

AUTÓ JOBB MELLŐSŐ FUTÓMŰ EXTRÉM TERHELÉSE

EXTREME LOAD OF THE UNDERCARRIAGE OF A CAR

Szabó Ferenc János*

ABSTRACT

In case of car racing, cars can have very high speed. In some curves, this high speed could invoke that the car can swerve or slip out from the road. The beginning of this slipout will take place at the maximum coefficient of static friction. The friction force will give the extreme load to the wheel of the car. The static and kinetic friction coefficients between the rubber of the car tyre and the asphalt of a real race- course has been measured by a simple on-the spot measurement and the numerical results are used to calculate the extreme load acting to the car wheel during slip- out from the road.

1. BEVEZETÉS

Autók kerékfelfüggesztéseinek vizsgálatok az úterjesztés miatt a terhelés esetén véletlenszerű eloszlást kell feltételeznünk, ami a lehető legnagyobb és legkisebb értékek között az időben véletlen függvényt jelent. Így tehát fel kell tételeznünk, hogy a nagyon nagy terhelések is egyszer fel fognak lépni, mert a véletlenszerű eloszlás alapján bizonyos nagyságú valószínűséggel rendelkeznek.

Jelen cikkben vizsgálatunk az autók kerékfelfüggesztését erő extrém terhelések meghatározására vonatkoznak. Egy autó jobb első kerék felfüggesztését erő lehetséges extrém terhelést tanulmányozunk. Az 1. ábra a felfüggesztés háromdimenziós modelljét mutatja.



1. ábra A felfüggesztés 3D modellje

A városi és távolsági közlekedés általában viszonylag egyenletes, nem túl nagy terhelést eredményez, ezért autóversenyzés körülményeit tételezzük fel, az extrém terhelés pedig feltételezésünk szerint egy viszonylag szűk kanyarban, nagy sebességű haladás esetén, a kanyarodás során történő kicsúszás, „drifting”, oldalirányú csúszás esetén történik majd meg. Ekkor az autóra a centrifugális erő, valamint a gumi és az aszfalt közti súrlódási erő fog hatni. A kicsúszás akkor jön létre, ha a centrifugális erő nagyobb, mint a súrlódási erő. Mivel a kicsúszás megkezdődése pillanatáig az autó oldalirányban nem mozgott, ezért ebben az irányban nyugalmi helyzetet tételezzük fel, tehát statikus súrlódást veszünk figyelembe. A kicsúszás megkezdődése után csúszási súrlódási tényező lesz érvényes.

Vizsgálatainkhoz saját méréseket végeztünk autógumi és aszfalt között fellépő súrlódási tényező mérésére. A méréseket egy átlagos városi aszfalt és egy autó- motor versenyek rendezésére berendezkedett versenypálya aszfaltja esetére végeztük el. A versenypálya aszfalt különleges műanyag adalékot is tartalmazott, a jobb tapadás elérése érdekében. Vizsgálatainkat száraz aszfalt, vizes aszfalt (kb 1 mm vízréteg) és homokszóródással érintett aszfalt esetére végeztük el, azért, hogy többféle életszerű helyzetet figyelembe vehessünk. A homokszóródás az esetleges kicsúszások utáni visszatérés során a gumi által a pálya aszfaltjára behordott homok szennyeződés miatt alakul ki, a balesetek és megcsúszások szempontjából fokozott veszélyhelyzeteket jelenthet.

A kerékfelfüggesztésre a terhelő erőt tulajdonképpen a kicsúszáskor fellépő maximális statikus súrlódási erő fogja szolgáltatni, a kicsúszás megindulása után a csúszási súrlódási erő kisebb értékű. További extrém terhelést jelenthet rally versenyek során fellépő ugratások, terepviszonyok nagy sebességgel történő legyőzése, esetleges kátyúk hatásai, ezeket a terhelésfajtákat is a további vizsgálatok során szeretnénk figyelembe venni. A Gép- és Terméktervezési Intézetben több diplomaterv is foglalkozott ezekkel és ezekhez kapcsolódó kérdésekkel.

A méréseink során rögzített adatokból meghatározott terheléseket a jövőben végeselemes modelleken fogjuk alkalmazni és az ezek hatására fellépő deformációkat és feszültségeket kívánjuk majd meghatározni.

* egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép-és Terméktervezési Intézet

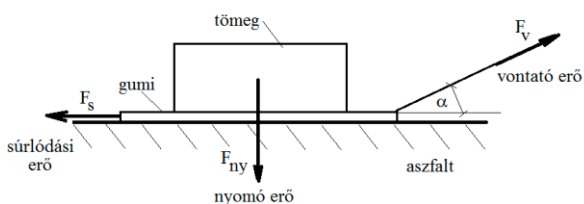
2. EGYSZERŰ HELYSZÍNI MÉRÉS

A mérésekhez a Pannónia- Ring (Ostffyasszonyfa) pálya új, jó minőségű aszfaltját használtuk, egy 20 fős tanulmányi kirándulás keretében. Kísérőnk a buszunkkal kivitt minket a nyílt pályára és ott volt lehetőségünk a vizsgálatok elvégzésére.

Ez nagyon különleges és szerencsés helyzet volt, mivel aznap nemzetközi motorverseny időmérő edzése zajlottak, tehát a pálya foglalt volt, de mi éppen a verseny szünetében érkeztünk, így adódott lehetőség bemenni a pályára.

A mérés mechanikai vázlatát mutatja a 2. ábra. A versenypálya aszfalt egy részlete a 3. ábrán látható. A 4. ábra a kézi erőmérő eszközt mutatja.

A kísérlethez egy Nokian 165/65 R14 méretű nyári gumiból kivágott darabot alkalmaztunk, melynek mérete hozzávetőleg megegyezett az autó közlekedése során kialakuló, gumi és aszfalt közötti érintkezési felület méretével. Az erő méréséhez egy mechanikus mutatós kézi függőmérleget alkalmaztunk, a gumi lap vontatását az aszfalton kézi erővel biztosítottuk. A nyomóerő biztosításához alkalmazott tömeg 5 kg és 7 kg volt.



2. ábra A mérési elrendezés vázlata



3. ábra A versenypálya aszfalt részlete

A mérés során álló helyzetből indulva, egyre nagyobb és nagyobb vontatóerőt alkalmaztunk, közben figyeltük a kézi erőmérő eszköz által mutatott értéket. Ez mutatta a vontatóerőt. A gumi csúszása előtti pillanatban a vontatóerő maximális értékét mutatta az eszköz, ezt feljegyeztük, ebből számoljuk majd a statikus súrlódási tényező maximumát. Amikor pedig a gumi elindult, kisebb erő érték mutatkozott és hozzávetőleg konstans értékű volt. Ebből határozzuk majd meg a mozgásbeli súrlódási tényező értékét.



4. ábra A kézi tömegmérő

A súrlódási tényező μ , μ_{max} számolása a következő összefüggések alapján végezhető el:

$$F_{\text{ny}} = mg - F_v \sin \alpha \quad , \quad F_s = F_v \cos \alpha \quad (1)$$

A Coulomb- törvény alapján pedig $F_s = \mu F_{\text{ny}}$. Így a súrlódási tényezőre adódik:

$$\mu = \frac{F_v \cos \alpha}{mg - F_v \sin \alpha} \quad (2)$$

Az (1) és (2) összefüggésben m a nyomóerőt okozó teher tömege, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ pedig a nehézségi gyorsulás. Az α szög értékét igyekeztünk a mérések során konstansnak tartani, értéke: $\alpha = 35 - 37^\circ$.

Az 1. táblázat a hagyományos közúti aszfalton, a 2. táblázat a Pannónia Ring versenypálya aszfaltján rögzített vontató erőhöz a leolvasott értékeket mutatja, [kg] mértékegységben. Az ezekből számolt súrlódási tényező értékek a 3. és 4. táblázatban láthatók.

1. táblázat Mérési adatok, hagyományos aszfalt, [kg]

m	Szárak		Vizes		Homokos	
	konst	max	konst	max	konst	max
5	3,4	3,6	2,5	3,3	2,1	3,2
7	3,9	4,2	3,1	3,7	2,7	3,5

2. táblázat Mérés adatok – Pannónia Ring aszfalt [kg]

Tömeg [kg]	Szárász		Vizes		Homokos	
	konst	max	konst	max	konst	max
5	4,0	4,1	3,0	3,2	2,7	2,8
7	4,3	4,5	4,2	4,3	3,2	3,5

3. táblázat Sűrűdési tényezők – hagyományos aszfalt

m	Szárász		Vizes		Homokos	
	konst	max	konst	max	konst	max
5	0,580	0,616	0,422	0,562	0,353	0,545
7	0,471	0,509	0,372	0,447	0,323	0,422

4. táblázat Sűrűdési tényezők – Pannónia Ring aszfalt

m	Szárász		Vizes		Homokos	
	konst	max	konst	max	konst	max
5	0,687	0,705	0,509	0,545	0,457	0,474
7	0,522	0,547	0,509	0,522	0,385	0,422

A táblázatok eredményeiből adódóan a legszembevetőbb eredmény, hogy jelentős különbség van a szárász aszfalt és a homokszórásos aszfalt eredményei között, mind a hagyományos aszfalt esetén, mind pedig a Pannónia Ring aszfaltját illetően, mégpedig a homokszórás esetén a sűrűdési tényező kisebb, ezért a kicsúszásra és az ehhez hasonló baleseti formák bekövetkeztére a homokszórásos eset jelentősen veszélyesebb. A szárász és a vizes aszfalt eredményei kisebb mértékben különböznek egymástól, mint a szárász aszfalt és a homokszórásos aszfalt eredményei, mindkét aszfalt mérési eredményei alapján.

A sűrűdési tényező ismeretében már számolható a sűrűdési erő, ami az autó gumija és az aszfalt között fellép. Ez az erő kell, hogy egyensúlyt tartson a kanyarodáskor fellépő centrifugális erővel:

$$F_{cp} = m v^2 / R, \quad F_s = \mu F_n, \quad F_s = F_{cp} \quad (3)$$

Ha az egyenlőség fennáll, akkor éppen a megcsúszás megindulása előtti pillanatban vagyunk, azaz ekkor a statikus sűrűdési tényező maximuma érvényesül, tehát a sűrűdési erőt ezzel kell számolnunk, ez az erő fogja terheli az autó kerekét, a kerék síkjára merőleges irányban. Ha a centripetális erő nagyobb, mint a sűrűdési erő, akkor a csúszás megindult és a mozgásbeli sűrűdési tényezőt kell figyelembe vennünk a kerék terhelésének számításakor. A (3) egyenletben szereplő m tömeget előzetes számításokhoz az autó teljes tömegének negyedeként vesszük figyelembe, egyenletes tehereloszlást tételezve fel az egyes kerekeken, valamint azt is feltételezzük, hogy minden keréken ugyanolyan értékű sűrűdési erő ébred, ezt a későbbiekben különböző forgalmi vagy verseny helyzetek modellezésekor pontosítani fogjuk.

Mivel vizsgálataink során extrém terhelési esetet keresünk, ezért a terhelés számításakor a nagyobbik sűrűdési tényezőt vesszük figyelembe, azaz a statikus

sűrűdési tényező maximális értékét. A legnagyobb sűrűdési tényező érték a mérési eredmények alapján 0,7 érték körüli volt, amely a versenypálya aszfalt szárász állapotában lépett fel.

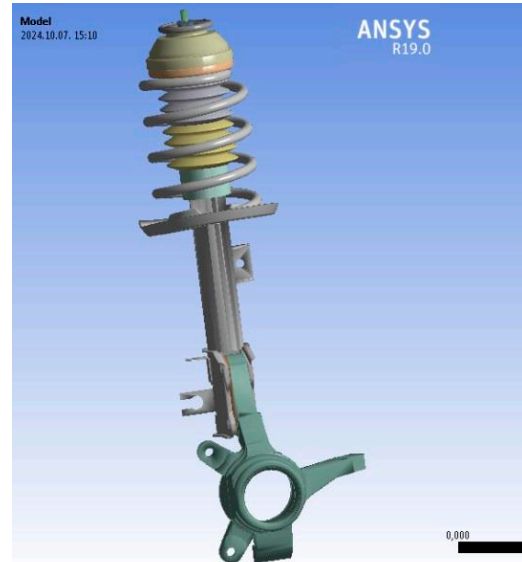
Mivel az 5 kg terhelő tömeg és a 7 kg terhelő tömeg értékekhez tartozó sűrűdési tényező értékek nem egyeznek meg, ezért a terhelés számításához a két érték átlagát alkalmazzuk.

5. táblázat. Terhelés értékek

Aszf.	Szárász		Vizes		Homokos	
	μ_s	F_s	μ_s	F_s	μ_s	F_s
Ring	0,71	2611,9	0,55	2023,3	0,48	1765,8
Közú	0,58	2133,7	0,56	2060,1	0,54	1986,5

Az 5. táblázatból látható, hogy a legnagyobb terhelés a szárász aszfalt esetén adódik közúti aszfalt esetén, a legkisebb pedig a homokos aszfalt esetén a versenypálya aszfalton. A terhelés számítását az $F_s = \mu m g$ képlet alapján végeztük. Az autó tömegét 1500 kg- nak vettük, ennek negyede jut egy kerékre, egyenletes eloszlást feltételezve, azaz 375 kg. Sűrűdési tényezőként az általunk mért- számított értékek közül a legnagyobbat, azaz 0,71 értéket vettük figyelembe.

Az így rendelkezésre álló terheléseket egy autó jobb első futómű felfüggesztésének végeeselemes vizsgálataihoz fogjuk terhelésként felhasználni. Jelenleg ez a vizsgálat folyamatban van, a végeeselemes modell az 5. ábrán látható.



5. ábra A szerkezet képe a végeeselemes rendszerben

3. ÖSSZEFOGLALÁS

Helyszínen végzett egyszerű mérések eredményeinek alapján, meghatároztuk a sűrűlési tényezőt autógumi és aszfalt között, száraz aszfalt, vizes aszfalt és homokszórással szennyezett aszfalt esetére, egy városi közút aszfaltját, illetve egy autó- motor versenypálya aszfaltját tekintve.

Az így kapott eredményekből terheléseket számoltunk az autó kerék felfüggesztésére, egy elképzelt kanyarban történő kicsúszás esetére. Főleg a statikus sűrűlési tényező maximális értékére volt szükségünk, mert ez az eset szolgáltatja a legnagyobb terhelést. Végeredményben a 0.71 érték bizonyult a legnagyobbknak, tehát a későbbiekben terhelések számításához ezt használjuk majd fel. Az így adódó legnagyobb terhelés 2611,9 N értékre adódott. Ez a vízszintes irányú terhelés fog hatni együttesen az önsúlyból származó 3678,75 N terheléssel. Ez remélhetőleg extrém igénybevételt fog jelenteni a kerékfelfüggesztés elemeire.

Rendelkezésre áll egy konkrét autótípus jobb mellső futómű felfüggesztés háromdimenziós modellje, valamint ANSYS végelelemes programrendszerben a felfüggesztés végelelemes modellje, ezt a modellt ellátva az így kiszámolt terhelésekkel, a további munka során végelelemes vizsgálatokat végzünk a felfüggesztés elemeinek feszültségi és deformációs állapotára. Ezeket az eredményeket fogjuk összehasonlítani a már előzőleg több diplomatervben és cikkekben publikált eredményekkel, melyek kátyúban haladás, ugratáskor történő becsapódás esetére vonatkoznak.

Ezeket a vizsgálatokat és eredményeket összegezve a kerék felfüggesztés extrém terheléseinek hatásait vizsgáljuk és összehasonlítjuk, minősítjük majd.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző ezúton kívánja köszönetét kifejezni a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki karán folyó mérnökképzésért Alapítványnak a tanulmányi kirándulás megvalósulásához nyújtott anyagi támogatását, a Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézetének a szállásdíjhoz nyújtott támogatását, valamint külön köszönet Benyó Klára mesteroktatónak a tanulmányi kirándulás megszervezése és megvalósítása során nyújtott segítségéért, valamint Nagy Bence járműmérnök egyetemi hallgatónak a mérések megvalósítása és az eredmények leolvasása során kifejtett segítő együttműködéséért.

5. IRODALOM

- [1] BÓDI M., SZABÓ F. J.: Személygépkocsi jobb mellső futóművének végelelem vizsgálata, kátyúba hajtás esetén. In: Dr. Bihari, Zoltán (szerk.) *A jövő mérnökeinek prezentációi 2018*. Miskolc-Egyetemváros, Magyarország: Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet (2019) pp. 1-14., 14 p.
- [2] SZABÓ F. J.: Optimization of Springs Applied in Vehicle Suspension Structure. *LECTURE NOTES IN MECHANICAL ENGINEERING 2018* pp. 585-596., 12 p. (2018).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_51
- [3] SZABÓ F. J.: Finite Element Investigation of Tyre Loads of Cars Caused by Potholes. In: Boris, Obsieger (szerk.) *CADAM 2011: 9th International Scientific Conference on Advanced Engineering, Computer Aided Design and Manufacturing*. Rijeka, Horvátország: University of Rijeka, (2011) pp. 69-70., 2 p.
- [4] SZABÓ F. J.: Optimization of structures subjected to impact loading by programming FEM systems. In: Eichlseder, W (szerk.) *2nd Fatigue Symposium Leoben, Ausztria: Montanuniversität Leoben, Leoben Institute of Mechanical Engineering*, (2008) pp. 231-242., 12 p.
- [5] SZABÓ F. J.: Szerkezetbe csapódó test hatásának vizsgálata programozható végelelemes rendszerben *GÉP 58: 10- 11 pp. 125-128.*, 4 p. (2007)
- [6] KAMARÁN K.: Jellemző burkolati hibák fajtái, kialakulásuk okai (Burkolat, útkörnyezet kezelése) Nemzeti Szakképzési és Fejlesztési Intézet, Követelmény modul: 0598-06, Tartalom azonosító: SzT-013-30, Új Magyarország Fejlesztési Terv. Budapest, 2008.
- [7] SARKA F., BIHARI J.: Human-Electric hybrid drives in medium-sized cities by daily traffic, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2018, 49, pp. 59-66.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_5