

軟 X 線画像法による粘質土における乾燥亀裂の発達過程の観察

Observation for Cracks in Drying Process of Cray Soil using Soft X-ray Radiography

廣住豊一[†], 川瀬陽介^{††}, 成岡 市[†]

Toyokazu HIROZUMI, Yosuke KAWASE and Hajime NARIOKA

1. はじめに

農地とくに水田の粘質土において発生する乾燥亀裂は、迅速な排水のための水みちとして働くほか、圃場の土壌環境におけるガス、水分および養分等の移動に大きな影響を与える空間構造である。

本報では、水田土等の粘質土は、乾燥に伴う収縮が起り、やがて亀裂が発生する現象に着目し、非破壊で土の内部構造を可視化して、画像分析することができる軟 X 線画像法を用い、乾燥過程にある粘質土における亀裂発達過程について観察した結果を報告する。

2. 材料と方法

(1) 試料

水田土、セメント用川砂、ベントナイトおよびカオリナイトを供試した。水田土は、三重県員弁市内の水田において、表土ならびに 10cm, 20cm 30cm 深度ごとに採取し、径 2mm 以上の礫を取り除いたものを使用した。セメント用川砂は、あらかじめ篩分けを行い、0.85mm から 0.075mm の粒径のものを選別した。また、川砂以外については、塑性限界、液性限界および塑性指数を測定した。

(2) 実験方法

蒸留水または 5%NaCl 水溶液を各々混合した上記試料を、内容積 L63mm × W34mm × D9mm のポリスチレン製容器に液性限界以上の含水比のペーストにして充填した。実験では、容器上端面を大気開放し、試料表面から水分を蒸発させた。経過時間ごとに容器全体の質量測定、デジタルカメラによる試料表面の撮影および軟 X 線透過撮影を行い、蒸発過程における各試料の亀裂発達の状況を観察した。軟 X 線透過撮影で

は、軟 X 線装置にソフテックス社製 DCTS-7003 を、フィルム自動現像機に NIX 社製 HI-RHEIN を各々使用した。撮影条件は、水田土、ベントナイトおよびカオリナイトについては、管電圧 50kV, 管電流 1.5mA, 照射時間 60sec とし、セメント用川砂については、管電圧 40kV, 管電流 1.0mA, 照射時間 45sec とした。また、軟 X 線フィルムには FUJI FILM-FR を使用し、FFD500mm, 現像液温度 28℃, 現像時間 3min とした。撮影されたフィルム影像是、エプソン社製スキャナーGT-X750 でデジタル画像化し、画像処理および画像解析を行った。

3. 結果と考察

(1) 乾燥と亀裂の発達過程

水田土、ベントナイトおよびカオリナイトについては、試料の乾燥が進むにつれて亀裂の発生状態が観察された。セメント用川砂については、亀裂の発生がなかった。

深度 20cm 以外の水田土では、液性限界から塑性限界の範囲において、第一亀裂(最初に発生)の発生が観察された。深度 20cm の水田土は、乾燥途上にある液性限界に達する前に第一亀裂の発生がみられた。また、試料表面が湿潤状態にあるときは亀裂の発生割合が少なく、試料表面が乾燥してくると、亀裂の発生割合が多くなる傾向がみられた。また、乾燥にともなう試料の収縮も観察された。

各試料に発生した亀裂は、試料の乾燥が進むにつれて、その深さが深く、幅も広がった。その例として、深度 20cm の水田土における軟 X 線画像および亀裂部分の走査線上の白黒濃淡変化(強度分布;0~255階調)の関係を Fig.1 に示す。グラフ縦軸の数値が大きいほど画像では

[†]三重大学大学院生物資源学研究科, ^{††}三重大学生物資源学部

[†]Graduate School of Bioresources, Mie University, ^{††}Faculty of Bioresources, Mie University

キーワード: 軟 X 線, 水田粘質土, 水分移動, 収縮, 乾燥亀裂

明度が淡くなっている。横軸は距離(画素;pix)を表す。時間が経過するにつれて走査線の固相部分および亀裂部分の濃淡強度の変動幅が大きくなっていった。また、水田表土における軟 X 線画像の任意走査線上の白黒濃淡強度を Fig.2 に示す。同図において、軟 X 線画像上の濃淡強度の低い箇所(画像の明度が濃い)が時間経過とともに左側に移動し、強度はさらに低くなっていた。これは、土の収縮にともなって亀裂近傍の密度が増加し、またその位置が移動したためであると考えた。

(2) 混合溶液の違いによる亀裂の発生傾向

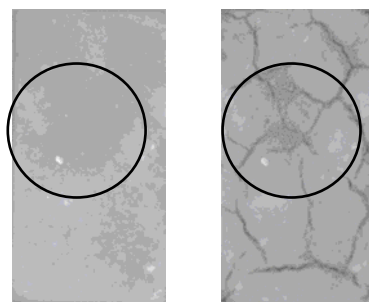
蒸留水混合試料では「大きく、深い亀裂」が入り、NaCl 水溶液混合試料では「細く、浅い亀裂が数多く」入る傾向があった。これは、NaCl 水溶液が分散剤として作用し、土壌粒子間の収縮力を弱めているためと考えた。

(3) 試料の不均一性と亀裂の発生傾向

軟 X 線画像において、濃淡強度が低い箇所(明度が濃い部分)に亀裂が多く観察された。これは、試料層厚が薄い、あるいは試料密度が低い箇所に亀裂が発生しやすいことを示している。例として、深度 10cm の水田土における亀裂集中箇所を Fig.3 に示す。

4. おわりに

本報では、軟 X 線画像法を用いた水田土における乾燥亀裂の発達過程を観察した結果を示した。本法によって、乾燥亀裂の近傍に密度変化が発生していること、土粒子の収縮と亀裂発生との因果関係が画像化できたこと、亀裂は試料層厚が薄い箇所あるいは試料密度が小さい箇所に集まりやすいことなどが可視化できた。



経過時間 0分 4650分

Fig.3 水田土(深度 10cm)の亀裂集中箇所

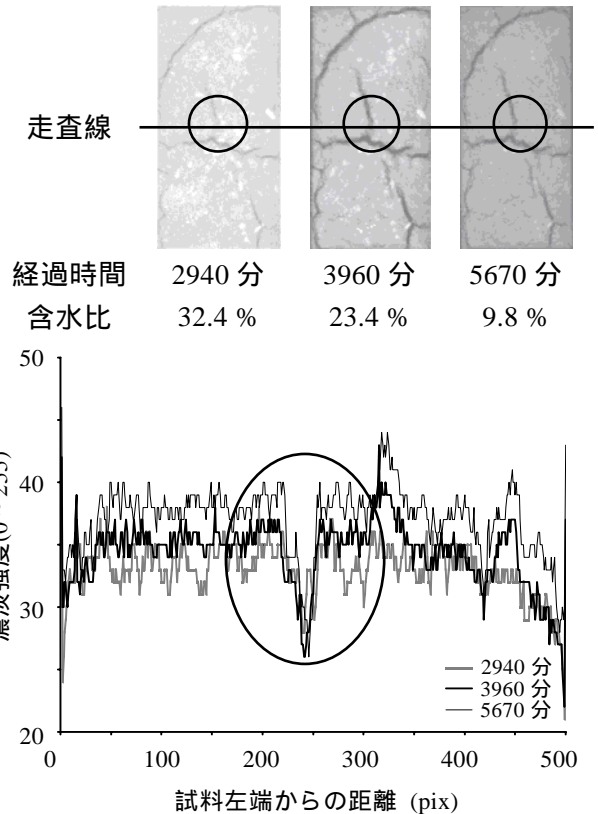


Fig.1 水田土(深度 20cm)における軟 X 線画像と亀裂部分の走査線の濃淡強度分布

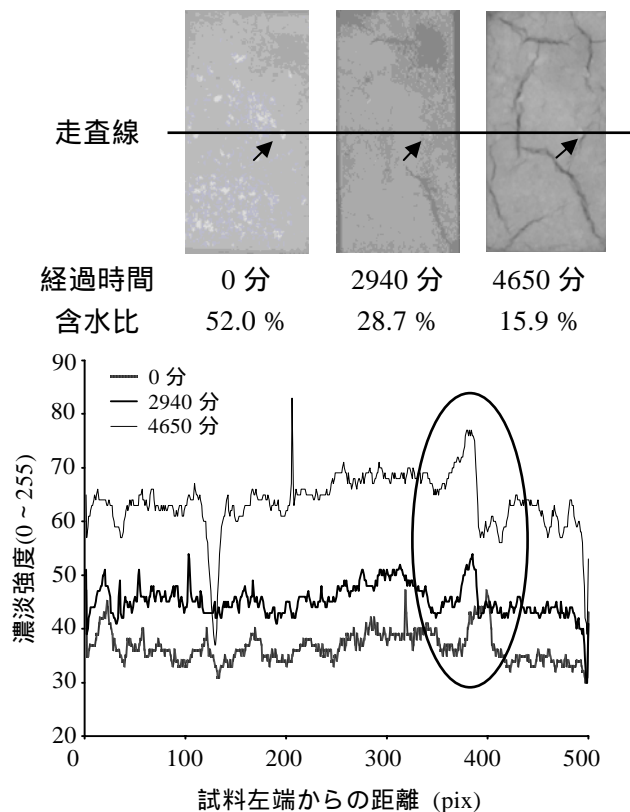


Fig.2 水田土(表土)における軟 X 線画像と亀裂部分の走査線上の濃淡強度分布