

III-19 砂の三軸圧縮試験における一般的な変形定数

東北大工学部 (正) 河上 房 義

東北大学院 (学) 諸 戸 靖 史

東北大工学部 (正) 須 藤 良 清

1. はじめに

現場における載荷試験あるいは室内における繰返し圧縮試験等から知られるように、砂に荷重が作用すると不可逆的な変形と可逆的な変形とが生ずる。そこで Holmberg⁽¹⁾等が行っているように三軸圧縮試験機を用いて各種の応力経路を持つ繰返し操作を行い、両者の変形を区別した。ここでは可逆的な変形についてのみ調べたことを報告する。

2. 実験の概要

三軸円筒形供試体圧縮試験機を用い、軸方向と横方向の加圧操作は別々に手動で行った。体積変化は同ゲキ水の出入りをビューレット (1/100 cc) で読み、軸方向変位は載荷ピストンの変位をダイヤルゲージ (1/1000 mm) で読み取った。体積変化は補正を行っている。

試料として用いた砂は仙台近郊名取川産のもので、粒径 ($D_{10}=0.28$, $D_{50}=0.53$), 均等係数 $C_u=1.89$ 2次元のアンギュラリティー 453であり、ここに報告されているのは初期同ゲキ比 $e_0=0.74$ のものである状態にある。

供試体は直径 5cm, 高さ 12cm の円筒形としており、三層に分けて均等に形成され、同ゲキは脱気水で飽和されている。

試験に用いた応力経路を図-1に示す。等方圧縮、異方圧縮試験、及び平均主応力一定試験、側圧一定試験であり、後者の2つははじめ等方圧縮で所定の応力状態まで上げたのちに行なった。ここでは側圧一定試験の結果は省略した。

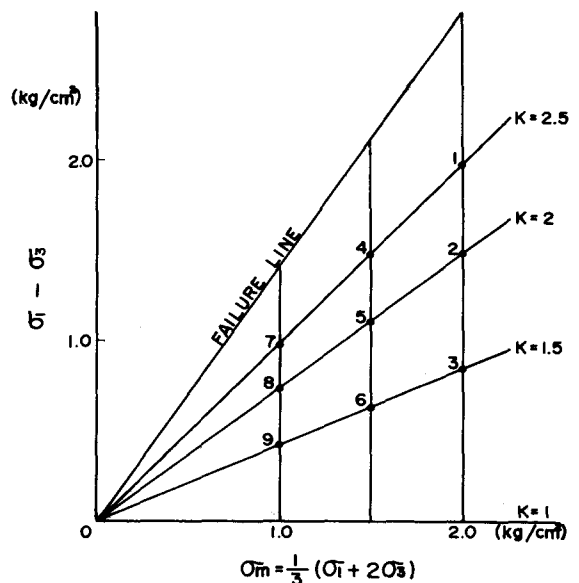
3. 実験の結果

各繰返し操作の過程において応力度変形曲線は可逆的ヒステリシスループを描くようになる。この場合のループの中心線に対応するヒズミを可逆的ヒズミ (ϵ_{ij}^r)、処女応力変形曲線に対応するヒズミを全ヒズミ (ϵ_{ij}) $\epsilon_{ij} - \epsilon_{ij}^r$ を不可逆的ヒズミ (ϵ_{ij}^r) とする。

$$\epsilon_{ij} = \epsilon_{ij}^r + \epsilon_{ij}^r \quad \text{----- (1)}$$

各応力点における可逆的なひずみ量を表-1に示す

図-1 試験に用いた応力経路



ε_1^r : 可逆的な軸ヒズミ

ν^r : 可逆的な体積ヒズミ

表-1中の諸数値は可逆的な変形の応力経路に無関係であることを示すものと考えられる。そこで軸方向と横方向のヒズミ増分 $d\varepsilon_1^r$ と $d\varepsilon_3^r$ を異方性を考慮した変形定数 E_1, E_3, ν_1, ν_3 を用いて軸方向と横方向の応力増分 $d\sigma_1, d\sigma_3$ で次のように表す。

$$\left. \begin{aligned} d\varepsilon_1^r &= \frac{1}{E_1} (d\sigma_1 - 2\nu_3 d\sigma_3) \\ d\varepsilon_3^r &= \frac{1}{E_3} ((1-\nu_3) d\sigma_3 - \nu_1 d\sigma_1) \end{aligned} \right\} \text{-----}(2)$$

(2)式は平均主応力が一定の場合

$$\left. \begin{aligned} d\varepsilon_1 &= \frac{1}{E_1} (1 + \nu_3) d\sigma_1 \\ d\varepsilon_3 &= \frac{1}{E_3} (1 - \nu_3 + 2\nu_1) d\sigma_3 \end{aligned} \right\} \text{-----}(3)$$

応力比一定の場合

$$\left. \begin{aligned} d\varepsilon_1 &= \frac{1}{E_1} (K - 2\nu_3) d\sigma_3 \\ d\varepsilon_3 &= \frac{1}{E_3} (1 - \nu_3 - K\nu_1) d\sigma_3 \end{aligned} \right\} \text{-----}(4)$$

$$K = \frac{d\sigma_1}{d\sigma_3}$$

図-2は各応力点におけるそれらの定数の値を示す

4. あとがき

砂のくり返し三軸圧縮試験における可逆的な変形部分は応力経路に無関係なく、その変形特性を表す4つの変形定数は異った載荷経路を有する試験結果から算出することが可能である。図-2によると異方性は応力比 $K(\sigma_1/\sigma_3)$ が大なるにつれて卓越することが明らかであり、応力比による砂の変形の異方性の評価が重要となってくる。現在、砂の排水状態における可逆的な変形特性の数式化を試みている。

参考文献

1. Halubec, I. Elastic Behavior of Cohesionless Soil, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, SM6, 1968, PP1215~1230

表-1 各応力点における ε_1^r と ν^r

応力点	ε_1^r (%)		ν^r (%)	
	σ_m = 一定	K = 一定	σ_m = 一定	K = 一定
1	0.21	0.20	0.37	0.41
2	0.20	0.18	0.42	0.43
3	0.16	0.15	0.43	0.44
4	0.17	0.17	0.30	0.31
5	0.16	0.14	0.34	0.36
6	0.13	0.12	0.35	0.37
7	0.13	0.13	0.25	0.24
8	0.12	0.11	0.26	0.28
9	0.10	0.09	0.27	0.30

(3)と(4)を組み合わせることにより、4つの定数 E_1, E_3, ν_1, ν_3 を求めることが出来る。

図-2 各応力点における変形定数の値

