

室内土質試験のデータ整理方法についての1 考察

富士開発株式会社 ○田中史郎、鶴岡賢太郎

1. はじめに

地質調査報告書では、ボーリング調査結果から地盤定数を設定することが一般的に行われている。N 値や室内土質試験の結果から単位体積重量や強度定数(c, φ)を算定し、提案値として報告書に記載している。しかし、既往の報告書の中には、間違った解釈で定数を設定しているものも多く認められる。本稿では、「湿潤密度試験から求められる単位体積重量γ_tと「土の三軸圧縮試験から求められるせん断抵抗角φと粘着力cの設定方法」について、整理手法の1例として考察したものである。

2. 単位体積重量γ_tの求め方

単位体積重量γ_tを地盤定数として提案する場合、湿潤密度試験(JIS A 1225)結果をそのまま採用することは以下の観点から注意が必要である。

- ・地下水位以深の飽和した地層で採取した試料は、本来の地盤中では飽和度が100%に近いと考えられる。そのため飽和度の低い試料の湿潤密度試験結果をそのまま使用すると、本来の単位体積重量より低い値を示してしまう。
- ・特にサンドサンプリング試料は試験室に搬入する前に脱水を行うため、本来の含水比や飽和度よりも低い値を示すことが多い。

よって、単位体積重量を提案するにあたっては、以下の式を用いた「飽和度100%の湿潤密度(飽和密度)」を算出する必要がある。

$$\text{湿潤密度}(\rho_t) : \rho_{\text{sat}} = \frac{\rho_s + \rho_w \cdot e \cdot S_r / 100}{1 + e}$$

ここで水の密度をρ_w=1.0(g/cm³)、S_r=100%とすると以下の通りである。

$$\text{飽和密度}(\rho_{\text{sat}}) : \rho_{\text{sat}} = \frac{\rho_s + e}{1 + e}$$

ρ_s : 土粒子密度 e : 間隙比

よって単位体積重量γ_tは以下の式により求められる。

$$\text{単位体積重量} \gamma_t : \gamma_t = \rho_{\text{sat}} \times g \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$g : \text{重力加速度 [g=9.8} \div 10 \text{ (m/s}^2\text{)]}$$

以上の式より、脱水したサンプリング試料においても正確な単位体積重量γ_tを算出することができる。

3. 土の三軸圧縮試験結果から得られるせん断抵抗角φと粘着力cの求め方

本章では、土の三軸圧縮試験結果のまとめ方について

考察する。土の三軸圧縮試験は主に地盤のせん断抵抗角(以下φ)や粘着力(以下c)を求めるための試験である。また沖積地盤をN値より求める場合には、以下の原則が使用されることが多い。

- ・粘性土の場合、φ=0(°)として提案する。(φ=0法)
- ・砂質土の場合、c=0(kN/m²)として提案する。(c=0法)

三軸圧縮試験結果では粘性土であってもφが得られ、砂質土であってもcが得られることが多い。以上のことを踏まえ、土の各種三軸圧縮試験結果の整理方法を考察する。本稿で対象とする土の三軸圧縮試験は、使用頻度の高い非圧密非排水条件(UU)と圧密排水条件(CD)とした。

(1) 土の三軸圧縮試験(UU)

土の三軸圧縮試験(UU)(JGS 0521-2009)は主に粘性土を対象として、非圧密非排水条件の下で行われる試験である。その試験結果は図-1のようなモール円で示される。その際、これらのモール円の共通の接線(破壊包絡線:図中の赤線に相当)の値が粘着力c、接線の勾配をせん断抵抗角φとして求められる。

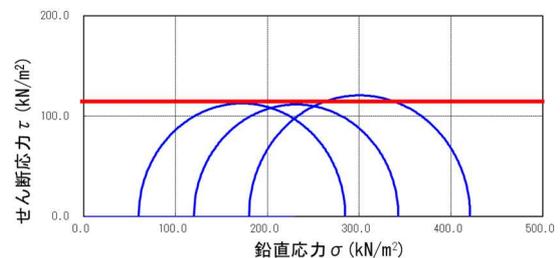


図-1 土の三軸圧縮試験(UU)結果の例(1)

一方、砂分が多く含まれる試料や不飽和の試料の場合には前述の水平な破壊包絡線ではなく、図-2のような傾きを持った破壊包絡線が得られることがある。

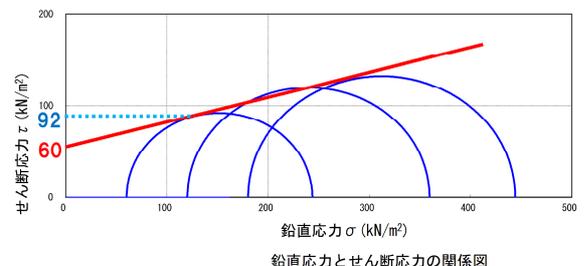


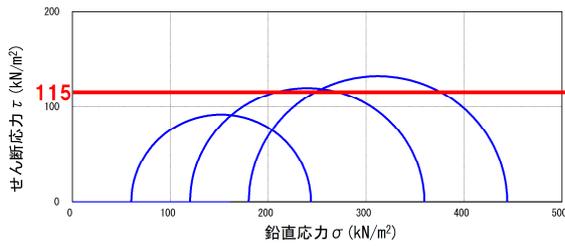
図-2 土の三軸圧縮試験(UU)結果の例(2)

図-2のような試験結果の場合、φ_{UU}、c_{UU}として地盤定数に設定すれば問題は無いが、上記のφ=0法の観点から、そのままφ=0(°)として粘着力をc=60(kN/m²)とい

う結果を出している例が多く認められる。

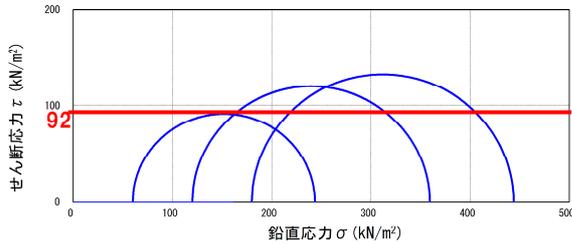
しかし、この結果では図中の最も小さなモール円の92 (kN/m²)よりも小さな値となってしまう、地盤の強度を過小評価しており、この値を設計で使用すれば過剰設計となる危険性が高い。

このような場合のモール円の整理方法の一例として図-3を示す。φ=0法を適用する場合、モール円の段階からφ=0とする必要がある。各モール円の平均値を粘着力cとし、包絡線をφ=0(水平線)で求める。その結果、c=115 (kN/m²)となり、図-2で求めた粘着力cと比べて大きな値を得ることができた。



鉛直応力とせん断応力の関係図
図-3 土の三軸圧縮試験(UU)結果の例(3)

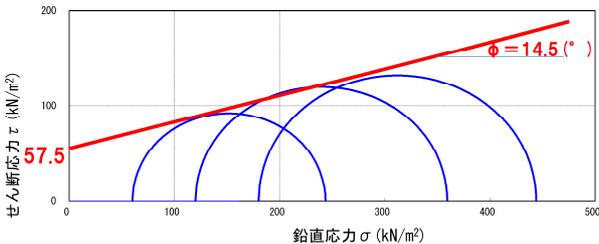
また、図-4のように安全側の見地から最小のモール円の値を粘着力cとして採用する方法も考えられる。この場合、粘着力c=92 (kN/m²)となる。この手法は、データが大きくばらつく場合などに有効である。



鉛直応力とせん断応力の関係図
図-4 土の三軸圧縮試験(UU)結果の例(4)

(2) 土の三軸圧縮試験(CD)

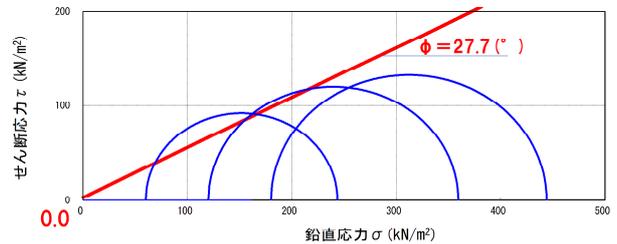
土の三軸圧縮試験(CD) (JGS 0524-2009)は主に飽和した砂質土を対象として、圧密排水条件の下で行われる試験である。その試験結果は図-5のようなモール円で示される。その際、これらのモール円の共通の接線(破壊包絡線: 図中の赤線に相当)は最小二乗法を用いて求められ、相関式からせん断抵抗角φおよび粘着力cが算出される。



鉛直応力とせん断応力の関係図
図-5 土の三軸圧縮試験(CD)結果の例(1)

この時、図-5に示すような試験結果では粘着力cが得られている。この結果をφ_{CD}、c_{CD}としてそのまま地盤定数に設定すれば問題は無いが、上記のc=0法の観点から、そのままc=0 (kN/m²)とし、せん断抵抗角をφ=14.5(°)としている例が多く認められる。これではφ=14.5°という非常に低い強度を示しており、地盤強度を過小評価し、この値を設計に使用すれば過大設計となる危険性が高い。

この場合の強度の算定方法を、一例として図-6を示す。図-6の場合、粘着力cである切片を0 (kN/m²)とし、各モール円の平均的な破壊包絡線を引き、そこからせん断抵抗角φを算出した。その結果、φ=27.7(°)となり、図-5で求めたせん断抵抗角φよりもより大きな値を得ることができた。



鉛直応力とせん断応力の関係図
図-6 土の三軸圧縮試験(CD)結果の例(2)

また、もう一つの手法として、図-7のように最も鉛直応力の大きいモール円を用いてせん断抵抗角φを求める手法もある。この手法ではせん断抵抗角φ=25.0(°)という値を得られた。但し、この手法を用いる際には、鉛直応力によっては元の式より危険側になる可能性があることに留意する必要がある。

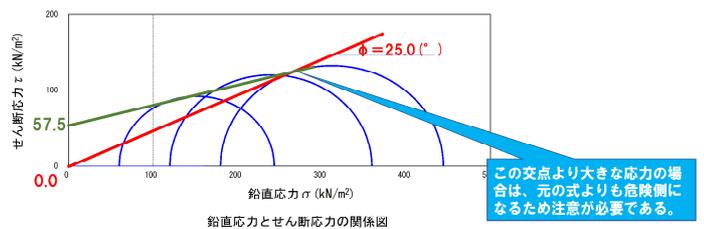


図-7 土の三軸圧縮試験(CD)結果の例(3)

4. まとめ

以上のように同じ試験結果であっても、解釈の違いからそれぞれ異なる値が得られることが分かる。この他にも、透水係数の平均の仕方や、三軸CUB試験の全応力と有効応力の使い分けなど、手法や解釈を間違えてしまう例が多く認められた。我々技術者はそれぞれの試験法や解析法を熟知し、特にデータ整理や地盤定数の設定方法には細心の注意をもって、地盤に応じたそれぞれの手法で検討する必要がある。

参考文献

1) 地盤材料試験の方法と解説 2020 12