

GM/ベントナイト境界面のせん断強度に関する研究

佐賀大学 ○学 山縣 幸紀恵
同 齋藤 昭則
同 正 柴 錦春

1. はじめに

ジオメンブレン(GM)–粘性土層または GM–ジオシンセティッククレイライナー(GCL)–粘性土層等で構成された複合ライナーは、現在建設される埋立地において汚染物質が周辺地盤へ侵入しないようにするために広範囲で使用されている¹⁾。しかし、GM/粘性土層および GM/GCL 等の境界面は弱い面になるおそれがある。設計では、特に斜面部分で複合ライナー境界面のすべり破壊に対する安全性を確認する必要がある²⁾。

本研究では大型直接せん断試験装置を使用し、GM/ベントナイト間の境界面せん断試験とベントナイトの一面せん断試験を行い、境界面せん断強度と境界面せん断強度とベントナイトのせん断強度の比に及ぼすベントナイトの湿潤状態(含水比)の影響を検討した。

2. 境界面せん断試験

2.1 試験装置と方法

図-1に試験装置の模式図を示す。上部せん断箱の断面は200mm×200mm、深さは70mm、下部せん断箱の断面は220mm×450mm、深さは100mmである。今回の試験では下部せん断箱に厚さ10 mmの鉄製蓋をし、その上にGMをセットし試験を行った。せん断変位によりせん断面積が減少しないように、下部せん断箱の面積を大きくしている。試験の手順は次のとおりである。

下部せん断箱にGMをセットし、右端を固定する。GMのサイズは240 mm×450 mmである。上部せん断箱をセットし、その中にベントナイトを3層に分け静的に締め固めを行い、所定の上載圧力(σ_n)で圧密する。圧密終了(垂直変位が一定になる)後、せん断速度2.0 mm/minで σ_n 一定のもと、下部せん断箱を右に引っ張るようにせん断を行う。せん断応力 τ が一定になるまで試験を継続する。

2.2 試料と条件

試験に用いた GM は PE 製で厚さは 1.0mm である。ベントナイトは、Na 型ベントナイトである。ベント

ナイトの液性限界 w_c は 403.0 で、塑性限界 w_p は 32.3 であり、塑性指数 I_p は 370.7 となった。本研究でベントナイトの含水比 w を 90%、120%および 150%に調整し、所定の σ_n (25,50,75,100kPa) で圧密をしてから、せん断試験を行った。圧密終了後のベントナイトの含水比は初期と異なり、その範囲は表-1 にまとめている。

表-1 試験条件

Case No.	ベントナイトの含水比 $w(\%)$
1	85~90
2	108~116
3	139~150

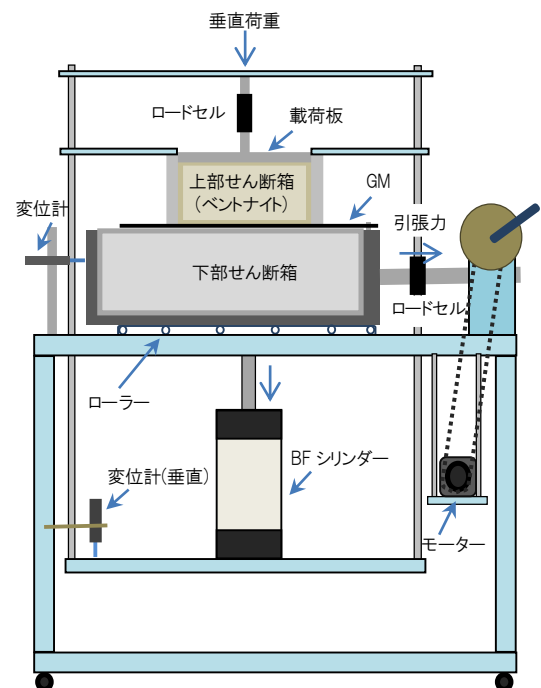


図-1 境界面せん断試験装置

3. 試験結果と検討

図-2 にせん断試験で測定したせん断応力–せん断変位の関係の例を示す。(Case-1・ $\sigma_n=50\text{kPa}$)を示す。せん断変位 δ が約 1mm でピーク強度が発現し、せん断変位が約 8mm では τ はほぼ一定になり、その値を残留強度とすれば、ピーク強度の約 70%である。他のケースも同じ傾向を表している。

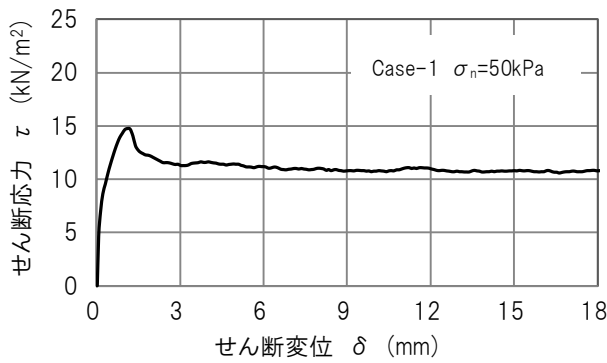


図-2 τ - δ の関係

境界面せん断試験より求めたせん断強さを基に、境界面摩擦角 ϕ および付着力 c_a で結果をまとめ、ベントナイトの含水比の影響を検討した。

3.1 ベントナイトの含水比の影響

境界面せん断試験の結果を図-3 に示す。 ϕ の値はベントナイトの w の増加による変化はあまり見られず、約 $3^\circ \sim 4^\circ$ であった。しかし、 c_a の値はベントナイトの w の増加に伴い低下する傾向にある。Case-1 と Case-2 を比較すると約 1 kN/m^2 低下している。Case-1 と Case-3 を比較すると約 6 kN/m^2 低下しており、ほぼ半分となっている。ベントナイトの w は GM/ベントナイト間の c_a に大きく影響を与えているといえる。本研究で使用したベントナイトの w はその液性限界の約 37.2% 以下である。含水比の増加によって、境界面を湿潤し GM の面に水膜が形成され、ベントナイトと GM 間の付着力が減少したと考えられる。

3.2 せん断強度比

今回試験を実施した各 Case の σ_n 毎に求め境界面せん断強度 τ_f と、対応したベントナイトのせん断強度 τ_{fs}

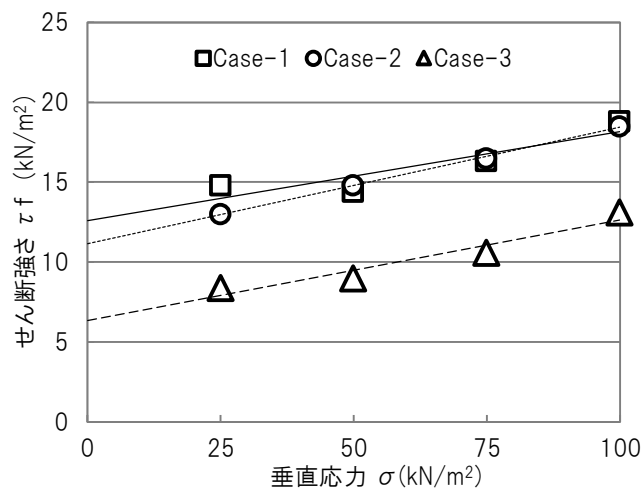


図-3 各 Case の τ_f - σ の関係

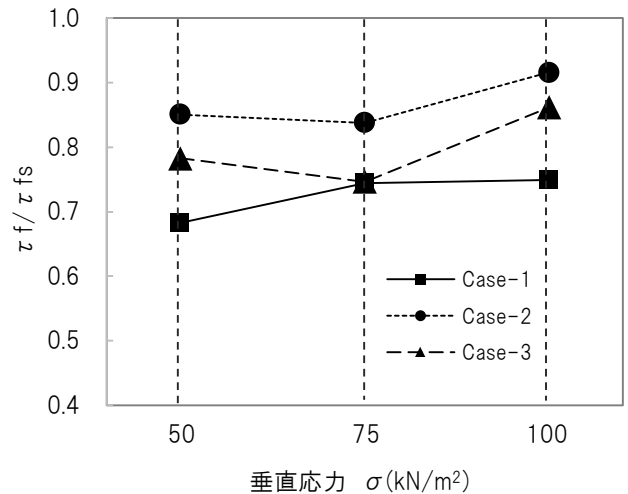


図-4 各 Case のせん断強度比

τ_{fs} の比率 τ_f / τ_{fs} をせん断強度比と定義し、図-4 に示す。 τ_{fs} は改良型一面せん断試験機を用いて求めた。Case-1 の場合、 τ_f / τ_{fs} は $0.68 \sim 0.75$ 、Case-2 の場合、 τ_f / τ_{fs} は $0.84 \sim 0.92$ 、Case-3 の場合、 τ_f / τ_{fs} は $0.75 \sim 0.86$ である。なぜ Case-2 (ベントナイトの w : 108~116%) の強度比が高いのか不明な点はあるが、その場合、ベントナイトが GM に付着しやすい状態になっていた可能性がある。

4. まとめ

GM/ベントナイト間境界面せん断試験とベントナイトの一面せん断試験を行い、せん断強度の比較・検討より次のことがわかった。

- 1) GM/ベントナイト間では、ベントナイトの含水比(w)の増加に伴い付着力 c_a は低下した。
- 2) GM/ベントナイト間の境界面摩擦角 ϕ はベントナイトの含水比(w)の増加による変化は少なく約 $3^\circ \sim 4^\circ$ である。
- 3) 今回実施したせん断試験で 全ての Case において、GM/ベントナイト間の境界面せん断強度 τ_f は、ベントナイトのせん断強度 τ_{fs} より低く、複合ライナーの弱い面になる。

謝辞 本研究で使用したジオメンブレンを提供して頂いたシーアイ化成株式会社に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 厚生省：一般廃棄物および産業廃棄物の最終処分場に係わる技術に係わる技術上の基礎，1998.
- 2) 納所大成ら：GM と粘性土間のせん断強度および影響要因について，平成 25 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.469-470, 2014.