

秋田県および北海道で採取された高有機質土の変形特性 その1

ー ベンダーエレメント試験によるせん断弾性係数の比較 ー

秋田大学 学生員 ○本田和寛
 同上 正会員 荻野俊寛
 同上 正会員 高橋貴之
 同上 正会員 及川 洋

1. はじめに

地震時における地盤の応答解析を行うには、土の変形特性を把握することが必要である。これまで、国内では北海道の泥炭について変形特性を報告した例が散見されるが、北海道の泥炭と物性が大きく異なる本州の泥炭についての報告例はほとんど見られない。そこで、本研究ではベンダーエレメント(以下 BE) 試験によって、これまでに提案されている様々な評価手法を用いて秋田県の1ヶ所、北海道の2ヶ所の地盤より採取した泥炭について、せん断弾性係数 G を評価している。

2. 試験概要

試験に用いた試料は秋田県内1ヶ所(秋田市郊外)、北海道2ヶ所(江別市、岩見沢市)の地盤から採取されたもので、以後これらをそれぞれ秋田泥炭、江別泥炭、岩見沢泥炭と呼ぶ。秋田泥炭は、深さ1mの泥炭層に直接塩ビ管を差し込んで採取した不攪乱試料と、その不攪乱試料に蒸留水を加えて、含水比約800%にしたものを攪拌し、室内においてアクリルセルで7日間ほど一次元圧密を行った練返し試料である。江別泥炭については、シンウォールサンプリングした試料を、岩見沢泥炭については、ブロック状試料に塩ビ管を貫入してサンプリングした試料を使用した。なお、供試体作成にあたっては、試料の上下端面のみを形成し、供試体高さを秋田泥炭で150mm、江別泥炭、岩見沢泥炭で120mmとした。

図-1は江別泥炭の物性値を示したものである。また、秋田泥炭の物性値は、密度 $\rho_s=1.64\text{g/cm}^3$ 、強熱減量 $L_{ig}=76.5\%$ 、分解度 $H=75.5\%$ 、岩見沢泥炭の物性値は、密度 $\rho_s=1.67\text{g/cm}^3$ 、強熱減量 $L_{ig}=74.5\%$ 、分解度 $H=70.1\%$ である。

試験装置はBEを組み込んだ三軸圧縮試験機を使用している。試験では、供試体を所定の圧密応力で等方圧密を行い、3t法により圧密を打ち切ったのち、BE試験を行った。BE試験には、送信波に20Vp-p、100~5000Hzの正弦波(sin波)、およびTSPを用いた。BE試験によるせん断弾性係数 G は以下の式より与えられる。

$$G = \rho V_s^2 = \rho (L / \Delta t)^2 \quad (1)$$

ここに、 ρ は土の密度、 V_s はせん断波速度、 L はBE間の距離、 Δt はせん断波の伝播時間である。本研究では、測定誤差を極力小さくするため、後述のように3通りの方法によって Δt を評価し、式(1)による G の平均値を最終的な G とした。

3. 試験結果および考察

本研究ではTime Domain法、Cross-correlation法、Frequency Domain法の3通りの方法¹⁾により、せん断波の伝播時間を評価している。

図-2はTime Domain法による伝播時間の決定方法を示したものである。本研究では、送受信波の立ち上がり点の時間差から求める方法(Start-to-Start)、ピーク点の時間差から求める方法(Peak-to-Peak)、正から負へ交差するゼロクロス点の時間差から求める方法(Cross-to-Cross)の3

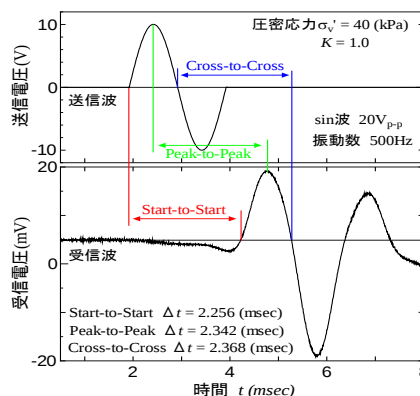


図-2 Time Domain 法による伝播時間の決定方法

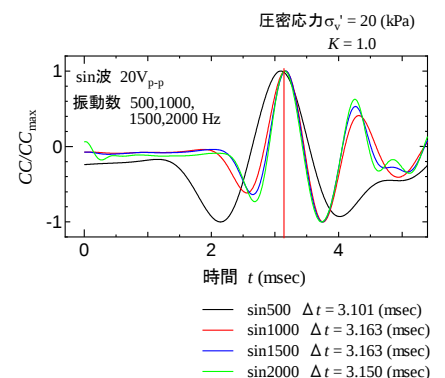


図-3 Cross-correlation 法による伝播時間の決定方法

通りの方法から Δt を求めた。これらの方法により求めた Δt はほぼ一定であったため、本研究ではその平均値をTime

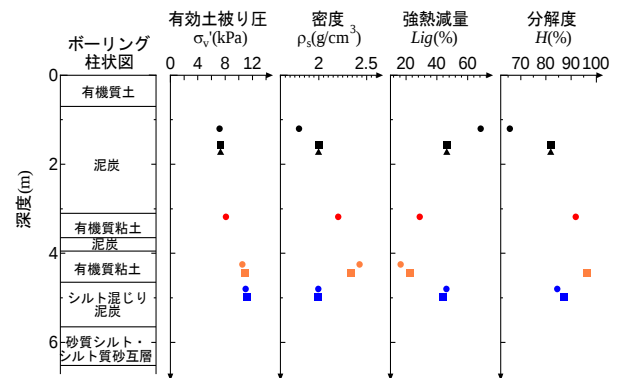


図-1 江別泥炭の物性値

Domain 法の Δt とした。

図-3 は Cross-correlation 法による伝播時間の決定方法を示したものである。この方法は、クロスコレーション関数の第一ピーク点によって Δt を求めるものである。本研究では、 Δt は振動数に関係なくほぼ一定であることから、これらの平均値を Cross-correlation 法の Δt とした。

図-4 は Frequency Domain 法による伝播時間の決定方法を示したものである。上段は振幅スペクトル、下段は $\pm 2\pi$ の位相を連結して示した位相スペクトルである。本研究では、原点を通る位相スペクトルの近似線の傾きから Δt を求めた。

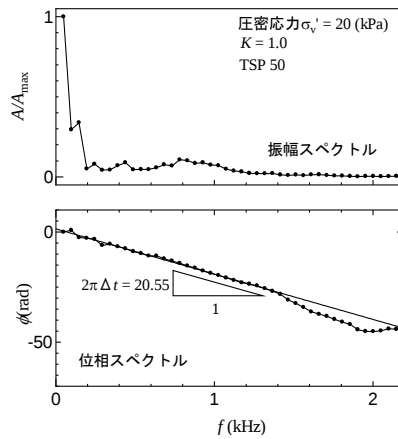


図-4 Frequency Domain 法による伝播時間の決定方法

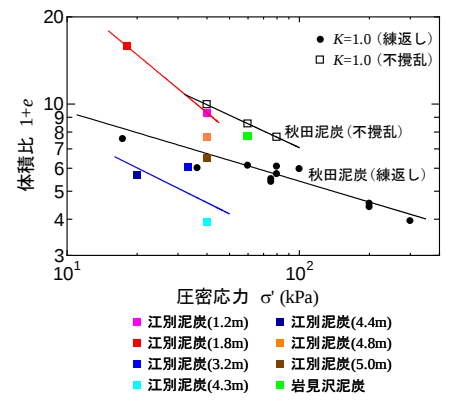


図-5 圧密応力 σ' と体積比 $1+e$ の関係

図-5 は圧密応力 σ' と体積比 $1+e$ の関係を示したものである。同一圧密応力で比較すると、不攪乱試料の体積比は、秋田泥炭、江別泥炭、岩見沢泥炭については大きな差は見られないが、江別泥炭(3.2m)、(4.3m)、(4.4m)の試料については、有機質粘土分を多く含んでいた(図-1 参照)ため、他の試料よりもやや小さな体積比を示している。また、秋田泥炭の不攪乱試料と練返し試料を比較すると、練返し試料の近似線は不攪乱試料の近似線よりも下方にあり、練返し試料のほうがやや密になっていることがわかる。

図-6 は Time Domain 法、Cross-correlation 法、Frequency Domain 法の 3 通りの方法により求めたせん断弾性係数 G を比較したものである。これら 3 つの方法を比較すると、全体的に Time Domain 法による G は他よりもやや大きな値を示し、Frequency Domain 法による G は他よりもやや小さな値を示す傾向が見られる。

図-7 は、図-6 における 3 通りの G の平均と圧密応力 σ' の関係を示したものである。秋田泥炭(不攪乱試料)と比較すると、江別泥炭(4.8m)、(5.0m)については、 G はやや小さな値を示し、江別泥炭(3.2m)、(4.3m)、(4.4m)については、 G はやや大きな値を示す傾向が見られる。これらの大小関係は図-5 の体積比の関係とおおよそ一致しており、間隙比の影響が表れていると考えられるが、全体としては、不攪乱試料における G はいずれも 1~3MPa 程度であり、図-5 に示す間隙比の大きな差に関わらず、 G に大きな差は認められない。

4. 結論

本研究から得られた主な知見は以下の通りである。

- BE 試験において、これまで提案されている 3 種類のせん断波到達時間同定方法から求めた泥炭試料の G の差は最大で約 1MPa であり、全体的に Time Domain 法による G はやや大きな値を示し、Frequency Domain 法による G はやや小さな値を示す傾向が見られた。
- 本研究で用いた泥炭試料の体積比はおおよそ 4~16 と、試料によって間隙比に大きな差があったが、 G の値はおおよそ 1~3MPa であり、 G には大きな差は認められなかった。

謝辞

本研究の一部は第二著者に対する科研費(若手研究(B) 課題番号 19760322)の補助によって行われたものである。また本研究で用いた試料のうち、江別泥炭は独立行政法人 寒地土木研究所より提供していただいた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1)山下聡：ベンダーエレメント試験，土と基礎，Vol.55，No. 4，pp.47-48，2007。

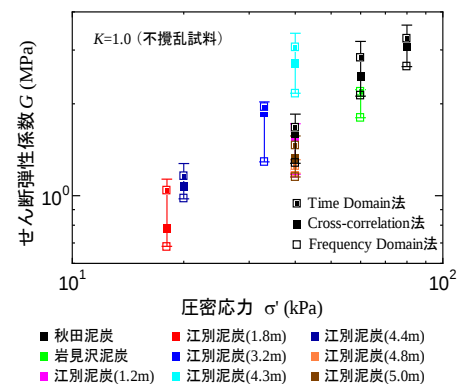


図-6 3 通りの方法で求めたせん断弾性係数 G の比較

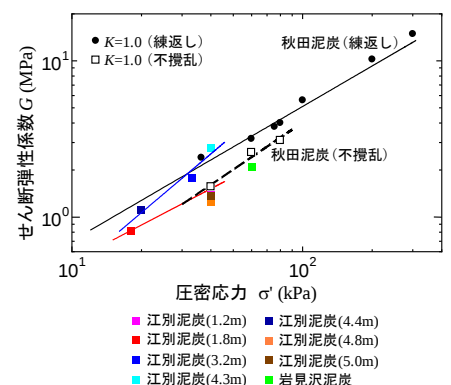


図-7 圧密応力 σ' とせん断弾性係数 G の関係