

X 線 CT を用いた破損遮水工からの浸出水漏水現象の可視化

熊本大学工学部 学生会員 ○永田 孝輔
熊本大学大学院 正会員 椋木 俊文

熊本大学大学院 学生会員 谷口 徳晃
熊本大学 正会員 松本 英敏

1. はじめに

近年、日本や欧米を中心とした最終廃棄物処分場では、処分場底部の遮水のために不透水性の遮水シートが使用されている。この遮水シートが、シート上部の排水層として敷設される硬い砂利や廃棄物などによっての破損や、局所的な引っ張り力によってシートが割裂し、それらの破損箇所から浸出水が漏水する地盤汚染が問題となっている¹⁾。これまで、数値実験によって浸出水の挙動が評価された研究²⁾があるが、地盤内の3次元的な浸出水の挙動を非破壊条件で評価することは困難であり、いまだに研究段階にあるといえる。本報では新たに浸出水漏水模型実験装置を作成し、模型地盤内における浸出水の挙動を X 線 CT スキャナを用いて可視化したので報告する。

2. 実験方法

図-1 は本研究で用いた実験装置の概略図である。本研究では模型地盤底部に高さ 20mm になるよう砂利を用いた排水層とジオテキスタイルを設けており、地盤材料には飽和度を 100%、乾燥密度を 1.51t/m^3 に調整した珪砂 8 号を用いた。浸出水には、粘性が水と等しい濃度 30% のヨウ化カリウム水溶液の密度(1.25t/m^3)を使用し(以後、KI 水溶液と呼ぶ)、図-1 に示すアクリル筒の中に配置した。シートの破損モデルについては、Case1 として図-2 に示す円形破損(直径 6mm)、Case2 として図-3 に示す円形複数破損(直径 4.2mm×2 個)を想定し、破損間の距離を 30mm となるように塩化ビニル遮水シートに穴を設けた。また、遮水シートと地表面は完全に密着した状態とした。本研究では Case1 と Case2 の総面積を固定し、破損数の違いによる漏水状況を評価した。はじめに初期地盤を X 線 CT 撮影し、その後 CT 室内で KI 水溶液の漏水実験を実施した。漏水実験では、模型土層底部のコックを開き、初期水頭差を 350mm として漏水を開始した。漏水開始後 30 秒、1 分、2 分、4 分及び 6 分において CT 撮影を実施した。

3. 実験結果および考察

図-4 および図-5 は、それぞれ Case 1 と Case 2 において KI 水溶液を 6 分間漏水させた後の遮水シートから 15mm 下の地点での地盤の CT 画像である。CT 画像では密度が低い領域ほど黒く、密度が高い領域ほど白く表示される³⁾。本実験では、水が存在した部分に比重が水よりも高い KI 水溶液が入ることによって漏水に伴う浸透領域の密度が上昇するため、CT 画像においては白い部分が KI 水溶液の浸透領域として現れている。まず、Case1 の場合を観察すると、破損形状と同じように KI 水溶液の浸透領域の形状はほぼ円形であり、この領域の面積は破損面積の 124.4 倍である。この面に KI 水溶液が浸透するのはわずか 30 秒後の現象であり、またシートと地盤表面は密着しているにもかかわらずシート直下において破損形状の約 124 倍の浸透領域が確認されたことから、地盤内において面方向にも KI 水溶液が拡散したと推測される。これについては、漏水実験開始直後に間隙水が排水され、これによって遮水シートと地盤材料に存在するわずかな間隙に毛管力が作用したために、KI 水溶液が面内方向に広がりを見せたと考えられる。

次に、図-5 の Case2 については、破損を 2 つに分けると 2 つの破損部からそれぞれ KI 水溶液が漏水し、その浸透領域が干渉しあっていることがわかる。図-6 は遮水シートから 55mm 下の地点での CT 画像である。この画像から KI 水溶液が二つの領域に分離しはじめ、それより深い位置においてこの浸透領域が交じり合うことはなかった。図-7 および図-8 は、Case 1 と Case 2 において KI 水溶液が 6 分間の内に浸透した領域の輪郭を画像細線化法によって抽出し、それらを深さ方向に結合させて 3 次元構成したものである。図-7 より、Case1 の浸透領域の体積を求めると 522.2cm^3 、図-8 より Case 2 の浸透領域の体積は 455.3cm^3 であり、Case2 の浸透領域は Case 1 の 87% でしかない。Case2 は破損数として Case1 の 2 倍ではあるが、総面積は同じであ

り各破損箇所の面積が小さいことから漏水量が Case1 よりも小さくなったと考えられる。このことより、漏水量の影響因子は、破損数よりも破損断面積の方が重要であると考えられる。

4. まとめ

今回は地盤材料に硅砂 8 号を用いたため、実際の処分場底部直下の地盤と透水条件が異なっている。今後は、さらに透水係数が小さい地盤材料を用いた漏水実験を実施し、そのメカニズムを評価する予定である。

参考文献

- 1) R.K.Rowe ,R.M.Quigley ,Richard W.I. Brachman &John R. Booker"Barrier System for waste Disposal Facilities", Capter 13.4, 2004.
- 2) 柴 錦春 「ジオメンブレンの損傷による複合ライナー遮水劣化に関する研究」 研究成果報告書, pp.22-39, 2004.
- 3) 棕木 俊文 「地盤工学におけるX線CT法の適用に関する研究」 熊本大学大学院自然科学研究科平成12年度, pp.32-58,pp67-78, 2001

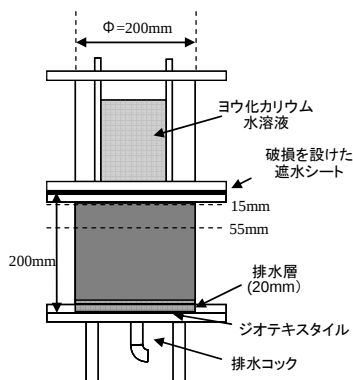


図-1 実験概略図

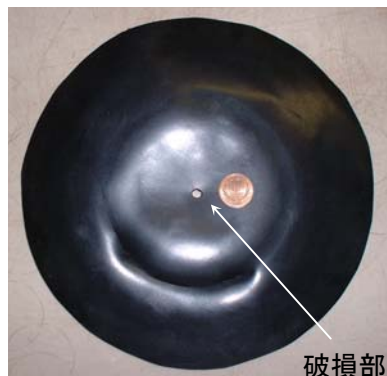


図-2 塩化ビニル遮水シート
円形破損



図-3 塩化ビニル遮水シート
円形複数破損

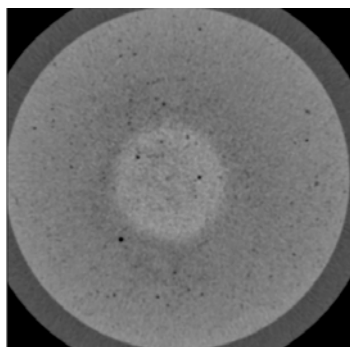


図-4 遮水シートから15mm
KI水溶液6分通水円形破損

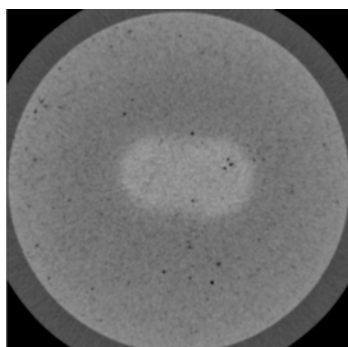


図-5 遮水シートから15mm
KI水溶液6分通水円形複数破損

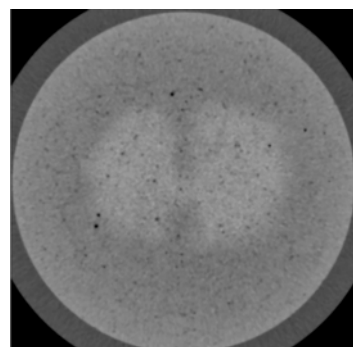


図-6 遮水シートから55mm
KI水溶液6分通水円形複数破

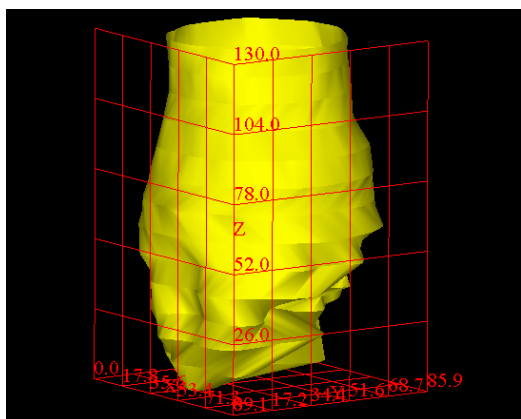


図-7 円形破損 3次元構成画像

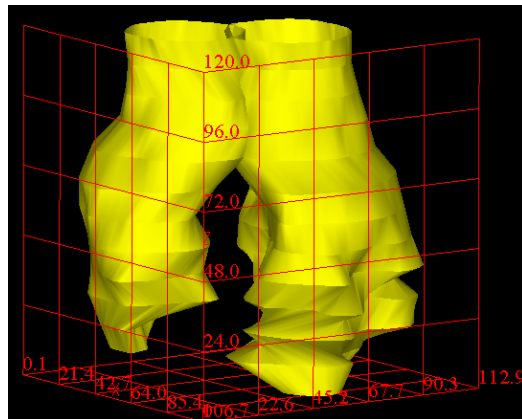


図-8 円形複数破損 3次元構成画像