

III-A 111

粗粒材料の初期せん断剛性測定法の比較(その2)

竹中技術研究所 正会員 畑中宗憲 内田明彦  
 (株)東京ソイルリサーチ 正会員 竹原直人 ○照井信之

1. はじめに

粗粒材料の変形特性は、粒径が大きいために大型繰返し三軸試験装置を用いて求める方法が一般的である。不攪乱供試体の端面成形の場合は大きな粒子を実際に切断することになり、礫粒子の硬さや切断方法のわずかな不備によって端面の不陸や供試体の軸に対する傾斜ができる場合もあり得る。そのような供試体端面でのベディングエラーのために、変位の測定法によって微小ひずみレベルにおけるせん断剛性の値が大きく異なる場合があることが指摘されている<sup>1)</sup>。著者らは(その1)において、粗粒材料の微小ひずみレベルにおける初期せん断剛性は、加速度計(SWV)を用いて室内で $V_s$ を測定する方法が局所ひずみ測定装置(LDT)<sup>2)</sup>や非接触型変位計(SSG)により求めた初期せん断剛性よりかなり大きいことを示した<sup>3)</sup>。本報告は、原位置凍結サンプリングにより採取された不攪乱礫試料及び室内で詰め直して作成された再調整試料を用いた初期せん断剛性の測定結果に基づき、測定方法の違いが初期せん断剛性の値に及ぼす影響について検討した結果について述べたものである。

2. 試験試料及び試験方法

試験には、2種類の礫地盤から原位置凍結サンプリングによって採取された不攪乱試料を用いた。また、再調整試料は、試験後の不攪乱試料を炉乾燥させたものを詰め直して作成した。なお、比較のため豊浦標準砂を用いた試験も行った。供試体の大きさは直径30cm、高さ60cmである。加速度計は圧電型で防水加工されたもの(重量3g、直径9mm、高さ13.5mm)を供試体の側面に15cm間隔で3つ取り付けた。また、LDTは長さ50cmのゲージを供試体の側面に180°離して、2か所に取り付けた。SSGは供試体上端部のキャップにターゲットを取り付け、セル上部にセンサーを取り付けた。S波は载荷ロッドに取り付けてある治具をハンマーで水平に打撃して発生させた。S波の判定のため、治具を相反する方向から打撃して観測波の反転を確認している。また、供試体に $5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$ 程度の微小ひずみが発生するような繰返し軸差応力を加え、LDTとSSGで軸方向変位を測定した。測定方法の詳細は文献3)を参照されたい。

不攪乱試料の試験方法は次の通りである。直径30cm、高さ60cmに成形された供試体を三軸セルにセットし、19.6kPa(0.2kgf/cm<sup>2</sup>)の拘束圧のもとで解凍させ、CO<sub>2</sub>、脱気水及び背圧で飽和させた。B値が0.95以上であることを確認した後、3~5段階に設定した拘束圧の小さい方から順次、S波速度、初期せん断剛性を測定した。なお、再調整試料は試料成形の方法以外は不攪乱試料と同様の試験方法である。試験に用いた試料の物理特性を表1に示す。

3. 試験結果及び考察

図1、2は不攪乱試料の初期せん断剛性 $G_0$ と初期有効拘束圧 $\sigma'_{co}$ の関係を示したものである。加速度計による測定では、S波速度( $V_s$ )が求められるので、 $G_0 = (\gamma_v/g)V_s^2$  ( $\gamma_v$ :土の含水単位体積重量、g:重力加速度)の式により $G_0$ を算定した。(その1)に示した結果と同様、 $G_0$ の値はSWV>LDT $\geq$ SSGとなっている。一方、再調整試料の結果は図3~5に示す様に、不攪乱試料で見られたSWV法と他の2方法の間の差もほとんどなく、3種類の測定法により求められる $G_0$ に有意な差はないと言える。一般論として、測定される $G_0$ の差は、A:供試

表1 試料の物理特性

試料名	$D_{max}$ (mm)	$F_c$ (%)	$G_c$ (%)	e (不調整)	e (再調整)
KF	125	0.5	94.4	0.27	0.31
NM	150	4.4	41.3	0.45	0.36
豊浦砂	0.425	0	0		0.64

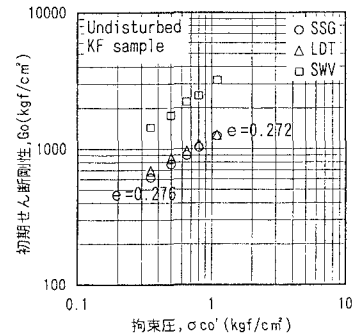


図1 初期せん断剛性と初期有効拘束圧の関係(不攪乱KF礫)

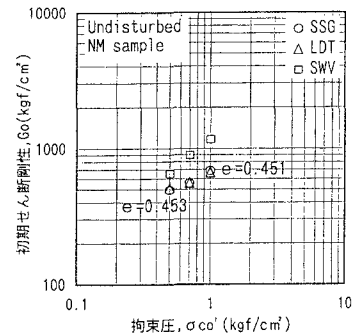


図2 初期せん断剛性と初期有効拘束圧の関係(不攪乱NM礫)

体の状態に起因するものとB:測定法に起因するものの2つに分けて考えることができる。

A:供試体の状態に起因するもの

①不攪乱試料の場合、端面をダイヤモンドカッターで切断しても、粒子の硬さや切断方法のわずかな不備によって不陸が生じる場合があり、その結果ベディングエラーが生じることがある。一方再調整試料は、通常細心の注意を払って端面がキャップとなじみやすいように作成するため、ベディングエラーが生じにくい。

②不攪乱試料は1つの供試体でも局所的に剛性の大きい所と小さい所があるが、再調整試料は一般に不攪乱試料よりも均質な状態になっていると考えられ、供試体内における剛性の差が小さい。

B:測定方法の違いに起因するもの

①S波を発生させる時に生じるひずみレベルと微小な軸差応力を供試体に加えた時に生じるひずみレベルが異なっている。

②S波は供試体内部の剛性の大きい所を伝わるので、供試体の剛性の最大値を与える可能性がある。微小な軸差応力を加えることにより、求められる剛性は供試体の剛性の平均値を与えている。

これらのうちA-①については、不攪乱試料の測定結果においてLDTとSSGの測定結果の間に大きな差が見られないことから、本研究で用いた方法による試料成形法であれば、ベディングエラーの影響は小さいと考えられる。一方、不攪乱試料における加速度計の測定値がLDTに比べて大きくなっていることは、A-②の原因によるものと考えられる。再調整試料では、3つの方法による測定値の差がほとんどないことは、再調整試料が不攪乱試料に比べて均質である(A-②、B-②)こと及びS波を発生させた時に生じるひずみレベルは他の2つの方法と同様、充分小さい(B-①)ことを示しているものと思われる。

4. まとめ

原位置凍結サンプリングにより採取された不攪乱礫試料及び室内で詰め直して作成された再調整試料を用いて、供試体の状態や測定方法の違いが初期せん断剛性の測定値に及ぼす影響について検討した。その結果、以下の結論を得た。

- ①不攪乱礫供試体についてのLDTとSSGによる測定結果に差がほとんどないことは、端面成形がダイヤモンドカッターでしっかり切断していれば、ベディングエラーの影響はほとんどないと言える。
- ②不攪乱礫供試体について加速度計を用いて測定したS波速度より計算された初期せん断剛性はLDT法やSSG法の測定値よりも大きく、この主因はS波が局所的に剛性の大きい所を伝わるためであると考えられる。
- ③砂・礫の再調整試料を用いて測定した初期せん断剛性が、測定方法によらずほぼ同じ値を示したことは、再調整試料が均質でありベディングエラーもほとんどなく、さらに、S波を発生させた時に生じるひずみレベルは他の2つの方法と同様充分小さいことを示している。

【参考文献】1)董、中村、龍岡、木幡(1994):「単調および繰返し載荷による粗粒材料の三軸せん断特性」、地盤および土構造物の動的問題における地盤材料の変形特性-試験法・調査法および結果の適用-に関する国内シンポジウム、発表論文集、pp.211-216。2)Goto,S., Tatsuoka,F., Shibuya,S., Kim,Y. S. and Sato,T. (1991):"A simple gauge for local small strain measurements in the laboratory,"S&F,Vol.31,No.1,pp.169-180。3)内田・畑中(1995):「粗粒材料の初期せん断剛性測定法の比較」、土木学会第50回年次学術講演会、第3部(A)、pp.464-465。

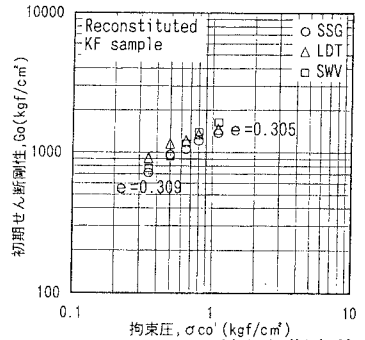


図3 初期せん断剛性と初期有効拘束圧の関係(再調整KF礫)

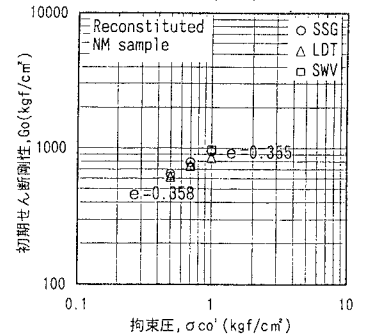


図4 初期せん断剛性と初期有効拘束圧の関係(再調整NM礫)

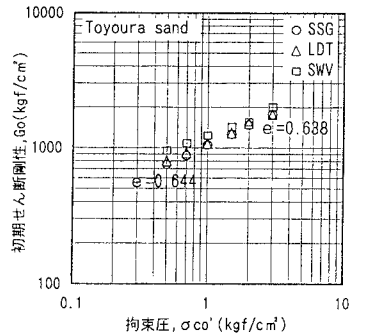


図5 初期せん断剛性と初期有効拘束圧の関係(豊浦標準砂)