プレッシャーメータにより推定された砂質地盤のϕに関する感度分析

愛媛大学工学部　正員　　深川良一・室　達朗
愛媛大学大学院　学生員○日野直哉

はじめに　従来よりプレッシャーメータ試験より内部摩擦角ϕ を推定する方法は、いくつか提案されている。しかしそれらは、室内試験によるパラメータを別に必要としたり、また適応範囲が限定されているなど、実用性に乏しいという指摘が成されていた。本論文は、砂地盤における内部摩擦角ϕ を推定する新たな方法を提案し、また$\ln\varepsilon_{\theta i}$ ～$\ln\sigma_{ri}$ 関係の残留部分の勾配S_{cv} に注目し、推定される内部摩擦角ϕ_d に関する感度分析を行い、S_{cv} の読み取り誤差のϕ_d に及ぼす影響を定量的に明らかにした。

内部摩擦角ϕの新たな算出方法　今回提案する新しい方法は、既に提案されているHughes・Wroth・Windle(1977)の方法と太田・深川(1984)の提案した両対数法とを結合したものである。

Hughes et al.(1977)の提案する方法は幾つかの仮定に基いている。つまり(1)軸対称条件,(2)平面歪み条件,(3)破壊時の内部摩擦角およびダイレイタンシー角一定などである。最終的にFig.1(a)のような$\ln\varepsilon_{\theta i}$ ～$\ln\sigma_{ri}$ 関係が得られるから、通常$\varepsilon_{\theta i}$ =数%に相当する直線部の勾配をS とすると、

$$S=\frac{(1+\sin\nu)\ \sin\phi_d}{1+\sin\phi_d} \qquad (1)$$

となる。ここにν :ダイレイタンシー角,ϕ_d :ピーク強度に対応する摩擦角である。更にRowe(1962)のstress-dilatancy式より

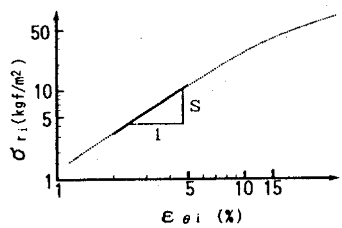
$$\frac{1+\sin\phi_d}{1-\sin\phi_d}=\frac{1+\sin\phi_{cv}}{1-\sin\phi_{cv}}\cdot\frac{1+\sin\nu}{1-\sin\nu} \qquad (2)$$

という関係式が得られる。ϕ_{cv} は限界間隙比状態におけるϕ である。これらの関係式によりϕ_d の推定を行うが、この２つの関係式には３つの未知数が含まれているため，ϕ_{cv} またはν を仮定するか、あるいはそれらのいずれかを室内実験などで求める必要がある。

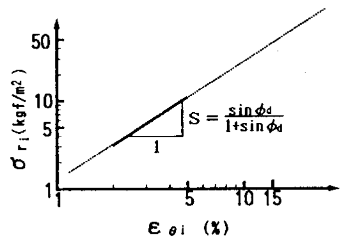
両対数法は破壊後に体積変化が顕著でないような試料に対してFig.1(b)のように内壁での$\ln\varepsilon_{\theta i}$ ～$\ln\sigma_{ri}$ 関係の勾配S を測定し、次式によりϕ_d を算出しようとするものである。

$$\sin\phi_d=\frac{S}{1-S} \qquad (3)$$

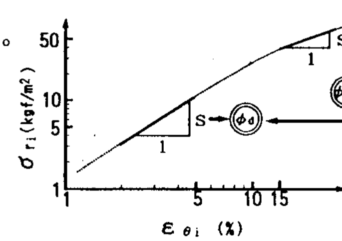
新しい方法は(Fig.1(c))、ピーク強度に対応するϕ についてはHughes et al.(1977)の提案する方法を、また体積変化のない残留状態に対しては両対数法を適用することによって、何ら補足的な実験を実施することなしに砂のϕ を決定する方法である。両対数法によって求められる残留状態におけるϕ_{res} とEq.2のϕ_{cv} を等しいと仮定すると、次式のような定式化がなされる。



(a) Hughes・Wroth・Windleの手法



(b) 太田・深川の両対数法



(c) 新しい方法

Fig.1 ﾌﾟﾚｯｼｬｰﾒｰﾀによるϕ_dの推定方法

$$\sin\phi_{cv}=\frac{S_{cv}}{1-S_{cv}} \qquad (4)$$

$$K=\frac{1+\sin\phi_{cv}}{1-\sin\phi_{cv}} \qquad (5)$$

$$\sin\phi_d=\frac{(K+1)S}{(K-1)S+2} \qquad (6)$$

S は破壊時での勾配で、膨張曲線のp_f 付近の歪みレベル（一般に2～5%）に対応する。またS_{cv} は残留状態での勾配で、一般に15%以上の歪みレベルに対応する。

Fig.2は実測データを両対数表にプロットした１例である。これを用いて実際にϕ_d を算出すると、Fig.2よりS_{cv} =0.366, S =0.487が読み取れるから、Eq(4)～(6)に従えば結局ϕ_d =43.7° が得られる。なお、この試料の三軸試験によるϕ_d は38.8° であった。平面歪み条件に対応するϕ は、三軸試験から得られたϕより１割程度大きいことが知られているから、今回得られたϕ は合理的な値である。

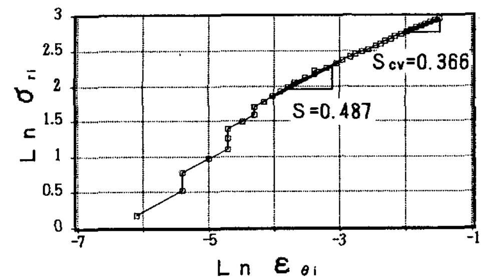


Fig.2　実測値からのϕ_dの算定例

残留状態の勾配S_{cv}によるϕ_dの感度分析　上で提案した方法は$\varepsilon_{\theta i}$ =20～30%程度まで測定されている場合にはじめて適用可能である。通常高歪み域でのﾃﾞｰﾀが不足していることが多い。そこでもし、高歪み域で決定される勾配S_{cv} の測定値が誤差を含むとしたら、それがいかなる影響を ϕ_d に及ぼすか定量的に調べてみた。Fig.3は感度分析に用いた実測データの１例である。歪みレベル$\varepsilon_{\theta i}$ は12.5%($\ln\varepsilon_{\theta i}$ =-2.08)までしか測定されておらず、残留状態における応力-歪み関係が定かでない、よってこの残留状態のS_{cv} を数種類仮定し、その感度分析を行った。仮定したS_{cv} はデータの最終部分($\varepsilon_{\theta i}$ =10%～12.5%)($\ln\varepsilon_{\theta i}$ =-2.29～-2.08)の勾配が、そのまま続いた場合のS_{cv} =0.333から0.05ずつ勾配を緩くし、$-\Delta S_{cv}/S_{cv1}$ =0, 15, 30, 45, 60, 75, 90%の7ケースを仮定した。

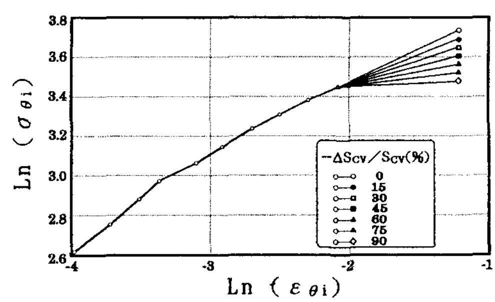


Fig.3　感度分析に用いた実測データ

Fig.4はその結果である。$-\Delta S_{cv}/S_{cv1}$ =0%のときのϕ を基準値としϕ_{d1} とおいた。この計算例ではϕ_{d1} =43.5° である。$\Delta\phi$ は($\phi_d-\phi_{d1}$)を示している。実際の測定では、読み取り誤差0～20%程度の部分が問題となるが、例えばこの部分で1割読み違えると推定されるϕ_d は5%程度(ここでは2.2°)小さい値となる。このように残留状態での勾配S_{cv} はϕ_d に少なからず影響を与えるので、その決定はできるだけ注意深く行う必要がある。

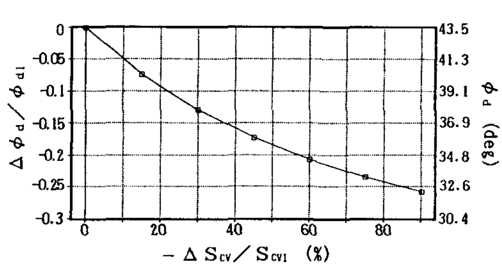


Fig.4　S_{cv}のϕ_dに及ぼす影響

結論　両対数表示されたプレッシャーメータ膨張曲線において、その残留部分の勾配S_{cv} を仮定し、今回提案したϕ_d 推定方法の感度分析を行った。その結果、S_{cv} は推定されるϕ_d に少なからず影響を与えることがわかった。

参考文献　1)Hughes, J.M.O., Wroth, C.P.& Windle, D.(1977):Geotechnique, Vol.27, No.4, pp.455-477., 2)太田・深川(1984):砂質土および砂地盤の変形・破壊強度の評価に関するシンポジウム発表論文集, pp.119-124., 3)Rowe, P.W.(1962):Proc. Royal Soc., London, Series A, Vol.269, pp.500-527.