

III-177 室内プレッシャーメータ試験による粘性土の非排水せん断強度の評価

愛媛大学工学部 正員 深川 良一
愛媛大学工学部 正員 室 達朗
金沢大学工学部 正員 太田 秀樹

1. はじめに

プレッシャーメータ試験から得られる情報は通常かなり限られたものであるが、粘性土の場合は非排水条件を仮定すれば、得られた情報の解釈がより容易になる。本報告では、従来より提案されているプレッシャーメータ試験からの非排水せん断強度 c_{upm} の決定法を正規圧密粘土、過圧密粘土に対して適用して得られた c_{upm} の特性、適用性を、明確な境界条件、初期条件下のミニチュアプレッシャーメータ試験結果に基づいて各々考察している。

2. 非排水せん断強度 c_{upm} の決定法

本報告で考察の対象とした c_{upm} の決定法をTable.1 に示す。Elasto-Plastic Method(弾塑性法), Menard Method はいずれも弾-完全塑性体を基本としているが、後者は経験的な定数 α を含む。Stress-Strain Method (応力ひずみ法) は、プレッシャーメータ試験の内圧～孔壁変位関係から、何ら構成関係を仮定せずに非排水応力～ひずみ関係を導き、そのピーク強度を決定する方法である。データ処理の段階で曲線のスムージング等微妙な技術が必要となる。Semi-Log Method (片対数法) による c_{upm} は、 $\Delta \sigma_{ri} \sim \Delta (-u_i / r_i)$ 曲線の最終部分の勾配より比較的容易に計算できるが、ピーク後のいわゆる残留状態に対応する強度を与える。ここに、 σ_{ri} : 内圧、 $-u_i / r_i$: 孔壁要素における円周方向ひずみである。

3. ミニチュアプレッシャーメータ試験

提案されている手法の特性の比較考察を行うために、応力条件、境界条件の明瞭な三軸セル中で行ったミニチュアプレッシャーメータ試験の結果を利用した。試料はおよそ 49 kN/m^2 の圧力で予備的にK。圧密された後、 $49 \sim 196 \text{ kN/m}^2$ の拘束圧下で等方圧密し、プレッシャーメータ試験に供された。試料は深草粘土であり、その物理的性質は、 $PI = 20\%$, $LL = 52\%$ である。実験装置および実験方法は畠・太田・深川・杉村(1985)で述べたものと同一である。

4. 正規圧密粘性土における非排水せん断強度

正規圧密粘性土に対するミニチュアプレッシャーメータ試験より求めた非排水せん断強度 c_u を有効拘束圧 σ'_c に対してプロットしている

(Fig. 1)。試料は、有効拘束圧 $\sigma'_c = 49, 98, 147, 196 \text{ kN/m}^2$ で等方圧密されている。Fig. 1 から明らかのように、片対数法から得られた c_{upm} は、応力ひずみ法によるピーク強度に対応する c_{upm} にほぼ等しい。このことは、ピーク強度に達した後、正規圧密粘性土は通常顕著なひずみ軟化挙動を示さない、ということに対応しているものと考えられる。弾塑性法による c_{upm} は、応力ひずみ法による c_{upm} のおよそ0.6倍であり、いずれの有効拘束圧に対しても最下位に位置する。結果的に最も安全側の

Table.1 Decision methods of c_{upm}

	Basic Equation	Remarks
Elasto-Plastic Method	$c_u = \frac{p_1 - p_0}{1 + \ln \frac{E_u}{2(1 + \nu_u) c_u}}$	Gibson-Anderson (1961)
Menard Method	$c_u = \frac{p_1 - p_0}{1 + \ln \frac{\alpha E_u}{2(1 + \nu_u) c_u}}$	Menard(1965)
Stress-Strain Method	$\sigma_r - \sigma_\theta = 2 \left(-\frac{u_i}{r_i} \right) \frac{d \sigma_{ri}}{d \left(-\frac{u_i}{r_i} \right)}$	Baguelin et al(1972) Palmer(1972) Ladanyi(1972) Ohta(1979)
Semi-Log Method	$c_u = \frac{d \sigma_{ri}}{d \ln \left(-\frac{u_i}{r_i} \right)} \Bigg _f$ at failure	Windle-Wroth(1977) Ohta et al(1984)

c_u を与えることになるが、実際の設計では安全側に過ぎる恐れもある。Ohta-Nishihara(1985)は、各種室内せん断試験に対する非排水せん断強度 c_u を弾塑性構成式に基いて定式化し、多くの室内試験結果をもとにその有効性を実証している。Fig. 1中に、彼らの理論に基づきPIより推定された等方圧密された正規圧密粘土の非排水せん断強度推定線を示している。プレッシャーメータ試験から各種方法により決定した c_{UPM} 値は、推定線を挟むように分布する。材料が等方的であれば c_{UPM} と理論推定値は一致するはずであるから、 c_{UPM} はほぼ合理的な値を与えていることがわかる。

5. 過圧密粘性土における非排水せん断強度

過圧密粘性土に対するプレッシャーメータ試験より求めた非排水せん断強度 c_u を過圧密比OCRに対してプロットしている(Fig. 2)。ここに全ての試料は、せん断前に有効拘束圧 $\sigma'_c = 98 \text{ kN/m}^2$ で等方圧密されており、また K_0 条件下の予備圧密もおおよそ 49 kN/m^2 と比較的低压であったことから、供試体に及ぼす異方性の影響はそれ程顕著でないと予想される。まず、各手法により求めたプレッシャーメータ試験結果の比較であるが、応力ひずみ法から得られたピーク強度 c_{UPM} が最も大きく、次いでMenard法、弾塑性法より求めた c_{UPM} 、最後に片対数法より求めた c_{UPM} となる。この傾向は、先の正規圧密粘土に対する結果とは幾分異なっているが、例えば、三軸圧縮試験で通常過圧密粘性土が顕著なひずみ軟化性を示すことを考えれば、片対数法より求めた c_{UPM} が小さくなることは理解できる結果である。 c_{UPM} とOCRについては、OCRが増加するに連れて c_{UPM} も増加しており、また、増加の傾向は、定性的には通常の三軸試験の傾向とほぼ同一である。Fig. 2中には、Fig. 1と同様、Ohta-Nishihara(1985)による過圧密粘性土の非排水せん断強度の推定線を示している。応力ひずみ法より得られた非排水せん断強度が正規圧密、過圧密を問わず、最も推定線と近い値を示していることがわかる。

6. おわりに

以上の結果より、 c_{UPM} の算定にあたっては応力ひずみ法が最も理論値に沿うような値を与えることがわかるが、内圧へ孔壁変位関係のスムージングなど繁雑で微妙なテクニックを必要とするため正規圧密粘土地盤においては片対数法も簡便で有効な方法となろう。

7. 参考文献

- Baguelin-Jezequel-Le Mee-Le Mehaute(1972):ASCE, SM11. Gibson-Anderson(1961):Civil Eng.Public Works Rev. 島・太田・深川・杉村(1985):第20回土質工学研究発表会. Ladanyi(1972):Canadian Geotech., Vol.9, No.3. Menard(1985):Sols Soils, Vol.1, No.5. Palmer(1972):Geotech., Vol.22, No.3. 太田(1979):第12回土質工学研究発表会. 太田・深川・西原(1984):土木学会論文集, 第346号. Ohta-Nishihara(1985):S&F, Vol.25, No.2. Windle-Wroth(1977):9th ICSMFE, Vol.1.

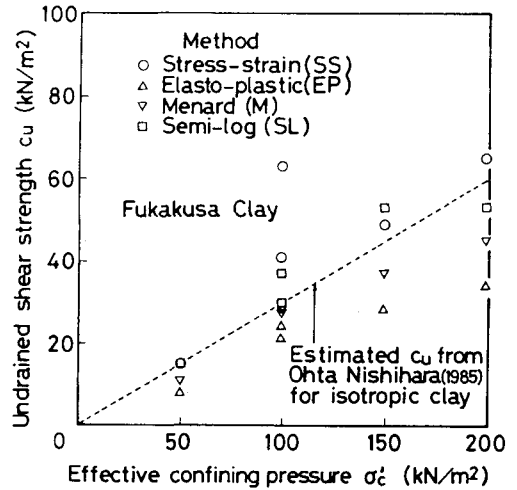


Fig.1 c_{UPM} of N.C.clay obtained from some decision methods

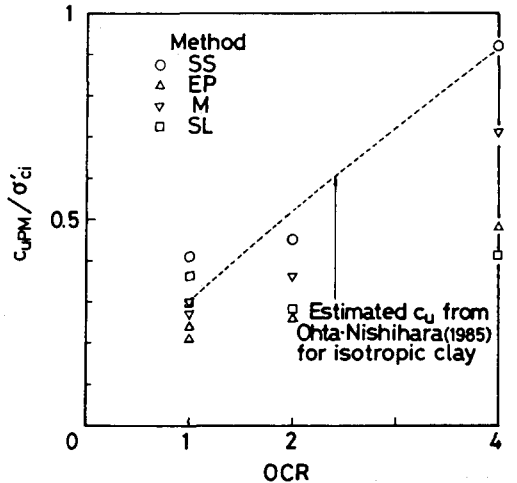


Fig.2 c_{UPM} of O.C.clay obtained from some decision methods