**Filtration in Granular Materials with Non-Spherical Particle Shapes**

**Abstract:**

Hydraulic structures are vulnerable to erosion, particularly from seepage flows, which pose a threat to the preservation of the initial properties of the granular materials they were built with. Granular filters, commonly used as protective layers, play a critical role in controlling or preventing the washout of fine material out of the structure.

Although factors such as grading, porosity, and particle shape influence their filtration properties, the significance of particle shape and its inherent anisotropy have not been sufficiently explored. This knowledge gap results in granular filter design criteria that underestimate the role of particle shape.

This study extensively investigated the impact of particle shape and seepage direction on filtration mechanisms within granular filters made of particles with rounded and anisotropic shapes. Using the discrete element method (DEM), directional filtration tests were conducted both vertically (aligned with the direction of gravity) and horizontally (perpendicular to the direction of gravity) on numerical samples with diverse particle shapes. A novel numerical filtration model was specifically designed for this purpose, capable of conducting filtration tests within samples consisting of non-spherical particles without the need for fluid-solid coupling and with an affordable computation time. These tests revealed direct insights into how particle shape and its intrinsic anisotropy affect retention capability. Subsequently, a comprehensive analysis of the pore space within the samples was performed using a pore extraction algorithm that effectively identified the pore structures and constrictions within the numerical samples. The obtained results provide quantitative insights that explain the observations from the filtration tests.

Ultimately, this research offers valuable insights that provide the basis for enhancing existing design criteria for granular filters, with a particular emphasis on constraint-based criteria.

**Key words:** Particle shape - granular filters - DEM - void space extraction - pore - constriction - Directional filtration - controlling constriction size

**Filtration dans les matériaux granulaires avec des formes de particules non sphériques**

**Résumé:**

Les ouvrages hydrauliques sont particulièrement vulnérables à l’érosion interne, rendue possible par des écoulements parasites, menaçant leur intégrité. Aussi des filtres composés de matériaux granulaires, sont-ils classiquement utilisés comme couches protectrices, permettant de prévenir ou de contrôler cet aléa.

Si des paramètres tels que la granulométrie, la porosité et la forme des particules sont réputés influencer les propriétés de filtration de ces filtres, le rôle joué par la forme des particules dans ces propriétés n'ont pas encore pleinement retenu l'attention de la communauté scientifique. Ce manque de connaissances se traduit par des critères de conception de filtres granulaires qui ne tient pas compte de la possible influence de la forme des particules.

Cette étude a eu pour but d'approfondir la connaissance autour de l'impact de la forme des particules et de la direction d'infiltration sur les mécanismes de filtration, au sein de filtres granulaires constitués de particules de formes arrondies et anisotropes. À l’aide de la méthode des éléments discrets (DEM), des tests de filtration multi-directionnelle ont été effectués à la fois verticalement (dans le sens de la gravité) et horizontalement sur des échantillons numériques présentant diverses formes de particules. Un nouveau modèle de filtration numérique a été spécialement conçu à cet effet, capable de réaliser des tests de filtration au sein d'échantillons constitués de particules non sphériques sans nécessiter de couplage fluide-solide et avec un temps de calcul abordable. Ces tests ont révélé des informations directes sur la façon dont la forme des particules et l'anisotropie inhérente des échantillons affectent la capacité de rétention. Par la suite, une analyse complète de l’espace poral pour ces échantillons a été réalisée à l’aide d’un algorithme d’extraction de pores qui a identifié efficacement les structures et les constrictions des pores. Les résultats obtenus fournissent des informations quantitatives qui expliquent les observations des tests de filtration.

En fin de compte, cette recherche offre des informations importantes nécessaires à l'amélioration des critères de filtre fondés sur l'exclusion géométrique.

**Mots clés:** Forme des particules - filtres granulaires - DEM - extraction de l'espace vide - pore - constriction - Filtration directionnelle - diamètre d'ouverture de contrôle