

8. Az ideális kényszerek

8.1. Az ideális kényszerek és a szabadsági fok

A merev test mozgása a térben hat komponensre bontható fel: x , y , z irányú haladó mozgásokra illetve x , y , z tengelyek körüli forgásokra. A merev test a térben így összesen hat **szabadsági fokkal** (s) rendelkezik. A statikában vizsgált testek relatív nyugalomban vannak, bár a rájuk ható külső erőrendszer általában nem egyensúlyi, aminek hatására a test mozgásba jönne. A testet az elmozdulások, elfordulások ellen biztosítani kell, azaz közvetve, vagy közvetlenül a földhöz kell kapcsolni. A térben ezt hat **kötöttséggel** (k) érhetjük el, mely kötöttségeket együttesen **kényszereknek** hívjuk.

A kényszerekkel egymáshoz és az álló környezethez kapcsolt testek összességét, melyek erő felvételére illetve továbbítására alkalmasak, együttesen szerkezetnek nevezzük.

Tehát a merev test szabadságfoka a térben $s=6$, a stabil nyugalomhoz pedig $k=6$ szükséges. Ha egy test csak egy adott síkban, vagy azzal párhuzamosan tud mozogni, akkor síkmozgásról beszélünk. A síkmozgás három komponensre bontható: két tengely irányú haladó mozgásra és egy síkbeli forgó mozgásra. A merev test síkbeli szabadságfoka tehát $s=3$, a stabil nyugalomhoz pedig $k=3$ szükséges.

Az eddigiek értelmében, ha:

$k < s = 6$, akkor a test mozogni tud (mechanizmus), vagy labilis nyugalomban maradhat (labilis szerkezet);

$k = s = 6$, akkor a test nyugalomban van, a szerkezet *statikailag határozott*;

$k > s = 6$, akkor a test nyugalomban van, a szerkezet támasztás szempontjából statikailag határozatlan, az erőviszonyok egyértelműen csak a szilárdságtan módszereivel határozhatók meg.

A szerkezet nemcsak támasztás, hanem felépítés szempontjából is lehet statikailag határozatlan, ez esetben is a szilárdságtan adja a megoldás módszerét.

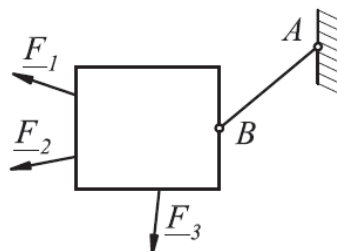
A kényszerekben keletkező, általuk a merev testre kifejtett erőket kényszererőnek, támaszerőnek vagy reakcióerőnek nevezzük. A külső erők aktív (F) erőrendszert, a reakcióerők passzív (A) erőrendszert alkotnak. Statikailag határozott esetben tehát írható:

$$[(F), (A)] \doteq 0, \quad (8.1.)$$

vagyis egyensúly jön létre.

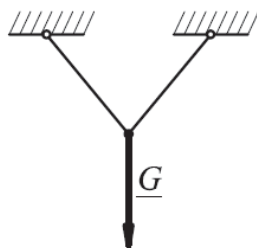
8.1.1. Síkbeli kényszertípusok

A **merev rúd** vagy támaszrúd. A 8.1. ábrán látható módon egy merev testhez hozzákapcsolhatunk egy merev rudat. A test a B pont körül elfordulhat, illetve a test B pontja el tudjon mozdulni AB-re merőlegesen, azaz csak a rúd irányú elmozdulást kötöttük meg ($k=1$, $s=2$).



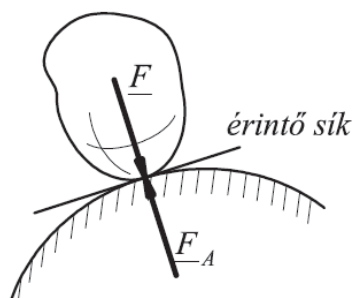
8.1. ábra. A merev rúd

A **kötél**. A 8.2. ábrán látható kifeszített kötél a merev rúd speciális esete, csak kötélikirányú húzóerő ébredhet benne, nyomóerő fellépésekor nincs funkciója. Felfüggesztésre vagy lehorgonyzásra jól használható ($k=1$, $s=2$).

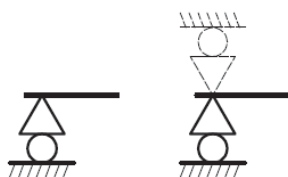


8.1. ábra. A kötél

A **megtámasztás**. A merev test egy elmozdíthatatlan felületre támaszkodik egy ponton (8.3. ábra). A reakcióerő támadási pontja az érintkezési pont, hatásvonala merőleges a közös érintősíkra ($k=1$, $s=2$). A gyakorlatban az ilyen jellegű megtámasztást csúszó vagy gördülő saruként alakítják ki, főként hidak esetében a hengersizekes megtámasztás kifejezést is használjuk. A megtámasztást az 8.4. ábrának megfelelően kettőzve gondoljuk, így a reakcióerő iránya tetszőleges lehet. A megtámasztás egy rúddal helyettesíthető.

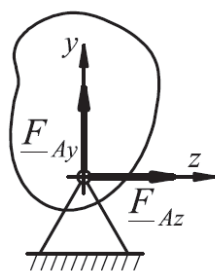


8.3. ábra. A megtámasztás elve

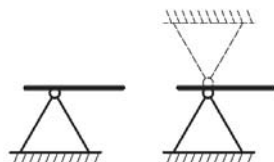


8.4. ábra. A megtámasztás jelképes ábrázolása

A **síkbeli csukló**. A síkbeli csukló olyan kényszer, ami úgy rögzíti a test egy pontját, hogy annak elmozdulását akadályozza, de a rögzítési pont körül az elfordulást megengedi (8.5. ábra). ($k=2$, $s=1$) A csuklóban ébredő reakcióerő támadáspontja a csuklóközéppont, a hatásvonala viszont az adott feladattól függően tetszőleges lehet. A rendszerbe vitt kötöttségek száma kettő, a reakcióerő két ismeretlen adata az erő nagysága és hajlásszöge, vagy másképp a reakcióerő két tengely irányú összetevője: F_{Ay} , F_{Az} . A síkbeli csukló jelképes ábrázolása a 8.6. ábrán látható, a síkbeli csukló két rúddal is helyettesíthető.

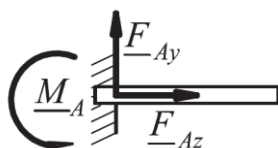


8.5. ábra. A síkbeli csuklóban ébredő reakcióerők

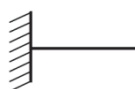


8.6. ábra. A síkbeli csukló jelképes ábrázolása

A **befogás** vagy befalazás. A merev test egyik végét mereven rögzítjük, a rendszerbe ezzel három kötöttséget viszünk (8.7. ábra). A szerkezet sem elfordulni, sem elmozdulni nem tud, tetszőleges külső erőrendszer hatására is egyensúlyban marad ($k=3$, $s=0$), azaz egymaga biztosítja a nyugalmat, minden terhelést kiegyensúlyoz. A befogás jelképes ábrázolása a 8.8 ábrán látható, a befogás három, nem közös metszéspontú rúddal is helyettesíthető.



8.7. ábra. A befalazáskor ébredő reakcióerők és reakciónyomaték



8.8. ábra. A befogás jelképes ábrázolása

Tanulmányaink során főként a síkbeli kényszerekkel találkozunk, de szükséges megemlíteni, hogy létezik térbeli csukló, mely a három irányú elmozdulást gátolja, befogás, mely a három irányú elmozdulást és három tengely körüli elfordulást akadályozza meg.

8.2. Egyensúlyi egyenletek, a reakció-erőrendszer meghatározása

A 8.1. fejezetben definiált reakció-erők tehát a terhelő erőrendszer hatására ébrednek a kényszerekben. A terhelő- és reakció-erők megkülönböztetése miatt rajzban a kényszert is meghagyjuk, bár a reakció-erő nem más, mint a kényszer hatását helyettesítő erő.

A kényszerek tárgyalásánál megismert szabadságfokok száma megegyezik az ismeretlen erőkomponensek számával, statikailag határozott megtámasztású szerkezetek esetén pedig a test szabadságfokainak számával egyező ismeretlen reakció-erő komponens keletkezik.

A 3.2 fejezetben megfogalmaztuk a statika alaptörvényét. A megfogalmazott egyensúlyi egyenletek síkbeli erőrendszer esetén három skaláregyenletnek felelnek meg:

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0, \sum_{i=1}^n F_{iz} = 0, \sum_{i=1}^n M_{iA} = 0 \quad (8.2.)$$

A reakció-erőrendszer részletes tárgyalására a 11. fejezetben kerül sor.