

粘性土におけるせん断帯のせん断波速度の推定

日大生産工(院) ○菅沼 丈夫 日大生産工 西尾 伸也

1. はじめに

日本周辺海域には豊富なメタンハイドレートが賦存しており、メタンハイドレートの分解に対しては減圧法による商業的開発が検討されている。しかし、メタンハイドレート開発対象域には断層等の不連続面が存在し、この不連続面の力学特性によっては減圧法適用時に減圧がうまく伝わらず、ガス生産性に与える影響が懸念されている¹⁾。

本研究では不連続面の力学特性を把握するため、一面せん断試験中のせん断波速度をベンダーエレメント²⁾(以下、BEと略記)により測定し、せん断帯のせん断波速度について考察した。

2. 試料および試験条件

試料は、粉末乾燥状態で市販されているNSF粘土に液性限界の約2倍程度になるよう、蒸留水を加え攪拌し、圧密応力100kPaで予圧密した正規圧密試料を用いた。

本研究では一面せん断試験装置(供試体:直径60mm×高さ20mm)を使用し、載荷板及び底板に発振用BEおよび受振用BEを設置し、供試体を鉛直方向に伝播するせん断波速度を計測した。使用したBEの寸法は、幅10mm×長さ12mm×厚さ0.5mmであり、BEの表面にはエポキシ樹脂を被覆して、電気的絶縁および防水性を確保した。

3. 実験方法および測定方法

せん断過程において所定の垂直応力まで段階的に圧密し、圧密終了後に定体積条件の繰返し一面せん断試験を実施した。繰返しせん断変位は6mmとし、繰返し1回毎にBE試験を実施し、せん断波速度 V_S を測定した。

4. 繰返しせん断におけるせん断波速度

定体積条件におけるせん断波速度の変化を図-1に示す。定体積条件においては垂直応力が減少するため、 V_S は減少する。

せん断中のせん断帯の厚さを一定と仮定し、供試体の厚さを H 、せん断帯の厚さを H_{SB} 、せん断帯を含む土のせん断波速度を V_S 、せん断帯を含まない土のせん断波速度を V_{Sc} とする

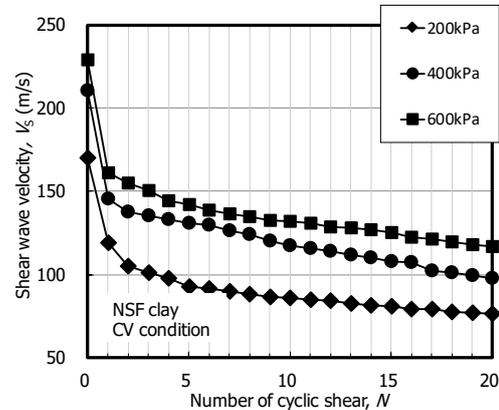


図-1 定体積条件におけるせん断波速度

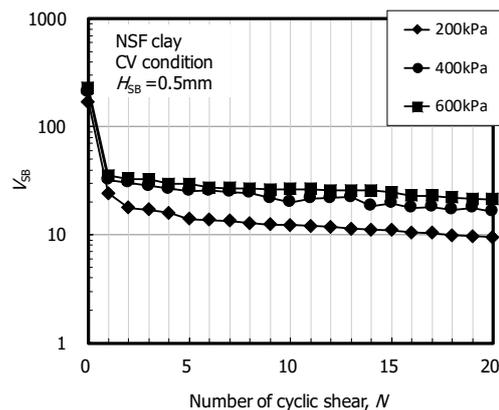


図-2 せん断帯のせん断波速度の変化

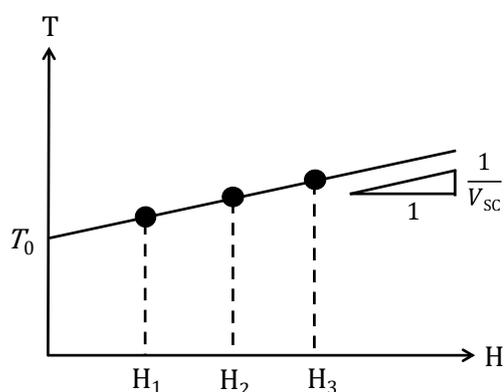


図-3 供試体厚さの異なるせん断波の走時

Estimation of Shear Wave Velocity of Shear Band in Cohesive Soil

Takeo SUGANUMA and Shinya NISHIO

とせん断帯のせん断波速度は下式から求めることができる。

$$V_{SB} = 1 / ((H/H_{SB})(1/V_S - 1/V_{SC}) + 1/V_{SC}) \quad (1)$$

V_S は計測値、 V_{SC} は間隙比依存性および応力依存性を考慮した式(2)より算出できる。

$$V_{SC} = 179(1+e)^{-1.36}\sigma^{0.196} \quad (2)$$

式(1)を用いて求めた定体積条件におけるせん断帯のせん断波速度の変化を図-2に示す。繰返しせん断に伴う V_{SB} の減少傾向が示された。残留状態におけるせん断帯の形成が確認されており³⁾、せん断帯の形成段階では V_{SB} は減少し、残留状態に至ると一定値に収束することが想定される。

5. せん断帯の評価

式(1)から推定したせん断帯のせん断波速度に基づき、せん断帯の厚さについて考察した。

せん断帯の厚さが供試体の厚さに依存しないと仮定すると、せん断帯のせん断波速度は下式から求めることができる。

$$V_{SB} = 1 / (T_0/H_{SB}) + 1/V_{SC} \quad (3)$$

H_{SB} はせん断帯の厚さであり、 T_0 及び V_{SC} は図-3に示すせん断波走時の切片及び傾きから求めることができる。

そこで、供試体厚さ：20mm、30mmおよび40mmの一面せん断試験で得られたせん断波走時から式(3)で求めたせん断帯のせん断波速度： V_{SBM} と式(1)から推定されるせん断帯のせん断波速度： V_{SBC} の値について比較した。図-4は、 V_{SBC}/V_{SBM} と H_{SB} の関係を示したものである。 V_{SBC} と V_{SBM} の値が一致($V_{SBC}/V_{SBM}=1$)する H_{SB} は、圧密応力の増加と共に減少する傾向が示された。

6. 微視的構造の観察

圧密およびせん断時の粘土粒子を走査型電子顕微鏡で観察し、その構造について考察した。

図-5および図-6に圧密後の断面およびせん断面近傍部を2000倍で観察した結果を示す。圧密時では粒子が固有の配向を持たず、密な凝集状態であり、綿毛化構造を示している。また、粒子の凝集体であるペットの大きさは約5 μ mである。

一方、せん断面近傍部においては、ペットがせん断方向と平行な配向構造を示している。せん断帯はペットがほぼ一定方向に配列している⁴⁾ことから、この配向構造はせん断帯に起因したものであると判断できる。また圧密時よりもペットの細粒化が確認でき、前述した V_{SB} の

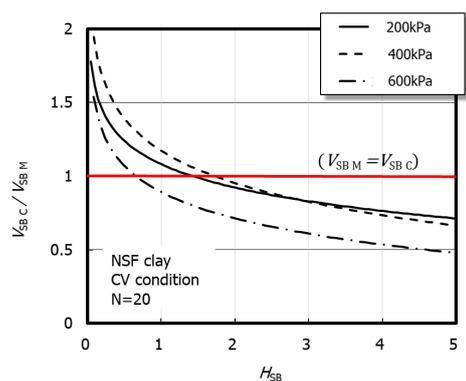


図-4 V_{SBC}/V_{SBM} と H_{SB}

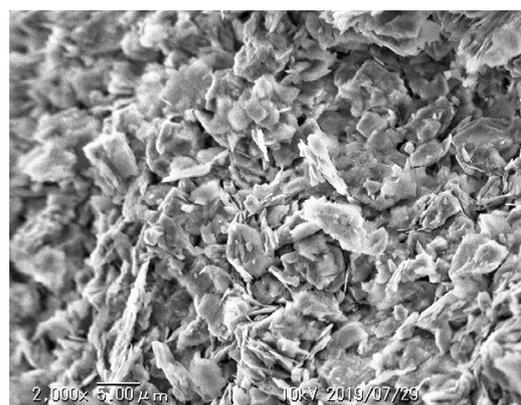


図-5 圧密後の断面 (2000倍)

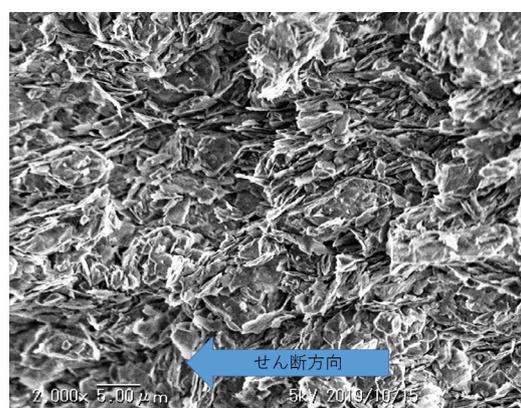


図-6 せん断面近傍部 (2000倍)

低下はこのペット細粒化の影響であることが示唆された。

参考文献

- 1) メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム, <http://www.mh21japan.gr.jp>
- 2) 地盤工学会: ベンダーエレメント法による土のせん断波速度測定方法: JGS 0544:2011, 2014.3.
- 3) 小宮勇人, 石田周平, 菅沼丈夫, 西尾伸也: 繰返し一面せん断試験におけるせん断帯の生成過程に関する考察, 第53回地盤工学研究発表会, pp.411-412, 2017.
- 4) 村尾英彦, 釜井俊孝, 野坂徹: リングせん断試験のせん断面と地すべり面における微視的構造の比較, Journal of the Japan Landslide Society, pp.123-131, Vol.52, No.3, 2015.5.