

ペーストの記憶効果の2次元弾塑性モデル

(¹大阪大学, ²島根大学) 大槻 道夫¹, 森田 純平²

【はじめに】

水と粉を混ぜたペーストを薄い容器に入れて乾燥させる。通常は、表面にランダムな亀裂パターンが形成されるが、乾燥前に容器に振動による慣性力を加えるとペーストにその記憶が残り、加振の方向に対して垂直な縞状のパターンが形成されることがわかってきた⁽¹⁾。この記憶効果の理解のために、ペーストの塑性変形に着目した二つのモデルが提案されている。一つは線形弾性論に塑性を加えた準線形モデル⁽²⁾、もう一つは非線形弾性論に塑性を加えた非線形モデル⁽³⁾である。どちらのモデルも塑性変形由来の張力によって亀裂パターンに影響が出るのが予想されるが、そのパターンは準線形モデルでは非一様、非線形モデルでは一様といった違いが出る。実験では、周期的な加振の回数に応じて、どちらのパターンも発生することから⁽⁴⁾、記憶効果の理解には、両方の機構を内包したモデルの導入が必要となる。

【結果と考察】

この問題を解決するために、1次元に限定された非線形モデル⁽³⁾を、2次元的な塑性変形を扱えるよう拡張した。図1は2次元モデルで得られる残留応力分布を示している。左図は半周期だけ加振を加えた場合の残留応力場で、底付近では外力の方向によらず引っ張りの残留応力が発生する一方、上面で正負に分かれた非一様な場が形成されている。この非一様な残留応力場の影響で、準線形モデルと同様の非一様な亀裂パターンの形成が予想される。一方、右図は2周期の加振を加えた後の残留応力を示しており、右図と比較して上面の非一様性が減少しているため、亀裂パターンも一様になると予想される。これは実験⁽⁴⁾と整合的である。

【参考文献】

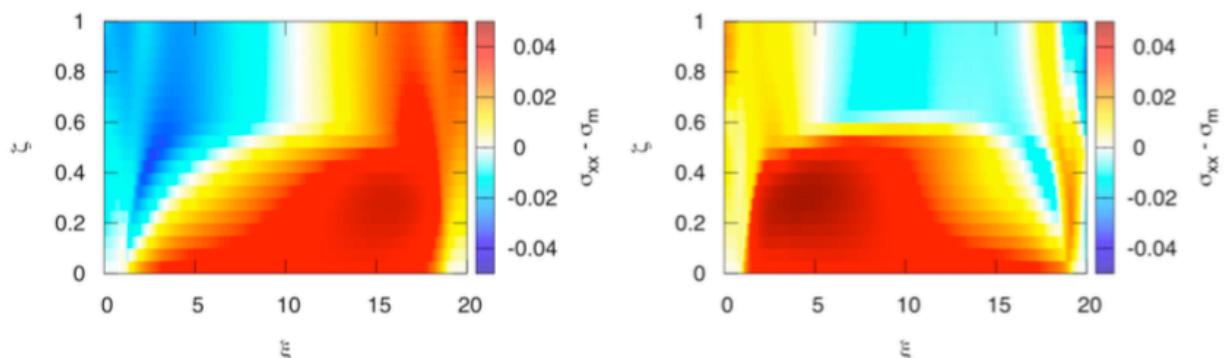


図1：半周期の加振後の残留応力（左）。2周期の加振後の残留応力（右）。

(1) 中原 明生, 松尾 洋介, 大信田 文志, 日本物理学会誌 70 (2015), pp.179-187.

(2) M. Otsuki, Phys. Rev. E 72, 046115 (2005).

(3) T. Ooshida, Phys. Rev. E 77, 061501 (2008).

(4) A. Nakahara, T. Hiraoka, R. Hayashi, Y. Matsuo and S. Kitsunozaki, Phil. Trans. R. Soc. A 377, 20170395 (2019)