。さらに、 $k=0.39\text{kgf/cm}^3$ を用いた指針モデルによる計算結果(黒実線)は、地盤の種類と状態、および土被り高が異なっても常に同じで、これらの要因の影響を全く扱えない。

参考文献:1)佐野他, 埋設管路の三次元遠心模型実験, 37回地盤工学会, 2003. 2)徳増他, 不同沈下地盤に埋設される管路の力学挙動(遠心実験), 57回土木学会年講, 2002. 3)ガス導管耐震設計指針, 1982. 4)八谷他, 埋設管路の提案設計法の特性と適用範囲, 37回地盤工学会, 2003. 5)東田他, 埋設管路の提案設計法で用いるばね定数と土圧強度の決定法, 58回土木学会年講, 2003.