微小ひずみ域における泥炭の異方性

秋田大学 学生会員 菅原慎哉 正会員 荻野俊寛 正会員 田口岳志

1.背景·目的

泥炭は植物遺骸が水平に堆積して出来た有機分の多い土である。この堆 積構造に起因して、泥炭の変形特性は水平方向と垂直方向で大きく異なる 直交異方性を有しているが、このような異方性の程度がひずみレベルによ ってどのように変化するかは明らかになっていない、本研究では不攪乱泥 炭について実施した三軸繰返し載荷試験およびベンダーエレメント(以下 BE と表す)試験から、ヤング率Eおよびせん断弾性係数Gvh、Ghbを求め、微小 ひずみ域における泥炭の異方性を確かめた.

2.実験概要

実験に用いた試料は、江別太泥炭および夕張川泥炭で江別太泥炭は北海 道江別市の千歳川最下流に位置する江別太遊水地から、夕張川泥炭は江別 市を流れる夕張川左岸から採取したものであり物性値は表-1 に示す.ま

た、堆積構造の影響を比較するため、江別太泥炭に対して は不攪乱試料及び再構成試料の2種に実験を行う.再構成 試料の作成方法は佐々木ら¹⁾と同様である。上記の試料に 対し、無拘束状態、あるいは三軸圧密状態で供試体上限端 面および側面に設置した BE によって BE 試験を行った.BE の設置および波の伝播方向の概略を図1に

示す. これらの BE 試験から G_{vh} , G_{hv} およ び Ghh(図 2)を求めることができるが、これ らのうち、一部あるいは全部のせん断弾 性係数を測定した.供試体の拘束条件と

BE 試験の条件の概要を表 2 に示 す. 圧密は三軸試験装置内で圧密 応力比を K=1.0 として初期圧密応力 σ=30kPa で圧密を行い, その後 60kPa, 120kPa と段階的に載荷し, 各段階の圧密打切り後に BE 試験お よび微小ひずみ域での繰返し載荷 試験を実施した.BE 試験の送信波

にはスイープ波を用い,荻野らの手法 ²⁾を用いて受信波を再構成し,S 波の到達時間を決定した.また,泥 炭試料の比較として等方性材料のガラスビーズ(2mm)に対し上記の試験と同様に行った.









図-1 BEの設置および波の 伝播方向の概略図



図-2 BE による供試体変形の様子

表-1 試料の物性値						
試料	自然含水比	土粒子密度	強熱減量			
	w(%)	$\rho_s(g/cm^3)$	L(%)			
江別太泥炭	767	1.596	81.53			
夕張川泥炭	816	1.478	97.69			

表-2 BE 試験実施概要

試料		江別太泥炭	夕張川泥炭	ガラスビーズ
拘束条件		三軸圧密	無拘束	三軸圧密
BE	上下端面(Gvh)	あり	あり	あり
試験	側面(Ghv)	なし	なし	あり
	側面(Ghh)	なし	あり	あり

—— 送信波

受信波

0.2

等方圧密30(kPa) L=41.28 (mm)

0.1

図-5 Vhhの送受信波形

t(msec)

ガラスビーズ -

Dr=47 (%)

3.実験結果および考察 3.1 ガラスビーズ試料

ガラスビーズ供試体に対 して行った3方向のBE 試験 によりせん断波速度を求め た. 得られた波形を図 3~5 に示す. 図3から V_{vh}=199.7

(m/s)が得られた.この値は過去の実験結果³⁾とほぼ等しい.図 4, 図5の受信波形ではS波の到達点が不明瞭だが、V_wの値に対 応する速度でピーク点が確認される. これらのピーク点で速度 を求めると、V_{hh}=197.3(m/s)、V_{hv}=198.3(m/s)となりガラスビーズ 試料の等方性が示唆される.またせん断波速度から G を求め た. $G_{vh} = 76.8$, $G_{hv} = 75.0$, $G_{hh} = 75.8$ MPa となった. $G_{hh}/G_{vh} =$ 0.99, $G_{h\nu}/G_{hh} = 0.99$ となり等方性材料であることが確認された. 3.2 泥炭試料

乡信波 V/V_{max}

жJ

0

図 6 に江別太泥炭の BE 試験から得られた G_{vb}と繰返し載荷試 験から得られたヤング率 Ecvcの関係を示す.等方性材料であれば 両者の間には G=Ecve/3 が成り立つ. 試験の違いによる差を考慮す れば、必ずしも両者の差が異方性のみによるものとは言えない が、p=30kPaのデータを除けば、不攪乱試料では G/Ecvc/3 は約 1.3 となっており、Gの値は30%ほど大きい.練返しによって堆積構 造を乱したにもかかわらず、同様の傾向は再構成試料でも見ら れ、異方性が不攪乱試料とほとんど差がないことが示唆され る.

次に、無拘束状態の供試体に対する BE 試験の送受信波形を図 7,8 に示す.不攪乱試料では Ghh/Gvh=2.7 となり,強い異方性が 現われている.砂や粘土の場合,過去の文献から Ghh/Gyh を比較 してみると粘土では 1.1~1.84, 砂では 1.1~1.285)であり, これら の試料と比較しても泥炭の異方性は著しい.

一方再構成試料では Ghh/Gyh=3.2 となり、江別太泥炭と同様、 不攪乱試料だけでなく、再構成試料にも顕著な G の異方性が見 られる.再構成試料に対する同様の異方性は大ひずみ域でも確 認されている. ¹⁾練返しによる堆積構造の破壊にもかかわらず,



異方性の消失が見られない一要因として、予圧密時の異方圧密(K0)による誘導異方性が考えられる.応力誘 導異方性が泥炭の異方性におよぼす影響については今後の研究を進める必要がある.

4.結論

本研究から得られた知見は以下のとおりである.

・不攪乱泥炭の変形特性において、G_{vb}にくらべ G_{bb}が3倍程度卓越する著しい異方性が確認された.また、 この異方性は練返しても消失せず、ほとんど変化が見られなかった.

[【]参考文献】1)佐々木ら:大ひずみ域における泥炭の異方性,土木学会東北支部 技術研究発表会, 2018(投稿中). 2) Ogino, T. et al.: A Method for Received Waveform Reconstruction Based on Bender Element Test Using Frequency-swept Signal, Soils and Foundations, Vol.48, No.2, 3) Ogino, T. et al.: Velocity Profiles in the Shallow Lunar Subsurface Deduced from Laboratory Measurements with Simulants, pp. 287-295, 2008. Journal of Aerospace Engineering, ASCE, Volume 29, No. 5, 2016. 4) Nishimura, S.: Assessment of anisotropic elastic parameters of saturated clay measured in triaxial apparatus: Appraisal of techniques and derivation procedures. Soils and Foundations, 2014, 54.3: 364-376. 5)山下聡ら: 堆積構 造と応力の異方性が砂質土の初期せん断剛性に及ぼす影響. 土木学会論文集, Vol. 694, pp. 319-329, 2001.