

Száraz súrlódásos modellek oktatási nehézségei

Antali Máté, Berezvai Szabolcs

Műszaki Mechanikai Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 5.
antali@mm.bme.hu, berezvai@mm.bme.hu

A száraz súrlódás jelensége a mechanika tárgyak oktatása során több helyen előkerül. Az alapképzésben főleg a Coulomb-modell különféle változatait szoktuk bemutatni. A nem-folytonos viselkedés, a többféle mozgásforma (csúszás, tapadás, gördülés) miatt viszonylag nehéz problémakörrel van szó. A számonkéréseken is az tapasztalható, hogy a hallgatók különösen nagy arányban nem értik a száraz súrlódás témakörét. Mivel a súrlódásnak sok gépészeti alkalmazásban szerepe van, fontosnak gondoljuk, hogy a súrlódás oktatását hogyan lehetne esetleg érthetőbbé tenni, pontosítani, hogy a hallgatókat minél inkább a megértéshez és az alkalmazható tudáshoz segítsük.

A gépészmérnök-képzésben a száraz súrlódás jellemzően a Statika, a Dinamika és a Rezgéstan tananyagában is szerepel. Mivel a súrlódás egyszerre statikai és dinamikai jelenség, felmerülhet a kérdés, mennyiben és hogyan lehet már a statika tématerületén belül bemutatni ezt, a mozgási (csúszási, gördülési) jelenségektől teljesen eltekintve. Illetve, ha bemutatjuk a Statikában, érdemes végiggondolni, hogyan vezessük be az alapfogalmakat úgy, hogy a későbbi tanulmányokban csak pontosítani és kibővíteni, és ne megváltoztatni kelljen a definíciókat.

Az alapképzésben a súrlódással csak síkbeli problémák esetén foglalkozunk. Érdemes lehetne a tárgyalás elején csoportosítani és ábrázolni a súrlódó testek különféle geometriai eseteit, hiszen ezek különféle jellegű rendszerekhez vezethetnek. Például egy hasábot lejtőre helyezve csúszás vagy tapadás jöhet létre, míg például egy korongot lejtőre helyezve csúszás vagy gördülés. Előfordulhatnak elfajult geometriai esetek, mint például az, amelynél egy vékony rúd egyik vége van egy sík felülettel súrlódásos kapcsolatban.

A súrlódás dinamikai bevezetésénél érdemes lehetne először a súrlódás erő grafikonját ábrázolni a csúszási sebesség függvényében, ezen ugyanis szemléletesen megmutathatóak és leolvashatóak a tapadás/gördülés illetve a csúszás kinematikai és dinamikai feltételei. A súrlódási erő és normálerő közötti egyenlettel és egyenlőtlenséggel felírható összefüggések könnyebben megjegyezhetővé válnának a grafikon segítségével. Meggondolandó, hogy egy általánosabb, pl. a Benson-modell súrlódási görbéje is bemutatható lenne, egy ilyen fél-empirikus modellből

szemléletesebben és könnyebben megérthető lehet a tapadási és csúszási súrlódási tényezők különbözősége, mint ha csak egyszerűen definiáljuk ezen kétféle paramétert. Ezzel kapcsolatban érdemes felhívni a figyelmet az előjel (szignum) óvatos használatára a Coulomb-modell felírásakor, hiszen az előjel-függvény nullában egyetlen értéket ad, míg a Coulomb-modell szerint a súrlódási erő sokféle értéket felvehet.

Felmerül a kérdés, hogy hogyan tekinthetünk általában a súrlódásra a mechanikai rendszer szempontjából? Tapadás esetén a súrlódás kényszernek tekinthető, viszont csúszáskor a súrlódási erő már aktív erőnek számít. Arra teszünk javaslatot, hogy a súrlódást egyfajta *feltételes kényszernek* tekintsük, amely különböző körülmények között kényszerként és aktív erőként is megjelenhet. Ebben a tekintetben közel áll a kötél vagy az egyszerű egyoldali támasz modelljéhez, amelyek szintén csak bizonyos feltételek esetén működnek kényszerként. A feltételes kényszer fogalma akkor is hasznos lehet, ha a statikában a megcsúszás határhelyzetét kívánjuk bemutatni.

Néhány olyan problémával is foglalkozunk, amelyek a feladatmegoldás során jelentkeznek. Az olyan feladatoknál, ahol a tapadásból éppen csúszni kezd a test, szükséges lehet annak indoklása, hogy mi határozza meg a csúszási súrlódási erő hiányát, hiszen a csúszási sebesség nulla. Érdemes lehet felhívni a figyelmet arra, hogy ilyenkor a gyorsulás irányát kell vizsgálni. Olyan feladatok is előfordulnak (például a falnak támasztott létra példája), ahol tapadási esetben nem lehet meghatározni a kényszererőket a statikai határozatlanság miatt, viszont a megcsúszás határhelyzete mégis vizsgálható. A különféle szabadsági fokú és megoldási módszerű esetek rendszerszemléletű elválasztása segíthet a megoldási menet megértésében.

A felsoroltakon túl még néhány kisebb idevonatkozó témát is érintünk az előadás során. Javaslatunk vitaindító megjegyzések, annak a reményében, hogy a súrlódás témakörében olyan módon változtassunk az oktatásban, hogy a súrlódás minél letisztultabban jelenjen meg a különböző alaptárgyakban, és minél közelebb hozzuk a hallgatókat ehhez a nehéz problémához. A hallgatók jelentős részének nagyban segíthet – a mechanika más témaköreihez hasonlóan – a szemléletesség, a minél több alkalmazási példa bemutatása.