

## Ütközések vizsgálatához alkalmazható számítási eljárások

Az eljárások a kiindulási adatoktól és a számítás menetétől függően két csoportba sorolhatók. Az egyik a visszafelé történő számítások csoportja, amikor az ütközés utáni mozgásállapotokból határozzuk meg az ütközés előtti állapotokat. A másik az előre felé történő számítás, amikor is az ütközés előtti járműsebességeket tekintjük bemenő adatnak, és ebből számoljuk az elválás pillanatában lévő sebességállapotokat. Megfelelő környezeti és járműdinamikai adatok ismeretében ez utóbbi alkalmazható baleseti szimulációs program megírásához.

A visszafelé számításokon belül léteznek:

- az impulzus-megmaradás törvényén alapuló analitikus és grafikus eljárások;
- az EES-módszer;
- a perdület-ütközéses és az energiagyűrűs szerkesztési eljárások;
- a három grafikus módszert magába foglaló területmetszékes meghatározás;
- valamint a központos ütközésekre alkalmazható sebességszalagos módszer.

Az előre felé számítások közül két módszer érdemes említésre:

- az ütközési pont közös elmozdulásán alapuló eljárás,
- és az ehhez nagyon hasonló, de a valóságot jobban megközelítő számítási módszer, amely számítógépes szimulációhoz is használható.

A módszerek közül a következőket használják az EES értékét bemenő adatként: EES-módszer, energiagyűrűs eljárás, területmetszékes szerkesztő eljárás, sebességszalagos módszer.

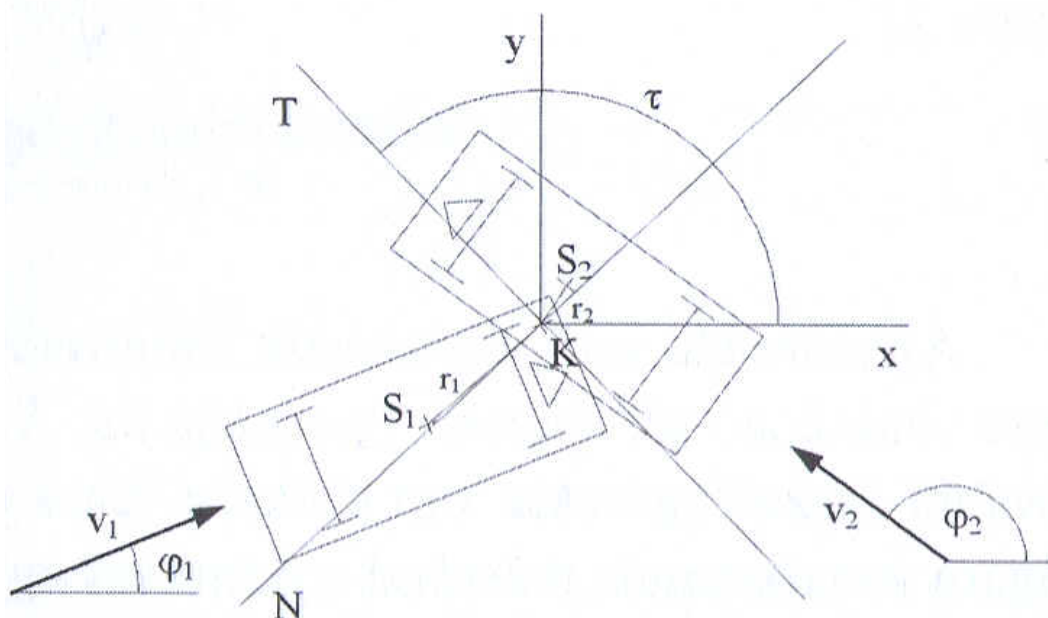
## **Előre felé történő számítás (PC-CRASH, CARAT alapján)**

Bemenő adatként az ütközés előtti sebességeket használja fel. Az ütközési pontok elmozdulását is figyelembe veszi, de nem a sebességük egyenlőségéből indul ki, hanem számolja azokat. A számítás végén e sebességek egyenlőségéből (vagy eltéréséből) tudhatjuk meg, hogy helyesen választottuk-e meg a kezdeti sebességek nagyságát, irányát, az ütközési és súrlódási tényezőket, az ütközési pontot és síkot stb. A bemenő adatokat addig kell változtatnunk, amíg az ütközési pont ütközés utáni sebességének nagyságára és irányára mindkét járműnél közel azonos értéket nem kapunk.

Az előrefelé számítás e módja alkalmas ütközési szimuláció létrehozására. A számítás menete igen hosszú, és rendszerint többször kell elvégezni, amíg a kívánt eredményt megkapjuk, ezért csak számítógépes programmal célszerű használni. A jelenleg használatos baleseti szimulációs programok (PC-CRASH, CARAT) is felhasználják ezt az eljárást az ütközés utáni mozgásállapotok megállapítására. Ebből kiindulva lehet szimulálni a kifutási szakasz alatti járműmozgásokat. A kifutás szimulációja pontos járműdinamikai modell megalkotását és a kerék-út kapcsolat jó megközelítését igényli.

Ez az eljárás az ütközési ponton (K) kívül használja az ún. ütközési egyenes (másképpen ütközési sík) és az erre merőleges ütközési normális fogalmát. Az ütközés során a járművek elcsúszhatnak egymáson. Az ütközési sík ezen elcsúszások síkja, melyet nekünk kell felvenni a járművek elszenvedett deformációja és a feltételezett ütközési helyzet alapján. Az ütközési sík (T) és az ütközési normális (N) egy koordinátarendszert határoz meg.

Közép pontja a (K) ütközési pontban van. Az ütközési pont helyét szintén nekünk kell becsülni. A T,N koordinátarendszer elhelyezése és iránya döntő fontosságú a számítás kimenetele szempontjából. Az elhelyezés után az ugyancsak a K pontban lévő X, Y koordinátarendszerben felvett ütközés előtti sebességeket és geometriai adatokat transzformálnunk kell T, N-be. A két koordinátarendszer egymáshoz viszonyított helyzetét az X és T tengelyek között mért  $\tau$  szöggel jellemezzük. A szöveget az X tengelytől mérjük, az óramutató járásával ellentétes irányban.



## Az EES-módszer

A gyártó-cégek a nagyobb biztonság és a növekvő követelmények miatt érdekében autóikat rendszeresen alávetik ütközési kísérleteknek. A vizsgálatok alkalmával a gépkocsikat megadott sebességekkel ütköztetik álló akadálnak vagy egy másik járműnek. A járművek deformációja összefüggésben áll a rongálódással felemészített energiával, amely az ütközési kísérletek során megközelítőleg egyenlő az ütközési sebességből számított mozgási energiával. A kapcsolat függ a jármű felépítésétől, a vázszerkezet anyagától és kialakításától, a motor elhelyezésétől, a tervezés során tudatosan kialakított gyűrődési zónák elhelyezésétől és még nagyon sok jellemzőtől, melyek többé-kevésbé befolyásolják az energiaelnyelést. Elmondható, hogy az ütközési sebesség és a rongálódás közötti kapcsolat márka- és típusfüggő.

A nagyszámú ütközési kísérlet adatai azonban lehetővé teszik, hogy tapasztalati úton párhuzamot vonjunk a balesetes jármű elszenvedett deformációja és a rongálódással elnyelt energia között. Ez úgy történik, hogy a jármű rongálódását egy ütközési kísérlet során tört autóéval hasonlítják össze. Ez utóbbi jármű ütközési sebességét ismerik, a belőle származó mozgási energiát a kísérleti jármű deformációja emészti fel. Ha a deformációk közel azonosak, feltételezhető, hogy az elnyelt energia is hasonló nagyságú.

A rongálódás ok összehasonlításával becsülhetünk egy feltételezett ütközési sebességet a balesetben tört autóra is. Ez a becsült sebesség az ún. **EES** (Energia Egyenértékű Sebesség). Általában km/h-ban határozzuk meg. A bizonytalanságok miatt célszerű sávosan (pl. 25-30 km/h) felvenni. Az EES becslésekor azt mondhatjuk, hogy az adott autó úgy néz ki, mintha az EES-nek megfelelő sebességgel fálnak ütköztették volna.

Természetesen ez nem feltétlenül az ütközési sebesség, mivel a valóságos baleseteknél a járművek gyakran valamekkora sebességgel továbbmozdulnak ütközés után. Tehát az ütközés előtti kinematikus energia egy részét a deformációs munka (ezt számoljuk az EES segítségével) emészti fel, a másik része pedig az ütközés utáni sebesség-ből adódó mozgási energia, ami ütközési kísérleteknél gyakran közel nulla. Az ütközési sebesség lehet kisebb érték is, mint az EES, például

abban az esetben, ha a deformációs energia az ütközési partner mozgásából származik. (A kérdést egy plasztikusabb példával közelítve: álló gépjárműnek ütközik egy másik jármű, az álló jármű ütközési sebessége nyilvánvalóan zérus, ám a deformációját jellemző EES-érték természetesen pozitív szám.) Az EES jelentősége abban áll, hogy értékét a mozgási energia összefüggésébe írva közelítő eredményt kapunk a deformáció által felemésztett energiáról.

Az **EES-módszer** az energia-megmaradás törvényéből indul ki, felhasználva a fent említett, a deformációs energia becslésére szolgáló eljárást.

1. Az energiamegmaradás törvénye ütközésekre:

$$E_{T1} + E_{T2} + E_{R1} + E_{R2} = E'_{T1} + E'_{T2} + E'_{R1} + E'_{R2} + E_{D1} + E_{D2} + E_S \quad 11.4-1.$$

ahol:

$E_{T1}, E_{T2}$  mozgási energiák az ütközés előtt

$E_{R1}, E_{R2}$  forgási energiák az ütközés előtt

$E'_{T1}, E'_{T2}$  mozgási energiák az ütközés után

$E'_{R1}, E'_{R2}$  forgási energiák az ütközés után

$E_{D1}, E_{D2}$  a deformálódás során felemésztett energiák

$E_S$  egyéb disszipált energia (hő, hang stb.)

a fenti energiákra vonatkozó összefüggések:

mozgási energia:

$$E_T = \frac{1}{2}mv^2 \quad 11.4-2.$$

forgási energia:

$$E_R = \frac{1}{2}J\omega^2 \quad 11.4-3.$$

deformációs energia:

$$E_D = \frac{1}{2} \cdot m_s \cdot EES^2 \quad 11.4-4.$$

disszipált energia: a többihez képest elhanyagolható nagyságrendű, ezért a továbbiakban nem számolunk vele