



Wolf Péter

RONCSOLÁSMENTES TEHERBÍRÁSMÉRÉS REPÜLŐTÉRI PÁLYABURKOLATOKON

BEVEZETÉS

A repülőterek létesítése és üzemeltetése során – csakúgy, mint a közutak esetén – fontos adat a burkolatok pontos teherbírása. A mindenkori pontos teherbírási értékek ismerete szükséges

- a meglévő burkolatok megerősítésének tervezéséhez,
- a burkolaton üzemeltethető géptípusok meghatározásához,
- a megfelelő üzemi szint fenntarthatóságához, a karbantartási munkák ütemezéséhez.

A megvalósult burkolatok pontos teherbírásának mérése korábban komoly nehézségekbe ütközött. Az építőanyagokkal végzett laboratóriumi tesztek – aszfaltrétegek fáradási, betonminták szilárdsági vizsgálata – nem tudták pontosan visszaadni a helyszíni körülményeket, ágyazási, beépítési, meteorológiai, terhelési viszonyokat, a helyszínen végzett vizsgálatok pedig véglegesen károsították az adott burkolatot.

A hatvanas évek közepén Dániában kezdődött el egy olyan módszer kidolgozása, amelynek segítségével roncsolásmentes módon meghatározható a meglévő burkolatszerkezetek teherbírása. Az első mérőberendezéseket a hetvenes és nyolcvanas évek fordulóján gyártották. A skandináv országokban és az Egyesült Államokban azóta elterjedt a módszer használata, de világszerte számos helyen (így Magyarországon is) alkalmaznak ejtősúlyos mérőberendezéseket. A módszer alkalmazásával a következőkre nyílik lehetőség:

- egyszeri mérési eredmények alapján pontosan tervezhetőek a szükséges felújítási, megerősítési munkák;
- lehetővé válik a meglévő burkolatszerkezetek teherbírásának (repülőterek esetén a PCN¹) tudományosan és műszakilag megalapozott meghatározása, az eredmények hivatalos formában való közzététele (repülőterek esetén az AIP²-ben);
- rendszeres mérések segítségével követhető az egyes burkolatok öregedése, optimalizálhatóak a karbantartási munkák, csökkenthetőek az üzemeltetési költségek, megnövelhető a burkolatok élettartama, tervezhetővé válnak a burkolat-felújítási munkálatok.

¹ PCN: Pavement Classification Number (burkolatosztályozási szám).

² AIP: Aeronautical Information Publication (Légiforgalmi Tájékoztató Kiadvány).

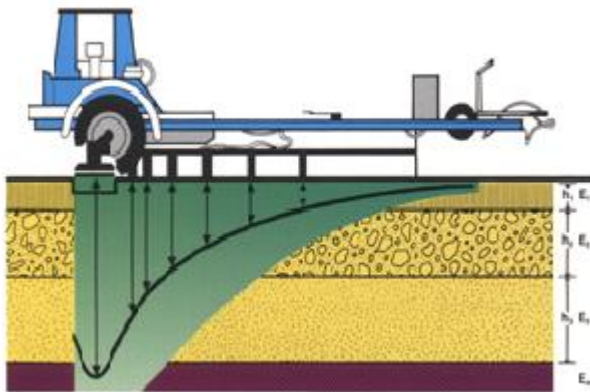
ELMÉLETI ALAPOK

A burkolatok méretezése a hatvanas évek eleje óta egyfajta analitikus-empirikus módszerrel történik. A modell a rugalmasságtanból ismert alapvető fizikai paraméterek és összefüggések használatával határozza meg az adott teher hatására a vizsgált burkolatszerkezet egyes pontjaiban ébredő igénybevételeket és elmozdulásokat. A módszer azonban kizárólag akkor ad pontos eredményt, ha az anyagjellemzők és a peremfeltételek ismertek – ezek azonban a gyakorlatban, a burkolatok megvalósítási helyszínén a legritkább esetben határozhatóak meg pontosan.

A burkolatok tönkremenetelét a határfeszültségnél nagyobb igénybevételek, illetve a maradó alakváltozások okozzák. Ezek azonban empirikus alapon csupán pontatlanul számíthatóak, mérni pedig csak úgy tudjuk őket, ha a mért burkolatrészt a tönkremenetelig terheljük – vagyis a mért adat megismeréséért cserébe feláldozzuk magát a burkolatot.

Az utóbbi időben a burkolatok teherbírásával foglalkozó mérnökök igyekeznek egyre kevesebb hangsúlyt helyezni a számítási modellek empirikus részére, és próbálnak olyan mérési és számítási módszereket kialakítani, amelyek segítségével a tönkremenetelt okozó, határfeszültségnél nagyobb igénybevételek, illetve maradó alakváltozások közvetlenül számíthatóak.

Ilyen módszer az ejtősúlyos behajlásmérés. A mérés során egy 120 kN (illetve nagyobb teherbírású burkolatok esetén 240 kN) súlyú terhet ejtenek a burkolatra, amelynek felületén ún. geofonokkal mérik a behajlásokat (pontosabban a gyorsulásokat, amelyekből behajlást számítanak). A módszer lényege abban áll, hogy a behajlást – a billenőkaros (Benkelman) módszerrel és a Lacroix mérőkocsival ellentétben – nem csak egy pontban, a súly mozgási energiáját átadó tárcsa középpontjában, hanem attól távolabb, több ponton is mérik (1. ábra.). Az így mért behajlási teknő alakjából – a burkolati rétegek vastagságának ismeretében – egyfajta fordított méretezési módszer alkalmazásával számíthatóak az egyes rétegek modulusai.



1. ábra. A behajlási teknő mérési elve.

Mivel a felmért „nyers” adatok megoldása nem adható meg zárt formában, egy adott behajlási teknőre számos „jó” megoldás létezik. Éppen ezért fontos a pályaszerkezet felépítésének legalább

közelítő ismerete, valamint az, hogy a mért adatok feldolgozását képzett szakember végezze. A számítás iterációs módszerekkel történik. Néhány évtizede még nehézkes lett volna a módszer napi alkalmazása, a mai számítógépeknek azonban nem jelent gondot a feladat számításigénye.

Az előadás keretében bemutatott számítógépes program több számítási módot is kínál a felhasználónak:

- a görbületi sugár módszere,
- a behajlási teknőhöz illeszkedő görbe módszere,
- végelelemes módszer,
- a lineáris rugalmasság módszere,
- az egyenértékű vastagságok módszere.

Az egyes számítási módokkal különböző pontosságot érhetünk el, figyelmen kívül hagyhatjuk, illetve figyelembe vehetjük az egyes paraméterek nemlineáris voltát, dolgozhatunk olyan pályaszerkezetekkel, amelyek egy gyengébb teherbírású, köztes réteget is tartalmaznak stb.

GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁS

Az ejtősúlyos behajlásmérő berendezéseket (FWD³ vagy HWD⁴) általában utánfutóra szerelik, és gépjárművel szállítják a mérés helyszínére, illetve ugyanígy mozgatják az egyes mérési pontok között. A mérések nagyobb kiterjedésű burkolatok – például futópályák, forgalmi előterek – esetében általában több sávon történnek. A korszerű berendezések távolságmérővel is fel vannak szerelve. A sáv végén való megforduláskor a szelvényezést a kezelő megfordítja, így a mérési helyek könnyen beazonosíthatóak. A mérési pontok helyének meghatározása történhet GPS-szel is.

A mérési helyre való beállítás után leeresztik a burkolatra a teherátadó tárcsát, valamint a behajlásmérő geofonokat. A tárcsa átmérője jellemzően 30 cm, a geofonok száma leggyakrabban 9, a tehertől legtávolabbi általában kb. 150 cm távolságban helyezkedik el. A berendezést általában hőmérsékletmérővel is felszerelik, mivel – elsősorban aszfalt burkolatok esetében – fontos adat a burkolat hőmérséklete. (Ez becsülhető az elmúlt 24 óra levegőhőmérséklete alapján, illetve mérhető lézeres hőmérővel. A legpontosabb azonban az, ha fűrt lyukban, kb. az adott burkolati réteg vastagságának felében mérik.) A mérési ponton a burkolat felületére eresztik a terhelést átadó tárcsát és a geofonokat, majd meghatározott magasságból leejtik a mérősúlyt. Általában egymás után több (három vagy öt) mérést is végeznek. A behajlásokat számítógép regisztrálja.

³ FWD: Falling Weight Deflectometer (ejtősúlyos behajlásmérő berendezés).

⁴ HWD: Heavy Weight Deflectometer (nehéz súlyos behajlásmérő berendezés).

Világszerte többen is foglalkoznak ilyen mérőberendezések gyártásával, fejlesztésével, forgalmazásával. A legismertebb berendezések az alábbiak:

- Dynatest (Dánia) (2. ábra),
- KUAB (Svédország),
- JILS (USA),
- Carl Bro (Dánia).



2. ábra. Kéttengelyes Dynatest 8081 HWD Debrecen Nemzetközi Repülőtér futópályáján.

A gyártók általában saját szoftvert (és oktatást) biztosítanak a mérőberendezésekhez. (Az Egyesült Államokban azonban létezik például egy katonai fejlesztésű szoftver is, a PCASE⁵, amely – a közpénzből készült fejlesztésekre vonatkozó általános amerikai szabályozásnak megfelelően – bárki által ingyenesen használható.)

SAJÁT TAPASZTALATOK, ESETTANULMÁNYOK

Cégünk, az Airport Consulting Kft. az elmúlt években több polgári repülőtéren végzett roncsolásmentes teherbírásmérést. A méréseket Mezőkövesd, Nyíregyháza és Pécs–Pogány repülőterek esetében a H-TPA Kft. munkatársai végezték a cég tulajdonában lévő Dynatest FWD berendezéssel. Debrecen Nemzetközi Repülőtéren – a burkolatok várhatóan magas teherbírása miatt –

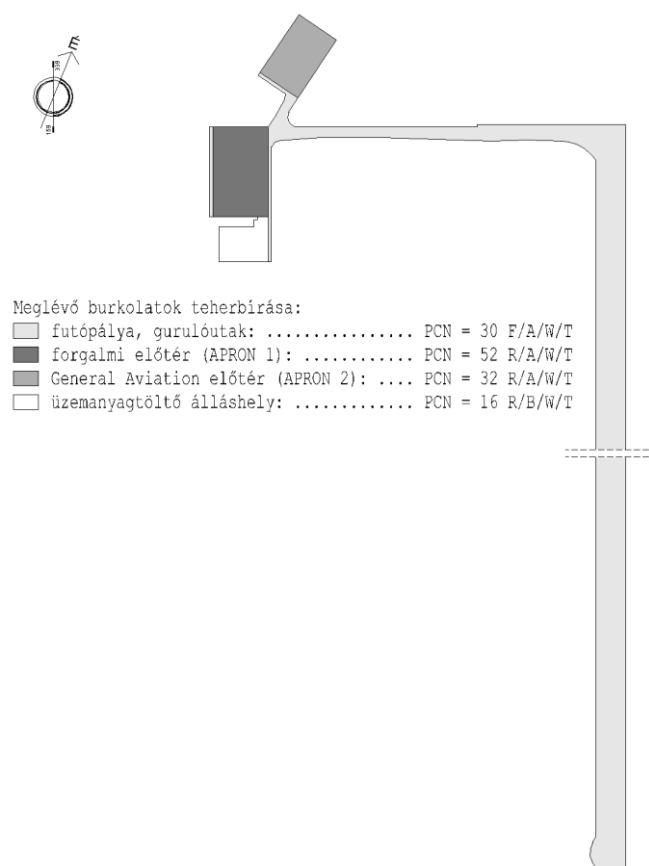
⁵ PCASE: Pavement-Transportation Computer Assisted Structural Engineering (burkolatokkal és közlekedéssel kapcsolatos számítógépes szerkezeti tervezés) – <https://transportation.wes.army.mil/pcase>

HWD berendezés alkalmazását irányoztuk elő, amelyet a belgrádi Institut za Puteve (The Highway Institute) biztosított, a méréseket is ők végezték.

Mezőkövesd Repülőtér esetében a repülőtér hasznosíthatósága, az üzemeltetői célnak megfelelő szükséges karbantartási, felújítási munkálatok meghatározása volt a mérések célja.

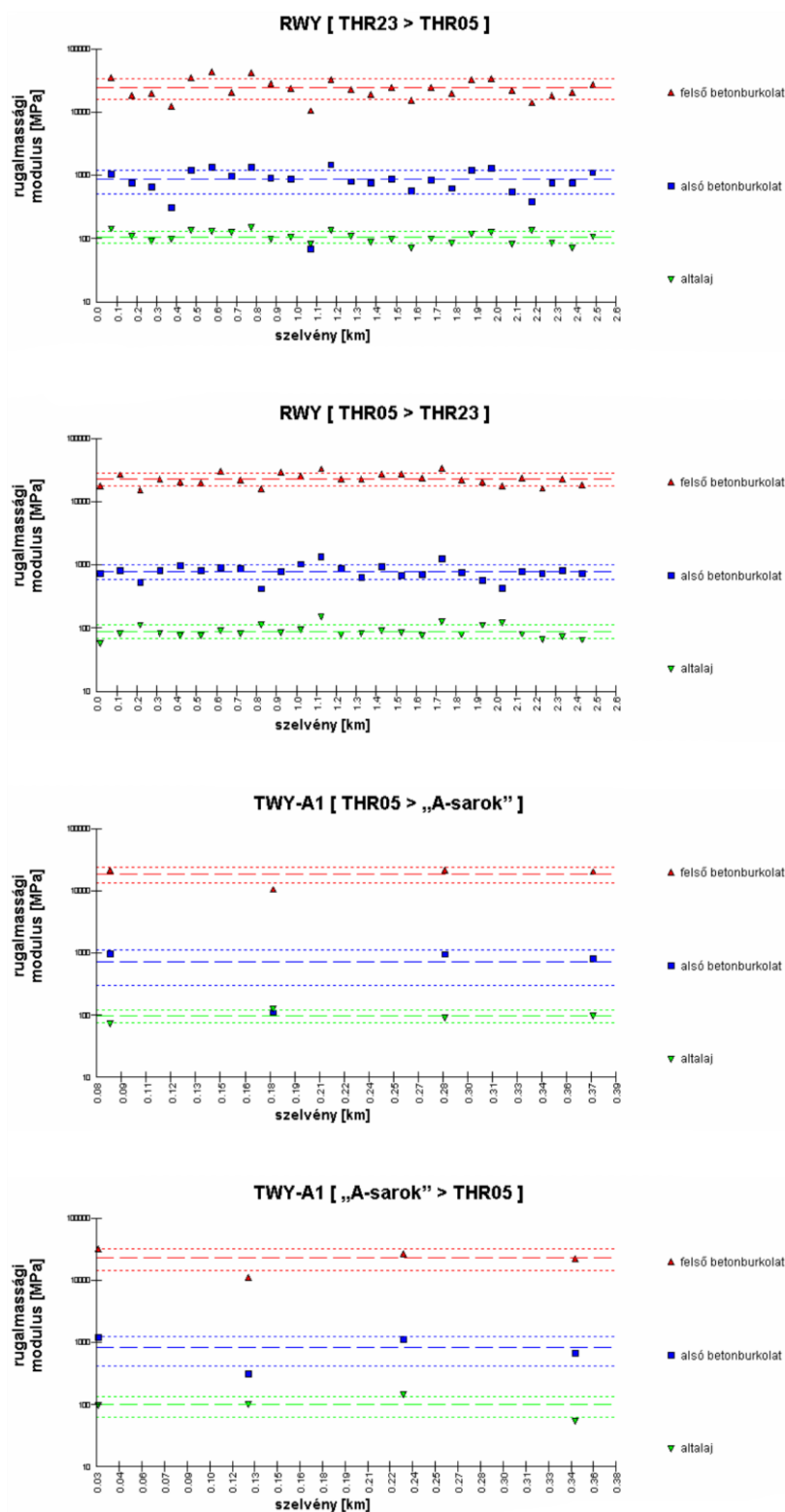
Nyíregyháza Repülőtéren az aszfaltburkolatok megerősítésének tervezéséhez szolgáltatott adatot a mérés. A burkolaterősítés előzetes méretezése hagyományos módszerrel történt: a burkolt felületek állapotát szemrevételezéssel felmértük, teherbírásukat pedig a megfelelő csökkentő tényezők alkalmazásával vettük figyelembe a méretezés során. Az ejtősúlyos behajlásmérés elvégzése után, az így kapott teherbírási adatokra támaszkodva ellenőrző és kiegészítő méretezést végeztünk. Az ejtősúlyos behajlásmérés kitűnően alkalmazható volt az egyes homogén burkolatszakaszok lehatárolására, a burkolatszerkezetek helyszíni feltárásával pedig a további feldolgozás is elvégezhető volt.

Pécs–Pogány Repülőtéren a mérések célja az volt, hogy a repülőtér üzemeltetője az AIP-ben pontos teherbírási értékeket közölhessen. A mérések emellett a tervezett burkolat-megerősítési munkák ellenőrzését is segítették. A mérések különböző teherbírású aszfalt- és betonburkolatokon készültek. (3. ábra.)



3. ábra. Pécs–Pogány Repülőtér – burkolatok teherbírása.

Debrecen Nemzetközi Repülőtérén a használatban lévő pályaelemek teljes állapotfelmérését végeztük el. A felmérés során szemrevételezéssel állapítottuk meg a burkolatok meghibásodásait, ezt egészítette ki a roncsolásmentes teherbírásmérés (4. ábra). A kétfajta felmérés adatait együttesen kezelve javasolt ütemezést adtunk a szükséges karbantartási és felújítási munkák elvégzésére.



4. ábra. Debrecen Nemzetközi Repülőtér – feldolgozott mérési eredmények.