

Als zand in een zandloper

Als we een strandwandeling maken, lopen we zonder moeite over het zand. Het zand lijkt een vaste stof en is moeilijk samen te persen. Zodra we dezelfde zandkorrels echter in een zandloper stoppen, gedragen ze zich heel anders: het zand stroomt als een vloeistof. Granulaire materialen zoals zand hebben allerlei interessante eigenschappen. In granulaire materialen die in het laboratorium zijn gemaakt, hebben wetenschappers de 'vloeibare' eigenschappen kunnen manipuleren, maar de 'vaste' eigenschappen bleken veel robuuster. Onderzoekers zijn er nu in geslaagd om nieuwe granulaire materialen te ontwerpen die makkelijk samengeperst kunnen worden - een resultaat dat grote mogelijkheden biedt voor toepassingen zoals het dempen van schokken.



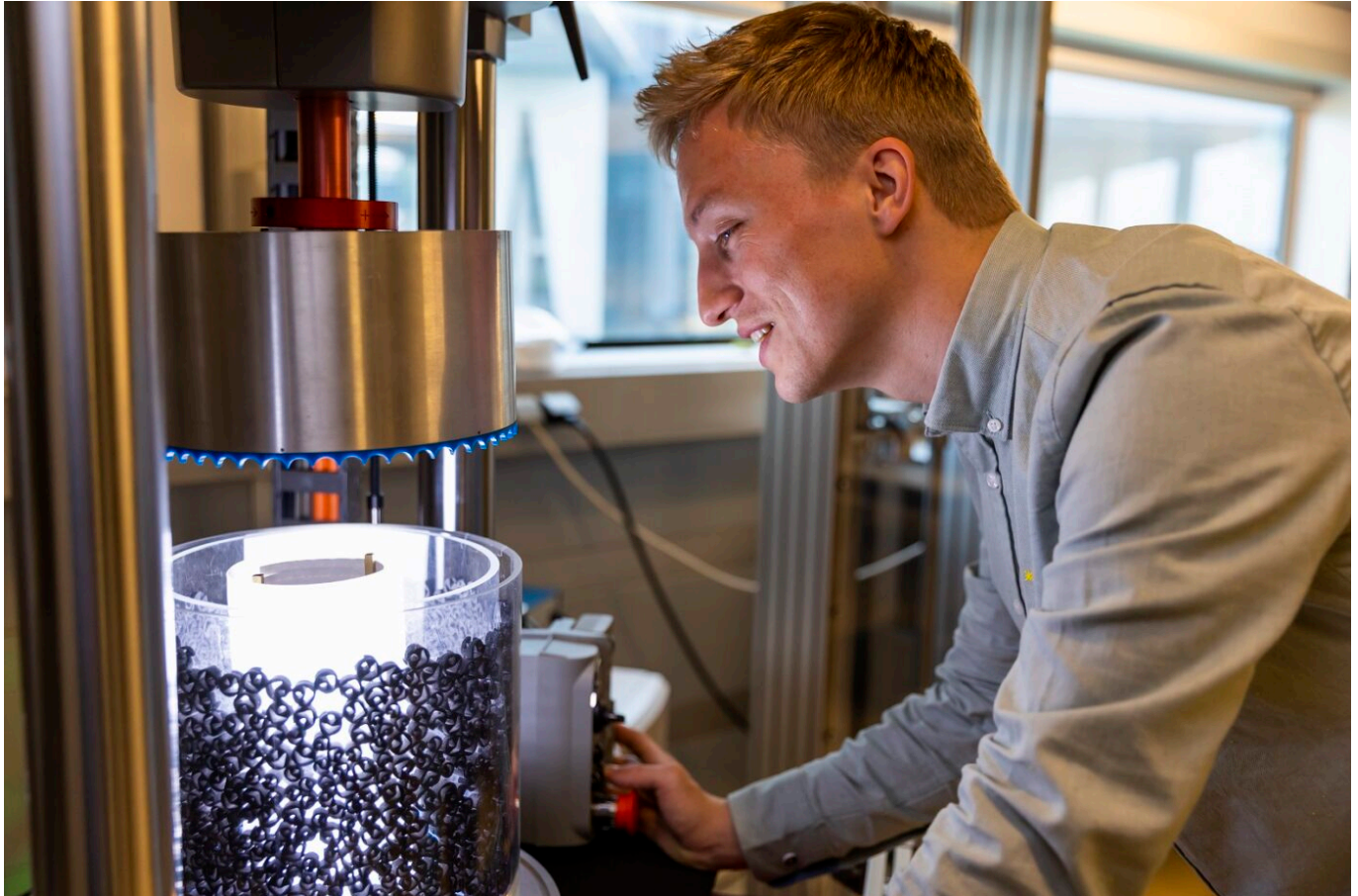
Afbeelding 1. Tetrapods. Tetrapods langs de kust van het eiland Ikei. Foto: [Nelo Hotsuma](#) (CC BY 2.0 DEED)

Je vindt ze overal langs de Japanse kust: tetrapods, enorme vierarmige blokken beton die erosie van de kuststructuren voorkomen. Samen vormen deze tetrapods een *granulair metamateriaal*: een granulaire materiaal zoals zand, maar ontworpen en gemaakt door mensen. Er is een goede reden waarom tetrapods hun bijzondere vorm hebben. De uitgestrekte armen maken het moeilijk voor een stapel van dergelijke blokken om te stromen. In tegenstelling tot gewone rotsblokken blijven de tetrapods op hun plaats, en doen daarom wat ze moeten doen: voorkomen dat de kustlijn verandert.

Eenvoudig samendrukken, eenvoudig stromen

Het voorbeeld van tetrapods laat zien dat het betrekkelijk eenvoudig is om een granulaire systeem te maken dat vrijwel niet samendrukbaar is en veel slechter stroomt dan zand. Aan het andere uiteinde van het spectrum is het heel moeilijk gebleken om een materiaal te

maken dat gemakkelijk samendrukbaar is en beter stroomt dan zand. Dankzij het werk van de onderzoekers uit Amsterdam en Santiago, deze week gepubliceerd in de Proceedings of the National Academy of Sciences, is in die situatie nu verandering gekomen – en dat biedt interessante nieuwe mogelijkheden.



Afbeelding 2. Een metamateriaal in het lab. Daan Haver aan het werk aan een monster van een van de nieuwe metamaterialen. Foto: Liesbeth Dingemans.

Daan Haver, eerste auteur van de publicatie, legt uit: “In het vakgebied van de metamaterialen ontwerpen we de meetkundige structuur van een materiaal zodanig dat het materiaal reageert zoals we willen. Je verwacht normaal bijvoorbeeld dat een elastiekje dunner wordt als je het uitrekt. In eerder werk hebben onderzoekers laten zien hoe je materialen kunt maken die dunner worden als je ze samenperst in plaats van uitrekt – puur als gevolg van de meetkundige structuur van het materiaal. Dit voorbeeld laat zien dat we de eigenschappen van een materiaal kunnen regelen. We vroegen ons of we dat idee ook zouden kunnen toepassen om de eigenschappen van granulaire materialen te beïnvloeden.”

In het laboratorium maakten de onderzoekers korrels die onder externe druk in de radiële

richting krimpen. Dat betekent dat, als je een stapeling van zulke korrels samendrukt, de hoeveelheid vrije ruimte tussen de korrels grofweg hetzelfde blijft, met als gevolg dat de stroomeigenschappen van de korrels vergelijkbaar blijven met die van een vloeistof. Haver: “De krachten binnen het materiaal blijven klein. De stapeling is daardoor niet alleen goed samendrukbaar, maar stroomt ook veel beter. We stopten de korrels in een trechter. Normaal gesproken vormen de korrels dan een boog die het stromen verhindert. Zodra deze korrels echter krimpen ten opzichte van de trechtermond gaan ze uiteindelijk stromen. Er werd altijd gedacht dat granulaire materialen moeilijk samendrukbaar moesten zijn en dat het aanpassen van de korrels de stroomeigenschappen zouden doen afnemen. Met onze nieuwe korrels slaan we een heel nieuwe weg in, waar we heel andere stapelingen kunnen maken die eenvoudig samendrukbaar zijn en toch gemakkelijk stromen.”



Afbeelding 3. Een nieuw materiaal. Links: een van de instrumenten waarmee de nieuwe korrels werden onderzocht. Rechts: close-up van de korrels. Foto's: Haver et al.

Schokken opvangen

De nieuwe resultaten bieden grote mogelijkheden voor het opvangen van schokken. De onderzoekers lieten zien dat een metalen schijf die ze in een stapeling van de nieuwe korrels lieten vallen, langzamer afremt en uiteindelijk nauwelijks terugstuitert. De bewegingsenergie van de schijf wordt consistent en gelijkmatig over de stapeling verdeeld. Haver: “Stel je voor dat de metalen schijf een schaatser voorstelt die valt tijdens een wedstrijd. De klap die de schaatser te verwerken krijgt bij een botsing met de kussens langs de baan, zal veel kleiner zijn met deze nieuwe korrels in die kussens. Een bonus is dat de schaatser ook niet terug de baan op stuitert, wat de situatie voor iedereen veiliger maakt.”

Publicatie

[Elasticity and rheology of auxetic granular metamaterials](#), Daan Haver, Daniel Acuña, Shahram Janbaz, Edan Lerner, Gustavo Düring en Corentin Coulais, PNAS 2024, 121 (14) e2317915121.

Video. Gemakkelijker stromen. Video bij het onderzoek die toont hoe de nieuwe korrels gemakkelijker stromen. Meer videomateriaal is te vinden in [deze YouTube-playlist](#).