

Vizsgáljuk meg, milyen módon kerülhet a vonatról a sínre a betonelem! Bármilyen súlyosak is az elemek, a tömegük mégis lényegesen kisebb, mint a szerelvény tömege, ezért elhanyagolhatjuk a betonelemeknek a szerelvényre gyakorolt hatását. Az elemek csak az utolsó kocsról eshetnek a sínre. A légellenállás vagy a szél a nagy tömegű elemeket nem tudja lesodorni egy vagonról.

Ha a szerelvény gyorsul, akkor tehetetlenségük miatt az elemek *a)* lecsúszhatnak vagy *b)* ledőlhetnek a vagonról.

*a)* Nézzük az első esetet! Ekkor az elemeket a súrlódási erő gyorsítja. A lecsúszás feltétele tehát, hogy a tapadási súrlódási erő maximuma által létrehozott gyorsulás kisebb legyen, mint a szerelvény gyorsulása:

$$\mu mg/m < a, \quad \text{azaz} \quad \mu g < a.$$

Láthatjuk, hogy a lecsúszás feltétele az elemek tömegétől független.

*b)* Most nézzük a második esetet. A testre három erő hat: a nehézségi erő, a vagon aljának nyomóereje és az *ma* nagyságú tapadási súrlódási erő. Akkor dől el a betonelem, ha az ezen erők által létrehozott forgatónyomaték nem nulla. Mindhárom erő arányos az elem tömegével, így a forgatónyomaték a tömegtől függetlenül lesz nulla vagy nem nulla.

A rendőrség állításának indoklása tehát nem helyes.

Vajon mit mondhatunk a rendőrség véleményének első részével kapcsolatban (azaz hogy milyen körülmények között eshettek le az elemek a vonatról)? A lecsúszás esetét vizsgálva megállapíthatjuk, hogy normál körülmények között egyenes pályán a betonelem nem csúszhat le, mert  $\mu g$  értéke kb.  $2 - 5 \text{ m/s}^2$ , míg a gyorsulás értéke legfeljebb  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Előfordulhatnak viszont a súrlódási erőt csökkentő tényezők; a betonelemek esetleg henger alakúak is lehetnek és ekkor nem a csúszási, hanem a gördülési súrlódási együtthatóval kell számolnunk, így  $\mu g$  értéke  $0,5 \text{ m/s}^2$  alatt van, azonkívül télen lehet jeges a vagon rakfelülete, lehetnek apró kavicsok a betonelem alatt, de az is előfordulhat, hogy a rázkódás miatt az elem már a  $\mu mg$ -nél kisebb erő hatására is elmozdul. A betonelemeket szállító vagon gyorsulása is jelentősen nagyobb lehet, ha a mozdonyvezető álló helyzetből laza kapcsolokkal indítja a szerelvényt, vagy ha nem túl nagy sebességgel történő tolatás után a szerelvény hirtelen lefékez. Ha a vonat kanyarban halad, és a pálya nincs kellően bedöntve, akkor a centripetális gyorsulás értéke elérheti az elemek lecsúszásához szükséges értéket, és ekkor a betonelemek a párhuzamosan futó szomszédos sínpárra kerülhetnek.

A második esettel (ledőlés) kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy helytelen rakodás következtében (különösen ha több elemet kell egymásra helyezni) könnyen előfordulhat, hogy már egészen kis gyorsulásnál is eldőlnék a betonelemek.

*Barthos Levente* (Aszód, Petőfi S. Gimn., II. o. t.)  
dolgozata alapján