

東海大学 稲田 倍穂 金沢工業大学 外崎 明
東海大学 赤石 勝 ○東海大大学院 寒河江 健也

1. まえがき

強度増加率は、一般に $\sigma_v = 0$ とした土のせん断強さ C_u と圧密圧力 P との比をとっているが、圧密圧力の定義の仕方、圧密時の応力状態によって異なる値が得られる。また、 C_u/P 値を必要とする限界盛土高に近い部分载荷を受けた地盤の大部分の圧密条件は、 K_0 状態ではなく、圧密前後の C_u/P 値が必要となってくる。

そこで、室内試験より強度増加率を求める方法に関して、圧密圧力とせん断強さの関係を明らかにするため、圧密時の最大・最小主応力比 $K = \sigma_3/\sigma_1$ を変化させた異方圧密試験と非排水せん断試験を行ない、その結果について、圧密、およびせん断中生じるダイレイタンスの影響を考慮して検討を行なった。

2. 異方圧密とせん断強さ

2.1. 異方圧密 われわれは、以前に正規圧密飽和粘土の圧密が、次式で示される有効圧密圧力 $\Delta\sigma'_v$ の増加に伴って生じることを明らかにした。 $\Delta\sigma'_v = \Delta\sigma'_m + D_f \Delta\sigma_\alpha \dots (1)$ ここに、 $\Delta\sigma'_v$; 有効等価圧密圧力増分, $\Delta\sigma'_m$; 平均有効応力増分, D_f ; ある時間における排水時のダイレイタンス係数, $\Delta\sigma_\alpha$; 主応力差増分である。

図-1は、圧密非排水三軸圧縮試験における有効応力経路、ならびに平均有効応力 σ'_m と間げき比 e の関係を示したものである。

式(1)で示される等価有効応力増分 $\Delta\sigma'_v$ は、図-1(a)に示されるように等方応力 σ'_v で圧密した土を、 $\Delta\sigma'_m$, $\Delta\sigma_\alpha$ で異方圧密したときの等方有効応力増分であり、この時、土要素に生じる体積ひずみ ΔE_v は、

$$\Delta E_v = m_v^* \cdot \Delta\sigma'_v = m_v^* (\Delta\sigma'_m + D_f \Delta\sigma_\alpha) \quad \text{または} \quad \Delta E_v = C_c^* (1+e_0) \log(1 + \Delta\sigma'_v/\sigma'_{v0}) \dots (2)$$

となる。ここに、体積圧縮指数 m_v^* 、圧縮指数 C_c^* は、有効等価圧密圧力 σ'_v に対して定義されたものであり、 e_0 , σ'_{v0} は、それぞれ載荷前の初期間げき比および有効等価圧密圧力である。

2.2. せん断強さ 図-1(a)において、A, B, C点で等方圧密後、一定載荷速度でせん断した場合、有効応力経路は互いに平行となる。

一般に正規圧密飽和粘土は、主応力差の増加に対して負のダイレイタンスを示すので、有効応力がA点からD点に変化すると、間げき比は低下して、図-1(b)に示したa点からb点に変化する。すなわち、D点で表わされる応力 $\Delta\sigma'_m$, $\Delta\sigma_\alpha$ の等価圧密圧力がB点の等方有効応力と一致し、対応する間げき比 a , b 点は等しく、両者は同一のせん断強度 σ_{af} を持つと考えられる。

ここで、破壊時のせん断強さ σ_{af} , $C' = 0$ の時の破壊線の傾角 θ_f とすれば、 $\tan \theta_f = \sigma_{af} / (\sigma'_v - D_f \sigma_{af})$ であるから、 $\sigma_{af} = \sigma'_v \sin \phi' / (3 + (6 \cdot D_f - 1) \sin \phi') \dots (3)$ となる。ここに、 D_f ; ある載荷速度における破壊時のダイレイタンス係数($D_f = A_f - 1/3$, A_f ; 破壊時の間げき圧係数), ϕ' ; 有効せん断抵抗角である。

$C_u = \sigma_{af}/2$ とすれば、有効等価圧密圧力 σ'_v で圧密された時の強度増加率 C_u/σ'_v は、

$$C_u/\sigma'_v = \sin \phi' / \{3 + (6 \cdot D_f - 1) \sin \phi'\} \dots (4) \quad \text{となる。}$$

3. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、表-1に示すような物理的性質をもつ繰り返し飽和粘土である。実験には、三軸圧縮試験機を用いた。

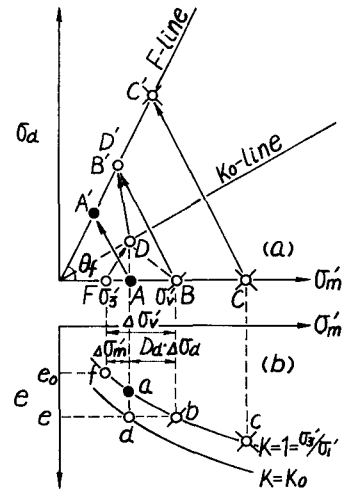


図-1

表-1 試料の物理的性質

比重	w_L	I_p	silt	clay
2.67	82.6%	61.8	41%	54%

3.1. 平均主応力一定圧密試験, および非排水せん断試験 等方圧密 ($K=1$) 試料は, 48時間圧密した。異方圧密は, 24時間等方圧密後, 側圧を減し軸差応力を増して平均主応力を一定に保ち, $K=0.9 \sim 0.4$ の範囲で24時間圧密を行ない, 異方圧密中生じるダイレイタンスーによる体積変化を測定した。平均圧密圧力は, $0.5, 1.0, 2.0 \text{ kg/cm}^2$ とした。圧密終了後, 0.1 mm/min のひずみ速度で非排水せん断を行なった。

3.2. 非排水クリープ試験 2.0 kg/cm^2 で24時間等方圧密を行なった供試体に対し, 平均主応力を一定 (2.0 kg/cm^2) に保ち軸差応力 ($0.4, 1.4, 1.8 \text{ kg/cm}^2$) を加えた。この時発生するダイレイタンスー成分の過剰間隙水圧 u_d を測定し, 非排水時のダイレイタンスー係数 e_u と, 異方圧密時のダイレイタンスー係数 e とを比較した。

4. 実験結果および考察

4.1. 間隙比 e ~ 平均有効応力 σ'_m 図-2は, 等方圧密 ($K=1$) 試験, および異方圧密 ($K=0.9 \sim 0.4$) 試験を行なって得られた間隙比 e と平均有効応力 σ'_m の関係を示したものである。等方圧密から異方圧密に移行したことによる間隙比の低下量 Δe は, K が等しければ σ'_m によらずほぼ一定であり, おおのこの K に対する $e \sim \log \sigma'_m$ 線は, 平行となった。したがって, 異方圧密における圧密時間が等しければ, 圧縮指数 C_c は, K によらず等方圧密時の圧縮指数とほぼ等しくなり, $e \sim \log \sigma'_m$ の関係式は, $e = -0.423 \cdot \log \sigma'_m + e_K \cdots (5)$ となる。ここで, e_K は, K 圧密における $\sigma'_m = 1 \text{ kg/cm}^2$ のときの間隙比の値である。また, 体積ひずみ Δe_v と一義的な関係にある間隙比の Δe_v による変化量 Δe は,

$\Delta e = 1.492 - 0.423 \cdot \log(1 + 4\sigma'_v) \cdots (6)$ となる。この式より, 24時間の異方圧密時のダイレイタンスー係数 e_u を求め, 主応力比 K との関係を示したのが, 図-3である。等方から K_0 値 (K_0 値は, 0.429) 付近までの e_u は, K および σ'_m によらずほぼ一定となった。

4.2. 非排水クリープ 図-4は, 非排水クリープ試験の結果より非排水時のダイレイタンスー係数 $e_u (= u_d/\sigma'_a)$ を時間の対数に対してプロットしたものである。最小二乗法により24時間後の e_u を求めると 0.447 となっ

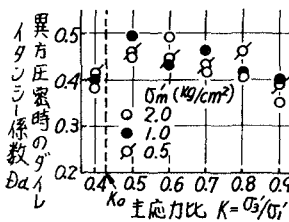


図-3

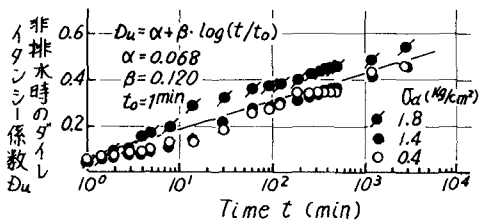


図-4

た。また, 24時間異方圧密した時の排水時のダイレイタンスー係数 e_u の平均値は, 0.426 となりかなりの近似を見せている。したがって, 有効等価圧密圧力 σ'_v は, 非排水せん断試験を行なって推定することが可能であると思われる。

4.3. 強度増加率について $K=1.0 \sim 0.4$ の範囲で圧密し, 非排水せん断を行なったところ, 有効せん断抵抗角 $\phi = 37.7^\circ$ となり, 応力状態によらずほぼ同一の値が得られた。この非排水せん断試験の結果より式 (4) で求めた強度増加率を主応力比 K に対してプロットしたのが, 図-5である。多少のバラツキはあるが, ほぼ一定値を示している。したがって, C_u/σ'_v を用いれば, 地盤の圧密による強度増加を統一的に表わすことが可能であると思われる。

5. まとめ 以上得られた結果を要約すると次のようになる。(1) e_u は, それと同時間の e に等しく K_0 値付近までは, ほぼ一定値をとる。(2) 等方圧密から異方圧密へ移行したことによる間隙比の低下量 Δe は, 圧密時間ならびに K が一定であれば, σ'_m によらずほぼ一定で, σ'_m に対して定義した圧縮指数 C_c は, K に関係なく同一の値をとる。(3) 強度増加率は, 有効等価圧密圧力 σ'_v を用いて統一的に表わされる。 参考文献 1) 稲田赤石・似内「一次元圧密におけるダイレイタンスー効果」, 第12回土質工学研究発表

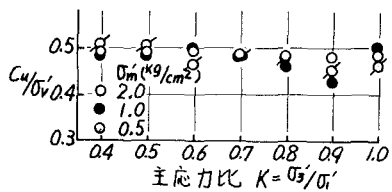


図-5