

ベンダーエレメント試験による泥炭のせん断弾性係数の評価

秋田大学 学生会員 ○西村 仁志
 正会員 荻野 俊寛
 正会員 及川 洋

1. 目的

ベンダーエレメント(以下 BE)試験は、試験装置が簡単であり各種室内試験に取り付けることが可能であるというメリットから、せん断弾性係数を求める試験として知られている。

これまで、一般的な砂や粘土については多くの研究が進められてきたのに比べて、泥炭の性質に関する報告はあまり見られない。そこで本研究では、複数の波形を用いた BE 試験により泥炭のせん断弾性係数を評価し、これを過去のいくつかのデータや三軸繰返し載荷試験から求めたせん断弾性係数の値と比較する。

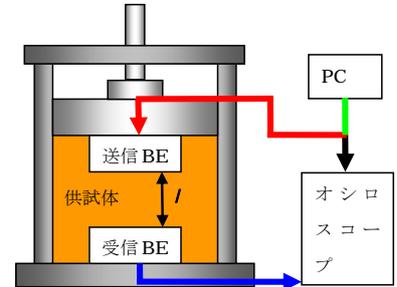


図1 BE試験機概略図

2. 試験方法

図1はBE試験機の概略図である。圧密容器の載荷板及び底板に送信用 BE、受信用 BE(縦 13mm×横 10mm×厚さ 0.5mm)を組み込んでいる。圧密容器のサイズは直径 60mm、高さ 110mm である。波形は DA コンバータによって送信し、デジタルオシロスコープを用いて観測する。

送信側の BE で発生したせん断波を受信側の BE が受け取ることにより、せん断波が供試体中を進むのに要した時間 Δt (伝播時間)が測定される。図2は今回の実験で得られた代表的な送受信波形の一例であるが、せん断波の到達時間は従来の報告¹⁾に従い、受信波形における最初の起伏の後のゼロ交差点(図中の矢印)で定義し、送信波形の立ち上がり点との差を伝播時間 Δt とした。この Δt を用いてせん断波の伝播速度 V_s 、およびせん断弾性係数 G を求めることができる。

せん断波速度 V_s は BE 間の距離を l として式(1)で与えられる。

$$V_s = \frac{l}{\Delta t} \quad (1)$$

せん断弾性係数 G は V_s を用いて、式(2)で表される。

$$G = \rho_t \cdot V_s^2 \quad (2)$$

ここに、 ρ_t は試料土の湿潤密度である。

試料土は秋田市内より採取した泥炭を用いて、これを室内で含水比を調整し、攪拌して供試体を作成した。試料の物性値は、土粒子の密度が 1.64、強熱減量が 76.5%、分解度は 75.5% である。BE 試験には矩形波(振動数 $f=20$ Hz)と sin 波(振動数 $f=500, 1000, 1500, 3000, 4000$ Hz)を用いた。鉛直圧密応力として、 $\sigma'_v=20, 40, 60, 80, 100$ kPa の 5 段階を載荷し、各圧密段階で 3t に達した時点で BE 試験を行った。また比較のため、豊浦砂、および NSF 粘土を用いて同様の実験を行った。

3. 実験結果と考察

図2は秋田泥炭、 $\sigma'_v=20$ kPa における送受信波形であり、上段は送信波、下段は受信波を示している。受信波の縦軸については波形が重ならないよう適宜シフトして描いている。本実験では各受信波形の矢印をマークしたとこ

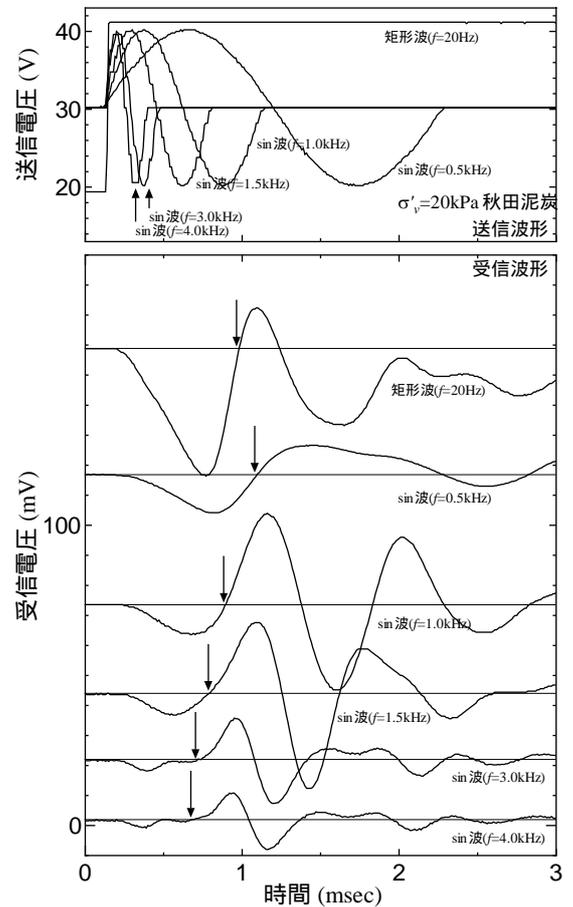


図2 せん断波の送受信波形

ろからそれに対応する送信波形の立ち上がり点の差を Δt として上述の式(1)に代入している。sin 波は振動数 f が増加するにつれて受信波の振幅が小さくなり、受信波形図が大きく変化していることが伺える。また Δt も f が増加するにつれて小さくなっており、 Δt が送信波形や f に影響を受けている。

図3は G と σ'_v の関係を両対数軸で表している。図3は今回の実験により得られた結果と三軸試験装置における BE 試験²⁾により得られた結果を比較したものである。三軸試験の G の値は本実験のそれよりも大きい値であることがわかる。図2に示したように f の増加に伴って Δt が減少していることから、sin 波を用いた場合の G - σ'_v 関係は f の増加に伴って上方にシフトしており、 f が小さい場合、 G の著しい減少や増加が見られるが、 f の増加に伴い、両対数軸上で直線に近づいていくことがわかる。また、その傾きは三軸試験装置による BE 試験結果に近づいている。従って、sin 波を用いた場合、振動数の大きい $f=4000\text{Hz}$ の結果が最も妥当な G の値を与えると考えられる。 $f=4000\text{Hz}$ の場合の G は三軸試験装置を用いた BE 試験による G に比べ、やや下方に位置しており、小さな値を示している。これは後述する圧密条件の違いによるものと考えられる。図4は秋田泥炭、豊浦砂、NSF 粘土の G - σ'_v 関係を比較している。豊浦砂については岩崎らの共振法土質試験による実験式から求めた豊浦砂の値³⁾も併せて示しており、秋田泥炭については本実験の sin 波の $f=4000\text{Hz}$ の場合、三軸試験装置における BE 試験・繰り返し载荷試験の双方よりそれぞれ求めた G の値、および三田地らのカリマンタン泥炭を用いた実験の結果⁴⁾も示している。豊浦砂のデータを見ると、BE 試験の G は岩崎らの実験式と概ね一致しており、他の室内試験結果と整合している。秋田泥炭のデータを見ると、カリマンタン泥炭の G の値は本実験の結果とほぼ一致しており、熱帯性の土地にある泥炭であっても、泥炭の G の値はあまり差がないことがわかる。また、三軸試験装置における BE 試験・繰り返し载荷試験の結果は図3で見たように本実験のそれよりも大きい値を示しているが、これは、三軸試験装置は等方圧密、本実験は K_0 圧密で実験を行っており、それぞれの側方応力が違うためであると考えられる。

各種試料に関しては σ'_v が増加するにつれて、 G が増加していることがわかり、その値としては、 σ'_v の各段階において、秋田泥炭は他の試料土に比べて小さく、およそ豊浦砂の 1/20 倍、NSF 粘土の 1/5 倍という結果を得た。

4. 結論

本報告から得られた知見は以下の通りである。

- BE 試験によって得られる秋田泥炭の G は送信波の振動数 f の影響を受ける。過去のデータや三軸試験の結果との比較から、本報告で行った実験の場合、 $f=4000\text{Hz}$ の sin 波が最も妥当な値を与えられる。
- G の値は σ'_v の増加に伴って増加し、泥炭の G は砂、粘土に比べ著しく小さくなっており、同一の σ'_v で比較すると泥炭の G はおよそ砂の 1/20 倍、粘土の 1/5 倍程度となった。

参考文献

- 1) 川口貴之, 三田地利之, 澁谷啓, 佐野侑房: 室内ベンダーエレメント試験によるせん断弾性係数 G の評価, 土木学会論文集, No. 694/III-57, pp. 195-207, 2001 年
- 2) 三川啓吾, 及川洋, 荻野俊寛, 高橋貴之: ベンダーエレメントを組込んだ繰返し三軸試験装置による泥炭の弾性係数の評価
- 3) 岩崎敏男, 龍岡文夫・高木義和: 地盤の動的変形特性に関する実験的研究(II)-広範囲なひずみ領域における砂の動的変形特性-, 土木研究所報告, 第 153 号, 1980 年 3 月
- 4) 三田地利之, 工藤豊, 真田昌慶, 荻野俊寛, 神谷光彦: ベンダーエレメント併用一面せん断試験による熱帯性泥炭の強度・変形特性, 土木学会第 56 回年次学術講演会, 2001

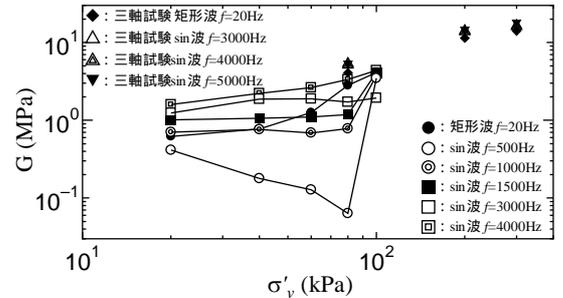


図3 泥炭の G に及ぼす送信波形及び振動数の影響

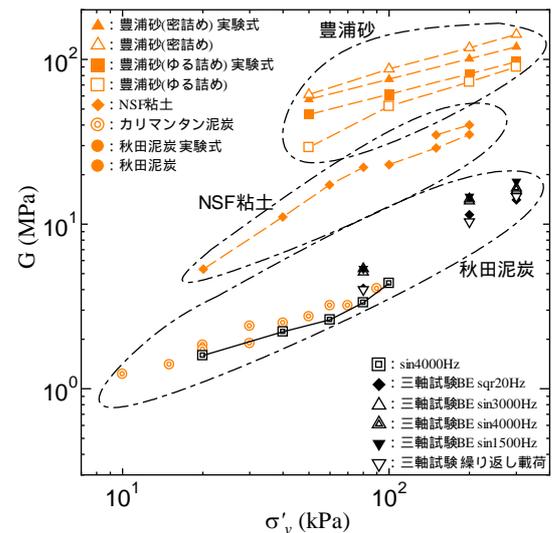


図4 BE 試験による各種試料の G