FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

TALAJ-KERÉK KAPCSOLAT DISZKRÉT ELEMES MODELLEZÉSE

DISCRETE ELEMENT MODELING OF SOIL-WHEEL INTERACTION

BABLENA Adrienn

NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, H-2100 Magyarország, Gödöllő, Tessedik Sámuel utca 4.; Tel.: +36 28 511 689; E-mail: [bablena.adrienn@gmgi.hu](mailto:bablana.adrienn@gmgi.hu)

Abstract

Examination of soil-wheel interaction is a big challenge for researchers, mechanical modeling of soil-wheel interaction is still not solved.

To determine wheel performance, deformation state beneath the wheel and the stress distribution must be known. In this paper I investigated soil deformation under a rigid wheel with discrete element method on the basis of experimental studies from literature. Results of simulations in case of 3.9% slip already in initial phase of the study have a good agreement with experimental results.

Keywords: soil, wheel, discrete element method

Összefoglalás

A talaj-kerék kapcsolat vizsgálata a mai napig nagy kihívást jelent a témával foglalkozó kutatóknak. Talajon mozgó járművek esetén még mindig nem megoldott a talaj és a kerék közötti kapcsolat mechanikai modellezése. A kerékteljesítmény számításához ismerni kell a kerék környezetében lévő szemcsék mozgásjellemzőit, valamint a talajban ébredő feszültségeloszlást. Dolgozatomban merev kerék alatti szemcsék mozgását vizsgálom a szakirodalomban fellelhető kísérleti eredmények alapján diszkrét elemek módszerével. A szimulációk eredményei 3,9% szlip esetén már a számítások kezdeti fázisában is jó egyezést mutatnak a kísérleti eredményekkel.

Kulcsszavak: talaj, kerék, diszkrét elemek módszere

1. Bevezetés

A talaj-kerék kapcsolat vizsgálata során a mai napig rengeteg megoldatlan probléma merül fel. A problémák megoldására analitikus megoldásként főleg kísérleti alapokon nyugvó egyenletek születnek, valamint numerikus modelleket is létrehozunk.

A numerikus modellek problémái, hogy jelenleg még elég pontatlanok, továbbá ezen a területen a diszkrét elemes programok alkalmazása még nem túl elterjedt.

Céлом, hogy megmutassam, hogy a legtöbb felmerülő probléma megoldására a végeselemes modellekkel ellentétben a diszkrét elemek módszerének használata a célszerűbb, valamint hogy megfelelő pontosságú modellt alkossak.

Jelenlegi munkámban a kerék környezetében lévő szemcsék mozgását vizsgálom a szakirodalomban fellelhető kísérleti eredmények alapján diszkrét elemek módszerével. Cél,

hogy az eredetileg két dimenziós, csak a haladás síkjában mérésrel vizsgált szemcsemozgásokat megfelelő pontossággal tudjam numerikusan modellezni, majd ebből továbbhaladva a haladás síkjára merőleges szemcsemozgásokat is tudjam vizsgálni.

2. Anyag és módszer

A vizsgálataim kiindulópontját azok a kísérleti vizsgálatok jelentik, amelyek segítségével a témával foglalkozó kutatók a kerék alatt lévő talajszemcsék mozgásviszonyait próbálták meghatározni.

2.1. Kísérleti eredmények

Fukami és kutatótársai a kerék alatti talajmozgásviszonyokat elemző mérések elvégzéséhez egy átlátszó fallal ellátott talajvályút és egy gumiköpennyel rendelkező merev kereket használtak [2]. A talajvályút szárított homokkal töltötték fel, majd 10 mm-enként az átlátszó fal mentén jelölőket helyeztek el a homokban. Ezen jelölők mozgását követték nyomon egy nagy felbontású kamera segítségével a kerék elhaladása során. A vizsgálat lehetővé tette, hogy a jelölők csak horizontális és vertikális irányban mozduljanak el, mivel a kereket a talajvályú szélességével megegyező szélességűre választották. A kapott elmozdulásdiagram 3,9% szlip esetén az 1. ábrán látható.

1. ábra. A markerek elmozdulása 3,9% szlip érték esetén [2]

A [2]-ben szereplő mérési folyamat numerikus szimulációjához az alábbi paramétereket használtam fel:

1. táblázat Felhasznált paraméterek

Kerületi sebesség [1/s]	$5,55333 \cdot 10^{-4}$
Szlip [%]	3,9
Kerék sugár [m]	0,150
Kerék szélesség [m]	0,410
Vályú szélesség [m]	0,414

2.2. Diszkrét elemek módszere

A diszkrét elemek módszere egy numerikus módszer, mely kifejezetten szemcsés anyagok vizsgálatára jött létre a 70-es években. Minden diszkrét elemes modell különálló elemekből és

az elemek érintkezésével létrejövő kapcsolatokból áll. Egy eljárást akkor nevezhetünk diszkrét elemes modellnek, ha [1]:

- egymástól egyértelműen elkülönülő elemekből épül fel;
- az elemek önálló elmozdulási szabadságfokokkal rendelkeznek oly módon, hogy a modell képes követni az elemek véges nagyságú eltolódásait és deformációit;
- az elemek között új kapcsolatok jöhetnek létre és meglévő kapcsolatok szűnhetnek meg.

A diszkrét elemes módszer működésének alapja az, hogy a halmaz mechanikai viselkedését a halmazt alkotó egyes szemcsék mozgásállapotának nyomon követésével modellezi. A módszer alkalmazása során az egymással, a falakkal és a kerékkel kölcsönhatásba lépő egyes szemcsékre kell a lendület- és a perdülettétel alapján felírt differenciálegyenleteket numerikusan megoldani [3].

2.3. Szimulációk

Mint az már korábban említésre került, a diszkrét elemes szimulációkhoz az 1. táblázatban szereplő paramétereket használtam fel. A numerikus modellezés során problémát okoz a nagyon kicsi kerületi sebesség érték, mivel ezzel a sebességértékkel olyan sokáig tart a kerék végiggördülése a talajfelszínen, hogy a szimulációs idő gyakorlatilag végtelen lenne, ezért a kerületi sebesség értékét $\omega_0 = 5,55333 \cdot 10^{-4}$ 1/s érték helyett $\omega_0 = 5,55333$ 1/s értékre változtattam. Mivel a diszkrét elemes programban a szlipet nem lehet megadni, csak a kerületi, ill. haladási sebességet, ezért szükséges a haladási sebesség kiszámítása. A kerületi sebesség és a szlip ismeretében ez meghatározható:

$$\delta = 1 - \frac{v_{3,9}}{R \cdot \omega_0},$$

amiből átrendezéssel:

$$v_{3,9} = (1 - \delta) \cdot R \cdot \omega_0 \quad (1)$$

ahol:

δ : szlip [-];

$v_{3,9}$: haladási sebesség 3,9% szlip esetén [m/s];

R : kerék sugara [m];

ω_0 : a kerék kerületi sebessége [1/s].

Az (1) egyenletből a $v_{3,9}$ haladási sebesség: $v_{3,9} = (1 - 0,039) \cdot 0,15 \cdot 5,55333 = 0,8$ m/s

A kerék végiggördülésének időtartama $t = 1$ s, ennyi idő alatt a megadott $v_{3,9}$ haladási sebesség mellett a kerék már megtesz akkora utat, amelyen lehet vizsgálni a kerék alatti szemcsék elmozdulását.

3. Eredmények

A szimulációk futtatása során különböző helyekről származó szemcsék függőleges irányú (Z) elmozdulásait vizsgáltam a vízszintes irányú (X) elmozdulás függvényében, az eredmények a 2.a.-c. és a 3. ábrákon láthatók.

2.a. ábra. A 2-es jelű szemcse elmozdulásgörbéje

2.b. ábra. Az 5-ös jelű szemcse elmozdulásgörbéje

2.c. ábra. A 7-es jelű szemcse elmozdulásgörbéje

3. ábra. A vizsgált szemcsék elmozdulásgörbéi

Az ábrákon jól látható, hogy a kísérletben szereplő homok szemcseméretéhez képest nagy, gömb alakú szemcsékkel is jól kirajzolódnak a kísérlet során kapott spirál alakú elmozdulások. A szimulációban a kerék haladási iránya ellentétes volt a kísérletben szereplő haladási irányhoz képest.

4. Következtetések

A vizsgálatok jelenleg még korai szakaszban vannak, ennek ellenére elmondható, hogy már néhány szimuláció után, amelyekben a folyamatot a valósághoz képest jóval egyszerűbb körülmények között szimuláltuk, a szemcsék elmozdulásgörbéi már így is hasonlóságot mutatnak a kísérlet során kapott görbékkel, tehát a diszkrét elemek módszere alkalmas a talaj-kerék kapcsolat vizsgálatára. Pontosabb paraméterbeállítások mellett még nagyobb egyezés várható, továbbá lehetővé válik a haladási síkra merőleges elmozdulások vizsgálata is.

Irodalom

- [1] Bagi, K.: *Diszkrét elemek módszere*, BME egyetemi jegyzet, 2007, 6-15.
- [2] Fukami, K., Ueno, M., Hashiguchi, K., Okayasu, T.: *Mathematical models for soil displacement under a rigid wheel*, Journal of Terramechanics 43. évf., 2006, 288-292.
- [3] Keppler, I., Kocsis, L., Oldal, I., Farkas, I., Csátár, A.: *Grain velocity distribution in a mixed flow dryer*, Advanced Powder Technology 23. évf., 2012, 826-827.