

長尺管路の軸方向挙動に対する提案設計法の検証

中央復建コンサルタンツ 八谷 誠・大阪市立大学 東田 淳

まえがき 埋設管路の軸方向挙動を予測する合理的な設計法が存在しないため、長尺管路の破損事故や過度の変形が多々生じている。著者らはこれまで管路の挙動を三次元遠心実験^{1,2)}によって調べ、地盤の不同沈下によって三次元地盤アーチが生じることを確かめ、実験事実に基づいて、問題のある現行設計法(ガス指針³⁾、図-1(b))に代わる設計法^{4~6)}(図-1(a))を提案した。今回は、提案設計法のフロー(図-2)に忠実に沿って予測した結果を三次元遠心実験の結果と比べ、提案設計法の現行設計法に対する優位性と実際への適用性を検証した。

実験と計算の方法 三次元遠心実験は、表-1に示す外径Dが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Hを4~8cmに変えて埋め、模型を30g場に置いて、実験容器の左側の床(幅10cm、原型で3m)を固定し、右側の床(幅49cm)を降下させた。

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 δ_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 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。 k は地盤の反力係数(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。

両モデルによる計算は、三次元遠心実験のH/D=2の条件の実験10ケースについて行った。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。提案モデルのばね定数 k は、図-3に示す遠心場の二次元引下げ実験(H/D=2)で得られた模型管に働く平均反力土圧 p_{r2D} ~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。また各 δ_g における領域2の p_{vmax} は、図-4に示す二次元引上げ遠心実験(H/D=2)で得られた平均鉛直土圧 p_{v2D} ~管の引下げ量 δ 曲線の $\delta = 0.2\delta_g$ における p_v を求め、これに三次元効果による集中係数 $\alpha=2$ を乗じた値を与えた。なお、図-3と図-4のデータはModeling of modelsによって相似則の成立を確認している。つぎに、指針モデルのばね定数 k は、規定値の0.39kgf/cm³を与えた。

図-5と図-6は、両モデルによる計算結果と三次元実験の結果を原型換算で比較している。図-5は地盤の沈下量 δ_g が増大する時の比較

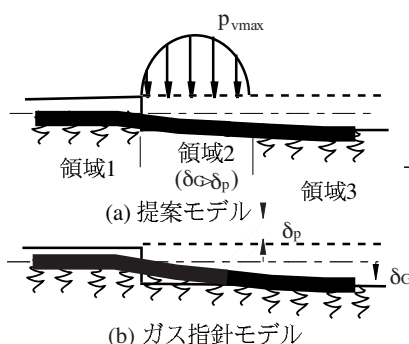


図-1 提案設計法と現行設計法のモデル

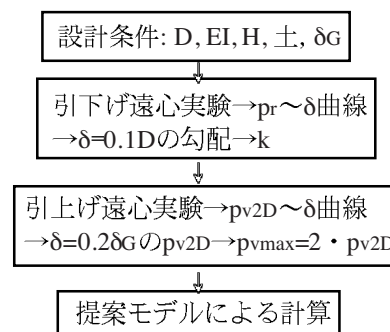


図-2 提案設計法のフローチャート

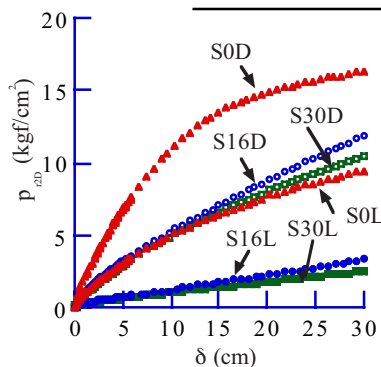
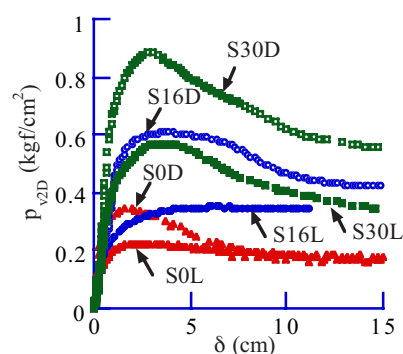
表-1 模型管路の諸元

Pipe	D_m (cm)	EI_m (N・m ²)	D_p (cm)	EI_p (MN・m ²)
R	2	28	60	22.7
F	2	5.9	60	4.8

(mとpはそれぞれ模型、原型を表す)

表-2 地盤材料の性質

Soil	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	2.65	1.8	1.58	1.32	1.55	0	0	43
S16L	2.71	70	1.92	1.37	1.50	10	9	38
S16D	2.71	70	1.92	1.37	1.70	23	38	
S30L	2.67	115	1.86	1.18	1.50	12	29	32
S30D	2.67	115	1.86	1.18	1.70	45	32	

図-3 p_{r2D} ~ δ 関係図-4 p_{v2D} ~ δ 関係

キーワード: 埋設管、不同沈下、遠心模型実験、設計

連絡先: 大阪市住吉区杉本3-3-138・大阪市立大学工学部・Tel & Fax: 06-6605-2725

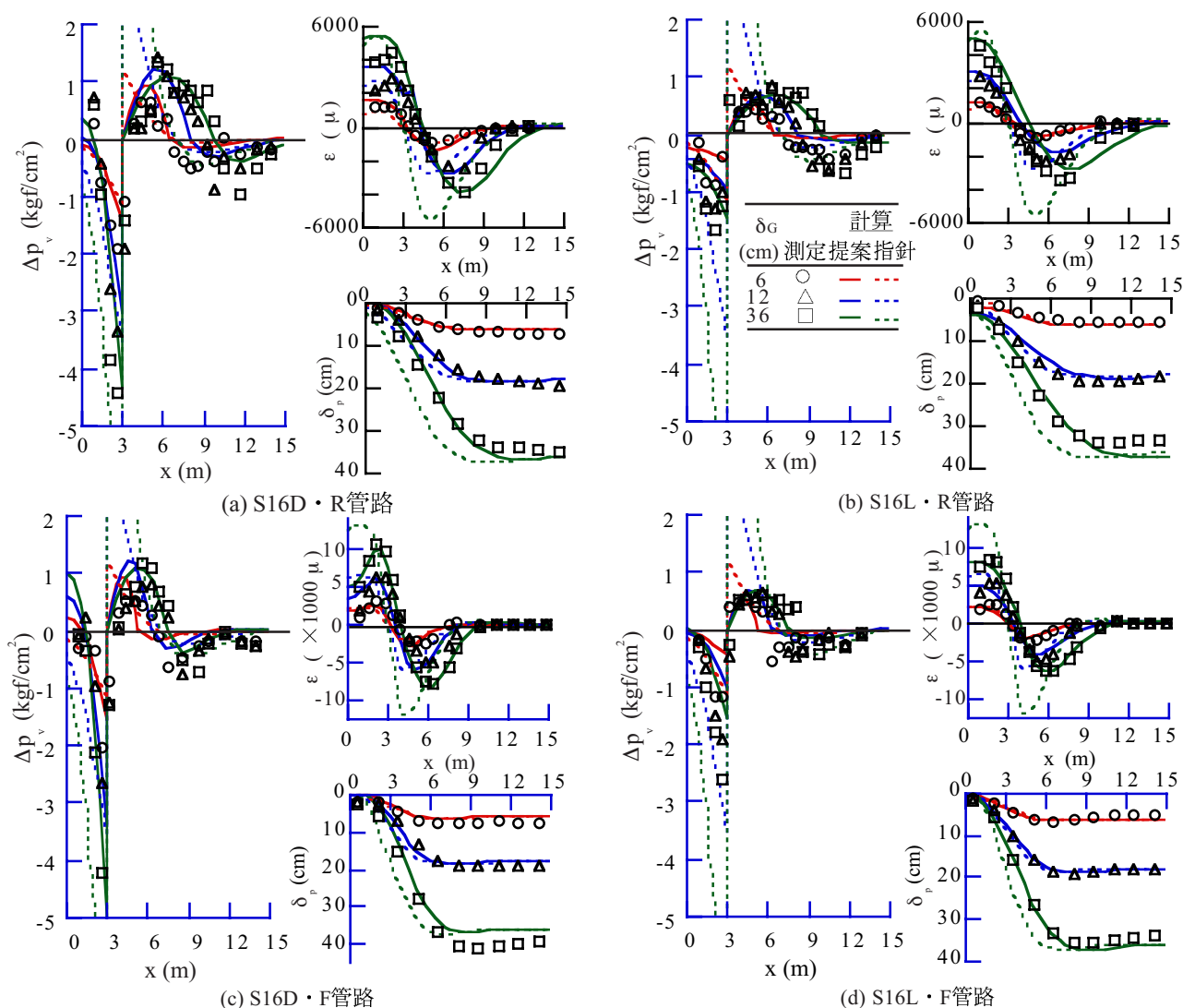
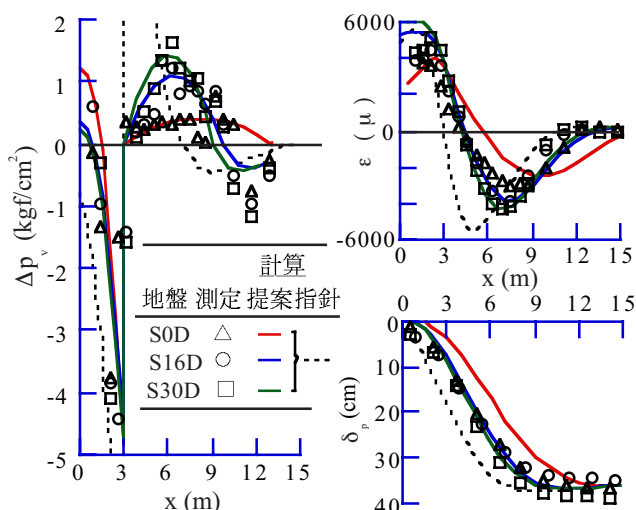


図-5 異なる δ_g に対する提案モデル・ガス指針モデルによる予測と実験結果の比較(S16地盤)

例、図-6は異なる地盤材料に対する $\delta_g=36\text{cm}$ 時点の比較例である。各図の横軸 x は管路左端からの距離を表す。図-5と図-6の Δp_v のプロットは測定土圧 p_v と p_i の差($=p_v-p_i$)を表す。提案モデルによる計算結果(実線)は、図-6のS0D地盤の1例を除いて、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(破線)は測定結果とは異なり、また地盤の種類と密度(および土被り高 H)が異なっても変わらず、これらの要因の影響を扱えない。以上から提案設計法の優位性は明らかである。

提案設計法を用いることにより、実態を反映した管路の軸方向挙動の合理的な設計が可能になり、例えば道路盛土下のパイプカルバートなどで生じている諸問題を解決できる道筋が用意されたと言える。今後、提案設計法の入力定数である k と p_{max} を設計ツールとして整えたい。



参考文献:1)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. 2)佐野他, 埋設管路の三次元遠心模型実験, 37回地盤工学研究発表会, 2003. 3)ガス導管耐震設計指針, 1982. 4)東田他, 不同沈下地盤に埋設される管路の力学挙動(実用設計法の提案), 57回土木学会年講, 2002. 5)八谷他, 埋設管路の提案設計法の特性と適用範囲, 37回地盤工学研究発表会, 2003. 6)東田他, 埋設管路の提案設計法で用いる土圧強度とばね定数, 58回土木学会年講, 2003.