

乾燥破壊における粉体の記憶の実験

日本大学 理工学部 中原 明生、松尾 洋介

粉体と水を混ぜて混合液を作り、容器に入れて温湿度一定の条件で乾燥させると、その後発生する亀裂パターンは多くの場合「干上がった沼地によく見られるセルパターン」となる[1]。ところが、混合液を容器に入れてすぐの段階で容器を揺するなどの外力を加えた場合、ある状況下では混合液は揺すられたことを記憶しており、その後乾燥してできる亀裂パターンに「初期の外力」の影響を受けた模様が見られる[2]。

図1、図2はどちらも炭酸カルシウムと水の混合液（混合比は2：1）を入れた容器を揺すった場合であり、初期に揺すった方向は図中に示されている。図1と2より、揺すった方向と亀裂の向きは常に垂直であることが見てとれる。

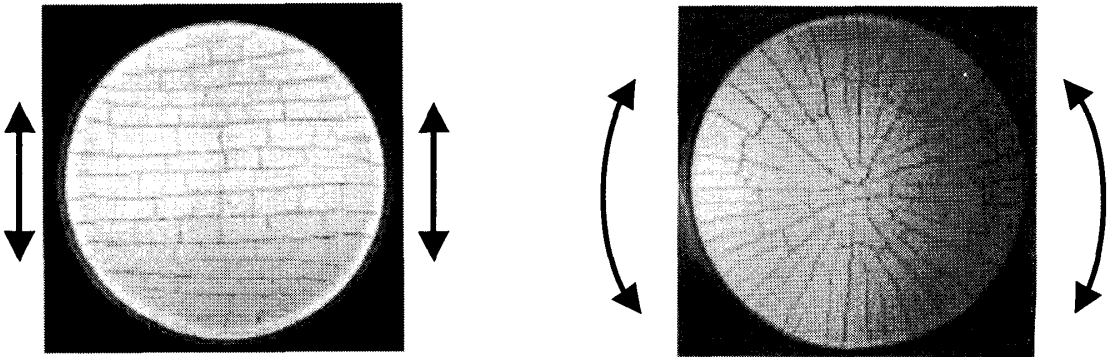


図1：横縞状の亀裂パターン

図2：放射状の亀裂パターン

粉体と水の混合液に初期外力が記憶されるメカニズムを調べるために、粉の量は一定にし水分の含有比のみを変化させた実験をおこなった。水が十分にあって流動性のすぐれた状態から水の含有比を減少させると、混合液はニュートン流体から非ニュートン粒体へと変化し、それによってもって混合液の流れは「粘性流動」から「降伏応力をともなった塑性流動」へと変化していく。表1のパラメーター値に従って水分含有比などを変化させた実験をおこなったので、その結果を図3で示す。

図3中の BOXの配置	水の含有比 (粉1に対し)	降伏応力 (流動の種類)	図3で得た 亀裂パターンの結果
左上	0.50	あり（塑性流動）	横縞
右上	0.66	あり（塑性流動）	横縞
右下	1.00	あり（塑性流動）	横縞
左下	2.00	0（粘性流動）	セル

表1：図3における実験パラメーターの一覧

図3の実験では混合液を入れた容器を初期に矢印のように振動させた。左下のBOXの結果より、混合液がニュートン流体の場合は、初期に外力を加えて揺すってもその後の亀裂パターンには影響がない等方的なセル・パターンになっていることがわかる。一方、その他のBOXのように混合液が有限な降伏応力を持ち塑性流動をする場合には、初期の外力が記憶されており、初期に揺すった方向とは垂直な方向に縞状亀裂が発生している。

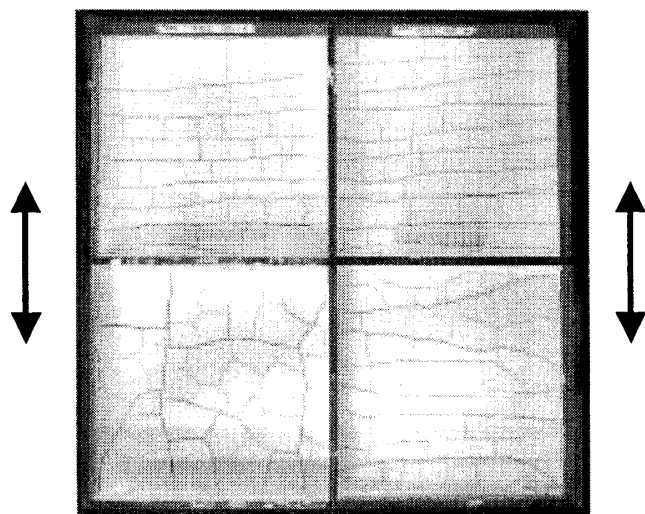


図3：水分含有比を変えたときの亀裂パターンの変化

初期外力が粉体ネットワークにどのように記憶されているのか調べるために、実体顕微鏡とSEM（走査型電子顕微鏡）によって亀裂後の破片の観察をおこなった。顕微鏡の観察結果では粉体の空間分布自体には異方的な縞状構造は見られなかったもので、記憶に関与しているのは粉体間内のネットワークの不均一性だと思われる。

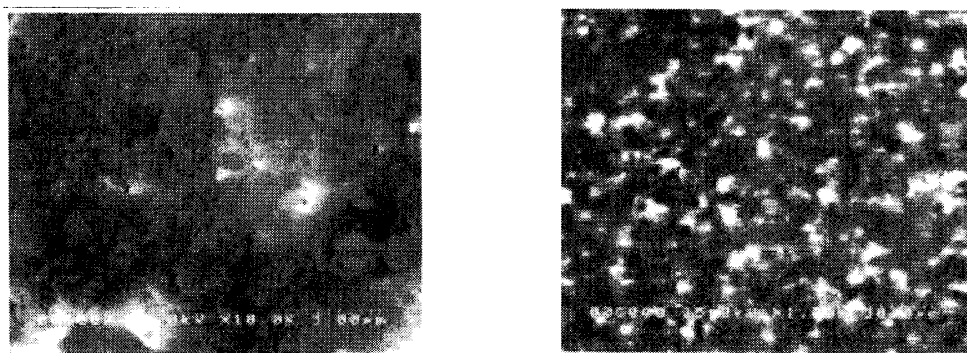


図4：電子顕微鏡による観察（画像の横幅は 左図 $12\mu\text{m}$ 、右図 $120\mu\text{m}$ ）

参考文献

- [1] G. Groisman and E. Kaplan, Europhys. Lett 25 (1994), 415.
- [2] 中原明生、松尾洋介、物性研究 74 (2000), 650.