ジオメンブレンと粘性土層間のせん断強度特性

佐賀大学 学○山田　聡　正 柴　錦春
斎藤昭則　正 根上武仁

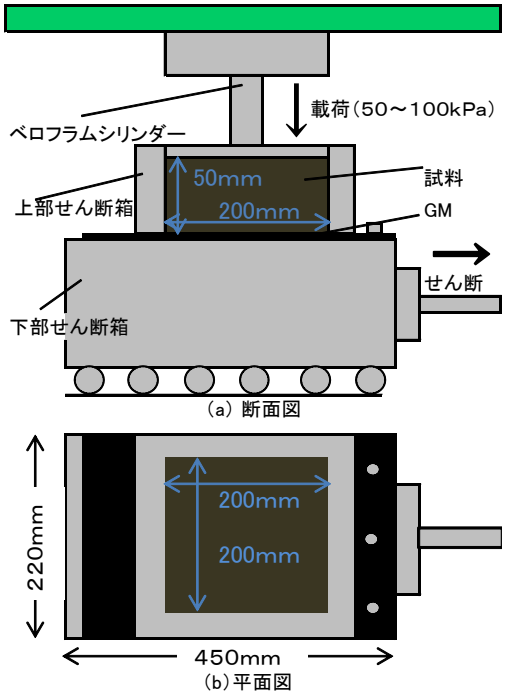
１．まえがき

ジオメンブレン（以降はGMと表記する）は廃棄物最終処分場の遮水ライナーとして、世界中で幅広く使われている。しかし、現場での継目や損傷部から溶液漏れの可能性がある。そこで一般的にはGMと締め固めた粘性土層による複合ライナー[1)]の形で使用されている。この場合、GMと粘性土層の境界は弱い面となり、埋立地の滑り破壊の事例もある[2)]。従って、GM・粘性土層の複合ライナーの設計においては、その境界のせん断強度を考慮しなければならない。本研究では境界面せん断試験を行い、２種類のGMと粘性土層間のせん断強度におよぼす土の種類等の影響を検討した。

２．試験装置、試料と方法

せん断試験装置を図－１に示す。上部せん断箱のサイズは 200mm×200mm×50mm である。せん断過程でせん断面積が減少しないように、下部せん断箱は 220mm×450mm とし、上部せん断箱より大きくしている。試験の手順は以下のとおりである。

下部せん断箱にGMを取り付け、上部せん断箱に土試料をセットする。その後所定の上載圧力を載荷して粘性土試料を圧密する。圧密終了後、せん断速度 0.2mm/min で上載圧力（σ_n）一定の条件で、せん断変位が33mmに達するまでせん断を行う。測定項目は垂直変位、せん断変位及びせん断応力である。考慮したσ_nの範囲は50～100kPaであった。締固め粘土ライナーの施工において、有明粘土のような粘性が高い土は締固めることができないので、シルト、砂分の含有率が相対に的高いものが使われる[3)]。本研究は含水比約80%の有明粘土と２mm のふるいを通過した川砂を一定の比率で混合して２種類の試料を作製して使用した。使用した有明粘土の液性限界 W_L（%）は約111%、塑性限界 W_P（%）は約 56.4%である。GM は軟質塩化ビニル製のもの（以降は GM1）とメタロセン触媒ポリエチレン製のもの（以降はGM2）の２種類を用いた。GM の厚さはともに 1.5mm である。試験したケースとその条件を表－１に示す。



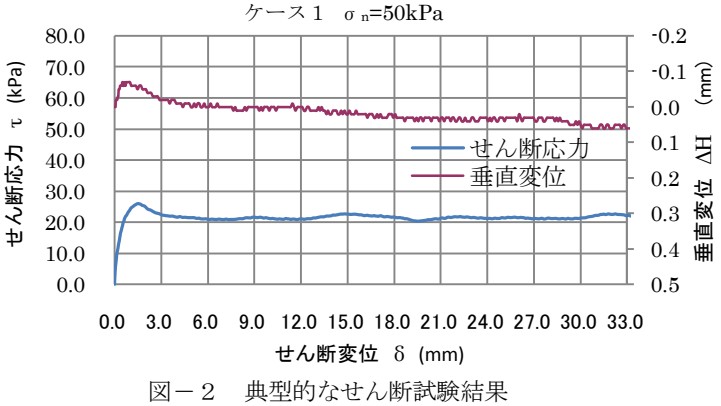
図－１　試験装置

表－１ 試験したケースと条件

ケース	GM	土		
		混合比 粘土:砂	含水比 w_n(%)	乾燥密度 ρ_d(g/cm³)
ケース1	GM1	1:2	26.7	1.34
ケース2		1:2	30.0	1.49
ケース3		2:1	53.3	1.11
ケース4	GM2	1:2	26.7	1.34

３．試験結果及びディスカッション

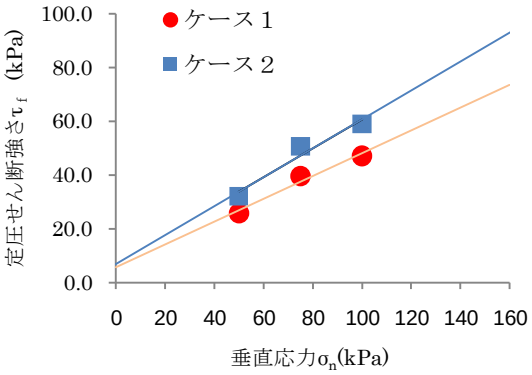
図－２に典型的なせん断変位（δ）～せん断応力（τ）、垂直変位（⊿H）の関係を示す。せん断変位が約 1.5mm でせん断応力τはピーク値に達し、その後はほぼ一定値になった。垂直変位については、τのピーク値に達するまで膨張して（約0.05mm）、その後沈下に転じた。τのピーク値（τ_f）を用いて境界面摩擦角度（δ）と付着力（c_a）の形で試験結果をまとめ、土の密度、粘土・砂の混合比率（土の種類）とGMの種類の影響を検討した。



図－２　典型的なせん断試験結果

（1）土の密度の影響

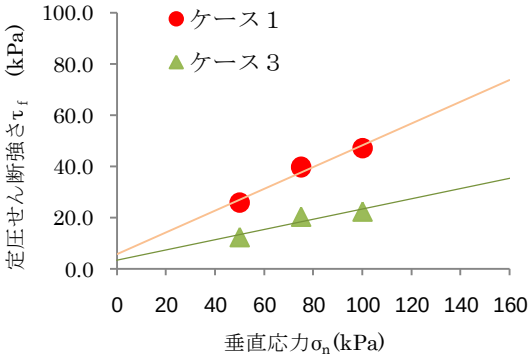
ケース１とケース２（表－１）は粘土：砂の混合比１：２で、締め固めエネルギーは一定であるが、含水比は異なる結果になった。ケース２の密度はケース１より高かった。図－３と表－２に示すようにケース２のδの値（28.3°）はケース１（23°）より高い。従って境界面のせん断強度、特にδ値に土の密度が影響することが分かる。また、ケース１の土のみの一面せん断試験（試料直径 60mm）結果より、土の内部摩擦角（φ）は約 42.4°、粘着力（c）は約 8.8kN/m² であった。土と GM1 境界面の tanδは tanφの約 47%、c_aは c の約 67%である。



図－３　土の密度の影響

（2）土の種類の影響

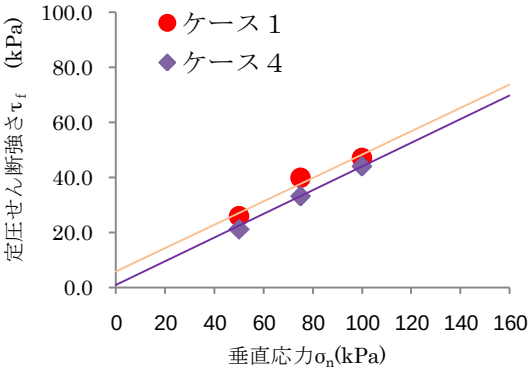
ケース１とケース３の粘土と砂の混合比は違う。ケース３は粘土の混合量が多く、混合後の含水比も高い（53.3%）。ケース 3 の場合、試料の圧密過程で排水が観測された。図－４と表－２の結果よりケース３のδとc_aの値はケース１の約半分である。当然のことであるが、土の性質は GM と土の境界面のせん断強さに大きく影響している。粘土：砂の混合比２：１の混合土のみのせん断強度については、現在試験中である。



図－４　土の種類の影響

（3）GM の種類の影響

GM1 と GM2 の大きな違いは硬さである。GM2 は GM1 より硬い。GM1 は折り曲げやすく、折り曲げた後も折り目はできない。GM2 は折り曲げにくく、折り曲げた後に折り目が残る。メーカー提供資料によれば、引張り強さは GM１が 120N/cm、GM２が 140N/cm である。図－５と表－２より、GM の硬さによるδ値への影響は小さいが、c_aに対して明確な影響があることがわかる。硬い方の GM２のc_a値は小さい。圧力によって土粒子（砂分）は軟らかいGM表面に変形を起こさせ、境界面に小さい凹凸を生じさせ、結果としてc_a値が増加したものと考えられる。



図－５　GM の種類の影響

表－２ 境界面強度パラメーター

ケース	c_a (kPa)	δ（°）
ケース1	5.9	23
ケース2	7.0	28.3
ケース3	3.4	11.3
ケース4	0.8	23.6

４．まとめ

ジオメンブレン（GM）と粘性土層間のせん断試験結果よりＧＭは境界面の摩擦角（δ）と付着力（c_a）に対して以下のことが分かった。

(a) 土の密度、種類はδとc_aに大きく影響を及ぼす。粘性分が多いほど、乾燥密度が低いほど、δとc_aは小さい。

(b) GM の硬さはc_aに明確な影響がある。GM が硬いほどc_aは小さい。

謝辞：本研究に使用したジオメンブレン（GM）試料はシーアイ化成株式会社に提供していただいた。記して謝辞を表する。

参考文献

１）厚生省（1998）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

２）Mitchell.J.K.(2009).Geotechnical Surprises _or are ehey? The 2004 H. Bolton Seed Lecture,J. of Geotechnical and Geoenvironmental Fng.　ASCE, Vol.135, No. 8, pp. 998-1010.

３）Danial, D. E. (1993). Geotechnical practice for waste disposal, Chapman and Hell, London.