Ivan Košč

Vybrané metódy skúmania štrukturálnych, fyzikálnych a mechanických parametrov zrnitých médií aplikovaných na modelovanie výsypiek hornín[1]

Informácia na základe vedeckej spolupráce s Kuzbaskou štátnou technickou univerzitou (Ruská federácia) v oblasti moderného výskumu materiálových vlastností, matematického modelovania a simulácie.

On some methods of researching the structural, physical and mechanical parameters of granular media as applied to the modeling of rock dumps[2]

Vyacheslav Gogolin[1], Yury Lesin[2], and Ivan Košč[3]

[1]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Department of Mathematics, 650000 Kemerovo, 28 Vesennya St., Russian Federation
[2]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Department of Surveying and Geology, 650000 Kemerovo, 28 Vesennya St., Russian Federation
[3]Academy of the Police Force in Bratislava, Department of European Integrated Management of Borders, 835 17 Bratislava, 1 Sklabinska St., Slovakia

Anotácia: Tento článok sa zaoberá popisom problematiky fyzikálnych vlastností a bezpečnosti umelých členitých skalných masívov (výplňové masívy a zoskupenia zosunutých hornín a odvalov) vznikajúcich pri banskej činnosti, ktoré sú do značnej miery určené geometriou štruktúry pórového priestoru a minerálnou fázou, t. j. veľkosťou častíc, tvarom a metódou zhlukovania. V tomto prípade majú podmienky vzájomného usporiadania častíc (vzdialenosti medzi stredmi častíc, orientácia, počet kontaktov, uhly medzi segmentmi spájajúcimi stredy častíc atď.) rozhodujúci vplyv na makroskopické charakteristiky horninového masívu (špecifický povrch, objemová hmotnosť, nosnosť atď.) a na správanie sa takýchto médií pri aplikovaných pnutiach (aplikovanom zaťažení). Článok poskytuje prehľad metód modelovania na určenie štruktúrnych, fyzikálnych a mechanických parametrov zrnitých médií.

Kľúčové slová: zrnité materiály, štruktúrne vlastnosti, matematické simulácie, modelovanie

Súčasný stav problematiky

Prístup, v ktorom je diskrétne objemové médium nahradené určitým fiktívnym spojitým médiom, v ktorom je spojitosť charakterizovaná pozorovateľnými a merateľnými priemernými vlastnosťami v priestore a čase, sa všeobecne akceptuje na účely opisu procesov vyskytujúcich sa v objemových médiách. Zároveň platí, že makroskopické vlastnosti nemôžu byť vždy jednoducho odvodené len štatistickým priemerovaním založenom na mikroskopických vlastnostiach.

Jednou z najprijateľnejších metód riešenia praktických problémov pri štúdiu más zlámaných hornín, zemín, sypkých a zrnitých materiálov je práve matematické modelovanie. Pre štúdium fyzikálnych procesov vyskytujúcich sa v zrnitých médiách v závislosti

[1] Oboznámenie sa s poznatkami aktuálneho výskumu patrí k esenciálnym potrebám rozvoja vedeckej praxe. Nové metódy modelovania a charakterizovania materiálových vlastností v oblasti bezpečnostného výskumu deformácií, zlomov, prasklín a pnutí úzko súvisia s prevenciou a odhaľovaním príčin nehôd a špecifických stavov v banskom a stavebnom priemysle. Tieto metódy je zároveň možné použiť na vytváranie moderných kompozitných materiálov so špecifickými vlastnosťami.

[2] GOGOLIN, V. - LESIN, Y. - KOŠČ, I. On some methods of researching the structural, physical and mechanical parameters of granular media as applied to the modeling of rock dumps, E3S Web of Conferences 303, 01030 (2021)

od ich štruktúrnych parametrov (pórovitosť, špecifický povrch, geometria pórov, atď.) a parametrov pórovitého priestoru je konštruovanie matematických modelov prakticky jediným vhodným spôsobom ako zostaviť kvantitatívne charakteristiky a závislosti.

Metódy prechodu na základnú bunku, založené na predpoklade rovnosti výsledných parametrov ako usporiadaných, tak chaotických štruktúr (predpokladajú sa rovnaké vlastnosti a koncentrácie zložiek) sú relatívne bežné. Usporiadané štruktúry vykazujú pravidelnosť v širokom rozsahu, na základe čoho je možné identifikovať základnú bunku, ktorej geometrické aj fyzikálne vlastnosti sú zhodné s vlastnosťami celého systému. V prípade, keď sú usporiadané a chaotické systémy charakterizované tými istými parametrami a majú rovnaké vlastnosti komponentov a ich koncentráciu, nie je nutné na určenie vlastností heterogénneho systému priemerovanie cez celý objem, ale postačuje extrakcia elementárnej základnej bunky korešpondujúcej s celým systémom. Nájdenie elementárnej základnej bunky neznamená nutne prechod daného systému na usporiadaný.

Skutočné polia zlámaných hornín, zemín a sypkých materiálov sa vyznačujú vysokou nehomogenitou distribúcie veľkosti častíc a ich chaotickým usporiadaním. Takéto materiály a masívy je možné považovať za štatistické médiá a je vhodné ich študovať pomocou pravdepodobnostných modelov. Podstatou štatistického modelovania štruktúr sypkých materiálov je výpočet pozície (súradníc) a veľkosti častíc v určitom reprezentatívnom objeme. Navrhovaným nástrojom na riešenia tohto problému je metóda štatistického testovania (napr. metóda Monte Carlo).

V poslednej dobe sa rozšírili deterministické modely založené na metóde diskrétnych prvkov (DEM). Táto metóda umožňuje opísať každú časticu disperzného prostredia v statickom rovnovážnom stave alebo dynamickom pohybe, pričom sa berie do úvahy jej interakcia s okolitými časticami. Zhluky častíc rôznych veľkostí môžu byť usporiadané, aj chaotické. Zistilo sa, že počas deformácie nekoherentného zrnitého média externými silami dochádza k formovaniu zhlukov častíc lokalizovaných blízko seba s približne rovnakým smerovým vektorom posunutia. Takéto správanie častíc je charakteristické pre nekoherentné zrnité médium a nemôže byť vyjadrené mechanikou spojitého média. Pomocou rovnakých algoritmov je tiež možné simulovať vznik a šírenie trhlín v súdržných (napr. cementových) horninách a pohyb vznikajúcich blokov voči sebe navzájom. Na tento účel je potrebné nastaviť interakčné parametre medzi časticami spôsobom zodpovedajúcim skôr správaniu média spojitého než zrnitého.

Závery

- Pomocou matematických modelov zrnitých médií je možné skúmať mnohé štruktúrne vlastnosti, akými sú funkcia radiálneho rozloženia a s tým spojená funkcia radiálnej hustoty, pórovitosť alebo hustota výplne, špecifický povrch celej štruktúry a jej jednotlivých komponentov, koordinačné charakteristiky poréznych štruktúr.
- Niektoré zo štruktúrnych a mechanických charakteristík je prakticky nemožné skúmať experimentálnymi metódami.
- Metódy štatistického a diskrétneho modelovania zrnitých médií, ako aj pevných alebo zlámaných horninových masívov predstavujú možný nástroj na výskum ich pevnostných vlastností.
- Tieto metódy je zároveň možné použiť na vytváranie moderných kompozitných materiálov so špecifickými vlastnosťami.

Literatúra

GOGOLIN, V. - LESIN, Y. - KOŠČ, I. On some methods of researching the structural, physical and mechanical parameters of granular media as applied to the modeling of rock dumps, Clean Coal Technologies: Mining, Processing, Safety, and Ecology 2021, E3S Web of Conferences 303, 01030 (2021), https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130301030

Ing. Ivan Košč, PhD.
Katedra európskeho integrovaného riadenia hraníc
Akadémia Policajného zboru v Bratislave
e-mail: ivan.kosc@akademiapz.sk