

# 高盛土下に埋設される排水管の変形挙動(遠心模型実験)

大阪市立大学 正会員 寒竹英貴(現中央復建コンサルタンツ)・正会員 東田 淳・非会員 新井 孝幸  
タキロン 正会員 日野林譲二

まえがき 最大100mの高盛土下に埋設される排水管の適切な設計法を構築するため、遠心実験によって変形挙動を調べている。今回は、砂による裏込めの有無、管の曲げ剛性 $S_p(=E_p t^3/[12(1-\nu_p^2)R^3])$ 、 $E_p$ と $\nu_p$ は管材料のヤング率とポアソン比、 $t$ は管厚、 $R$ は管厚中心半径)、地盤材料、基盤と管底の距離 $H_s$ 、土被り高 $H$ を変化させた実験について報告する。なお実験の解析を別報1)に示したので併せて参照されたい。

実験方法 実験に用いた3種類の模型管(図-1、剛性の小さい順からF\*管、M\*管、R\*管とよぶ)の材質、寸法、曲げ剛性 $S_p$ を表-1に示す。F\*管とM\*管の材質は非線形性を持つポリエチレンなので、両管の $S_p$ 値は、管頂・管底への集中線荷重載荷試験(温度20°C)で得られた荷重～たわみ曲線のたわみ量1mmにおける割線勾配から定めた。これらの模型管を、乾燥砂による裏込めが有無の2通りの設置方式(図-2)で、リュブリケーションを施した容器に2~3本埋め(図-3)、これを10gずつ100gまで遠心載荷し、各段階で管の鉛直たわみ量 $\Delta D$ と

管壁に生じる曲げひずみ $\varepsilon$ の分布を測定した。なお、F\*管とM\*管に貼付した曲げひずみ測定用ゲージ(東京測器FLA-1-23)の出力には、管から切り出したダンベル供試体の引張り試験によって求めたゲージ率(それぞれ1.44と2.08)を乗じて補正した。裏込め部は表-2に示すS0(乾燥砂)をロートによって流し込んで作成した。また、管頂から10cm上までの盛土部は、表-2に示すS16(まさ土)、S30(シルト質砂)、S44(粘土質砂)を仕上がり層厚2cmで締固めて作成し、その上に鉛の散弾を敷いた。なお、模型作成方法の詳細は別報2)の図-3を参照されたい。実験条件を表-3に示す。表中の $H/D$ は散弾重量を地盤重量に置き換えた換算土被り高である。全実験数は27である。

実験結果 盛土材料S30・裏込め有りの場合のたわみ率 $\delta(=\Delta D/2R)$ と原型管の外径 $D_p(=D \times n)$ 、ここに $D$ : 模型管の外径、 $n$ : 遠心加速度/重力加速度)の関係を図-4a( $H_s/D=2$ )、b( $H_s/D=0$ )に示す。なお、 $\delta$ は1g場を初期値とする増分で

キーワード: 高盛土、排水管、遠心模型実験、管剛性、変形

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)

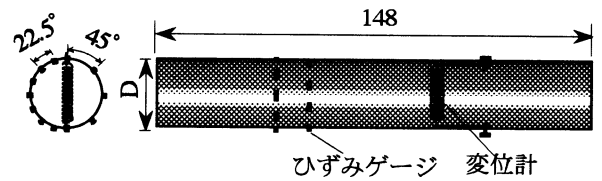


図-1 模型管 (unit:mm)

表-1 管の諸元

| 管  | 材質    | D (mm) | t (mm) | $E_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\nu_p$ | $S_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-------|--------|--------|------------------------------|---------|------------------------------|
| F* | HDPE  | 23.01  | 0.94   | 9132                         | 0.4     | 0.56                         |
| M* | MDPE  | 23.52  | 2.18   | 3668                         | 0.4     | 2.66                         |
| R* | 硬質アルミ | 23.52  | 1.25   | 758420                       | 0.33    | 100.2                        |

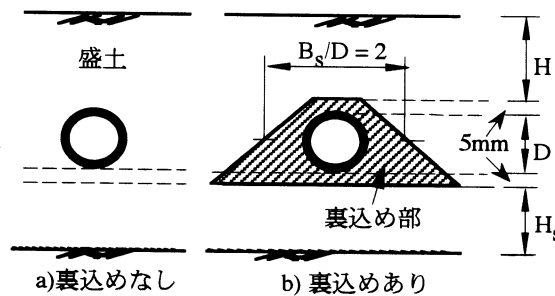


図-2 埋設形式

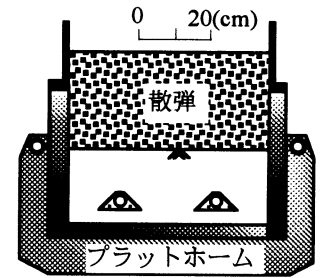


図-3 実験装置

表-2 地盤材料の性質

| 地盤材料 <sup>1)</sup> | $G_s$ | $U_c$ | $\rho_d \max$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $\rho_d \min$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $w_{opt}$ (%) | $w$ (%) | $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $D_r$ (%) | $c_d$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $\phi_d$ (°)    |
|--------------------|-------|-------|------------------------------------|------------------------------------|---------------|---------|-------------------------------|-----------|------------------------------|-----------------|
| S0                 | 2.65  | 1.75  | 1.58                               | 1.32                               | —             | 0       | 1.43 <sup>2)</sup>            | 47        | 0                            | 37              |
|                    |       |       |                                    |                                    |               |         | 1.55 <sup>3)</sup>            | 90        | 0                            | 43              |
| S16                | 2.71  | 70    | 1.92                               | 1.42                               | 11.4          | 10      | 1.70                          | 63        | 0.23                         | 38              |
| S30                | 2.67  | 115   | 1.86                               | 1.29                               | 13.5          | 12      | 1.70                          | 79        | 0.46                         | 32              |
| S44                | 2.67  | >500  | 1.79                               | 1.31                               | 16.2          | 14      | 1.60                          | 68        | — <sup>4)</sup>              | — <sup>4)</sup> |

1)材料名に付した数値は細粒分含有率を表す。2)Loose。

3)Dense。4)未試験。

表-3 実験条件

| 盛土  | 裏込め   | $H_s/D$ | $H/D$      |
|-----|-------|---------|------------|
| S30 | Loose | 2・0     | 4・17・31・44 |
|     | Dense | 2       | 44         |
|     | なし    | 2・0     | 4・17・44    |
| S16 | Loose | 2       | 4・17・31・44 |
|     | Loose | 0       | 44         |
| S44 | Loose | 2       | 4・17・31・44 |
|     | Loose | 0       | 44         |

表してある。どの場合も $H/D$ ならびに $D_p$ が大きくなるにつれて $\delta$ が増える。 $H_s/D=2 \cdot 100g$ 場の $\epsilon$ 増分の分布を図-5に示す。図の横軸は管頂を原点にとって測った角度である。図から、M\*管とR\*管は楕円形に、また剛性が最小のF\*管は四角形にそれぞれ変形していることが分かる。 $\delta$ と $\epsilon$ の測定精度が高いことは、測定 $\epsilon$ の分布を用いて仮想仕事の原理により求めた $\delta$ と測定 $\delta$ の一致によって確めた。

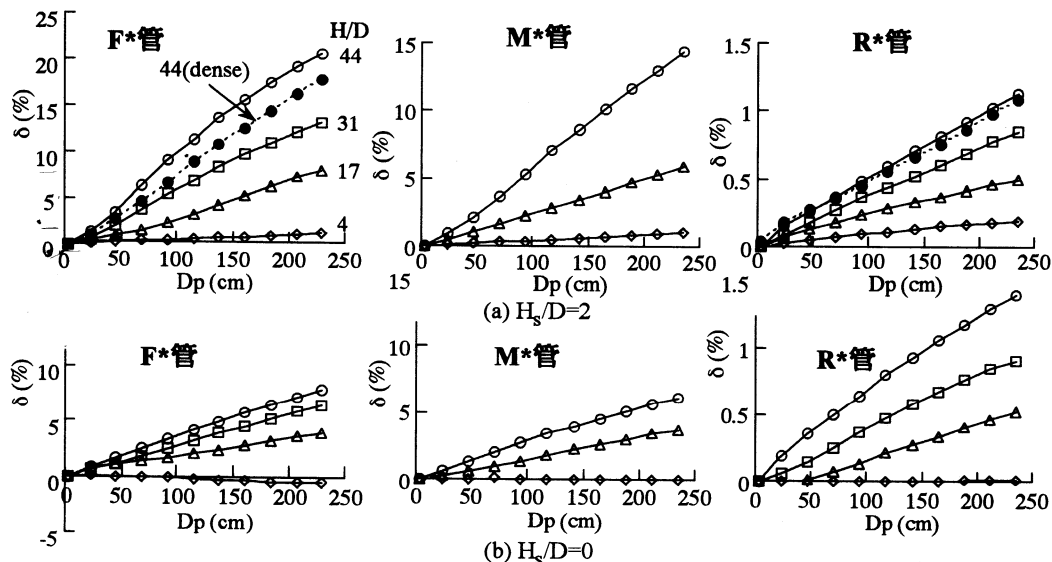


図-4  $\delta \sim D_p$  関係(盛土材料S30・裏込めあり)

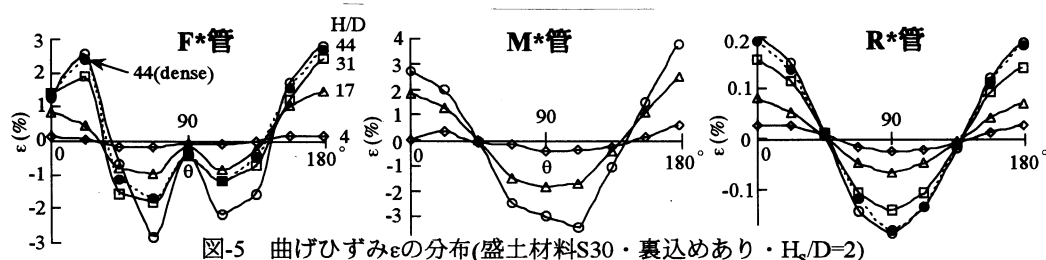


図-5 曲げひずみ $\epsilon$ の分布(盛土材料S30・裏込めあり・ $H_s/D=2$ )

#### 各要因の影響 全実験で得られた100g

場の $\delta$ の増分と $S_p$ の関係、および原型換算した管頂の曲げモーメント $M_p$ の増分と $S_p$ の関係を盛土材料別に図-6、7に示す。いずれもa図が $H_s/D=2$ 、b図が $H_s/D=0$ の場合を表す。これらの図から次のことが分かる。

- 1)  $S_p$ が大きいほど、当然 $\delta$ は減る。
- 2) 盛土材料の細粒分

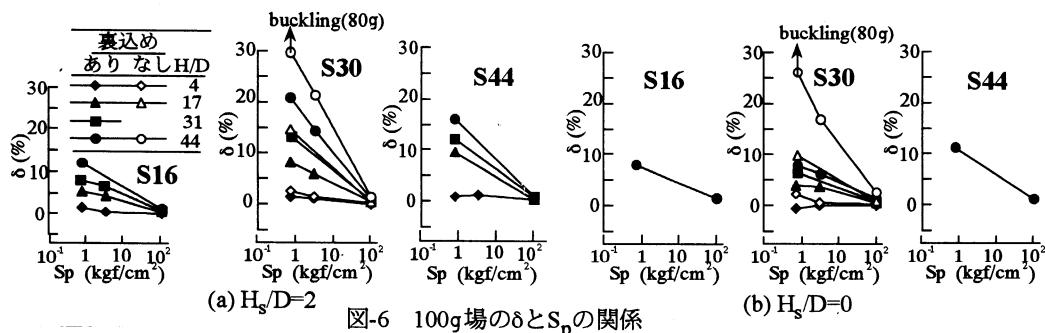


図-6 100g場の $\delta$ と $S_p$ の関係

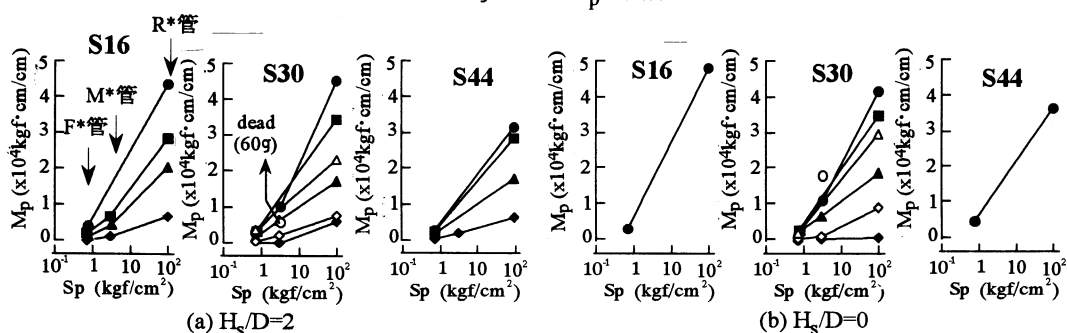


図-7 100g場の管頂 $M_p$ と $S_p$ の関係(凡例は図-6と同じ)

含有率が高いほど $\delta$ は大きい。ただしS44・ $H_s/D=2 \cdot H/D \geq 31$ の実験では地盤下部で飽和度が1を超えるため、この傾向から外れる。3)  $H_s/D=2$ の $\delta$ は、 $H_s/D=0$ の $\delta$ に比べてF\*管とM\*管では大きい。一方、R\*管では値はごく小さいが、これと逆の傾向を示す。4) 裏込めが無い場合の $\delta$ は、裏込めが有る場合の $\delta$ よりもかなり大きい。5) 管頂 $M_p$ は、 $S_p$ が大きいほど大きい。また、 $H_s/D=0$ の管頂 $M_p$ は $H_s/D=2$ の管頂 $M_p$ よりも大きい(1例を除く)。

参考文献 1) 日野林他、高盛土下に埋設される排水管の変形挙動(弾性FEM解析)、土木学会第55回年講。2) 徳増他、遠心模型による盛土型埋設排水管の土圧・変形挙動観測、土木学会第55回年講。