

Ⅲ-536

たわみ性埋設管の遠心実験に対するFEM弾性解析(盛土型埋設の場合)

(株)鴻池組技研 吉村 洋

大阪市立大学 東田 淳・李 黎明

まえがき 著者らはたわみ性埋設管の土中挙動を遠心実験とFEM弾性解析によって調べている。前報¹⁾では乾燥砂を用いて埋設されたたわみ性管の遠心実験の測定土圧とFEMによる計算土圧を比べ、両者の分布形状はよく一致したものの土圧強度に差があったことを述べた。今回、地盤材料を3種類に変化させた時の実験・解析結果の比較を、盛土型埋設した場合について輪荷重載荷も含めて行ったところ、実験容器の周面摩擦を考慮して補正した測定土圧と計算土圧がよく対応する結果を得たので報告する。

遠心実験 外径

D=9cm、管厚t=

0.95mmの模型たわ

み性管を4通りの

地盤条件(表-1)で

表-1 地盤材料の1次性質および地盤の状態

地盤材料	ρ_s	D_{max} (mm)	砂分 (%)	細粒分 (%)	U_c	ρ_{dmax} (g/cm ³)	ρ_{dmin} (g/cm ³)	w_{opt} (%)	γ_t (gf/cm ³)	$w(\%)$
乾燥砂(S)	2.65	1.4	100	0	1.75	1.58	1.32	—	1.55 ¹⁾ 1.43 ²⁾	0
まさ土(SF)	2.71	2.0	84	16	70	1.92	1.37	11.4	1.65	10
シルト質砂(SF)	2.67	2.0	70	30	115	1.86	1.18	13.5	1.68	12
1)密 2)ゆる										

1)密 2)ゆる

図-1に示す寸法で盛土型設置し、この模型を遠心加速度30G場に置いた後、T-20後輪をシミュレートした荷重(=1.26kgf/cm²)を幅2cmの載荷板によって管中央の地表面に載荷した。載荷前・載荷時の両時点で管表面に作用する垂直土圧 σ ・せん断土圧 τ の分布、管壁の曲げひずみ分布、管の鉛直たわみ量 δ を測定した²⁾。

計算方法 解析は管・地盤を等方弾性体と仮定し、図-1に示すメッシュを用いて平面ひずみ条件で行った。表-2に解析に用いた弾性定数を示す。管の弾性定数は模型管の材質(硬質アルミニウム)の値とし、単位体積重量は管自重を管要素へ均等に割り振った値(=8.77gf/cm²/cm)を与えた。管要素は模型管と同じ厚さで、円周方向に20分割(9°ピッチ)、半径方向に2分割した。K₀圧縮試験³⁾によって求めた地盤材料の変形係数Eは圧縮応力に対して非線形であったので、地盤のEは実験における管側深度での土自重による応力レベルの値をとった。なお、地盤材料のポアソン比 ν は応力レベルによらずほぼ一定であった。管と地盤の境界にはジョイント要素を挿入した。ジョイント要素の半径方向の剛性 k_n は1000kgf/cm²/cmとし、接線方向の剛性 k_s は試算により乾燥砂、まさ土、シルト質砂地盤の場合に対してそれぞれ3、1.5、2kgf/cm²/cmを与えた。地盤側方の境界条件は遠心実験で設置した滑らかな隔壁の位置(y=B/2=17cm)において、滑壁条件(水平変位がゼロで、鉛直変位の拘束なし)を与えた。また地盤下端面での境界条件は滑動条件(鉛直変位がゼロで、水平方向の拘束なし)を与えた。載荷前の解析では地盤要素と管要素に30G倍の自重を与え、載荷時の解析ではこの自重と地表面載荷重1.26kgf/cm²を与えた。

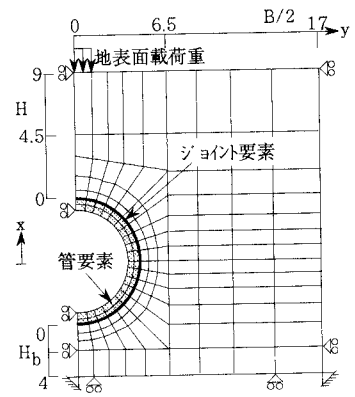


図-1 模型寸法と要素メッシュ(単位:cm)

表-2 解析に用いた弾性定数

	E (kgf/cm ²)	ν
管	740,000	0.33
乾燥砂 密	42	0.35
乾燥砂 ゆる	20	0.37
まさ土	8	0.33
シルト質砂	15	0.35

実測土圧と計算土圧の比較 図-2は乾燥砂・ゆる地盤の場合について実験と解析の結果を比較したものである。図の左・右半分のプロットがそれぞれリブリケーション無・有の場合の測定土圧を表し、ラインがFEMによる計

算土圧を表す。この結果から、前報で計算土圧の方が測定土圧よりも大きかったのは実験容器の壁に働く摩擦のためと判断できる。そこで、この摩擦の大きさを調べるため、図-3に示す装置を用いて地盤厚 Z を変化させた時の地盤全重量 W を30G場で測定し、実験の管側深度に相当する $Z=13.5\text{cm}$ における側面摩擦ゼロの時の地盤全重量 W' との比、 W'/W を求め、これを測定土圧に乗じて側面摩擦の影響を除去することにした。 W'/W の値は乾燥砂・密、乾燥砂・ゆる、まさ土、シルト質砂の各地盤でそれぞれ1.28、1.26、1.37、1.49であった。図-4はこのようにして補正した測定土圧(プロット)とFEMによる計算土圧(ライン)を比較したもので、各図の左・右半分はそれぞれ載荷前・載

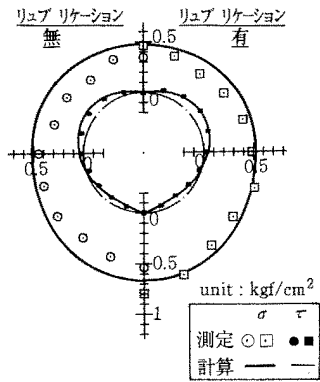


図-2 リュブ リケーションの有無による測定土圧の変化と計算土圧 (乾燥砂・ゆる、載荷前)

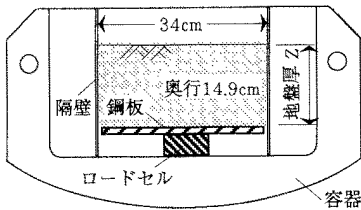


図-3 実験容器の周面摩擦力の測定

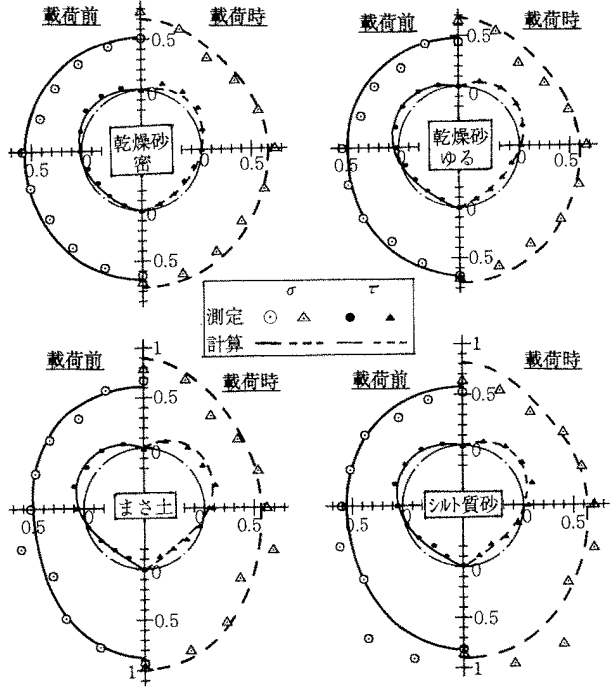


図-4 測定土圧と計算土圧の比較 (単位: kgf/cm^2)

荷時の場合を表す。測定土圧と計算土圧を比較すると、乾燥砂地盤とまさ土地盤では両者はよく対応しているが、シルト質砂地盤の場合は若干の違いが見られる。図-5は鉛直たわみ量 δ を比較したもので、測定 δ は土圧と同様な周面摩擦による補正を行っている。測定 δ と計算 δ を比べると、まさ土・シルト質砂両地盤の載荷時を除いて、両者はよく対応している。

あとがき FEM弾性解析で求めたたわみ性埋設管の土圧とたわみ量が、一部の例外を除き4通りの地盤条件で行った遠心実験の測定結果とよく一致したことから、盛土型埋設方式の場合のたわみ性管の挙動は境界条件と弾性定数の選定が主要な弾性問題として扱えることがわかった。

参考文献 1)吉村他：『たわみ性埋設管の遠心実験実測土圧に対するFEM弾性解析』、第45回土木学会、1990.9 2)東田他：『たわみ性埋設管の土圧・変形挙動に及ぼす地盤材料の影響』、第48回土木学会、1993.9 3)東田他：『埋設管施工に用いられる地盤材料の変形特性』、第46回土木学会、1991.9

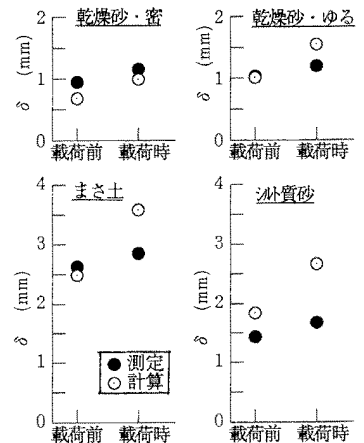


図-5 鉛直たわみ量 δ の比較