埋立廃棄物処分場におけるカバーソイルの強度・変形特性

熊本大学大学院　学生員　○前川敦史
熊本大学工学部　正会員　椋木俊文
熊本大学工学部　正会員　大谷　順
熊本大学技術部　正会員　松本英敏

1. はじめに

廃棄物（低レベル放射性廃棄物を含む）の埋立処分において重要なことは、厳格な管理下で廃棄物の保管を行い、動植物の生態環境および地下水環境から汚染物質が完全に隔離されなければならないことである。図-1は、埋立廃棄物処分場の一般概要図である。廃棄物の危険度レベルによって遮断システムは異なるが、一般に欧米では、地下水汚染対策として、地盤掘削域底部に透水係数が 10^{-9} m/sオーダーの粘土や、難透水性のポリマー製遮水シート（ジオメンブレン）を使用した遮水層を設けている。埋立終了後は、地上の生態環境の保護対策として、処分場底部の遮水層と同種の材料を用いて覆土(カーバーソイル）が行われる。カバーソイルは難透水性を有する締固め粘土であるため、廃棄物層内に局所的な変形が生じると、それに追随できずに破損（亀裂）が生じることをグルノーブル大学（フランス）のGourcらが報告している[1)]。カバーソイルの破損は、廃棄物層内からのガスや低レベル放射線の漏洩を進行させ、動植物の生態環境に悪影響を及ぼす可能性がある[2)]。また雨水の流入が生じると、遮水層への水頭負荷を生じさせることとなり、結果として埋立処分場の寿命を縮める。したがって、現存のカバーソイルの破損・劣化条件とそのプロセスを明らかにして、変形追随性に優れたカバーソイルを開発することは急務といえる。Gourcらは、現地で使用されているカバーソイルの強度・変形特性を評価するために、CBR試験装置を用いた拘束・非拘束パンチング試験を実施し、カバーソイルの破壊状況（亀裂）を観察することで、その解明を試みている。本研究では、X線CTを用いて、非拘束パンチング試験の供試体内部を観察し、従来型のカバーソイルの強度・変形特性を定性的に評価した。

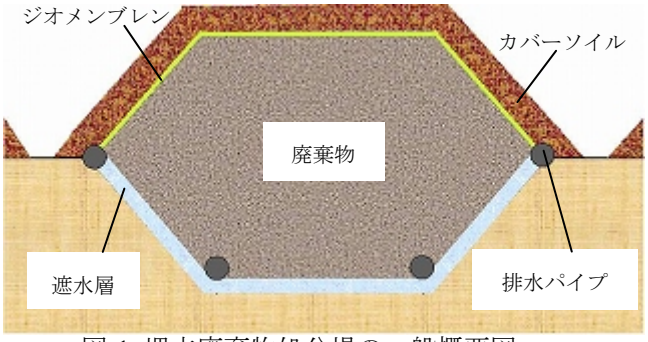

図-1 埋立廃棄物処分場の一般概要図

表-1 試料の物性値

土粒子密度 t/m³	粒度組成（%）				液性限界 %	塑性限界 %
	礫	砂	シルト	粘土		
2.690	9.9	49.5	29.5	11.1	36.1	21.6

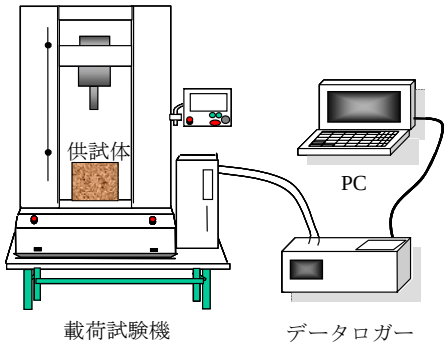

図-2 実験装置

2. 試料および実験方法

本実験で使用した試料の物性値を表−1 に示す。実験では拘束パンチング試験（以下、CPT とする）と、供試体作成後、モールドから供試体を脱形し貫入試験を行う非拘束パンチング試験（以下 UCPT 試験）を実施した。実験条件は、貫入ピストン径 50mm、試験速度 1mm/min で供試体サイズは直径 150mm、高さ 125mm である。実験装置を図−2 に示す。実験ケースは、カバーソイルの強度・変形特性を明らかにするため、含水比、締固めエネルギー（以後 CE とする）を変えて行った。CPT 試験と UCPT 試験について、それぞれの供試体の含水比（w）は 17%（最適含水比） と

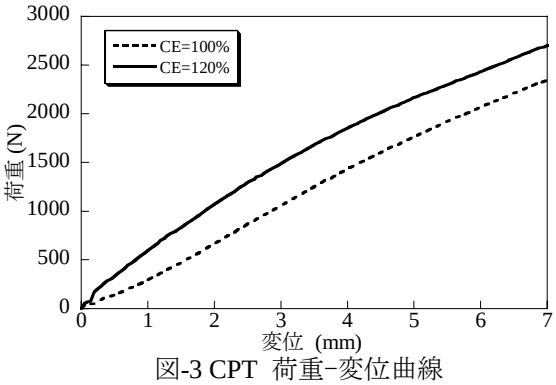

図-3 CPT 荷重−変位曲線

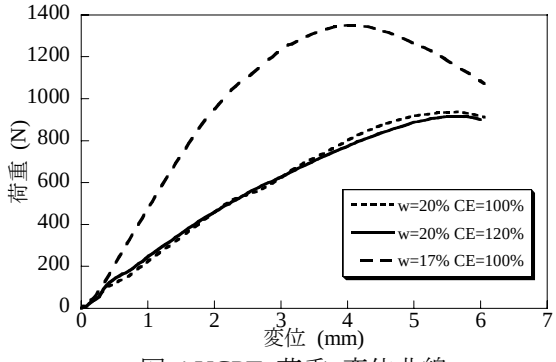

図-4 UCPT 荷重−変位曲線

20%に調整し、CE を 100%（67 回）と 120%（80 回）とした。UCPT 試験については最適含水比である w=17%との荷重-変位曲線を比較し、モールド脱形直後および貫入ピストン 6mm 貫入後に X 線 CT 撮影を実施した。

3. 実験結果とその評価

図-3 に CPT 試験の荷重－変位曲線を示す。この図より CE=120%の方が強度が大きいことが分かる。一層当たりの締固め回数が多くなったことから、より強固な供試体が作製されたためであると考えられる。図-4 に UCPT 試験の荷重－変位曲線を示す。締固めエネルギーの違いによる比較を行うと、CPT 試験に比べ強度差がないことが分かり、締固めエネルギーによる影響は見られなかった。含水比による違いを比較すると、w=17%ではピークが 1350N であるのに対し、w=20%では 900N となっており、後者の強度は約 33%減少している。次にピークに達するまでの変位を比較すると、w=17%では 4mm、w=20%では 5.8mm と約 45%増加している。カバーソイル内の亀裂の発生を緩和させ、透水・透気係数の増加を抑制するためには、カバーソイルの含水比は最適含水比よりも高い含水比に調整することが適していると考えられる。

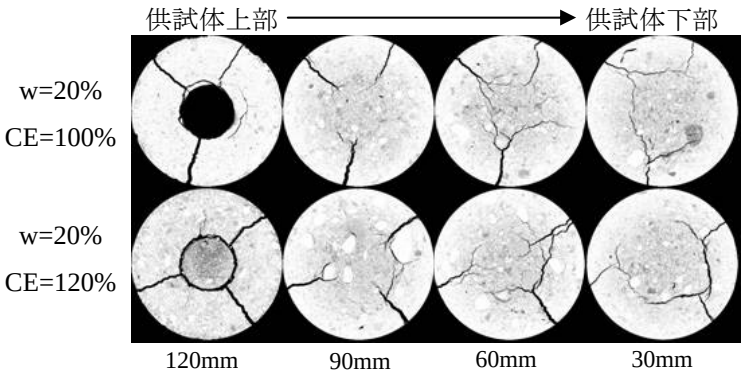

図-5 CT 画像(UCPT 試験 締固めエネルギーの比較)

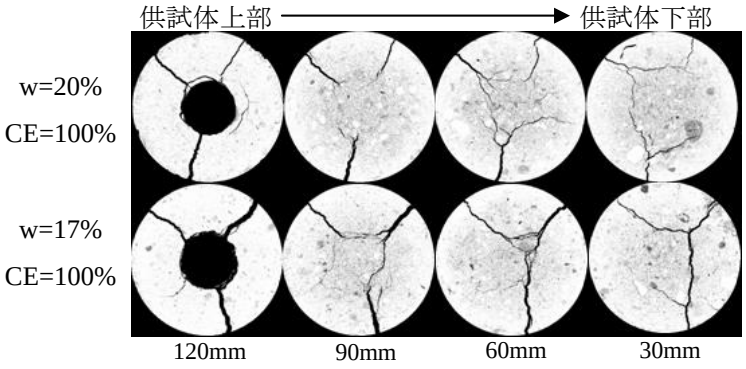

図-6 CT 画像(UCPT 試験 含水比の比較)

図-5 に CT 画像(UCPT 締固めエネルギーの比較)を示す。白色ほど密度が高く、黒色ほど密度が低いことを示している。上下画像を比較すると、CE の大きさによる亀裂の発生傾向に差異は見られなかった。図-6 は同様の CT 画像を用いて含水比の違いによる破壊性状について比較している。上下画像を比較すると、w=17%では 3 方向から発生した亀裂が 90mm で連結しているのに対し、w=20%ではそれが連結していない。図-4 の荷重-変位曲線を参考にすると、w=17%ではピーク後も 2mm 貫入しており、w=20%に比べて亀裂が進展したことが要因であると考えられる。以上より CT 画像の考察からもカバーソイルの変形特性として、最適含水比よりも高い含水比の方が変形追随性を有していると考えられる。

4. おわりに

カバーソイルの強度・変形特性の観点から実験結果を見ると、亀裂の発生を遅らせ、透水・透気係数の増加を抑制するために、最適含水比より高く試料調整した方がカバーソイルに適することが分かった。

以下に今後の研究予定を示す。

1). 含水比を変えた試料について拘束・非拘束パンチング試験を実施し、各荷重における CT 撮影を実施する。

2). 現在使用中の試料について透水・透気試験を実施する。

3). 新たなカバーソイルの開発として、変形追随性・遮水性保持機能を有すると考えられるゴムチップ混合粘土を用い、その強度特性と遮水特性の関係を評価する。

参考文献

1). S. Camp, D. Rey and J.L.Kaelin, “Presentation of a new French site for storing very low level radioactive waste”, Procs. of International Workshop <<Hydro-Physico-Mechanics of Landfills>> LIRIGM,Universite de Grenoble,France pp1-4, 2005.

2).嘉門雅史監修,勝見武・近藤三二共訳“廃棄物処分場の最終カバー”,技報堂出版,pp1-16,pp86-97,2004.