

輪荷重繰返し載荷による埋戻し土の剛性変化

大阪市立大学 東田 淳・藤田充彦

阿南工業高等専門学校 吉村 洋

中央復建コンサルタント 八谷 誠・井上裕司・所 達弘

大阪市都市環境局 二ノ形一哉・大杉朗隆

まえがき 地中埋設管の分野では最近プラスチック管が多用される傾向にあり、最近注目を浴びている更生管工法でも内巻きライナーはプラスチック製である。プラスチック管は腐食に強いので、長寿命化が達成されるが、時間経過につれて管の剛性はプラスチック特有のリラクゼーションにより低下する。一方、埋設管周囲の地盤は、輪荷重載荷と地下水位の上昇下降を繰返し経験し、締め、粒子破碎、セメンテーションによって時間経過とともに剛性を増加する。その結果、土・構造物の相互作用として決まる管の土圧・変形挙動も時間経過とともに変化する。

管材料の剛性変化については材料力学の分野でデータがかなり蓄積されているが、地盤工学の分野では土の剛性の経時変化に関するデータの蓄積が少ないため、土・構造物の相互作用の経時変化の実態はほとんど分かっていない。そこで、相互作用の経時変化を定量化する研究を始めた。今回は、 K_0 圧縮試験によって求めた輪荷重の繰返し載荷に伴う土の剛性変化について報告する。

実験概要 実験は、表-1に示す土材料(S0L: 乾燥瀬戸珪砂のゆる詰め、S16L: まさ土のゆる詰め、S16D: まさ土の密詰め)を K_0 圧縮試験機(図-1)に詰めた直立方体の3供試体に、図-2に示す繰返し載荷装置を用いて、0.6mの土被り圧 $p_1(=0.12\text{kgf/cm}^2)$ を軸荷重 σ_1 として加えた状態で輪荷重 $p_2(=0.78\text{kgf/cm}^2)$ を1.5Hzで30万回繰返し載荷し、供試体を K_0 条件で圧縮膨張させた。 p_2 は25t車両の後輪荷重 $10\text{tf} \times 2 \times (1+\text{衝撃係数}0.5)$ が 45° で地中分散するとして求めた。そして、累計繰返し回数 N が所定の回数になった時点で、 σ_1 をゼロ付近まで戻した後、 p_1+p_2 の荷重レベルまで段階的に σ_1 を増し、各段階で測定した側方圧 σ_3 と軸ひずみ ϵ_1 を、土を等方弾性体と仮定した時のHookeの式:

$$v_s = (\sigma_3 / \sigma_1) / (1 + \sigma_3 / \sigma_1) \quad \dots(1) \quad E_s = (1 - v_s - 2v_s^2) / (1 - v_s) \cdot (\sigma_1 / \epsilon_1) \quad \dots(2)$$

に代入して変形係数 E_s とポアソン比 v_s を求めた。なお、容器と供試体の間に働く摩擦の影響を軽減するため、容器側面にゴム2枚とシリコングリースによるリュブリケーションを施し、さらに σ_1 として上下の載荷板に接続した2個のロードセル測定値の平均をとった。また、 ϵ_1 は圧縮量 S がかなり大きいので、次式で定義される対数ひずみをとる。ここに、 H_0 と H はそれぞれ供試体の初期高さ(=10cm)、および σ_1 で圧縮した後の供試体高さである。

$$\epsilon_1 = \ln(H_0 / H) \doteq S / \{ (H_0 + H) / 2 \} \quad \dots(3)$$

実験結果 図-3にS16D供試体を例にとり、測定された $\sigma_3 \sim \sigma_1$ 、および $\sigma_1 \sim \epsilon_1$ の関係を示す。 $\sigma_3 \sim \sigma_1$ 曲線は線形に
キーワード: 埋戻し土、剛性、繰返し載荷、輪荷重

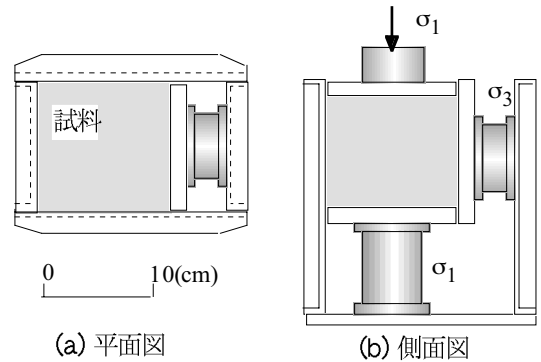


図-1 K_0 圧縮試験装置(内寸法12×12×10 cm)

- ①コントローラ ②DDモータ
- ③ σ_1 測定用ロードセル
- ④ ϵ_1 測定用変位計
- ⑤ K_0 圧縮試験機

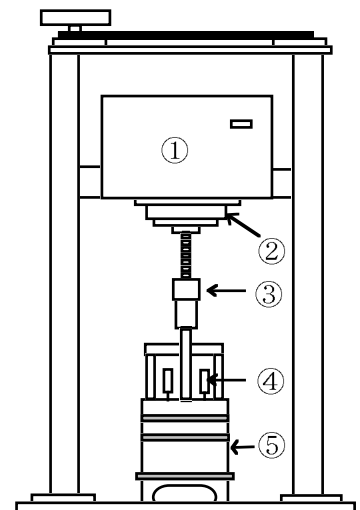


図-2 繰返し載荷装置

表-1 土材料の性質

土	G_s	D_{max} mm	U_c	ρ_{dmax} g/cm ³	ρ_{dmin} g/cm ³	w_{opt} %	w %	ρ_d g/cm ³
S0L	2.65	1.4	1.75	1.58	1.32	-	0	1.43
S16L								1.50
S16D	2.71	2.0	70	1.92	1.42	11.4	10	1.70

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

近く、累計繰返し回数Nの増大につれて低応力域の σ_3 がインターロッキングによって増えるとともに、曲線勾配がゆるくなる。 $\sigma_1 \sim \varepsilon_1$ 曲線はNの増大につれて勾配がきつくなる。図-4に、S16D供試体の E_s および v_s と σ_1 の関係を示す。これらの E_s および v_s は、各Nにおける σ_3 と ε_1 の初期値からの増分 $\Delta\sigma_3$ と $\Delta\varepsilon_1$ を用いて計算している。 E_s および v_s は、Nの増大につれてそれぞれ増大、減少する。

3供試体で得られた段階荷重過程の σ_3 および ε_1 の初期値とNの関係を図-5に示す。S0L供試体の σ_3 の初期値を除くと、他はいずれもNの増大につれて収束する傾向を示す。図-6は、 $\Delta\sigma_3$ と $\Delta\varepsilon_1$ を用いて計算した $\sigma_1 = p_1 + p_2$ における E_s および v_s とNの関係を示す。どの供試体でも E_s および v_s は、Nの増大につれてそれぞれ増大、減少し、S0L供試体の E_s を除くと、いずれもN=30万回付近でほぼ収束している。

図-7に、3供試体の段階荷重開始前の D_r とNの関係を示す。S16L供試体の D_r はNが30万回付近でほぼ一定値に収束している。S16D供試体の D_r はN=4回以降ほとんど変化が見られない。これに対してS0L供試体の D_r はNの増大につれて増え続け、N=30万回でも収束していない。この結果から、図-6で例外的に見られたS0L供試体の E_s の増大継続傾向は、Nの増大に伴って D_r が増え続けるために生じているといえる。

なお、粒子破碎の程度について、試験後の細粒分含有率が、S16D供試体では試験前の2倍程度に増えたのに対して、S0L供試体ではほとんど変化がなかったことを確認しているが、この点については今後の検討課題としたい。

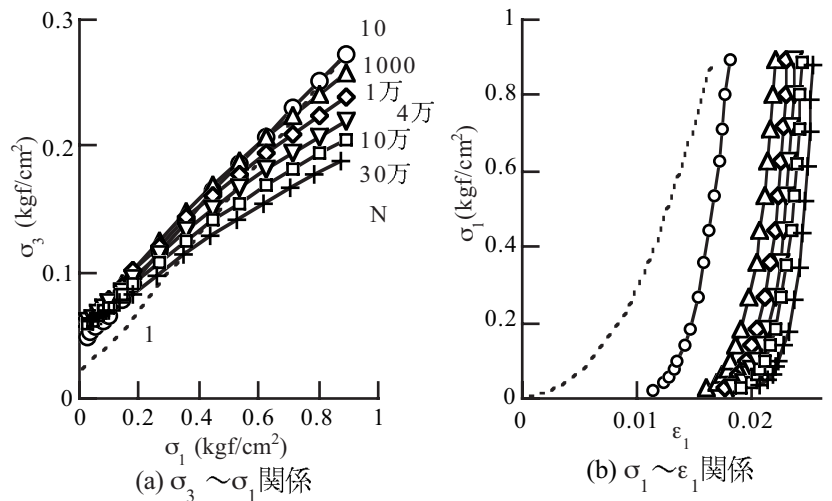


図-3 S16D供試体の測定結果

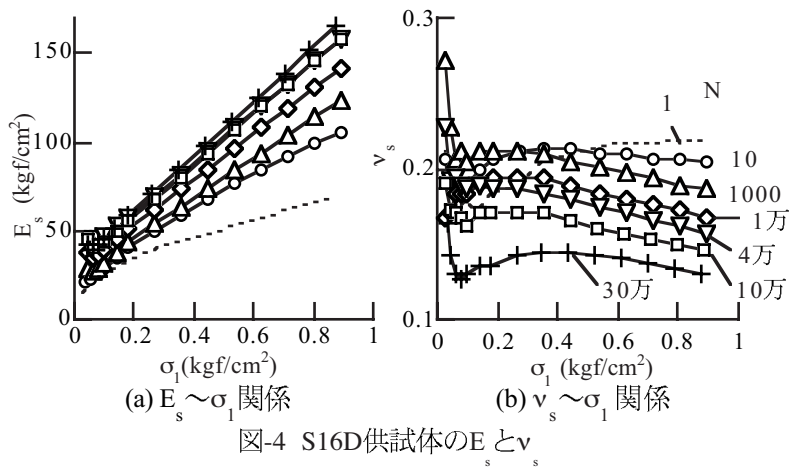


図-4 S16D供試体の E_s と v_s

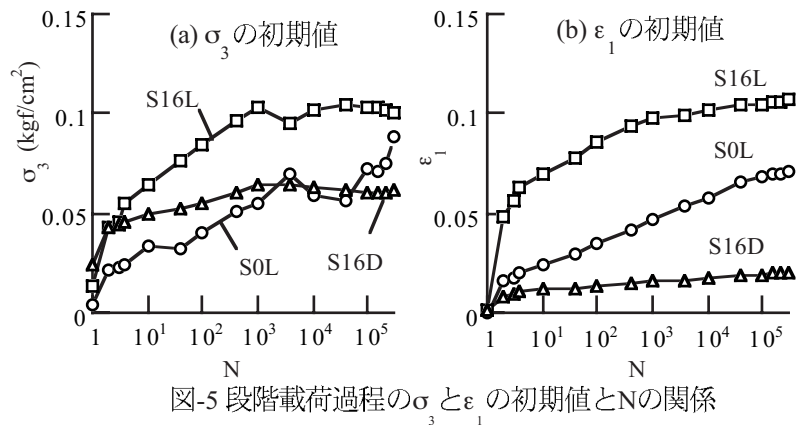


図-5 段階荷重過程の σ_3 と ε_1 の初期値とNの関係

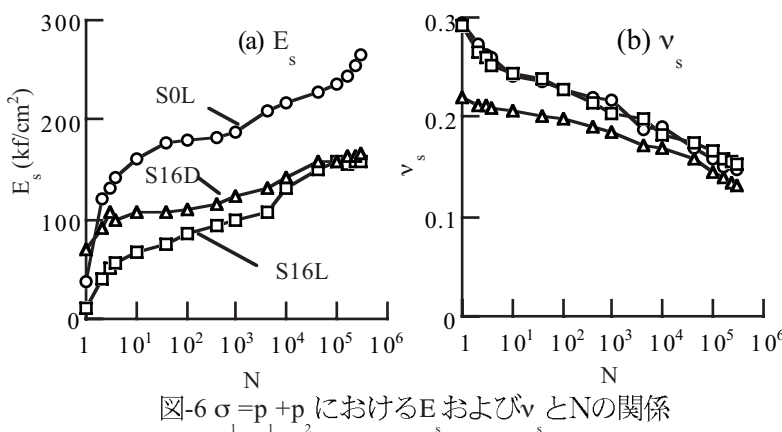


図-6 $\sigma_1 = p_1 + p_2$ における E_s および v_s とNの関係

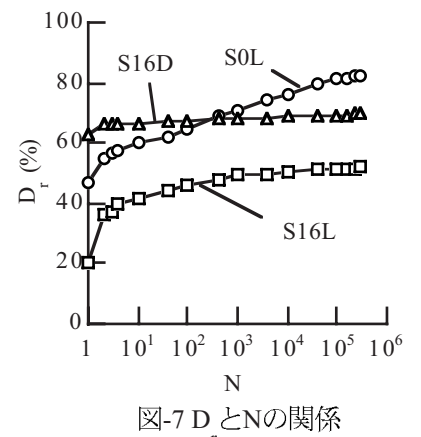


図-7 D_r とNの関係