

## Question

技術の進歩などにより、乱れの少ない試料のサンプリングやその後の運搬が可能になってきたと思いますが、一方で、効率的で精度の良い試料の乱れを予測、あるいは判定する方法があれば教えてください。

港湾調査などでは、一軸圧縮試験を3供試体で実施する際に、供試体の乱れの程度の確認のため、簡易CU試験を1供試体で実施することがあります。

まず、採取した試料の乱れの原因は、「地中応力の解放」と「機械的な攪乱」に分けられます。前者はサンプリングの宿命で避けることができません。ただし、通常のサンプリング深度（深度10m～30m程度）では大きな問題とはなりません。後者は、サンプリング～室内試験に至る段階で、サンプリング→保管→運搬→保管→供試体の準備（押し出し、整形）の段階で発生する機械的な乱れです。今回の回答は、後者の「機械的な攪乱」について行います。

粘性土の乱れの少ない試料の品質評価法は、以下のような方法があります。

1. せん断試験結果による乱れの判定
  - ・ 応力～ひずみ曲線（変形係数）
  - ・ 破壊ひずみ
2. 圧密試験結果による乱れの判定
  - ・  $e \sim \log p$  曲線
  - ・ 原位置有効応力まで圧密した時の体積変化量

一軸圧縮試験時の応力～ひずみ曲線の例を図1に示します。図中の(a)は破壊ひずみが小さく、変形係数が大きく試料品質が良好です。これに対し、(b)は破壊ひずみがやや大きく、直線部分が少なく丸みをおびた曲線となっており、変形係数も小さくなっています。(c)は更に乱れが大きく繰り返し試験に近くなります。地盤調査の方法と解説(213p)には、我が国の自然堆積した沖積粘土の場合、乱れの少ない試料の破壊ひずみは3%程度であることが多く、破壊ひずみがこれより大きい場合は試料の乱れを疑う必要があるとの記載があります。筆者の経験では、洪積粘土で3%、沖積粘土で5%を超えると乱れの影響が考えられると教えられてきました。羽田D滑走路の事業では、破壊ひずみが6%を超える試料は乱れありと判断し、設計値は6%以下のひずみの試料で決定された事例があります。

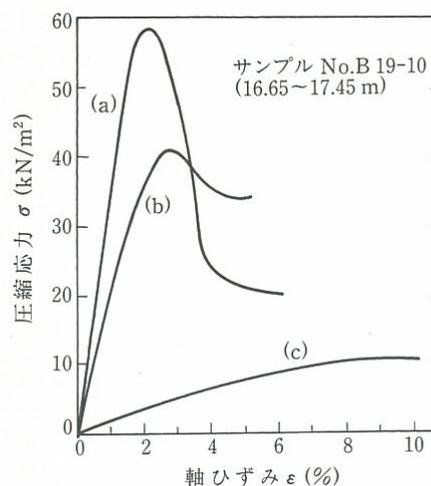


図1 応力～ひずみ曲線

圧密試験による乱れの評価は、実務ではあまり実施されていませんが、 $e \sim \log p$  曲線の形状を見ることで、ある程度定性的な判断ができます。圧密試験時の  $e \sim \log p$  曲線の例を図2に示します。乱れの少な

い試料では、圧密降伏応力付近までの間隙比の変化は少なく、その後曲線が急激に折れ曲がります。乱れの大きい試料では、曲線の曲がりかたが緩やかで、どの圧密圧力においても乱れの少ない試料よりも間隙比が小さくなります。圧密試験結果を用いた乱れの定量的な評価法は、海外でいくつか提案されています。日本国内では、関西国際空港の大深度地盤から採取した試料の品質評価に用いられた例はありますが、通常の調査ではほとんど使われていないようです。

- ・ 再圧縮時の体積ひずみで定量的評価
- ・ 体積ひずみに加え、深度と過圧密比(OCR)を考慮
- ・ 体積ひずみではなく、再圧密時の間隙比変化率で評価、OCRも考慮。(図3参照)

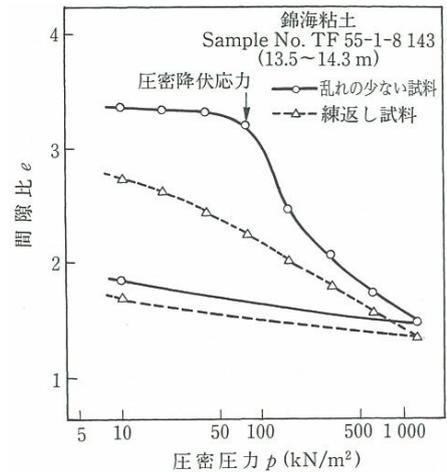


図2 e~logp 曲線

再圧縮時の体積ひずみ $\epsilon_{v0}$ と試料の品質  
Andersen, A and Kolstad, P.

$\epsilon_{v0}$ (%)	試料の品質
< 1	非常に良い (very good)
1~2	良い (good)
2~4	まあまあ (fair)
4~10	わるい (poor)
> 10	非常にわるい (very poor)

再圧密時の間隙比変化率 $\Delta e/e_0$ と試料の品質  
Lunne, T., Berre, T. and Strandvik, S.

Overconsolidation ratio	$\Delta e/e_0$			
	Very good to excellent	Good to fair	Poor	Very poor
1-2	<0.04	0.04-0.07	0.07-0.14	>0.14
2-4	<0.03	0.03-0.05	0.05-0.10	>0.10

For a particular clay multiply  $\Delta e/e_0$  by  $e_0/(1+e_0)$  to get the criteria in terms of  $\epsilon_{v0}$ .

良好な品質の試料における再圧縮時の体積ひずみ $\epsilon_{v0}$   
Lacasse, S and Berre, T.

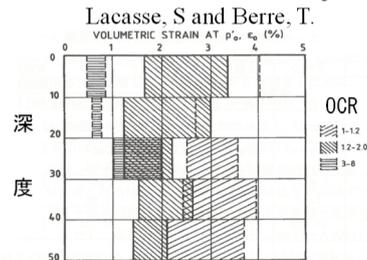
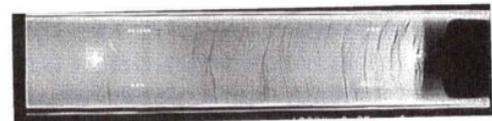


図3 原位置有効応力まで圧密した時の体積変化量

以上、室内試験結果を利用した試料品質の評価方法について述べましたが、現場においては試料の観察、試料採取率(回収比)の確認も重要です。また、サンプリング試料が試験室に搬入された後に、サンプリングチューブの外側からチューブ内の試料をX線透視することで、試料の変形やクラック、空洞などが観察できるので、土質試験位置の判断や試料品質確認の有効な手段となります。(図4参照<sup>1)</sup>)



(a) 試料内のクラック



(b) 試料内の砂の薄層

図4 サンプリング試料のX線透視図

参考文献

- 1) 地盤工学会, 地盤材料試験の方法と解説, 丸善出版, pp.56.