

含水粘土層への衝突クレーター形成実験

田澤 拓¹, 荒川政彦¹

¹神戸大学大学院理学研究科

はじめに

iSALE を用いた実スケールの衝突クレーターの形成に関する数値シミュレーションにより、中央丘クレーターのような複雑クレーターは、天体の地殻を構成する物質が、衝突時に発生する高い応力により剪断強度を失うことで形成されることが示された。そのような強度が弱化した領域は、ビンガム流体のようなレオロジーをもつと予想されている。

iSALE によって、これまで破碎した地殻をビンガム流体として仮定した数値計算が数多く行われており、複雑クレーターの形成過程が研究されてきた。一方、これらのシミュレーションを室内実験と比較する研究はほとんどされていない。そこで本研究ではビンガム流体を模擬した物質で衝突実験を行い、複雑クレーターが形成される条件を明らかにする。

実験方法

衝突実験は、神戸大学に設置された縦型一段式軽ガス銃を用いた。標的試料は粘土鉱物の一種であるベントナイト粉末に水を混合した粘土を用い、粘性率は回転粘度計により計測した。また、粘土の粘弾性性質(レオロジー)を変化させるため、混合する水の質量パーセントを変化させた。弾丸にはスチレン棒(高さ、直径：~1 cm, 質量：~0.053 g, 密度：~0.07 g/cm³)を使用し、衝突速度は 128~279 m/s の範囲で変化させた。実験は粘土中の水の凍結を防ぐために大気圧下で行い、実験後、クレーターの形状をレーザー変位計により計測した。また、クレーターの形状緩和の有無を調べるため、斜め上から高速カメラによる撮影を行い、クレーター深さの時間変化を確認した。

結果

ベントナイト粉末と水の混合試料の歪速度-応力の関係を Fig. 1,2 に示す。混合した水の量が多いほど、一定歪速度で変化させるのに必要な応力が減少した。また、水を混ぜた直後と 30 分静置させた試料とでは、必要な応力に変化が見られた。一方、どちらの試料もビンガム流体のような振る舞いを見せた。

今回、衝突実験に用いた試料は最も必要応力が小さい含水率 80 wt.% の試料である。衝突速度を変化させたときのクレーター形状の変化を Fig. 3 に示す。この速度範囲では中央丘クレーターのような複雑クレーターは形成されなかった。高速カメラの映像を見ると、トランジェントクレーターが形成された後、クレーター底の緩和が見られたが、その程度

は小さく、中央丘や平底のような複雑クレーターにはならなかった。一方、衝突速度 128~265 m/s では衝突速度の上昇にともない、徐々にクレーター直径、深さとも大きくなっていったが、衝突速度 279 m/s では突然クレーター直径、深さが大きくなった。この影響は不明であるが、試料容器の影響かもしれない。

今後の展望

神戸大学に設置された一段式軽ガス銃で可能な衝突速度の範囲では、含水率 80 wt.% の試料に対して複雑クレーターを形成することができない。そのため、まずは必要応力をさらに下げた試料に対する衝突実験を行いたい。

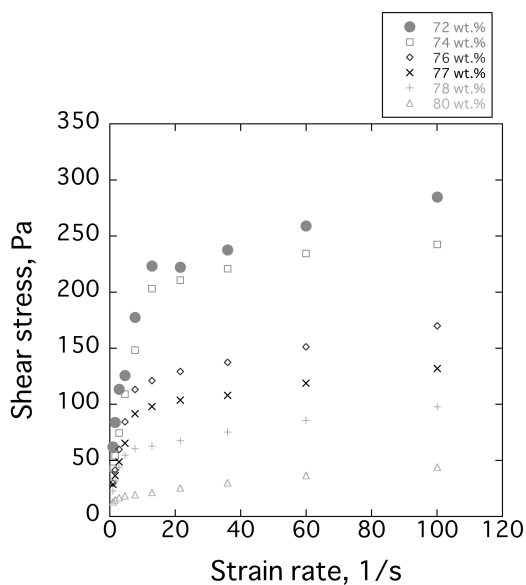


Fig. 1 試料の歪速度と剪断応力の関係
(混ぜた直後)

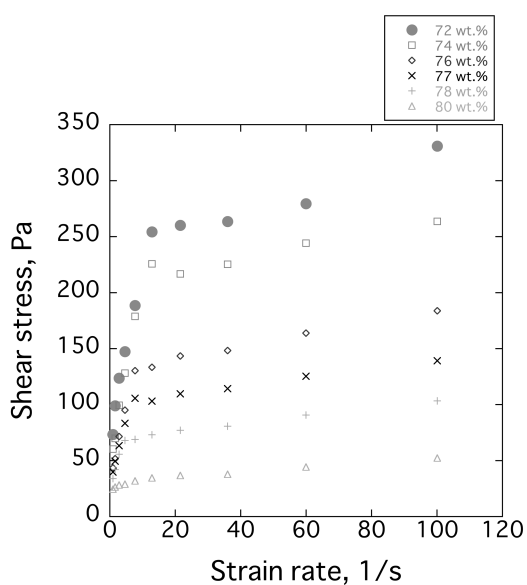


Fig. 2 試料の歪速度と剪断応力の関係
(混ぜた 30 分後)

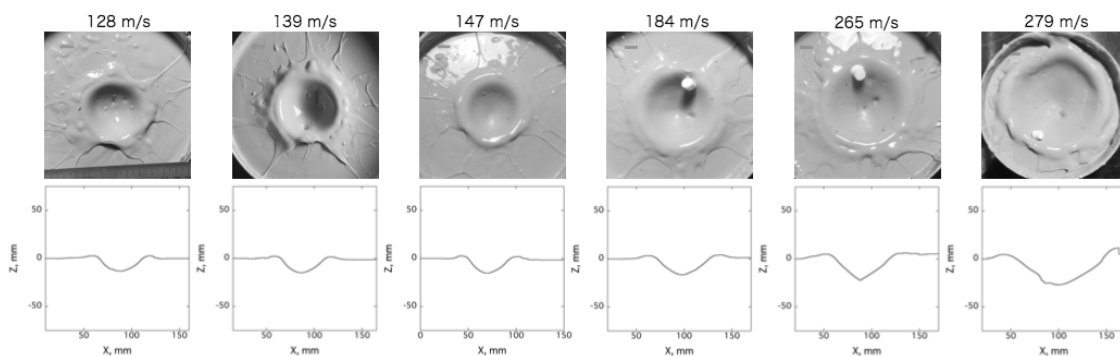


Fig. 3 形成された衝突クレーターの写真およびプロフィール

写真左上の線は 1 cm のスケールを示す