

新潟大学工学部 正員 小川 正二
 東北大学工学部 学生員 苑 世亮
 " " 張 正宗

【まえがき】 土構造物や土基礎の破壊に対する安定性はその土の強度特性を基準として検討しているが、構造物基礎としての地盤内応力や上部構造物の地震に対する応答なども検討する場合には、土の弾性係数やポアソン比などの変形特性が重要な要因となる。

地盤内応力に関する研究はBoussinesqをはじめ、多くの研究者によって行なわれており、その大部分は土も等方等弾性体と仮定しているが、Bardenは土も異方性弾性体として地盤内応力を求め、等方等弾性体としての地盤内応力との差異を示している。しかし、土も異方性弾性体と考えたときの弾性係数やポアソン比については明らかにしていない。著者は締固めた不飽和土について圧縮試験も行ない、その変形が異方性を示すことも見出したので、ここに、その結果を報告する。

【等方圧による土の変形の異方性】 実験に用いた試料はシルト質ロームと粘土の2種類で、これらの試料を任意の含水比に調整し、高さ126mm、直径50mmの内筒形供試体に締固めて圧縮試験を行なった。軸ひずみ(ϵ_1)は供試体の上部で、側方ひずみ(ϵ_3)は供試体の中央3分の1の部分で3箇所測定してその平均値をとった。

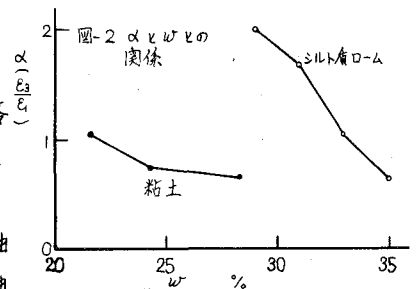
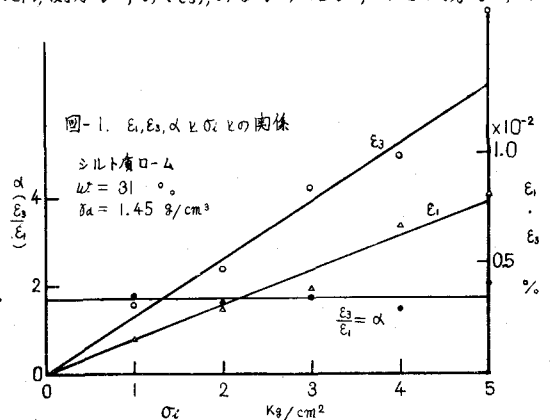
供試体に等方圧($\sigma_1 = \sigma_3$)を加えたときの軸ひずみ(ϵ_1)、側方ひずみ(ϵ_3)、および、軸ひずみと側方ひずみの比(ϵ_3/ϵ_1)と等方圧(σ_1)との関係の一例を示すと

図-1のようになり、この範囲の等方圧では、 ϵ_1 、 ϵ_3 はほぼ等方圧に比例すると考えられ、 ϵ_3/ϵ_1 は等方圧の大きさに関係なく一定の値となる。この傾向は他の供試体の場合にもみられたが、 ϵ_3/ϵ_1 は供試体の状態によって異なる。図-2, 3は ϵ_3/ϵ_1 と供試体の含水比(w)、および密度(ρ_a)との関係を示す。

これらの図より、供試体は方向によって異なる変位を生じていることがわかる。このような締固めた土の変形の異方性は土粒子の配列構造と含水比、

密度との関係を考えれば当然のことであるが、自然に堆積して圧密された土においても同様に異方性の変形を示すと考えることができる。したがって、土基礎の応力問題や上部構造物の応答問題を扱う際には、土の異方性も考慮しなければならないことも多いと思う。

【異方性弾性体としての土の諸係数】 土を軸方向に対称軸を有する異方性弾性体と仮定すると、三軸圧縮試験における軸



ひずみ(ϵ_1)と側方ひずみ(ϵ_3)は次式で表わされる。

$$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E_1} - \frac{2\nu_{13}}{E_3}\sigma_3 = \frac{\sigma_1}{E_1} - \frac{2\nu_{31}}{E_1}\sigma_3 \quad (1)$$

$$\epsilon_3 = \frac{\sigma_3}{E_3}(1-\nu_{32}) - \frac{\nu_{31}}{E_1} = \frac{\sigma_3}{nE_1}(1-\nu_{32}) - \frac{\nu_{31}}{E_1}\sigma_1 \quad (2)$$

ここに、 E_1 :軸方向弾性係数、 $E_3=nE_1$:横方向弾性係数、 $\nu_{13}, \nu_{31}, \nu_{32}$:ポアソン比(ν_{ij} の*i*は影響される方向、*j*は載荷される方向を表わす)、 $n = \frac{E_3}{E_1} = \frac{\nu_{13}}{\nu_{31}}$ 。

三軸試験のみでは上記の5つの未知数を求めることはむずかしいので、便宜的に $\nu_{32} = \frac{\nu_{13} + \nu_{31}}{2} = \frac{(1+n)}{2}\nu_{31}$ と仮定する。このことにより上記の5つの未知数が求められる。すなわち $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_2$ とすれば、(1),(2)式は

$$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E_1}(1-2\nu_{31}) \quad (3)$$

$$\epsilon_3 = \frac{\sigma_1}{E_1}\left(\frac{1-\nu_{32}}{n} - \nu_{31}\right) = \frac{2-\nu_{31}-3n\nu_{31}}{2n} \frac{\sigma_1}{E_1} \quad (4)$$

となる。また、 $\sigma_1 \neq \sigma_3$ の場合には、(1),(2)式より

$$\epsilon_3 = -\nu_{31}\epsilon_1 + \frac{\sigma_3}{E_1}\left\{\frac{1-\nu_{32}}{n} - 2\nu_{31}\right\} \quad (5)$$

となり、 ϵ_3 は ϵ_1 に比例し、 ν_{31} が求まる。これを(3)式に代入すると E_1 が求まる。(3)式と(4)式の比を $\alpha (= \frac{\epsilon_3}{\epsilon_1})$ とみると、 n は次式で表わされる。

$$n = \frac{2-\nu_{31}}{2\alpha(1-2\nu_{31})+3\nu_{31}} \quad (6)$$

$\sigma_1 \neq \sigma_3$ のときの ϵ_1 と ϵ_3 との関係は図-4のごとくで、ひずみの小さな範囲での ϵ_1 と ϵ_3 の関係より、(5)式にそとずいて ν_{31} が求められる。図-5, 6, 7 は上記の方法で求めた n, E_1, ν_{31} と側圧(σ_3)との関係を示す。これらの係数は含水比によって異なるが、同一種類の供試体では側圧の増加と共に一定値に近づく。図-8 は一軸圧縮試験で求めた ν_{31} と変形速度($\dot{\epsilon}_1$)との関係であるが、 ν_{31} は含水比のいかんにかかわらず変形速度の異なるほど大きいことがわかる。

上記のように、異方性弾性体としての上の諸係数を求めることができるが、ポアソン比が0.5より大きいダイレタンシーのある場合には、 $E_1, E_3 < 0$ となるので(1)式に基いて、 E_1 の修正を行なわなければならない。

【むすび】 三軸圧縮試験によって締め固めた不飽和供試体の変位が方向によって異なることを確かめ、土を異方性弾性体と仮定したときの諸係数を求めたが、変位の測定法や $\nu_{32} = \frac{\nu_{13} + \nu_{31}}{2}$ と仮定したことの問題が残るので、今後はこれらの点について検討を加えるとともに、動荷重を受けるときの諸係数についても検討を加える予定である。

最後に、本実験を行なうにあたり協力いただいた阪神高速道路公団江奈式君に感謝の意を表します。

