

花崗岩石材中の不飽和浸透流の研究

Experimental study on the water permeation into granites
by neutron radiography

長 秋雄 ¹⁾	沼尾 達弥 ²⁾	木村 亨 ²⁾	舟川 勲 ²⁾
Akio CHO	Tatsuya NUMAO	Toru KIMURA	Isao FUNAKAWA
長谷川 正一 ³⁾	吉田 博和 ⁴⁾	松林 政仁 ⁵⁾	
Syoichi HASEGAWA	Hirokazu YOSHIDA	Masahito MATSUBAYASHI	

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) 産業技術総合研究所 | 2) 茨城大学工学部 |
| 3) 羽黒石材商工業協同組合 | 4) 茨城県工業技術センター |
| 5) 日本原子力研究開発機構 | |

花崗岩石材サンプルの乾燥過程と吸水過程について、中性子ラジオグラフィ画像を2方向から撮影した。その結果、2方向で違いが認められた。

キーワード : granite, water permeation, neutron radiography, subtraction image

1. 目的

花崗岩石材中の水の移動は、石材の劣化要因の一つである。鉄分や可溶性塩類が石材中の間隙水により石材表面に移動し、石材表面での酸化や表面での析出が起き、サビやエフロエッセンスと呼ばれる汚れを発生させ、商品価値を低下させる。

本研究では、花崗岩石材中の水の移動実態を、中性子ラジオグラフィ試験により可視化し、その特性を把握することを目的とした。

2. 方法

試験1：飽和湿潤状態からの乾燥過程の可視化

飽和湿潤状態からの乾燥過程での花崗岩石材供試体中の水の存在状態を、直交2方向から可視化することを目的として、中性子ラジオグラフィ試験を行った。試験は次の手順で行った。

- (1) 飽和湿潤状態での重量を測定する。
- (2) 中性子照射室内に試験体をセットする。
- (3) 中性子ラジオグラフィ画像を撮影する。
- (4) 試験体を90度回転させる。
- (5) 中性子ラジオグラフィ画像を撮影する。
- (6) 試験体を90度逆回転させる。
- (7) 上記(3)~(6)を、約10分間隔で、全12回繰り返す。
- (8) 放射化の低減を待って(約20分)、中性子照射室から試験体を回収する。
- (9) 速やかに試験体の重量を測定する。

試験2：同一供試体の2方向での吸水状態の可視化

同一供試体の2方向での2時間後の吸水状態を、2回の中性子ラジオグラフィ試験により可視化した。試験は次の手順で行った。

- (1) 乾燥状態での供試体の重量を測定し、アルミ製ホルダーに取り付ける。
- (2) 中性子ラジオグラフィ画像を撮影する(直交2方向)。
- (3) 供試体の下部に湿潤スポンジを挿入し、供試体底面から吸水させる。
- (4) 2時間後に、中性子ラジオグラフィ画像を撮影する(直交2方向)。
- (5) 中性子照射室から供試体を回収し、速やかに供試体の重量を測定する。
- (6) 供試体を室内に保管し、もとの乾燥重量に戻っていることを確認したのちに、吸水面を変えて、2回目の試験を類似の手順で行った。

3. 研究成果

試験 1：飽和湿潤状態からの乾燥過程の可視化

一辺 40mm の立方体形状の花崗岩石材を試験に用いた。試験前後（144 分後）での重量変化は 0.27g であり、この間に飽和吸水量の 57% が蒸発（乾燥）していた。

前年度（平成 19 年度）と同じく、3 分後と 125 分後での差分画像により、供試体内部での水の分布状態の変化の可視化を試みたが、可視化することはできなかった。その原因は、使用したターンテーブルの回転では、まさに同じ位置に戻ることができず、花崗岩石材供試体内部での不均質（石英・長石・雲母の混在）に起因した中性子透過率の変化量（ノイズ）が、乾燥による水分減少による中性子透過率の変化量（シグナル、 $< 0.02\%$ ポイント）より大きかったためであろう。

そのため、差分値の水平 10 点（供試体では 1mm 相当） \times 上下 10 点（供試体では 1mm 相当）の面平均を、水平 10 点・上下 10 点毎に算出することで、石材供試体内部での不均質に起因したノイズの低減を図った。このようにして求めた撮影 2 方向の解析処理像を、**図 1** に示す。

図 1 では、中性子透過率の変化を三段階で色分けして表わす。「青」 $<$ 「赤」 $<$ 「黄」の順に中性子透過率の変化量が多い。すなわち、この順に水分乾燥量が多い。直交 2 方向で、解析処理画像に違いが認められる。

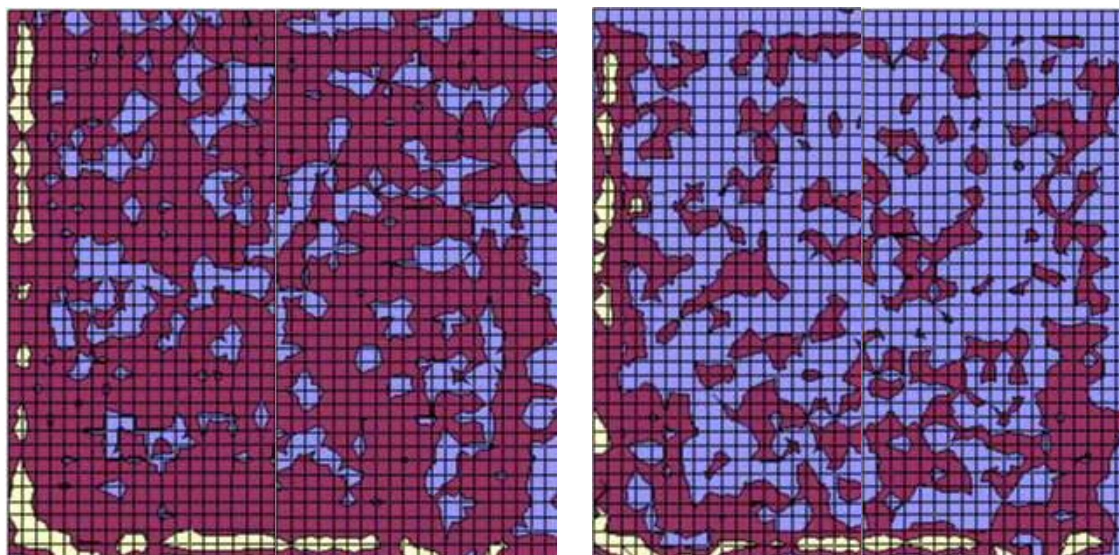


図 1 乾燥過程での中性子ラジオグラフィ試験結果（面平均解析処理像）

飽和湿潤状態から自然乾燥させ、3 分後と 125 分後の中性子透過率の差分値を、1mm 平方の面平均値を求めてグラフ化した。「青」 $<$ 「赤」 $<$ 「黄」の順に中性子透過率の変化量が多い。この順に水分乾燥量が多い。縦・横ともに 40mm を表示している。直交 2 方向（左図と右図）で、面平均解析処理像に違いが認められる。

試験 2：同一供試体の二方向での吸水状態の可視化

試験に用いた 4 種の花崗岩石材での、底面から吸水開始させた 120 分後での中性子透過率の変化量の上下方向ラインプロファイルを、**図 2** ~ **図 5** に示す。各ラインプロファイルの屈曲点が、120 分後の吸水フロントの高さを示す。花崗岩石材サンプルの形状は、いずれも、一辺 40mm の立方体形状であった。各図の横軸は、供試体の上下方向の位置で、左端が供試体の上端である。供試体底面側（グラフ右端の 351 以上）は、下部に挿入したスポンジのみ出しやスポンジに含ませた水での中性子散乱の影響があるので、作図していない。各図の縦軸は、中性子透過率の変化量の水平ライン上での平均値である。黒色と赤色のラインプロファイルは、それぞれ、1 回目と 2 回目の試験での 2 方向での結果を示す。吸水方向を変えた 2 つの試験で、120 分後の吸水フロントの高さに違いが認められる。

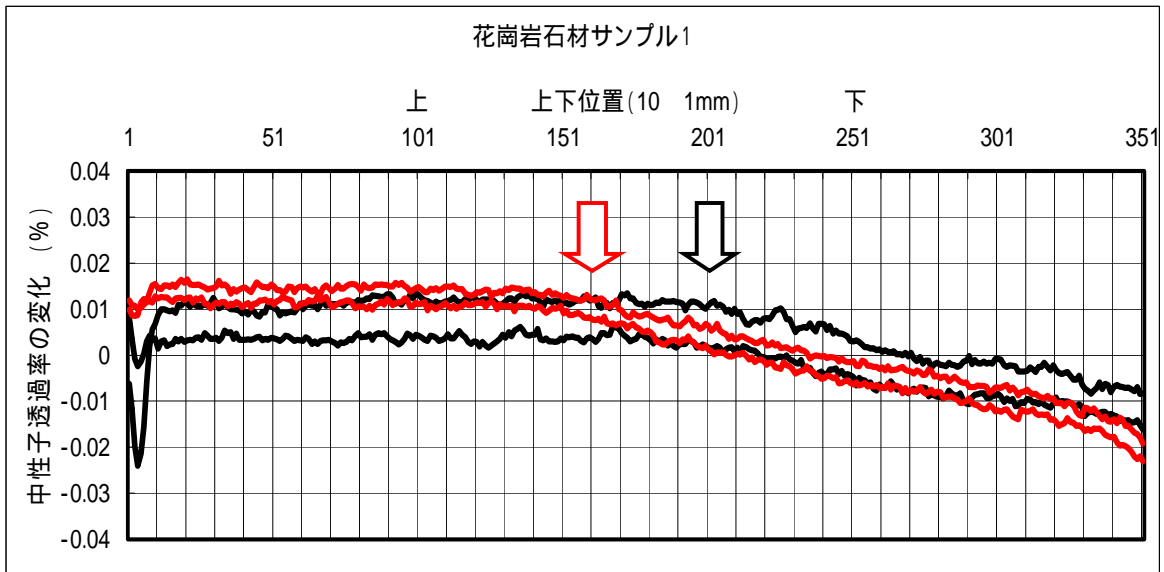


図2 花崗岩石材1での試験結果

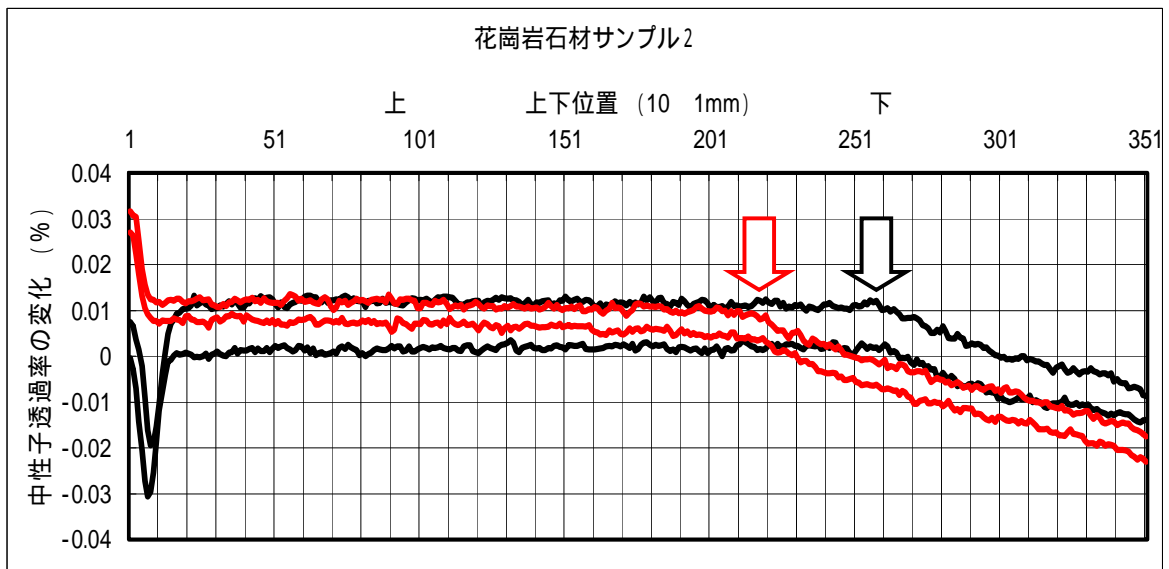


図3 花崗岩石材2での試験結果

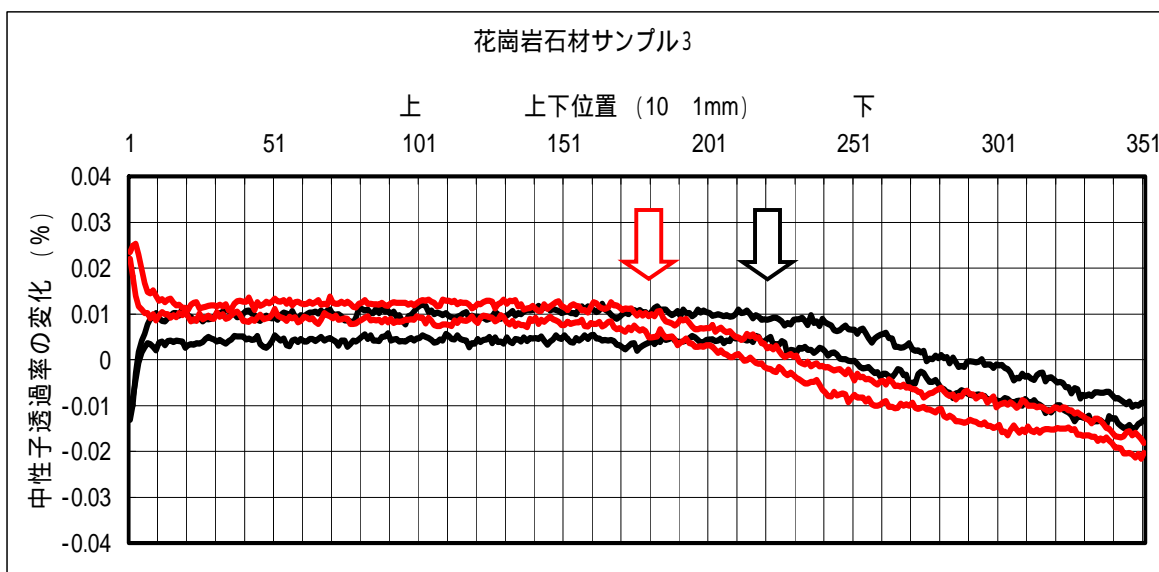


図4 花崗岩石材3での試験結果

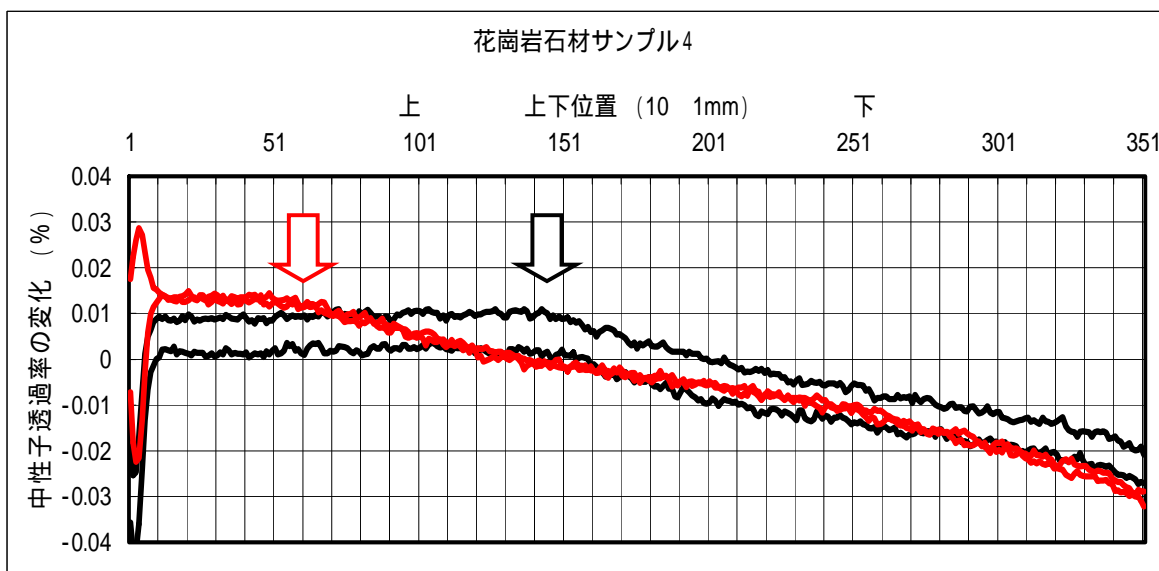


図5 花崗岩石材4での試験結果

4. 結論・考察

今回使用したターンテーブルの回転制御精度では、まさに同一箇所へ供試体を戻すことができず、花崗岩石材内部での不均質（石英・長石・雲母の混在）に起因した中性子透過率の変化がノイズとなり、水分変化に伴う中性子透過率の変化量（ $< 0.02\%$ ポイント）を差分では検出できなかった。

差分値の水平10点（供試体では1mm相当）×上下10点（供試体では1mm相当）の面平均を求める解析処理により、中性子透過率の変化量のS/N比を向上させ、水分変化を可視化することができた。

試験1 飽和湿潤状態からの乾燥過程の可視化では、直交2方向での解析処理画像に違いが認められた。試験2 同一供試体の2方向での吸水状態の可視化では、吸水方向を変えた2つの試験で、120分後の吸水フロントの高さに違いが認められた。これらの結果より、花崗岩石材の吸水特性に異方性があることが、判明した。

5. 引用(参照)文献等

なし