

遠心模型による盛土型埋設排水管の土圧・変形挙動観測

大阪市立大学 学生会員 徳増 健・正会員 東田 淳・正会員 寒竹英貴(現中央復建コンサルタンツ)

タキロン 正会員 日野林譲二

まえがき 比較的高い盛土下に埋設される排水管では、管周囲を碎石や良質な砂質土で裏込めし、その周囲を現地発生土で盛土するのが一般的な施工法である。このように裏込めによって囲われた排水管に働く土圧と変形を正確に測った例が無いので、管の曲げ剛性と埋設方式を変えた遠心模型実験を行って管の力学挙動を調べた。

実験方法 実験は、図-1、表-1に示す外径 D が9cm(原型で2.7m)のR管とF管(いずれも硬質アルミ製)を、図-2に示した3通りの方式で土被り高 H が18cm(原型5.4m)になるように、リュブリケーションを施した実験容器内に埋め、これを遠心加速度 $30g$ 場において、管に働く垂直土圧 σ とせん断土圧 τ 、管壁の曲げひずみ ε 、管の鉛直たわみ量 ΔD を測定した。図-2abの裏込めありはいずれも裏込めの形を正台形としたもので、aの従来型は管頂深度まで、またbの改良型は管頂よりも2cm上まで裏込めするものである。また、図-2cの裏込めなしは均一盛土の場合である。

模型地盤の作成は以下のように行った。まず裏込め有りの場合、実際施工通りのやり方では正台形の裏込め部の作成と管周りの均一な裏込めが困難なため、図-3aに示すように、実験容器の底にスペーサーをおき、盛土をS30(シルト質砂、表-2)を用いて仕上がり層厚2cmで締固めた後、容器を逆さにしてS0(乾燥砂、表-2)を管周囲に流しこみ、容器を再度逆転させた。つぎに、裏込めなしの場合は、図-3bに示す仕上がり層厚で下から順次、S30を締固めて模型地盤を作成した。

実験結果 3通りの埋設方式に対して測定されたR管とF管の曲げひずみ ε を図-4に示す。図の横軸は管頂を原点として反時計回りに計った角度である。図中のプロットが測定値、ラインが測定土圧(図-6)と管自重を外力として与えて計算した ε の分布で、両者は良く一致している。R管、F管とも、裏込め改良型の ε が最小で、裏込め従来型の ε が最大である。

管の鉛直たわみ量 ΔD を図-5に示す。図中の○印が測定値、×印が測定 ε (図-4のプロット)を用いて補仮想仕事の原理により計算した値で、両者はほぼ一致している。ここでもやはり裏込め改良型の ΔD が最小で、特にF管では管が縦長になっている。また、裏込め従来型の ΔD は、R管で

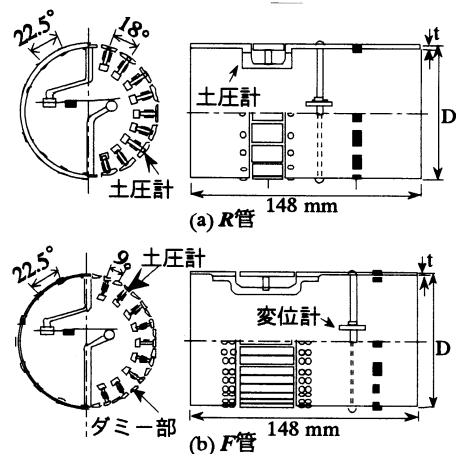


図-1 模型埋設管

埋設管	D (mm)	t (mm)	E_p (kgf/cm ²)	ν_p	S_p (kgf/cm ²)
R	90	3.5	7.4×10^5	0.33	32.6
F	90	1			0.65

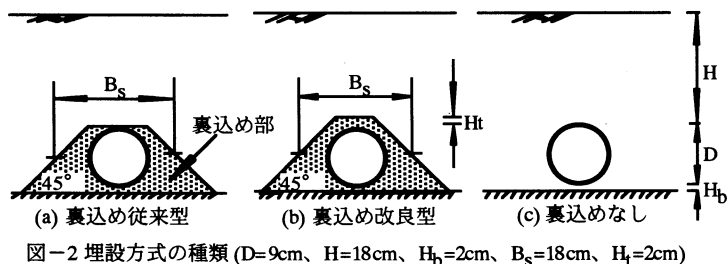


図-2 埋設方式の種類 ($D=90\text{cm}$ 、 $H=18\text{cm}$ 、 $H_b=2\text{cm}$ 、 $B_s=18\text{cm}$ 、 $H_t=2\text{cm}$)

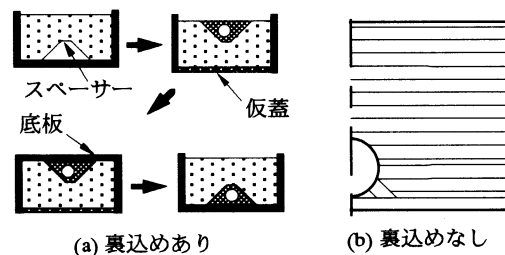


図-3 模型の作成手順

表-2 地盤材料の性質

地盤材料	G_r	D_{max} (mm)	細粒分 (%)	U_c	$\rho_{d\max}$ (g/cm ³)	$\rho_{d\min}$ (g/cm ³)	w_{opt} (%)	w (%)	ρ_d (g/cm ³)	D_r (%)	c_d (kgf/cm ²)	ϕ_d (°)
S0	2.65	1.4	0	1.75	1.58	1.32	-	0	1.43	47	0	37
S30	2.67	2.0	30	115	1.86	1.29	13.5	12	1.70	79	0.46	32

キーワード: 排水管、盛土、土圧、変形、遠心模型実験、FEM

連絡先: 大阪市住吉区杉本3-3-138、大阪市立大学工学部土木工学科、東田 淳 (Tel & Fax 06-6605-2725)

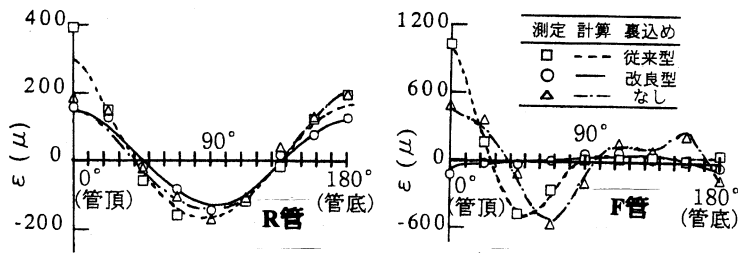


図4 測定 ε と計算 ε

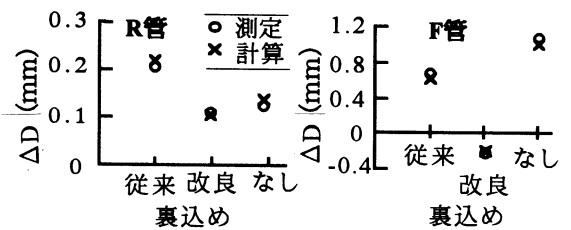


図5 測定 ΔD と計算 ΔD

は3通りの埋設方式の中で最大で、F管でもかなり大きい。

図-6のプロットは測定土圧 σ ・ τ を極座標で示している。 σ は管中心向きを、 τ は下向きを正として表してある。裏込めなしの場合、R管の σ は管底に著しく集中しているのに対して、F管の σ は管底でほぼゼロで、その代わり管底のすぐ隣の側点に集中している。一方、裏込め従来型の σ は、R管、F管とも、管頂に著しく集中しているが、管の下半分は割合、均等である。裏込め改良型の σ は、他の埋設方式のような管底や管頂への集中は無く、全体に均等な分布となっており、そのため、 ε と ΔD が3通りの埋設方式の中で最小となったことが分かる。なお、 τ はどの場合もごく小さい。

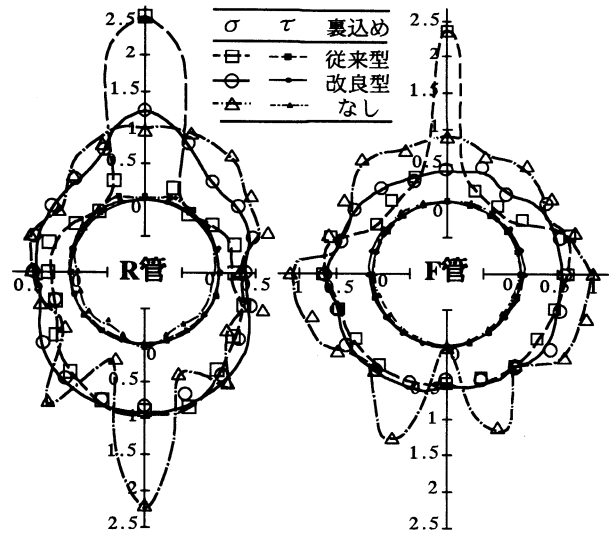


図-6 測定土圧(unit: kgf/cm²)

このように、管頂深度まで裏込めする従来型は、裏込めのない場合よりも危険側であり、避けた方がよいことが分かった。一方、裏込め改良型は管にとって最も安全であり、埋設方式として優れている。

弾性FEM解析の結果 裏込め改良型の遠心実験に対する弾性FEM解析を、別報1)の図-1と同様のメッシュを用いて行った。ただし、今回の実験に合わせて $H_s=0$ 、 $H=18\text{cm}$ 、地盤幅を 23.7cm とした。解析方法の詳細は別報1)を参照されたい。当初、裏込めの变形係数 E_s として、管中央深度の地盤応力レベルの値を K_0 圧縮試験の結果から求め、これを裏込め要素の全てに一定として与えたところ、土圧分布はF管、R管とも測定 σ よりもかなり縦長となり、 ΔD も測定値よりも相当大きくなり、明らかに実験結果と異なった。そこで、模型作成時に裏込め砂が管頂と管底附近でゆるんだと考え、推定したゆるみ領域の E_s を図-7に示すように低減させたところ、図-8に示すように土圧分布は測定土圧と良い近似を示し、 ΔD も図中の表に示すように測定値とかなり近い結果が得られたので、このシミュレーションは妥当と結論した。

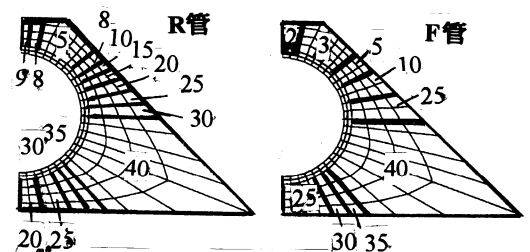


図-7 裏込め部の E_s (unit: kgf/cm²)

	σ (kgf/cm ²)	τ (kgf/cm ²)	ΔD (F管) (mm)	ΔD (R管) (mm)
測定値	●	▲	-0.225	0.109
計算値	—	—	0.258	0.079

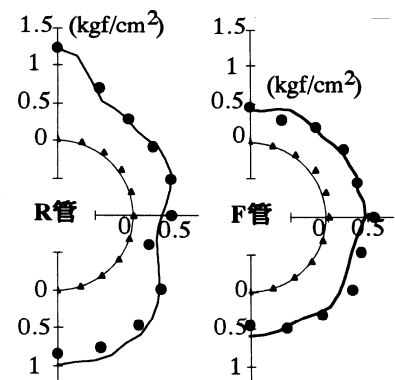


図-8 実験と解析の比較

参考文献 1)日野林他、高盛土下に埋設される排水管の变形挙動(弾性FEM解析)、土木学会第55回年講。2)寒竹他、高盛土下に埋設される排水管の变形挙動(遠心模型実験)、土木学会第55回年講。