

破損遮水工直下における浸水漏水現象の3次元移流分散解析

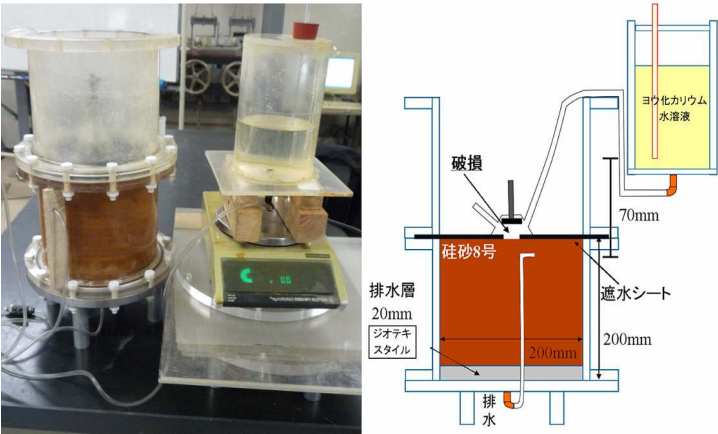
熊本大学工学部 学生会員 ○次郎丸 雄基 熊本大学大学院 正会員 棕木 俊文
熊本大学大学院 学生会員 永田 孝輔 熊本大学 正会員 松本 英敏

1. はじめに

最終埋立処分場底部では、浸出水が漏水するのを防ぐために不透水性の遮水シートが敷設されている。この遮水シートは、敷設時のしわや微傷、局所的な載荷重等により破損し、浸出水の漏水による地盤汚染問題を引き起こすことがある¹⁾。これまで数値解析による浸出水漏水現象の研究は行われてきており、遮水シートと地盤の接触条件の違いで挙動が変化すること等が分かっている²⁾。しかしながら、上記のような地盤内の浸出水の漏水現象を3次元的に可視化し、評価することは困難とされてきた。本研究の目的は、X線CTスキャナを用い、地盤内の密度分布を非破壊で可視化し、浸出水の地盤内挙動を3次元移流分散解析により定量的に評価することである。本報では、遮水シートが長方形破損を有する場合の地盤内漏水現象を評価したので報告する。

2. 実験概要

図-1(a)は、X線CT用浸出水漏水実験装置³⁾の写真で図-1(b)は概略図である。地盤材料には相馬珪砂8号を用い、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(密度1.05t/m³)を使用した。模型地盤は、飽和度100%、乾燥密度1.56t/m³に調整し、遮水シートの中央に長方形破損(28mm×1mm)を設けた。水頭差を70mmとして固定し、漏水実験を実施した。



(a) 実験模型の写真

(b) 概略図

図-1 X線CT用漏水実験装置

3. 解析方法および解析ケース

本解析では、飽和・不飽和地盤内における溶質の浸透および移流分散現象の有限要素解析コードであるDtransu-3D・EL⁴⁾を使用した。図-2は、模型地盤をモデル化した解析メッシュ図で、総節点数99125、総要素数92678である。解析モデルでは、遮水シートと地盤の接触条件の違いにより、破損部から流入した溶液が、遮水シート直下で水平方向へ広範囲に浸透する場合がある²⁾。そのため、Case1では遮水シートが地盤に完全に密着している状態、Case2では遮水シート直下に1mmのジオテキスタイルを敷設した状態の2つの境界条件を設定した。また排水条件としてCase2で遮水シート直下に敷設したジオテキスタイルを境界条件に設定した。表-1は解析に使用したパラメータである。

表-1 解析パラメータ

	相馬珪砂8号	排水層
水平方向透水係数 $k_{x,z}, k_y$ (m/s)	2.79×10^{-6}	5.0×10^{-4}
鉛直方向透水係数 k_z (m/s)	2.79×10^{-6}	5.0×10^{-5}
間隙率 n	0.43	0.91
縦分散長 α_v (m)	0.40	0.40
横分散長 α_l (m)	0.04	0.04

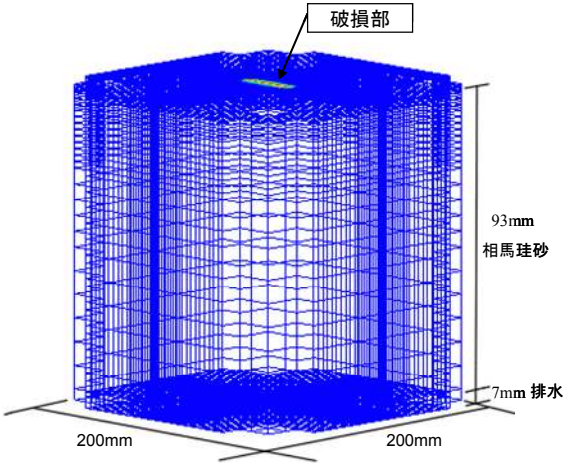


図-2 解析モデル

4. 解析結果および考察

実験でヨウ化カリウム水溶液を 50ml 流入するのに要した時間は 18 分間であった。そのため、解析時間を流入時間である 18 分間に設定し解析を行った。

図-3(a) および図-3 (b), (c)は、それぞれ漏水開始 18 分後の 2 次元 CT 画像からヨウ化カリウム浸透領域を細線化処理⁵⁾によって抽出し、鉛直方向に結合して再構成した 3 次元画像と数値解析によるヨウ化カリウム浸透領域の 3 次元表示である。また、図-4(a)および図-4 (b), (c)は細線化処理した画像と数値解析結果の断面図である。細線化処理した画像と解析結果の濃度比較領域は、2 値化した白い領域と濃度コンター図の 0.2 から 1.0 までの領域とする。図-3(a),(b), (c)において、破損部直下 5mm では、y 軸方向の浸透長さに対する x 軸方向の浸透長さは、それぞれ 1.01 倍,1.38 倍,1.16 倍であった。この結果から破損部直下 5mm では、実験現象は Case2 に近い挙動を示していることが分かる。しかし、10mm 下では 0.98 倍,1.34 倍,1.58 倍、15mm 下では 1.04 倍,1.35 倍,1.98 倍であり、実験現象は Case2 より Case1 に近い挙動を示していることが分かる。

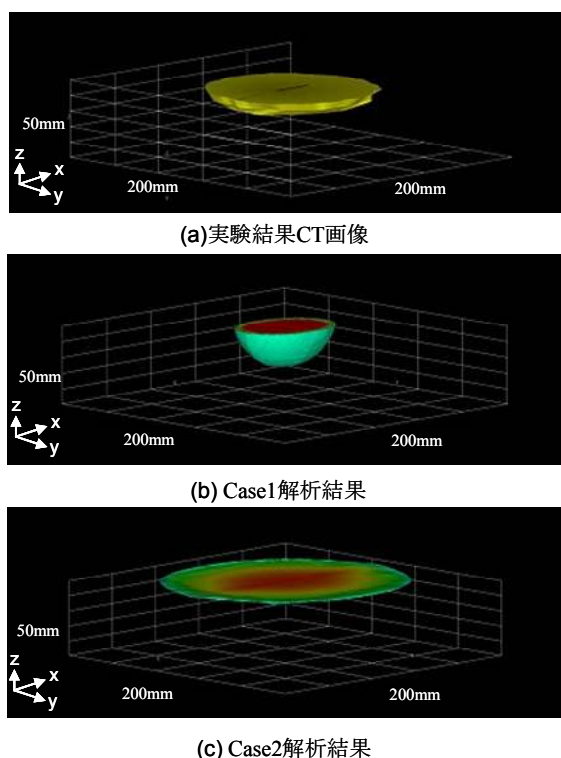


図-3 実験結果、解析結果の 3 次元画像比較

また、実験現象と Case1 は、z 軸方向に浸透していくにつれて、x 軸と y 軸の倍率がほぼ一定であるのに対して Case2 は 60%近く変化している。よって、実験現象では、z 軸方向への浸透挙動は Case2 より Case1 に近いことが分かる。そのため、図-4(a),(b), (c)において、実験現象の濃度分布は図-4 (c)の 5mm 下の濃度分布図が図-4(b)のような挙動で浸透していると考えられる。

5. まとめ

実験結果と解析結果の比較から、実験現象は遮水シート直下で、x 方向に 86mm、y 方向に 85mm 程度、浸透した後、鉛直方向へ浸透していく挙動を示すことが分かった。しかしながら、今回の解析では実験結果と解析結果の浸透領域に大きく差が見られた。そのため、今後は遮水シートと地盤の接触条件による浸透領域の違いを定量的に評価できる解析条件の検討が必要である。また、遮水シート直下が不飽和地盤である場合も挙動に変化が生じるため、不飽和浸透流移流分散解析も視野に入れる必要がある。

謝辞：本解析コード配布している(株)ダイヤコンサルタントの菱谷 智幸氏にはメモリー不足の修正をしていただき深く御礼申し上げます。

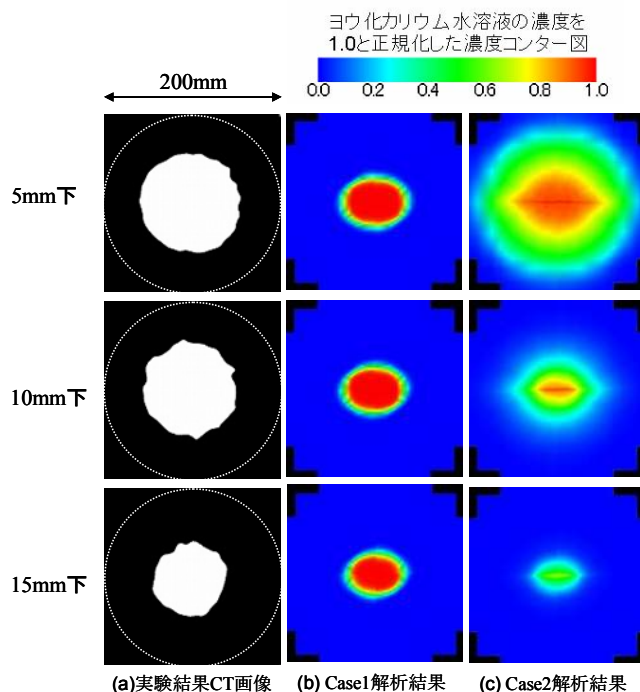


図-4 実験結果および解析結果の各水平断面比較

参考文献

- 1) R. Kerry Rowe, Robert M. Quigley, Richard W. I. Brachman, John R. Booker "Barrier Systems For Waste Disposal Facilities", pp.405-445, 2004.
- 2) Gary J. Foote, Craig H. Benson, Tuncer B. Edil Booker "Predicting Leakage Through Composite Landfill Liners", pp.500-519, 2001.
- 3) 椋木 俊文, 永田 孝輔, 谷口 徳晃, 松本 英敏, 「X線CT法を用いた破損ジオメンブレンからの地盤内漏水可視化実験」ジオシンセティックス論文集 第23巻 pp237-242, 2008.
- 4) 菱谷 智幸, 西垣 誠, 橋本 学, 「物質移動を伴う密度依存地下水流の3次元数値解析手法に関する研究」土木学会論文集 No. 638/III-49, 59-69, 1999. 12
- 5) 田村 秀行：コンピュータ画像処理入門, pp. 80-83, 89, 126, 220, 224, 229, 1985.