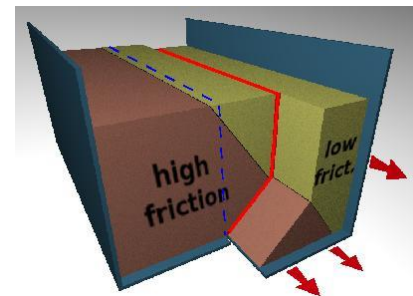


Válaszok Dr. Kun Ferenc kérdéseire

Szeretném megköszönni Dr. Kun Ferenc professzor úrnak a dolgozatom gondos átolvasását, támogató és elismerő bírálói véleményét és elgondolkodtató kérdéseit. A feltett kérdésekre a válaszaim a következők.

1. Méréseivel nagyon szépen igazolta, hogy eltérő súrlódási együtthatójú komponensekből álló, rétegzett szemcsés rendszer deformációjakor a kialakuló nyírási zóna megtörik. A mérések és az elméleti számolások egyezése azt mutatja, hogy ez egy robusztus viselkedés rétegzett rendszereknek. Megfigyelhető-e a nyírási zóna megtörése a természetben például réteges szerkezetű talajban, vagy ott a szemcsék közötti kohézív kölcsönhatás ezt meggátolja?

Válasz: Geológiai vonatkozású publikációkban sok helyen előkerül, hogy egy heterogén szerkezetben az inhomogenitások a plasztikus deformációt elősegítő, vagy pedig akadályozó részekként jelennek meg. A természetben általában egyszerre többféle inhomogenitás van jelen, pl. ilyen lehet a kérdésben felvetett kohézív erők megjelenése is. Már csak emiatt is általában az figyelhető meg, hogy a deformációs zónák alakja igen komplex, a dolgozatomban bemutatott alapjelenség tudomásom szerint nehezen figyelhető meg. Ezen felül azonban ahhoz, hogy a zónatörés az általam bemutatott módon látványosan korreláljon a rétegek súrlódásával, nemcsak az szükséges, hogy a réteges szerkezet mellett másféle inhomogenitások ne legyenek jelen, hanem az is, hogy a folyás iránya párhuzamos legyen a rétegekkel. Ez egy igen speciális geometriai konfigurációt jelent.

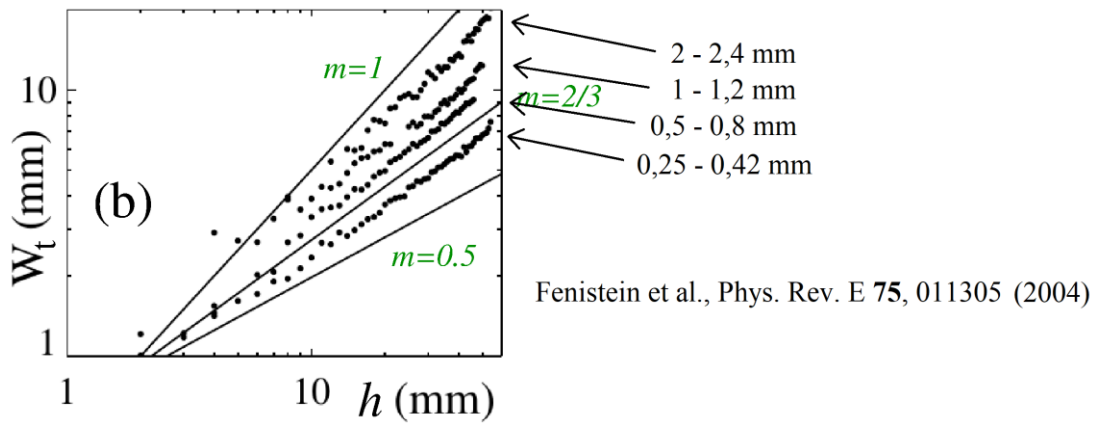


2. Kísérleteiben több különböző anyagból készült szemcséket használt, közöttük száraz magvakat is. Maximálisan mekkora erők léphetnek fel a szemcsék kontaktusainál? Előfordulhat-e, hogy egy szemcse maradandó alakváltozást szenved, illetve a magvak olaj tartalma miatt, nagyobb deformáció esetén létrejöhet-e tapadás a szemcsék között?

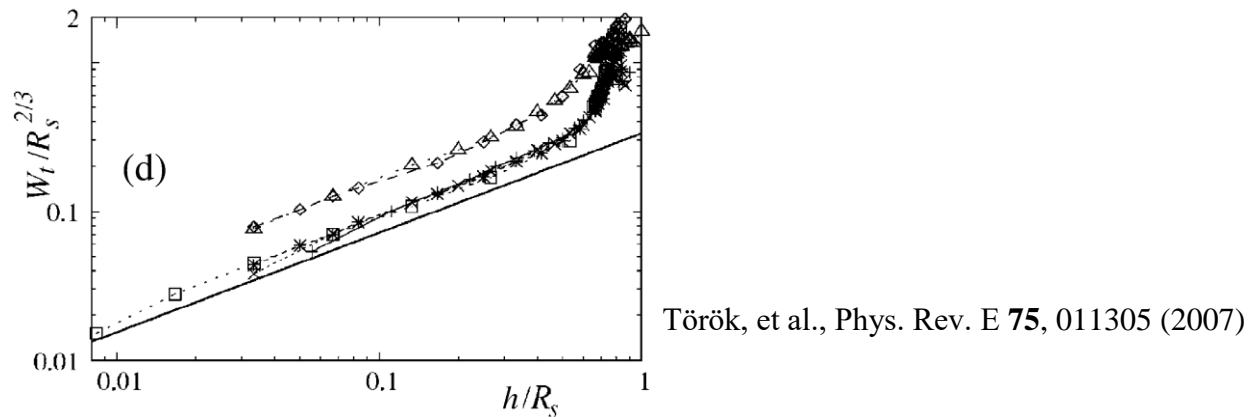
Válasz: A kísérleti elrendezés megengedte, hogy az anyag nyírás hatására fölfelé tágulhasson, így a minta belsejében olyan nagy nyomóerők, amik észrevehető alakváltozást okozhattak volna, nem alakultak ki. A mintákat többször is felhasználtuk, nem vettünk észre lényeges változást, ill. tapadást sem.

3. A 2.8(b) ábrán nem világos, hogy mi az ábrázolt 4 adathalmaz paramétere, miben térnek el az egyes adathalmazok? Mennyi az illesztett exponens értéke a 2.8(d) ábrán?

Válasz: A 2.8(b) ábrán látható 4 adatsor különböző méretű golyókból álló mintákkal készült, a mérettartományok rendre:



A 2.8(d) ábrán látható folytonos vonal $2/3$ -os exponensnek felel meg. A szerzők az adatsorokkal kapcsolatban azt jegyzik meg, hogy az exponens a $2/3$ -os értékhez közel esik, de azt számszerűen nem adják meg.

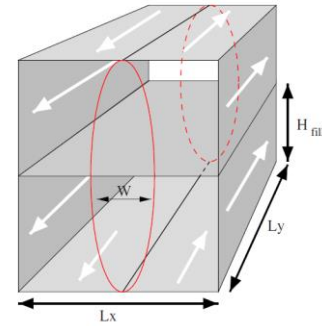
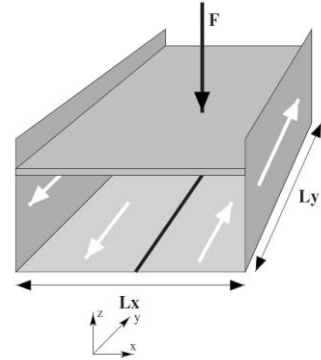


4. Van valamilyen kvalitatív magyarázat arra, hogy a stacionárius nyírási zóna szélessége a mintán belül egy negyedkörrel jól közelíthető? (A 2.10 ábra aláírása félkört említ.)

Válasz: Olyan elméletről, amiből tisztán kijön a negyedkör forma, nem tudok. Az adatsor egy numerikus munka [Ries et al. Phys. Rev. E **76**, 051301 (2007)] eredménye. A publikációban a szerzők bizonyos aspektusokra rávilágítanak.

Először is az, hogy a görbe a felszínre merőlegesen érkezik, szimmetriai okokkal magyarázható. A modellrendszerben gravitációs erő nincs, a felszínen konstans nyomóerőt alkalmaztak (egy súrlódásmentes felülettel).

Ez azt jelenti, hogy a rendszer felfogható a tükörképével kiegészített dupla rendszer felének, a határon nyíró erők nélkül. Ebben pedig a görbének merőlegesen kell érkeznie a képzeletbeli felszínre. Másodsor, a rendszer alján a zóna kiszélesedése négyzetgyök függvény szerint indul, de ez nem magyarázat, hanem csak egy észrevétel. A dolgozatomban az ábraaláírásban szereplő “félkör” egy elírás, természetesen negyedkörről van szó.



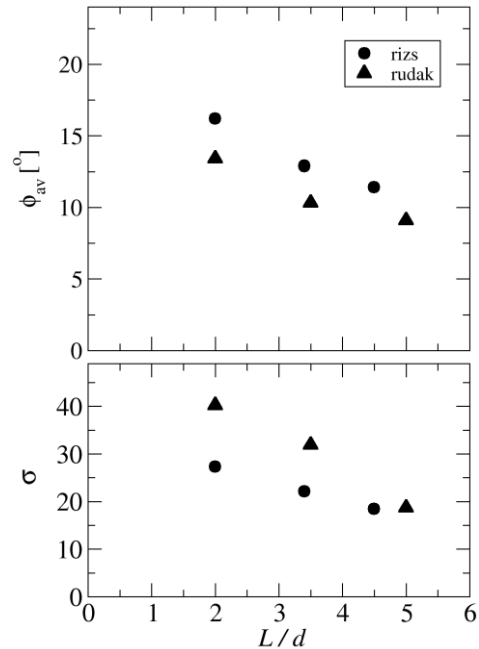
5. A többkomponensű rendszerekben a nyírási zóna megtörésének vizsgálatokor bizonyos feltételek mellett a zóna felhasad. Említi, hogy ez a felhasadás megfigyelhető a 4.19(c) ábrán, de ez nem igazán látszik. A színekód segítségével hogyan kellene észrevenni itt a felhasadást?

Válasz: Valóban, a zóna két részre szakadása a kísérleti eredményt bemutató 4.19(c) ábrán nem annyira látványos, mint a 4.19(i) ábrán, amelyen a hasonló paraméterekkel kapott numerikus eredmény látható, vagy pedig a másik geometriában kapott kísérleti és numerikus eredményeknél, amelyeket a 4.16 ábrán láthatunk. A numerikus szimulációkban pontosan el lehet találni azt a konfigurációt, amikor a felhasadás két egyforma erősségű zónát eredményez. Ez a 4.16 és a 4.19 ábrán is látható. A kísérletekben ezt nem sikerült ilyen pontosan eltalálni. Már a 4.16(b) ábrán is látszik egy kis különbség a két ág erőssége között, a 4.19(c) ábrán látható kísérletben pedig a deformáció döntő része az egyik ágra koncentrálódik. A második (jóval gyengébb) ág megjelenésére a kiszélesedett kék tartomány utal. Ilyen a 4.19 ábra többi kísérleti paneljén nem látható.

6. Az 5.2(a) és 5.2(b) ábrákon az elnyújtott alakú szemcsék orientációs szögének $p(\phi)$ eloszlása látható a nyírási zónában az L/d alakparaméter több értékénél. Az ábrák nagyon szépen bemutatják, hogy az L/d elnyúltság növekedésével a Gauss eloszlások egyre keskenyebbek lesznek, amit a dolgozat szövegében is említ. A későbbiekben részletesen bemutatja, hogy az orientációs szög átlaga hogyan függ L/d -től. Vizsgálta-e, hogy a ϕ orientációs szög szórása milyen alakú függvénye L/d -nek?

Válasz: A ϕ orientációs szög szórása a nyírás indukálta rendezettség erősségéről ad információt. A rendezettség mérésére egy másik mennyiséget, a rendparamétert használtam, mivel ez egyszerűvé tette a folyadékkristályos rendszerekkel történő összehasonlítást (lásd 5.6 ábra).

A kérdés kapcsán kiszámoltam az 5.2(a) és 5.2(b) ábrákon látható eloszlásokat jellemző σ szórást. Az itt látható ábrán ezt ábrázoltam az átlagos orientációs szöggel (ϕ_{av}) együtt a részecskék elnyújtottsága (L/d) függvényében. Látható, hogy az elnyújtottság növelésével egyre kisebb a szórás, ill. hogy hasonló elnyújtottság mellett, a kevésbé sarkos rizs szemcsék rendeződését kisebb szórás jellemzi, mint a lapos végű rudakét. Ez összhangban van a dolgozatban ábrázolt rendparaméter értékekkel (5.4(d) ábra): nagyobb elnyújtottsághoz nagyobb rendparaméter tartozik, ill. hasonló elnyújtottságú rizs és rudak esetén a rizst jellemzi nagyobb rendezettség.



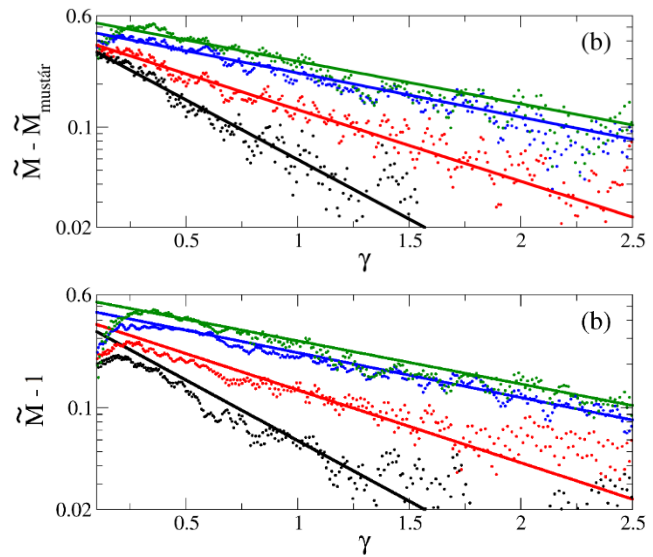
7. Az 5.7(b) ábrán bemutatott elemzéshez a stacionárius értékükkel normált forgatónyomaték görbékből levonta a gömbalakú szemcsékkel rendelkező mustármagra kapott, hasonlóan normált görbét. Nem lehetett volna-e ezt az elemzést elvégezni egyszerűen úgy, hogy a stacionárius értékükkel normált forgatónyomaték görbékből levonja az 1 értéket? Az 5.7(b) ábra azt bizonyítja, hogy a γ deformáció növelésével a forgatónyomaték stacionárius értéktől mért eltérése a γ exponenciális függvényeként tart nullához. Ez a viselkedés a fenti módon is kimutatható és talán a pontok szórása az egyenesek körül, azaz az illesztések hibája kisebb lehetne. Ennél a pontnál érdemes lett volna az elemzés paramétereit egy formulával megvilágítani.

Válasz: A mérési adatokat a következő formulával illesztettük (felső ábra):

$$\tilde{M} - \tilde{M}_{\text{mustár}} = (\tilde{M}_{\text{max}} - 1)e^{-\gamma/\gamma_{\text{trans}}}$$

Természetesen el lehetett volna tekinteni a mustármagokra kapott adatok levonásától.

A bíráló által javasolt módon kapott adatsorokat az alsó ábrán láthatjuk. Ennek az ábrázolásnak valóban előnye, hogy kisebb az adatok szórása. Hátránya viszont, hogy a kezdeti tranzienst nem orientációs effektusokból származó járulékaik így jobban befolyásolják az adatsor alakját. (Összehasonlításképpen: az egyenesek a felső ábrával megegyezők).



8. A másodlagos konvekció elemzésénél az 5.11 ábrán bemutatja a nyírásnak kitett szemcsés anyag felületének maximális, minimális, és átlagos értékét a deformáció függvényeként. Itt minden mennyiséget a kezdeti töltési magassághoz viszonyít? Ez az oka annak, hogy a minimális magasság negatív?

Válasz: Igen, az ábrázolt mennyiségek a kezdeti töltési magassághoz vannak viszonyítva. Ez okozza, hogy a minimális magasság negatív.

9. A 6.2 ábra egy kvázi-kétdimenziós tartályból kifolyó szemcsés anyag áramlási terének elemzését mutatja be. Az illesztéshez használt (6.1) függvény paramétereit a 6.2(b) és (c) ábrák illusztrálják a magasság függvényeként az elnyúltsági paraméter több értékénél. Látható, hogy mind a mozgó tartomány szélessége, mind a profil alakját jellemző exponens értéke nagy magasságokban konstanshoz tartanak. Meghatározta-e, hogy ezek az aszimptotikus paraméter értékek hogyan függenek a kifolyónyílás kiterjedésétől rögzített nyílásszög és szemcsealak esetén?

Válasz: Nem, erre vonatkozóan szisztematikus vizsgálat sajnos nem készült.

10. A 6.3(f) ábrán erősen elnyújtott szemcsealak esetén erős sebesség fluktuációkat tapasztal. Ha rögzített L/d szemcsealak mellett megnöveli a kifolyónyílás méretét, le lehetne-e csökkenteni a fluktuációkat, tudna-e a 6.3(e)-hez hasonló profilokat kapni?

Válasz: Igen, a kifolyónyílás méretének növelésével egyértelműen csökkennek a fluktuációk. Az $L/d=6$ elnyújtottságú mintával azonban nem végeztem szisztematikus méréseket a kifolyónyílás méretének növelésével, így nincs adatsorom arra vonatkozóan, hogy a 6.3(f) ábra hogyan nézne ki lényegesen nagyobb kifolyónyílás mellett.

Budapest, 2020.08.12.

Börzsönyi Tamás