

Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek egyszerűsített analitikus méretezése

Egy megkezdett kutatás részeredményeinek ismertetési célja, hogy az új építésű, aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek tervezéséhez és építéséhez olyan alternatív méretezési eljárást biztosítson, amely – a típusútpályaszerkezetek alkalmazásához képest – megnöveli az altalaj, illetve az épített pályaszerkezeti rétegek anyagi tulajdonságaiban rejlő lehetőségek jobb kihasználásának keretfeltételeit. Emellett lehetőséget teremt a helyi, környezeti, földrajzi és egyéb adottságok, illetve innovatív kivitelezői és műszaki képességek figyelembevételére, és egy olyan új, pályaszerkezet-méretezési szabályozást készít elő, amely az eddigieknél gazdaságosabb, tudományos megalapozottságú tervezés lehetőségét nyújthatja.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.5.2

Primusz Péter, PhD

Soproni Egyetem,
Erdőmérnöki Kar,
Geomatikai, Erdőfeltárási és
Vízgazdálkodási Intézet
e-mail: primusz.peter@uni-sopron.hu

–

Tóth Csaba, PhD

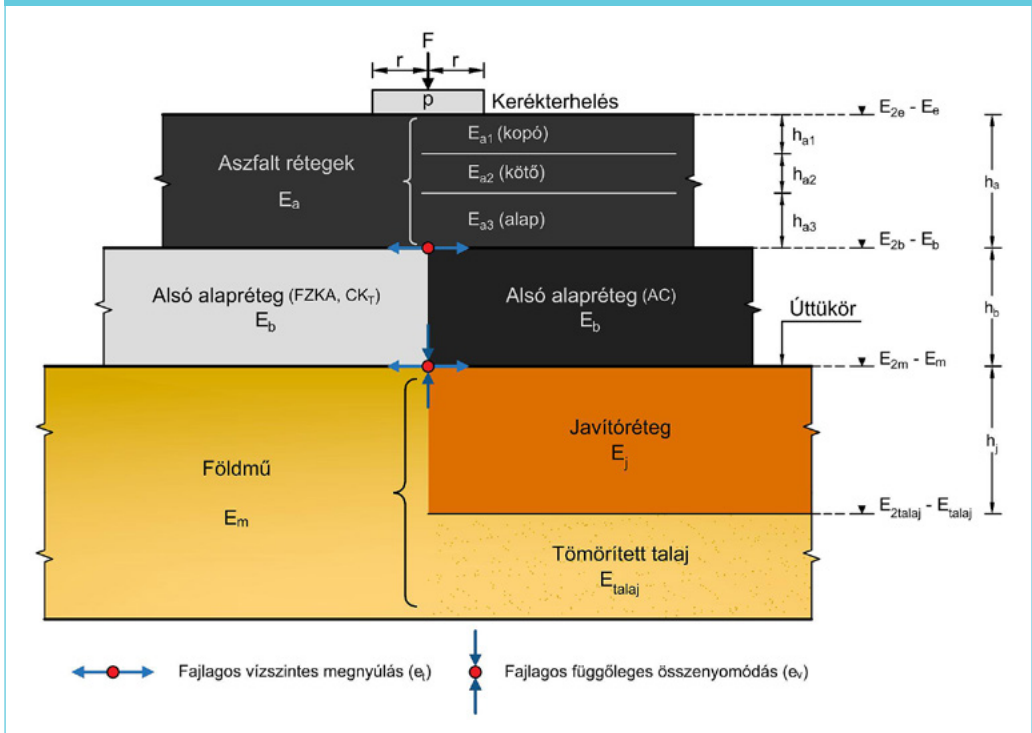
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Út és Vasútépítési Tanszék
toth.csaba@epito.bme.hu

1. ELŐZMÉNYEK

A hiányzó úthálózati elemek kiépítése, a meglévő hálózatok megerősítése, illetve felújítása minden országban kiemelt nemzetgazdasági érdek. A rendelkezésre álló források ugyanakkor világszerte – hazánkhoz hasonlóan – korlátozottak, így az ilyen irányú fejlesztések és beavatkozások tervezése szükségszerűen a legkorszerűbb módszerekkel kell, hogy történjen. Ugyanis bármennyi forrás áll rendelkezésünkre, csak korszerű, gondos és körültekintő tervezés képes elősegíteni a hatékony, alacsony költségű és/vagy magasabb szolgáltatási színvonalú, fenntarthatóbb műszaki megoldások kidolgozását.

Az útpályaszerkezet-méretezés és -megerősítés területén Magyarországon a kilencvenes évek elején lezajlott korszerűsítést követően érdemi fejlődés nem történt, jöllehet voltak érdemi javaslatok a továbbfejlesztésre, azok mostanáig nem épültek be a szabályozásba ([1]; [2]; [3]; [4]; [5]; [6]). Ennek következtében a nemzeti méretezési elvek mára elavultak, a technológia fejlődését a szabályozásunk nem követte nyomon. Az új magyar pályaszerkezet-tervezési eljárás [7] bár alapjaiban mechanikai méretezési módszert követ [8], az alkalmazandó szerkezet meghatározásakor csupán a típus-pályaszerkezetek katalógusból történő kiválasztását teszi lehetővé a gyakorló mérnök számára.

1. ábra: A méretezési modulusok és a pályaszerkezet általános rétegrendje



A jelenleg érvényes előírás a tervezési forgalom függvényében négy alapréteg variáció szerint adja meg a szükséges aszfaltvastagságot:

1. teljes aszfalt típus-pályaszerkezet: ahol az alsó alapréteg is hengerelt melegaszfalból készül,
2. kötőanyag nélküli szemcsés alapréteggel épült szerkezetek, ahol az alsó alapréteg lehet: mechanikai stabilizáció, szakaszos megoszlású, makadám rendszerű zúzottkő réteg vagy folytonos szemmegoszlású zúzottkő alap,
3. hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteggel épült pályaszerkezetek, ezen alapréteg esetén a tervező 150 és 200 mm vastag alapréteg közül választhat,
4. soványbeton alapréteggel épült pályaszerkezetek.

A katalógusrendszer használata széles körben ismert. A tervezési forgalom (TF) meghatározását követően a kapott értéket be kell sorolni terhelési osztályokba (A-R jelölés).

A szükséges pályaszerkezetek a forgalmi terhelési osztály függvényében olvashatók ki a katalógusból. A típus útpályaszerkezetek az aszfaltrétegek tömör összvastagságát tüntetik fel. Ezeket a vastagságokat később technológiailag ténylegesen beépíthető aszfaltrétegekre kell felosztania a tervezőnek.

Megjegyezve, hogy a soványbeton alaprétegek tervezése a reflexiók repedések kialakulásának kockázata [9] miatt leállt, illetve teljes aszfalt pályaszerkezet – bár az elvi lehetőség régóta rendelkezésre áll – gyakorlatilag Magyarországon nem épült, így a tervezési variációk száma a gyakorlatban négy helyett két alaprétegre szűkölt. Figyelembe véve továbbá, hogy az ország ásványvagyona nem nagy és a kőbányák területi eloszlása is egyenlőtlen, így a kő-

tőanyag nélküli szemcsés alaprétegek építése folyamatosan visszaszorult, és a hidraulikus alaprétegek tervezése és építése vált egyeduralkodóvá.

A típus útpályaszerkezetek kényelmes használata mellett, a napi tervezői feladatok egyre erősebben igényelték egy olyan hazai eljárást kidolgozást, amely egyszerre alkalmas új útpályaszerkezetek méretezésére és a meglévő útpályaszerkezetek felújítási és technológiai javaslatainak kidolgozására. Régi mérnöki elvárás az is, hogy a módszer képes legyen kezelni az anyagi tulajdonságokban rejlő lehetőségeket az egyes terv alternatívák műszaki összevetése mellett (pl.: többlet-élettartam vagy egyenértékű, de olcsóbb szerkezet).

A cikk egy olyan kutatás [10]¹ részeredményeit ismereti, amelynek célja az volt, hogy az új építésű, aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek tervezéséhez és építéséhez olyan alternatív méretezési eljárást biztosítson, amely – a típusútpályaszerkezetek alkalmazásához képest – megnöveli az altalaj, illetve az épített pályaszerkezeti rétegek anyagi tulajdonságaiban rejlő lehetőségek jobb kihasználásának keretfeltételeit, továbbá lehetőséget teremt a helyi, a környezeti, a földrajzi és az egyéb adottságok, illetve innovatív kivitelezői és műszaki képességek esetleges figyelembevételére.

A kutatás feltétele volt, hogy az új méretezési eljárás az érvényes magyar típus-pályaszerkezetekkel összehangolt, azzal együtt kezelhető legyen, azaz hagyja meg a megrendelői és tervezői választás szabadságát a két eljárás között. A javasolt eljárás kidolgozásakor a szerzők az útpályaszerkezet-méretezés analitikus eszközszerkezetének megalkotását tekintették elsődlegesnek. Az ezen túlmutató technológiai, geometriai, építési, minőségbiztosítási, illetve közlekedésbiztonsági követelmények teljes körű figyelembevételére az idő rövidege miatt nem volt lehetőség. E kérdések megválaszolása további kutatásokat igényel.

2. A MÉRETEZÉSI MÓDSZER ALAPELVE

Az eljárás az útpályaszerkezeteket rugalmas, végtelen izotróp féltéren – úttükör – fekvő, többrétegű hajlékony lemezekként kezeli [11], amelyeket vastagságuk (h), rugalmassági modulusuk (E) és Poisson-tényezőjük (μ) jellemez.

A felsorolt három paraméter ismeretében, a legfelső aszfaltréteg felszínén ható, egyenletesen megoszló, kör alakú terhelő felület hatására a többrétegű rendszer bármely belső pontjában létrejövő feszültség, megnyúlás és elmozdulás számítható (1. ábra).

Az eljárás az aszfaltrétegek alsó szálában ébredő vízszintes (ϵ_v) fajlagos megnyúlást, illetve közvetlenül az úttükör felszínén keletkező fajlagos függőleges (ϵ_v) összenyomódást tekinti kritikus igénybevételként. A módszer alkalmazásakor a megadott anyagparaméterek segítségével megalkotott modellben a kritikus helyeken – a terhelés tengelyében – meghatározva az ébredő igénybevételeket a szerkezet megfelel, ha ezek az értékek kisebbek az anyagi tulajdonságok alapján megengedhető határigénybevételek értékeinél.

2.1. A méretezés végrehajtásának lépései

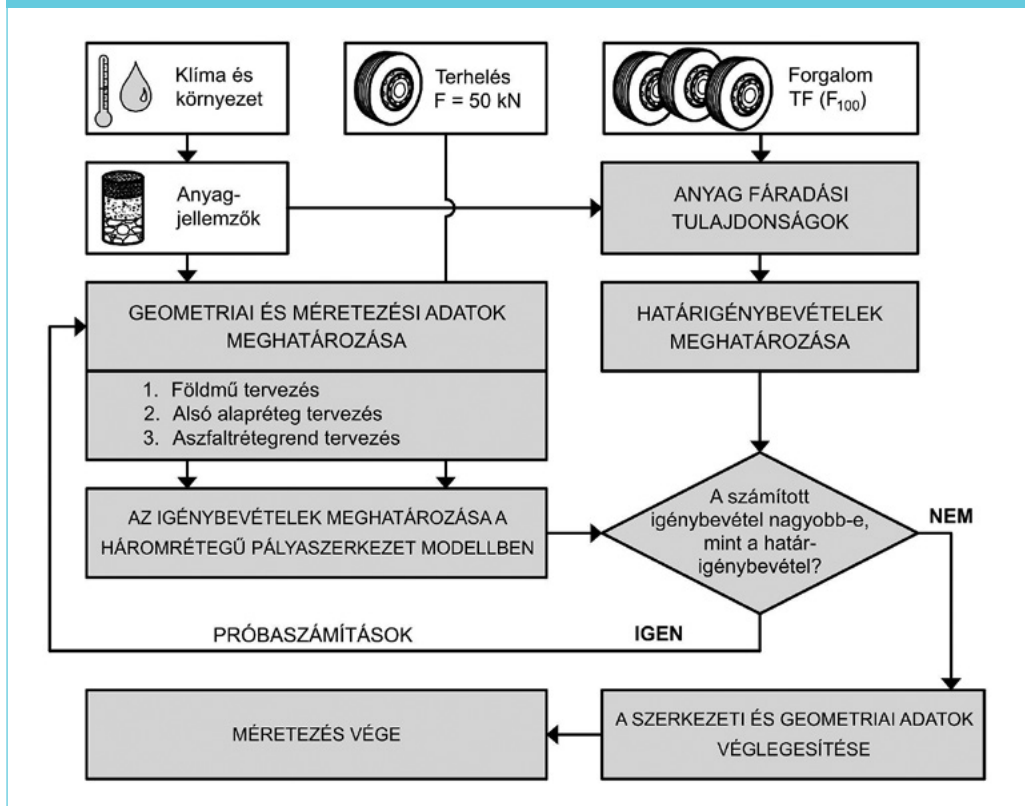
A 2. ábra a részletezett mechanikai méretezés folyamatát mutatja be. A méretezés kiinduló pontja az aszfaltburkolatú útpályaszerkezet háromrétegű modelljének megalkotása. A pályaszerkezeti rétegek háromrétegű modellre történő redukálását az ez a szükségessé, hogy az eljárás eredménye a meglévő típus-pályaszerkezet katalógusban szereplő típus-pályaszerkezetekkel közvetlenül összehasonlítható eredményt szolgáltatson. A számításokat a felparaméterezett, többrétegű mechanikai modell felhasználásával lehet elvégezni. A következő három rétegcsoportot különítjük el:

1. aszfalt rétegek,
2. alaprég(ek),
3. földmű (úttükör).

A méretezéskor a háromrétegű rendszer egyes rétegeihez anyagi jellemzőket (E , μ), illetve az aszfaltbeton és alsó alaprég(ek) esetén (h)

1 A kutatásban közreműködött: Gribovszki Zoltán, Igazvölgyi Zsuzsanna, Kalicz Péter, Kisfaludi Balázs, Markó Gergely, Péterfalvi József, Pethő László, Primusz Péter, Soós Zoltán, Szegedi Balázs, Szentpéteri Bolya, Tódor Dénes, Tóth Csaba

2. ábra: Az analitikus méretezési eljárás folyamatábrája



vastagságvértéket kell rendelni. A gazdaságos útpályaszerkezetek kialakításának érdekében javasolt, hogy a rétegmodulusok felülről lefele csökkenjenek, a vastagságok pedig növekedjenek.

2.2. Anyagjellemzők és rétegvastagságok felvétele

2.2.1. Földmű teherbírás tervezés

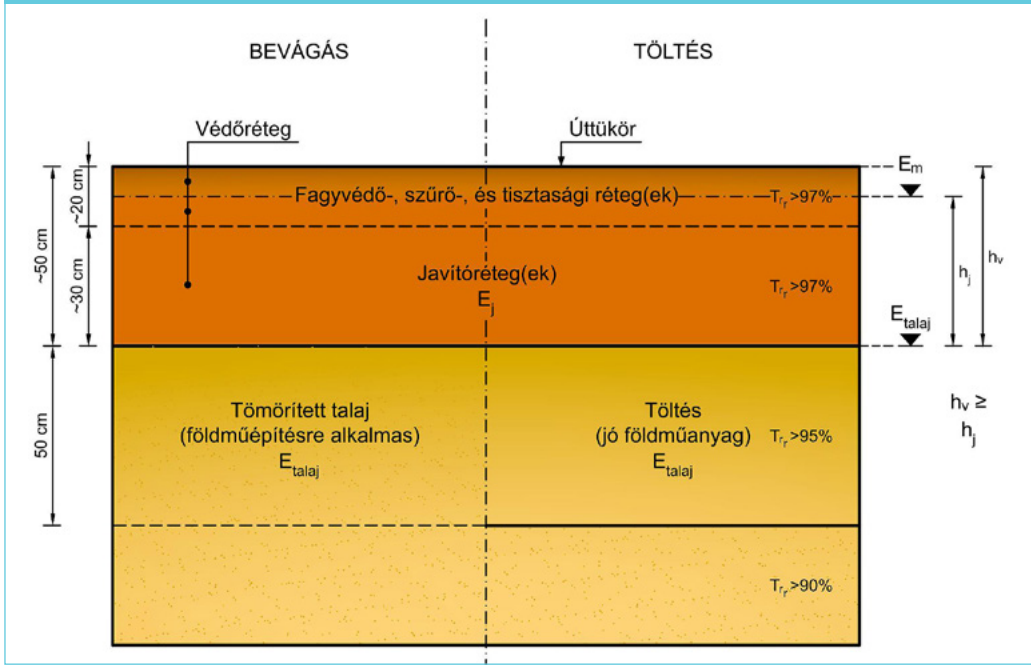
A jelenleg érvényes szabályozás az úttükör szintjén a földmű statikus méretezési teherbírasi modulusát $E_{2m} = 40$ MPa értékben rögzíti. Ezzel a megközelítéssel szemben, az új eljárás alkalmazásakor a tervező a legalacsonyabb ($E_{2m} = 40$ MPa) úttükör teherbírásnál magasabb (E_m) méretezési teherbírasi modulusot is választhat. Javasolt a helyi talaj és hidrológiai adottságokat kihasználva a lehető legjobb úttükör (E_m) teherbírás tudatosan megtervezni,

ezzel elkerülve, hogy a teljes pályaszerkezettel szemben elvárt teljesítményt csak az értéke-sebb pályaszerkezeti rétegek vastagságának növelésével lehessen biztosítani. A 3. ábra a földmű teherbírás tervezés általános modelljét mutatja be.

A bevezetett modellnek megfelelően a földmű teherbírás tervezés főbb lépései az alábbiak (4. ábra):

1. A tömörített talaj (E_{talaj}) teherbírasi modulusának meghatározása.
2. Az úttükör (E_m) méretezési teherbírasi modulusának kijelölése.
3. Abban az esetben, ha az E_{talaj} teherbírasi modulus alacsony, azaz $E_{talaj} \ll E_m$ és ez vastag pályaszerkezeti rétegek tervezését (és építését) követeli meg, javítórég tervezendő. Ellenkező esetben $E_m = E_{talaj}$ és a földmű teherbírás tervezésnek vége.

3. ábra: A földmű felső (2×50 cm-es) részének jellemző kialakítása a méretezőskor



4. A javítóréteg (E_j) teherbírasi modulusának meghatározása.
5. A tömörített talaj (E_{talaj}) és az úttükör (E_m) méretezési teherbírasi modulusának ismeretében a javítóréteg szükséges (h_j) vastagságának számítása.
6. A fagyvédő-, szűrő- és tisztasági réteg szükségességének ellenőrzése.

2.2.1.1. Az altalaj teherbírasi modulusának meghatározása

Az út tervezésekor készülő talajvizsgálati jelentés képezi a földműtervezés alapját. A talajvizsgálati jelentés az adott terület talaj- és talajvízviszonyait mutatja be helyszíni feltárások és laboratóriumi vizsgálatok alapján. A talajvizsgálati jelentés által feltárt és beazonosított talajok tartósan biztosítható (E_{talaj}) tervezési teherbírasi modulus értékeit laboratóriumi vizsgálatokkal kell meghatározni, figyelembe véve a földmű víztartalom változását és annak a teherbírásra gyakorolt hatását.

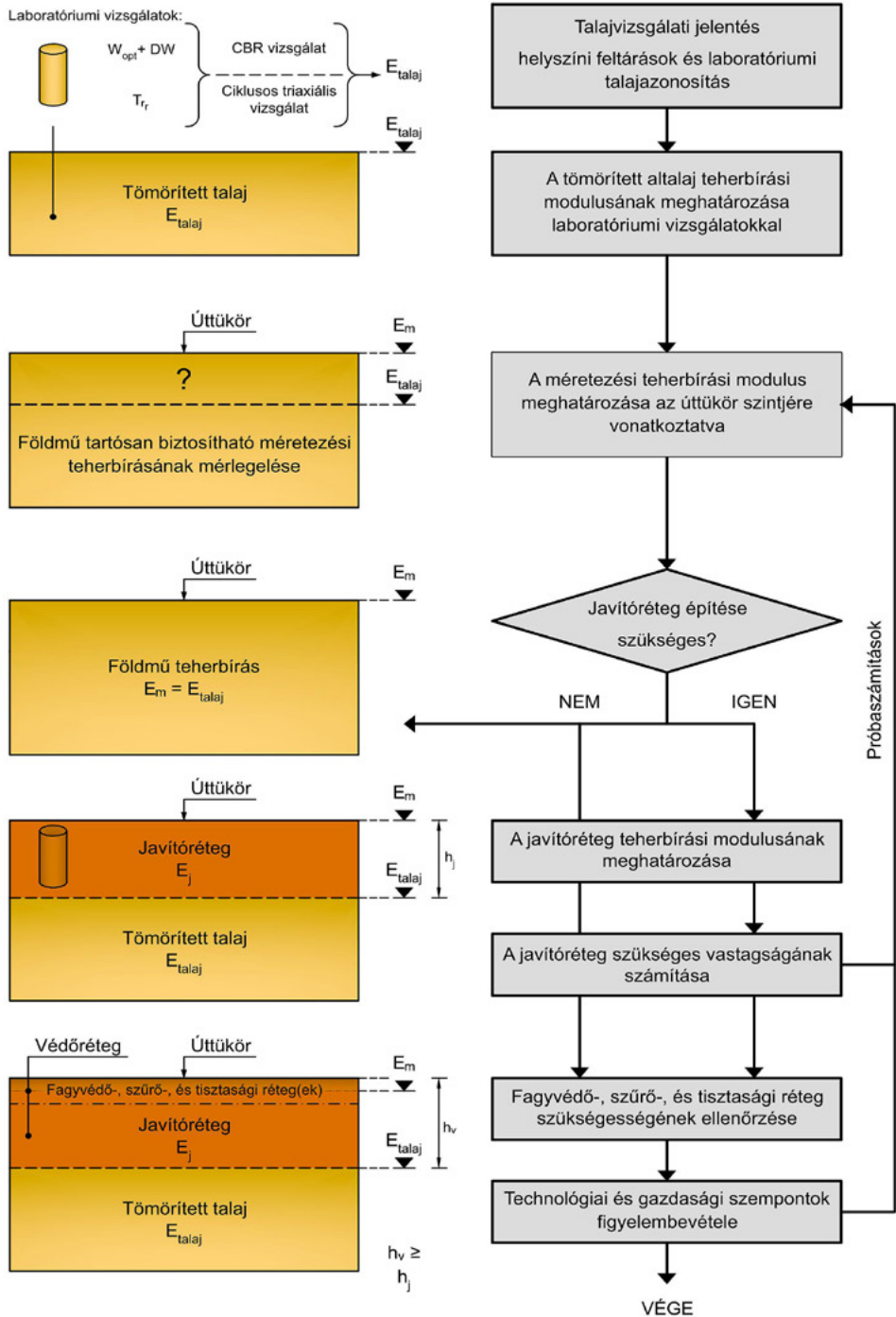
A laboratóriumi vizsgálatok számára előkészített talajminta tervezési (T_{rp}) tömörségi foka a

szemcsés talajoknál 95%, kötött talajoknál 90% legyen. A tényleges víztartalom a szabvány szerinti (w_{opt}) optimális víztartalomnál Δw értékkel legyen nagyobb. Ily módon a talaj teherbírasi modulusának laboratóriumi meghatározásakor egy jól tömörített, kissé elázott földmű építési körülményeit modellezzük. Az előzőeknek megfelelően előkészített talajminta tervezési teherbírasi modulusa (E_{talaj}) a talajok ciklusos terheléssel szembeni viselkedését leíró MSZ EN 13286-7:2004 szerinti triaxiális vizsgálat [12], vagy az MSZ EN 13286-47:2012 szerint CBR-vizsgálat [13] eredményéből becsült (M_r) reziliens modulus helyettesítendő ($E_{talaj} \approx M_r$). Az alternatív pályaszerkezet-méretezési eljárás altalajokra az (E_{talaj}) dinamikus teherbírasi modulus $E_{talaj} \leq 150$ MPa értékben maximalizálja, de a javítórétegek ennél magasabb értéket is felvehetnek.

2.2.1.2. A javítóréteg teherbírasi modulusának meghatározása

A javítóréteg különböző anyagok és eltérő technológiák alkalmazásával építhető meg. A földmű tervezésénél alkalmazható fő javítóréteg típusok:

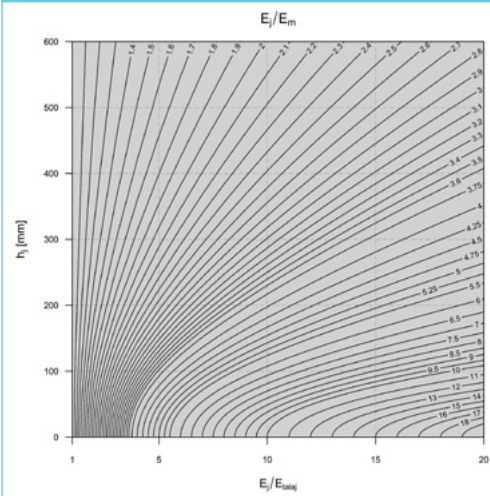
4. ábra: A földmű teherbírás tervezés folyamatábrája



1. kötőanyag nélküli szemcsés javítóréteg,
2. geoműanyaggal erősített szemcsés javítóréteg,
3. kötőanyaggal készülő talajstabilizációs javítóréteg.

A helyi viszonyok figyelembevételével meg kell vizsgálni a nagyobb teljesítményű javítóréteg alkalmazásának lehetőségét, hogy a pályaszerkezet műszaki-gazdasági optimalizálása elvégezhető legyen.

5. ábra: A földmű javítóréteg vastagságának meghatározása (E_{talaj} a javítandó talaj modulusa, E_j a javító réteg modulusa, E_m a javító réteg tetején elérendő teherbírás modulus, h_j a javítóréteg vastagsága)



A kötőanyag nélküli szemcsés javítóréteg készülhet az útépitési alapréteggént is használatos folytonos szemeloszlású zúzottkő vagy mechanikai stabilizáció felhasználásával. Egyéb szemcsés anyagú talajok is felhasználhatók javítóréteg építésre, de ez esetben a talajoknak kiváló vagy jó minőségű (M-1, M-2), jól tömöríthető (T-1) és fagyálló (X-1) osztályba kell tartozniuk. A szemcsés javítórétegek modulusa (E_j) laboratóriumban meghatározandó a talajoknál ismertetett ciklusos triaxiális vagy CBR-vizsgálatok eredményéből.

A szemcsés anyagú javítóréteg vastagsága hatékonyan csökkenthető geoműanyag

réteg(ek) beépítésével. Geotextiliákat, georácsokat, geowebeket és különböző kompozit geoműanyagokat lehet erre a célra felhasználni [14]. A rendkívül nagy választékban elérhető, különböző típusú és szilárdságú geoműanyagot gyártók a saját termékeikre kifejlesztett méretező diagramokkal és szoftverekkel rendelkeznek, így az úttükör teherbírás modulusát (E_m) minden esetben a gyártóval egyeztetett módon javasolt meghatározni. A geoműanyaggal erősített szemcsés javítóréteg vastagságának (h_j) ismeretében a geoműanyaggal erősített szemcsés javítóréteg teherbírás modulusa (E_j) az 5. ábra felhasználásával visszaszámolható és a pályaszerkezet méretezéséhez felhasználható.

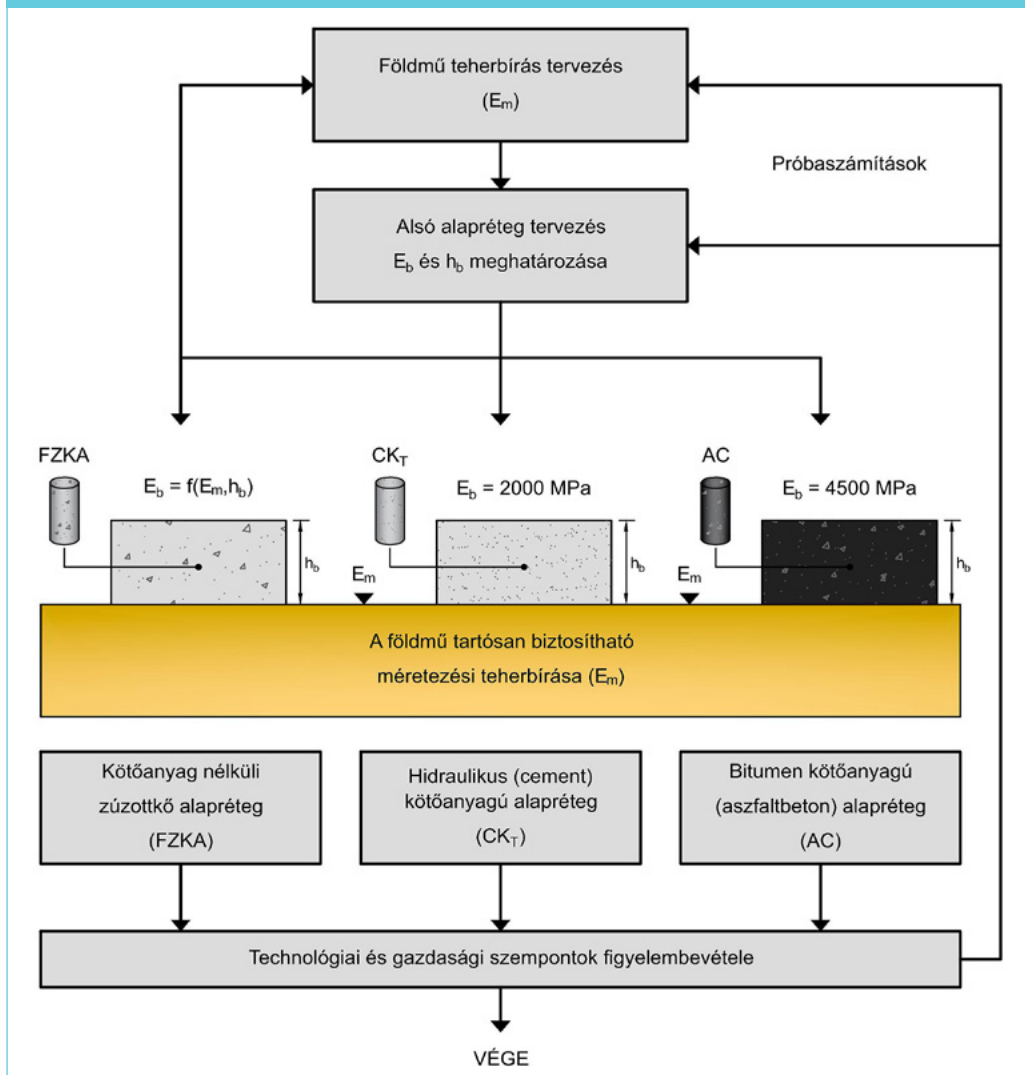
A kötőanyag hozzáadásával készülő talajstabilizációk legnagyobb előnye, hogy a helyben található talajok tulajdonságait úgy módosítja, hogy azok nedvességgel és fagyhatásokkal szemben ellenálló anyagokká válnak. A talaj tulajdonságaiban bekövetkező változásokat hosszú távon szükséges biztosítani, ezért tartóssági tesztet is tartalmazó laboratóriumi vizsgálatok elvégzése szükséges. Ezekkel igazolni kell, hogy a stabilizált réteg vízzel és faggal szemben tartósan ellenállóvá vált. Az eljárás ezekre a vizsgálatokra vonatkozóan nem ad előírásokat, azt az egyes kötőanyag típushoz vagy talajkezelési eljáráshoz tartozó műszaki előírás alapján szükséges elvégezni és kiértékelni.

A talajstabilizációs javítóréteg teherbírás modulusa (E_j) laboratóriumban meghatározandó a talajoknál ismertetett ciklusos triaxiális vagy CBR-vizsgálatok eredményéből számítható.

2.2.1.3. A javítóréteg vastagságának meghatározása

A tervező által előírt földmű-teherbírás érték biztosításához szükséges javítóréteg vastagságát a Burmister-féle differenciálegyenletekkel vagy az Odemark-féle egyenérték-vastagság módszerével javasoljuk meghatározni. A javítóréteg vastagságának meghatározásakor ismerni kell a javítóréteg alatti tömörített talaj (E_{talaj}) és a javítóréteg (E_j) teherbírás modulusát. Az ismert rétegmódulusok alapján az úttükör tervezett (E_m) teherbírás értékének

6. ábra: Az alsó alapréteg tervezés folyamatábrája



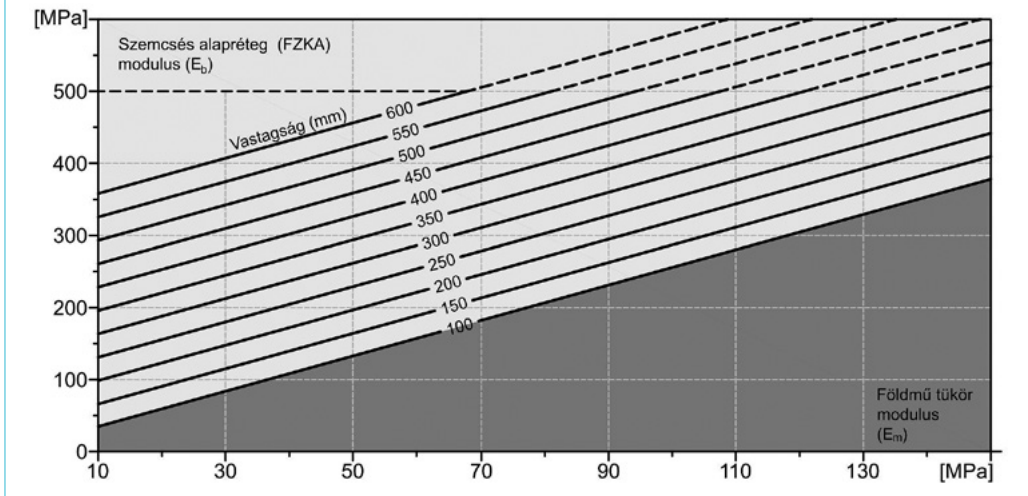
eléréséhez szükséges javítóréteg vastagság (h_j) az Odemark-féle egyenérték-vastagság alapján az 5. ábra segítségével határozható meg.

Az 5. ábra a javítóréteg modulusa (E_j) és vastagsága (h_j), a javítandó talaj (E_{talaj}) modulusa és a javítóréteg tetején (úttükör szintjén) elérhető modulus (E_m) közötti összefüggést tartalmazza. A számításhoz ismerni kell a javítóréteg modulusát, amit a tervezőnek célszerű laboratóriumban meghatározatni. A javítóré-

teg (h_j) tervezési vastagsága nem lehet kisebb a technológiai rétegvastagságnál. A javítóréteg vastagságába a fagyvédő réteg vastagsága, – ha eltérő anyagból épül – nem számítható be. Az egyenérték-vastagságon alapuló javítóréteg méretezést javasolja Adorjányi (2009) is, amit a következő számpéldával illusztrálunk:

A tömörített talaj $E_{\text{talaj}} = 20$ MPa értékű teherbírás modulusát egy $E_j = 195$ MPa modulusú szemcsés anyaggal javítják az úttükör szint-

7. ábra: Az FZKA alsó alapréteg modulusának meghatározása



jén tervezett $E_m = 65$ MPa értékű teherbírás modulusra. A 5. ábra vízszintes tengelyéről az $E_j/E_{\text{talaj}} = 9,75$ értéket az $E_j/E_m = 3,0$ interpolált görbére vetítve, a metszéspontot az ordinátatengelyre kivetítve kapjuk a javítóréteg ($h_j = 300$ mm) vastagságát. Megjegyezzük, hogy $E_j/E_m \approx 1,0$ esetén az adott javítóanyag (és teherbírás modulus) nem alkalmazható hatékonyan a célteherbírás eléréséhez.

2.2.1.4. A fagyvédő réteg tervezése

A fagyvédő réteg építésének szükségességét és vastagságát a fagyvédelemre vonatkozó érvényes műszaki előírás alapján kell meghatározni. A javítóréteg vastagsága beszámítható a fagyvédő réteg vastagságába, ha a beépített anyag a fagyvédelemre vonatkozó előírásokat kielégíti, és ugyanabból az anyagból készül, mint a fagyvédőréteg.

2.2.1.5. A tisztasági réteg tervezése

Kötött talajú földmű esetében az FZKA pályaszerkezeti alapréteg alá legalább 100 mm vastag szemcsés (homokos kavics) védőréteget kell tisztasági réteggént építeni, vagy geotextiliát kell helyezni a földmű felületére. A tisztasági réteg vastagsága nem számítható be a javítóréteg vastagságába.

2.2.1.6. A szűrőréteg tervezése

A pályaszerkezetbe jutó vizek kivezetésére

vagy a kapillaris vízelmelkedés megszakítására alkalmazott szűrőréteget úgy kell megtervezni és elkészíteni, hogy a vízvezető, szűrő és megtámasztó funkcióját egyszerre el tudja látni. Ennek biztosítására a tervezői gyakorlat a Terzaghi-féle [15, 16] vagy a szigorúbb szűrési feltételeket kielégítő ún. svájci szűrőszabályt alkalmazza. A szűrőréteg minimális vastagsága 100 mm, gyakori értéke 150 mm. A szűrőréteg vastagsága nem számítható be a javítóréteg vastagságába.

2.2.2. Alap réteg(ek) tervezése

Az alternatív pályaszerkezet-méretezési eljárás esetén az alapréteg készülhet kötőanyag nélküli zúzottkőből vagy kötőanyaggal stabilizált keverékekből. A kötőanyag szerint megkülönböztetünk:

- hidraulikus (cement) kötőanyaggal, és
- bitumen kötőanyaggal szilárdított alaprétegeket.

Az alapréteg méretezésének folyamatát az 6. ábra foglalja össze.

2.2.2.1. Kötőanyag nélküli (szemcsés) alsó alapréteg

A kohézió nélküli szemcsés anyagok teherbírás modulusa nagymértékben a feszültségi állapotuk függvénye, ami azt jelenti, hogy saját modulusuk nincs. Ennek megfelelően elvi-

leg nem lehetséges egy konkrét modulusérték meghatározás a méretezési számítások elvégzéséhez. Különböző regressziós kiértékelések alapján van mód viszonylag megbízható méretezési paraméterértékek meghatározására. A kötőanyag nélküli szemcsés anyagok közül a folytonos szemeloszlású zúzottkövek (FZKA) használhatók pályaszerkezeti alsó alapréteg(ek) építésre, tekintettel a nagy forgalmi terhelésre ($TF > 1$ millió). Az FZKA réteg – pályaszerkezeten belüli – modulus becslése (E_b) a tervezett úttükrő teherbírás (E_m) és az alsó alapréteg vastagságának (h_b) függvényében a 7. ábrán látható diagrammal vagy az alábbi egyenlet felhasználásával történhet:

$$E_b = 2,46 \cdot E_m + 0,64 \cdot h_b - 54,3 \quad (1)$$

ahol

E_b : az FZKA alsó alapréteg modulusa [MPa]

E_m : az úttükrő tartósan biztosítható méretezési modulusa [MPa]

h_b : az FZKA alsó alapréteg vastagsága [mm]

Az (1) egyenlet $10 \text{ MPa} \leq E_m \leq 150 \text{ MPa}$ és $100 \text{ mm} \leq h_b \leq 800 \text{ mm}$ határok között, 25 mm-es lépésközökkel alkalmazható azzal a megszorítással, hogy az FZKA réteg modulusára teljesülni kell az $E_b \leq 500 \text{ MPa}$ feltételnek is. Az FZKA réteg tervezhető minimális (h_b) vastagsága 100 mm, maximális vastagsága 800 mm, a Poisson-tényező értéke $\mu=0,40$. A kidolgozott (1) egyenlet Barker és társai (1977) munkáján alapul. Az FZKA alsó alap gyakori (h_b) vastagsága 200-300 mm között van. A méretezésnél használt (h_b) vastagságot végül építési (v) vastagságokra kell felbontani, itt figyelembe kell venni, hogy a legnagyobb szemcseméret (D_{max}) a tömör rétegvastagság 1/3-ánál nem lehet nagyobb:

$$D_{max} \leq \frac{1}{3} \cdot v \quad (2)$$

ahol „ v ” az egy terítésben épített és tömörített réteg vastagsága, általában 100-200 mm. Az FZKA alaprétegek tervezésénél mindig meg kell vizsgálni, hogy fennáll-e az altalaj esetleges elnedvesedését követően a felnyomódás kockázata, ha igen, akkor azt a földmű teher-

bírás tervezésénél tisztasági réteg, geotextília vagy meszes-, cementes talajstabilizáció betervezésével meg kell akadályozni.

2.2.2.2. Hidraulikus (cement) kötőanyagú alsó alapréteg

A hidraulikus kötőanyagú alaprétegek a hazai útügyi kutatások mostohán kezelt területét képezik, hiszen itt az utóbbi évtizedben releváns eredmények nem születtek, noha mind a rétegek szilárdságával mind fáradási tulajdonságaival szemben merültek fel kételyek. Jelen kutatásban kénytelenek voltunk korábbi, irodalmi adatokra [8] támaszkodni. Hangsúlyozzuk azonban, hogy az alább megadott paraméterek mielőbbi pontosítása szükséges. A hidraulikus (cement) kötőanyagú alsó alapréteg méretezésekor figyelembe vehető mechanikai jellemzői:

Rétegmodulus: $E_b = 2000 \text{ MPa}$

Poisson-tényező: $\mu=0,20$

A tervezhető minimális (h_b) vastagsága 150 mm, maximális vastagság 250 mm, amely 25 mm-es lépésközökkel változtatható.

2.2.2.3. Bitumen kötőanyagú (aszfaltbeton) alsó alapréteg

A bitumen kötőanyagú (aszfaltbeton) alsó alapréteg előírt szemeloszlással rendelkező köanyag és útépitési bitumen meleg keverésével és betömörítésével előállított pályaszerkezeti alapréteg. Teljes aszfalt pályaszerkezet esetén az aszfaltbeton (AC) anyagú alsó alapréteg méretezésekor figyelembe vehető mechanikai jellemzői:

Rétegmodulus: $E_b = 4500 \text{ MPa}$ (20°C)

Poisson-tényező: $\mu=0,35$

A tervezhető minimális, illetve maximális (h_b) vastagságok megválasztásánál be kell tartani az építhető vastagságokra vonatkozó követelményeket. Teljes aszfalt pályaszerkezet esetén a mértékadó (ϵ) megnyúlást nem az aszfaltrétegek alján, hanem az alsó aszfaltbeton (AC) alapréteg alján kell meghatározni.

2.2.3. Aszfalt rétegrend tervezés

Az aszfaltrétegek modulusa erősen függ a pályaszerkezet pillanatnyi, de egész évben folyamatosan változó hőmérséklettől. A hő-

1. táblázat: A méretezéshez használható egyenértékű aszfaltmodulusok

Aszfalt réteg	Egyenértékű aszfalt modulus [MPa] 20°C	Az aszfalt keverék bitumen térfogata [%]	Poisson-tényező
Kopó	4 000	12,8	0,35
Kötő	5 800	11,4	0,35
Alap	4 500	11,0	0,35

mérsékletfüggés miatt a többrétegű pályaszerkezet modellekben a hátralévő élettartam meghatározása a különböző nagyságú aszfalt modulusok miatt hosszadalmas és bonyolult számolás sorozatot tenne szükségessé. Ehelyett jelen eljárás – felhasználva a Miner-féle fáradási összefüggést –, rétegenként olyan egyenértékű hőmérséklet és aszfaltmodulus értékeket használ, amelyek ha a teljes év alatt változatlanok lennének, akkor ugyanakkora fáradási kár keletkezne a pályaszerkezetben, mint a különböző hőmérsékletek eltérő aszfaltmodulusaival számolt igénybevételek összegzett hatása [18].

Az aszfalt kopó-, kötő- és alapréteg tervezési paramétereit az 1. táblázat foglalja össze. A méretezés szempontjából a normál és a polimerrel módifikált bitumennel (PmB) kevert aszfaltok modulusa megegyezik. A különböző modulusú aszfaltrétegeket egy réteggé kell összevonni a háromrétegű pályaszerkezeti modell felállításához [19, 20]. Két aszfaltréteg összevont modulusa egyenlő az alsó réteg modulusával $E_a = E_{a2}$, vastagsága (h_a) pedig a (3) egyenletben közölt súlyfüggvény segítségével számítandó:

$$h_a = \left[\frac{A^4 + 4 \cdot A^3 \cdot N + 6 \cdot A^2 \cdot N^2 + 4 \cdot A \cdot N^3 + N^4}{(A+1)^3 \cdot (A+N)} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_{a1} + h_{a2}) \quad (3)$$

ahol

$$A = \frac{h_{a2}}{h_{a1}} \quad \text{és} \quad N = \frac{E_{a1}}{E_{a2}}$$

E_a : az aszfaltrétegek egyenértékű modulusa [MPa]

E_{ai} : az i-ik aszfaltréteg modulusa (i=1...n) [MPa]

h_a : az aszfaltrétegek egyenértékű vastagsága [mm]

h_{ai} : az i-ik aszfaltréteg vastagsága (i=1...n) [mm]

Az aszfalt rétegeket felülről lefele számozva, E_{a1} ; E_{a2} és E_{a3} merevségű és h_{a1} ; h_{a2} és h_{a3} vastagságú aszfaltrétegek fekszenek az alsó alaprétegen vagy földművön. A felső két aszfaltréteg összevonása alapján a többrétegű rendszer az alábbi lépésekben alakítható át:

1. Felülről az első (E_{a1} , h_{a1}) és második (E_{a2} , h_{a2}) pályaszerkezeti rétegeket egyenértékű réteggé összevonva, az eredmény egy $E_a = E_{a2}$ és h_a paraméterekkel jellemzett réteg.
2. Az egyenértékű réteget (E_a , h_a) a sorban következő (E_{a3} , h_{a3}) réteggel összevonva állítható elő egy újabb $E_a = E_{a3}$ és h_a paraméterekkel jellemezhető réteg.
3. Az első két lépés egészen addig folytatható, amíg az alsó alap vagy a földmű feletti összes aszfaltréteg összevonása meg nem történik, az eredeti rétegrenddel egyenértékű réteggé (E_a , h_a).

Az aszfaltburkolati rétegek a modellszámítás alatt egy E_a és h_a paraméterekkel jellemzett ún. egyenértékű aszfalt réteggel kerülnek figyelembevételre.

2.3. Igénybevételek számítása a pályaszerkezetben

Az útpályaszerkezetek méretezésekor használt háromrétegű mechanikai modell egyes rétegeinek anyag jellemzőit:

- a. „E” rugalmassági modulusok [MPa],
 - b. „ μ ” Poisson-tényezők [-], illetve
 - c. „h” rétegvastagságok [mm]
- képviselik.

A terhelést a 100 kN nagyságú egység tengely egyik kerekének terhelő ereje (50 kN) jelenti

egy $r=150$ mm sugarú körtárcsa felületén meg-
szóló $p=0,7$ MPa nyomás alakjában.

Már egy valóságos útpályaszerkezet háromré-
tegű rendszerrel történő helyettesítése is jelen-
tős egyszerűsítés, azonban az igénybevételek
meghatározása még ebben az esetben is nagy
számítási munkát jelent és a gyakorlati alkalmazhatóság grafikonok és táblázatok nehézkes
vagy számítógépes programok egyszerűbb
használatát igényli. Erre tekintettel a jelen is-
mertetett eljárás támogatására a számítások
végrehajtásához elektronikusan elérhető szoft-
ver készült (ELZA). Ezen számítások elvégzé-
séhez számos arra alkalmas, – a kereskedelmi
forgalomban hozzáférhető – méretező szoftver
(pl. Bitumen Stress Analysis in Roads (BISAR),
WESLEA for Windows) használható.

A megfelelő számítástechnikai támogatással
a háromrétegű pályaszerkezetmodellben az
alábbi igénybevételek határozandók meg a ter-
helés tengelyében:

A. Az aszfaltréteg alsó szálában értelmezett
(ϵ_t) nyúlás microstrainben kifejezve:

$$\epsilon_t = \epsilon_{\text{mértekadó}}^{\text{aszfalt}} \quad (\mu\text{strain})$$

B. A földmű tetején értelmezett (ϵ_v) összenyo-
módás microstrainben kifejezve:

$$\epsilon_v = \epsilon_{\text{mértekadó}}^{\text{földmű}} \quad (\mu\text{strain})$$

2.3.1. Határigénybevételek meghatározása

2.3.1.1. A pályaszerkezet méretezési forgalom meghatározása

A tervezési forgalom (TF [F100]) meghatá-
rozása nem tér el a jelenleg érvényes magyar
gyakorlattól, azzal a megkötéssel, hogy jelen
eljárás alkalmazása csak 1 millió egységten-
gely áthaladási szám felett engedélyezett.

2.3.1.2. Az anyagokra jellemző fáradási tulaj- donságok meghatározása

Az analitikus méretezési eljárás egyik krité-
riuma, hogy az együttdolgozó aszfaltrétegek
alján ébredő húzási nyúlások ne legyenek na-
gyobbak, mint az illető terhelési szint fáradási
határigénybevétele az illető aszfaltanyag Wöh-

ler-görbéje alapján. Adott terhelési szinthez
tartozó megengedett egységtengety áthaladási
szám az alábbi (4) összefüggéssel határozható
meg [21]:

$$N_{eng} = \frac{F}{SF} \left[\frac{10^4 \cdot (0,856 \cdot V_b + 1,08)}{E_a^{0,36} \cdot \epsilon_t} \right]^5 \quad (4)$$

ahol

N_{eng} : a megengedett (F100) egységtengety át-
haladási szám [db]

V_b : a bitumen térfogata az 1. táblázat szerint
[%]

E_a : az aszfaltréteg modulusa az 1. táblázat sze-
rint [MPa]

ϵ_t : a számított vízszintes fajlagos megnyúlás
[μstrain]

SF : a shiftfaktor, értéke az alsó burkolatalap
típusának függvényében változik

F : a biztonsági tényező, értéke az alsó pálya-
szerkezeti aszfaltréteg típusának megfelelően
változik

Shift faktor (SF) értéke:

kötőanyag nélküli (szemcsés) alsó alapréteg
(FZKA): SF = 3,00

hidraulikus (cement) kötőanyagú alsó alapré-
teg (CKT): SF = 2,50

bitumen kötőanyagú (aszfaltbeton) alsó alap-
réteg (AC): SF = 5,00

A kutatásban megfogalmazott megrendelői
elvárás szerint megkülönböztettük a hagyó-
mányos és a modifikált kötőanyagú aszfaltke-
veréseket is. Tekintettel arra, hogy megbízható
hazai kutatási eredmények nem állnak rendelkezésre a különböző kötőanyagok közötti aszfaltmechanikai paraméterek vonatkozásban, így a modifikáció feltételezett hatását, indirekt módon egy ún. biztonsági tényező (F) bevezetésével vettük figyelembe:

hagyományos útépitési bitumen (normál): F = 1,00
polimerrel módosított bitumen (PmB): F = 1,50

A forgalom és a fáradási egyenes alkalmazása lehetővé teszi a megengedhető nyúlások vagy feszültségek meghatározását. A (4) összefüggést átalakítva, $N_{eng} = TF$ jelölést bevezetve, kapjuk a tervezési forgalomhoz tartozó megengedett vízszintes fajlagos megnyúlás értékét (5):

$$\varepsilon_{eng}^{aszfalt} = \left(\frac{F}{SF}\right)^{0,2} \cdot \frac{10^4 \cdot (0,856 \cdot V_b + 1,08)}{E_a^{0,36} \cdot TF^{0,2}} \quad (5)$$

ahol a változók a korábbiak szerint értelmezendők. A földmű összenyomódás kritériumra - mivel szintén nem állt rendelkezésre releváns hazai kutatási eredmény - a belga CRR útügyi kutatóintézet [22] módosított (szigorúbb) összefüggése alkalmazandó a következő összefüggés (6) szerint:

$$\varepsilon_{eng}^{földmű} = \frac{6000}{TF^{0,23}} \quad (6)$$

ahol

$\varepsilon_{eng}^{földmű}$: a megengedett függőleges fajlagos megnyúlás [μ strain]

TF : a tervezési forgalom (F100) egységtengely áthaladási számban [db]

2.3.2. A méretezés végrehajtása

Az analitikus méretezés elve szerint, a terhelésből adódó mértékadó igénybevételek a tervezési élettartam alatt várható egységtengely áthaladási szám alapján meghatározott megengedett igénybevételeket nem haladhatják meg. Ennek ellenőrzése az alábbiak szerint történik:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{mértékadó}^{aszfalt} \leq \varepsilon_{eng}^{aszfalt}$$

és

$$\varepsilon_v = \varepsilon_{mértékadó}^{földmű} \leq \varepsilon_{eng}^{földmű}$$

Ha a számított – mértékadó – igénybevétel nagyobb, mint a megengedett határigénybevétel, akkor a szerkezet NEM felel meg. Az anyagjellemzők és a rétegvastagságok újraszámítása szükséges. Ha a számított – mértékadó – igénybevétel kisebb, mint a megengedett

határigénybevétel, akkor a szerkezet mechanikai szempontból MEGFELEL, és a túlméretezés ellenőrzése után a rétegvastagságokat véglegesíteni kell az alkalmazott technológiának megfelelően.

Gondosan kell eljárni a vékony aszfalrétegek tervezésénél, különösképpen merev alsó alaprétegek esetén, mivel a pályaszerkezetben ébredő igénybevételek két vastagsági érték esetén is kielégíthetik az előző követelményt. A kétértelmű megoldások elkerülésének és a repedéssättükröződés kockázatának minimalizálásának érdekében, a CK_1 alsó alaprétegre épített aszfalt pályaszerkezetek minimális aszfaltvastagság 150 mm-nél nem lehet kisebb.

2.3.3. Az útpályaszerkezet fagyvédelmének ellenőrzése

A méretezett útpályaszerkezetet a fagy- és az olvadási károk megelőzése érdekében ellenőrizni kell, illetve a fagyvédóréteg szükséges vastagságának méretezését és tervezését el kell végezni. Ha nem megfelelő, a rétegek vastagságát vagy anyagát szükséges megváltoztatni és a méretezést újra elvégezni.

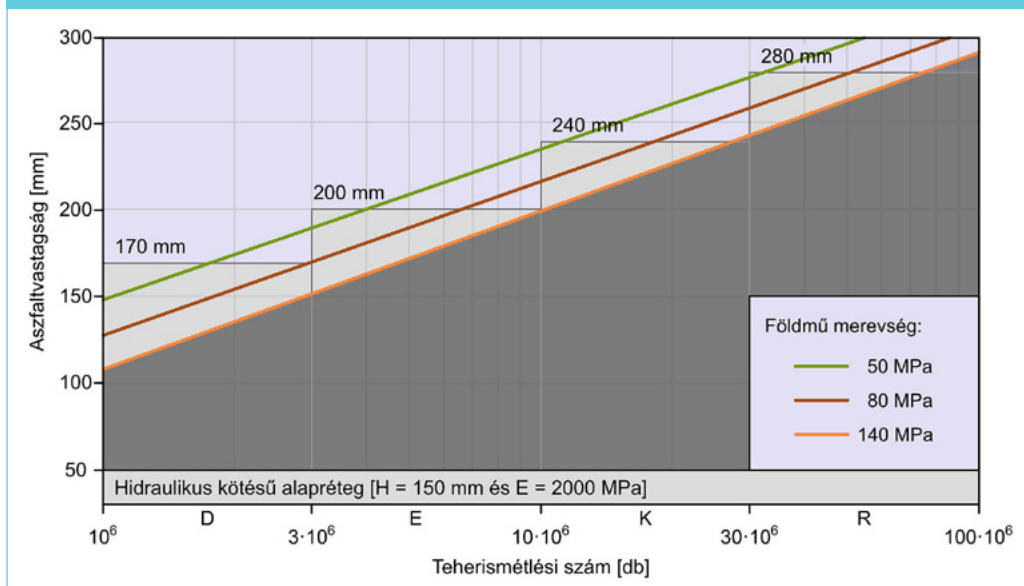
2.3.4. A pályaszerkezetek javasolt műszaki egyenértékűsége

Tekintettel arra, hogy az útpályaszerkezetek tervezett és megvalósult élettartama közötti különbség esetenként meglepően nagy lehet, az egyes pályaszerkezetek műszaki egyenértékűség tekintetében történő összevetésekor szélesebb igénybevételi határokat célszerű figyelembe venni. Így a méretezett útpályaszerkezetek műszaki egyenértékűségének vizsgálatakor azok közvetlen összevetése – például a megengedett tehermentelési számok diszkrét értékei alapján, tekintettel az útpályaszerkezet méretezési eljárásokban kimutatható nagy szórásra – félrevezető lehet, ezért az egyenértékű

2. táblázat: A műszaki egyenértékűség határértékei

Mértékadó aszfalt megnyúlás értékekhez rendelt egyenértékű tartományok (μ strain)						
> 220	200 - 220	175 - 200	140 - 175	110 - 140	100 - 110	< 100
A műszakilag egyenértékű tartomány jele						
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.

8. ábra: Az alternatív eljárás és egy típus-pályaszerkezet aszfaltvastagsági követelményeinek összehasonlítása



küszöget – a teherviselő képességgel arányosan, de sávosan – határértékkel kijelölve célszerű rögzíteni a 2. táblázat alapján.

Az eljárás alkalmazásakor javasolt definíció szerint két útpályaszerkezet műszakilag egyenértékű, ha az alsó aszfaltszalában ébredő – számított – mértékadó megnyúlás értéke ugyanabba a megnyúlás tartományba esik.

2.3.5. A módszer eredményei a jelenlegi gyakorlat fényében

A szakmai közvéleményt leginkább foglalkoztató kérdés, hogy az alternatív módszer eredményei hogyan viszonyulnak a meglévő típus-útpályaszerkezetekhez. A kutatás alatt – elsősorban az eljáráshoz kifejlesztett ELZA, illetve a WESLEA programok segítségével – végzett futtatási eredmények alapján számos érzékenység vizsgálatot végeztünk, amelyeket a leadott kutatási jelentés [10] tartalmaz. A 8. ábra egy kiragadott mintaszámításhoz tartozó eredményesorozat feldolgozását szemlélteti.

A számítássorozat egy, a típus-pályaszerkezetek között is szereplő 15 cm vastag hidraulikus kötésű alaprétet esetén mu-

tatja a kapott eredményeket. A 8. ábrán látható lépcsős görbe a különböző forgalmi terhelési osztályokban alkalmazandó össz-aszfaltvastagság előírt értékét mutatja, 170-280 mm közötti tartományban. A 8. ábra további három gőrbéje az analitikus méretezés nyomán javasolt aszfaltvastagság értékeket ábrázolja, különböző földmő merevségek esetére. Az 50 MPa merevség tulajdonképpen a jelenlegi gyakorlatnak feleltethető meg, és például „D” forgalmi terhelési osztályban a józan mérnöki elvárásoknak megfelelően a forgalom alsó határérték közelében mintegy 2 cm-rel kisebb, a felső határ közelében 2 cm-rel nagyobb vastagságot ír elő, összességében azonban – a „D” osztály teljes forgalmi spektrumát tekintve – a jelenlegi szabályozással közel azonos vastagsági igényt támaszt. Magasabb forgalmi terhelési osztályokban a méretezett aszfaltvastagsági követelmény azonban nő a jelenlegi előíráshoz képest. Ha azonban élünk az eljárás nyújtotta lehetőségekkel és növeljük a földmő teherbírást, pl. a másik két görbe által ábrázolt mértékben (80 MPa, illetve 140 MPa) látható hogy jelentős aszfaltvastagság megtakarítások is elérhetők.

A próbaszámítások elvégzésénél a korábbiakban megadott anyagparaméterekkel számoltunk, jellemzően elméleti modellek alapján vagy irodalmi adatok segítségével, lévén megbízható hazai mérési eredmények sajnos nem álltak rendelkezésre. Ezen hiányosságok mielőbbi pótlása alapvető fontosságú, mivel az általunk kapott eredményeket jelentősen befolyásolhatják későbbi, valós hazai kutatási eredményeken alapuló aktuális input paraméterek. Például a földműre vonatkozó függőleges összenyomódási kritérium megfogalmazása, a hidraulikus kötőanyagú alaprétegek időben változó merevségi és fáradási jellemzőinek megnyugtató rendezése vagy a modifikáló szerek hatása az aszfaltkeverékek aszfaltmechanikai jellemzőire mind mind olyan kulcskérdések, amelyek mielőbbi megválaszolása nemcsak a javasolt alternatív mértezési eljárás, hanem bármilyen hazai javaslat érdemi validálásához nélkülözhetetlen.

3. ÖSSZEGZÉS

Jelen cikk egy átfogó kutatási terv részeként, annak egyes eredményeit tekintette át. A kutatási munka fontos peremfeltétele, hogy az idő rövidsége miatt hazai mérések elvégzésére nem volt lehetőség, így kizárólag a már meglévő nemzetközi eredmények, ismert mechanikai eljárás(ok) hazai adaptálása történéhetett meg.

Alapvető elvárás volt továbbá, hogy a javasolt eljárás az átmeneti időszakig csak alternatív lehetőségként jelenjék meg a hazai műszaki szabályozásban. A fenti megközelítéssel megvalósítható, hogy egyrészt ugyan rövidebb időn belül megjelenjen az érvényes műszaki szabályozásban új elemként egy alternatív mértezési eljárás, ugyanakkor megmaradjon a lehetőség a jelenleg érvényes szabályozás szerinti új pályaszerkezet-tervezésnek is. A meglévő szakmai stabilitás mellett, ez a kettősség képes a mai magyar tervezői és kivitelezői gyakorlatban azt a fejlődési fokozatosságot nyújtani, ami garantálja, hogy a jövőbeni közbeszerzési eljárásoknál ne alakuljanak ki nem várt negatív következmények pl. vonatkozó szabályozó elemek összehangolatlansága, tervezői ismerethiány stb.

A javasolt analitikus eljárás ugyan jelentős egyszerűsítéseket tartalmaz, azonban reményeink szerint ez az első lépést jelenti annak érdekében, hogy a jövőben Magyarországon is megszülessen egy olyan korszerű, mechanikai alapú pályaszerkezet méretezési eljárás, amely a típus-pályaszerkezetekhez képest jelentősen megnöveli a tervező mozgásterét, és képes a lehetséges technológiai változatokat kezelni a jövőben, akár energiatakarékossági és környezetvédelmi szempontokra is tekintettel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Adorjányi K. (2009): Bemenő paraméterek bővítése az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek méretezésénél. Közlekedésépítési szemle 59. évf. 7. szám, pp. 11-17.
- [2] Gulyás A. (2009): Az elmúlt évek dinamikus tengelyterhelés-mérési eredményeinek vizsgálata. Közlekedésépítési szemle 59. évf. 5. szám.
- [3] Gáspár L., Karoliny M. (2014): Felújított útpályaszerkezetek ciklusidejének növelése korszerű tervezéssel. Közlekedéstudományi Szemle 64:(4) pp. 7-20
- [4] M. Karoliny, L. Gáspár (2015): Investigation and design of durable pavement structure rehabilitation. The International Journal of Pavement Engineering & Asphalt Technology 16:(2) pp. 30-54. DOI: <http://doi.org/ctcb>
- [5] Soós Z. (2016): A forgalomfejlődés becslésének módszertana a valós forgalom tükrében. Közlekedéstudományi Szemle 66:(5) pp. 28-40.
- [6] Gulyás A. (2017): A közúti forgalom változása és előrebecslésének lehetőségei. Útügyi Lapok: A Közlekedésépítési Szakterület Mérnöki és Tudományos Folyóirata (9) pp. 3-11
- [7] Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése. Útügyi Műszaki Előírás. e-UT e-UT06.03.13 (ÚT 2-1.202:2005)
- [8] Nemesdy E. (1992): Az új magyar típus-útpályaszerkezetek mechanikai méretezésének háttere. Közlekedés és mélyépítéstudományi szemle XLII évf. 8. sz.

- [9] MAÚT és az ÚTLAB Szövetség szakmai állásfoglalása, 2015
- [10] Primusz et al: (2016): Alternatív méretezési eljárásokra vonatkozó tanulmány és az alternatív módszerek bevezetését segítő irányelv. Kutatási jelentés. Megrendelő: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ
- [11] Burmister, D. M. (1945): The general theory of stresses and displacements in layered systems. *Journal of Applied Physics* Vol. 16 No.1 January.
- [12] Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 7. rész: Kötőanyag nélküli keverékek ciklusos terheléses, triaxiális vizsgálata. MSZ EN 13286-7:2004
- [13] Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 47. rész: Vizsgálati módszer a kaliforniai teherbírási (CBR-) érték, a közvetlen teherbírási index és a lineáris duzzadás meghatározására. MSZ EN 13286-47:2012
- [14] Geotextíliák és rokon termékeik. Az utak és más közlekedési területek (a vasutak és az aszfalt beépítésének kivételével) szerkezetében való alkalmazás előírt jellemzői. (MSZ EN 13249:2014+A1:2015).
- [15] Terzaghi, K. (1922): Failure of dam foundations by piping and means for preventing it (in German), *Die Wasserkraft, Special Forchheimer Issue* 17, 445-449.
- [16] Terzaghi, K. és Peck, R. B. (1961): *Die Bodenmechanik in der Baupraxis [Soil Mechanics in Building Construction]*. Springer, Berlin
- [17] Útpályaszerkezetek teherbíró képességének vizsgálata. Tárcsás vizsgálat. (MSZ 2509-3:1989)
- [18] Pethő L. (2008): A hőmérséklet eloszlás alakulása az aszfalt burkolatú útpályaszerkezetekben és ennek hatása a pályaszerkezeti rétegek fátadási méretezésére, technológiai tervezésére. PhD értekezés
- [19] Pronk, A. C. (1994): Equivalent layer theories. State of the art report. 31p. Dienst Wegen Waterbouwkunde, The Netherlands
- [20] Pethő L., Tóth Cs. (2014): The development of pavement rehabilitation design guidelines for increasing the allowable axle load from 100 kN to 115 kN. In: *Asphalt Pavement: Proceedings of the 12th International Conference on Asphalt Pavements*, Raleigh, USA. Kim, Y. R. (Ed), pp. 1577-1586. CRC Press, DOI: <http://doi.org/ctcc>
- [21] Austroads 2012, *Guide to Pavement Technology: Part 2 Pavement Structural Design*, 3rd edn, AGPT02-12, Austroads, Sydney, NSW.
- [22] Verstraeten, J., Veverka, V. és Francken (1982): Rational and practical design of asphalt pavements to avoid cracking and rutting. *Proceedings Fifth International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*, Vol. 1, pp. 45-58.
- [23] Barker, W. R., Brabston, W. N. and Chou, Y. T. (1977): A General System for the Structural Design of Flexible Pavements. 209-248. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on the*

E számunk lektorai

Dr. Horvát Ferenc ■ Dr. Gáspár László ■ Dr. Gulyás András

Dr. Katona András ■ Dr. Koren Csaba ■ Dr. Nagy Vince



THE SIMPLIFIED ANALYTICAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENT TRUCTURES

Some elements of the currently used Hungarian pavement design process have been based on mechanical principles, however these basis are not evident for practicing civil engineers, and at the design of new roads the pavement is designed via choosing from the pavement catalogue.

The catalogue system is rather convenient to use, but there are several new aspects to assess, thus there is a growing need to develop a new design method which is capable to better take into account the material properties and instead of offering pre-defined solutions, provides a tool to develop and compare real technological alternatives.

The paper provides a follow-up on the partial results of an ongoing research with the goal of providing an alternative pavement design method for the design and construction of new pavements, that – compared to the catalogue system – enables the better assessment of the possibilities that lie in the properties of the subgrade and other structural layers, and in the local, climatic and geographical circumstances, as well as the innovative and technical capabilities of the contractors. It also prepares new pavement design regulations that can provide a more economical, scientifically based design.



DAS VEREINFACHTE ANALYTISCHE DIMENSIONIERUNG VON STRASSENSTRUKTUREN MIT ASPHALTBELAG

Einige Elemente des derzeit in Ungarn angewandten Dimensionierungsverfahren der Strassenstrukturen basieren sich auf Prinzipien der mechanischen Dimensionierung, jedoch sind diese Grundlagen nicht offensichtlich in der Praxis der Bauingenieure. Bei der Gestaltung neuer Straßenstrukturen gibt es nur die Möglichkeit, die Struktur aus dem Katalog auszuwählen.

Das Katalogsystem ist unbestritten relativ benutzerfreundlich, aber heutzutage es gibt mehrere neue Aspekte. Daher besteht ein wachsender Bedarf an der Entwicklung einer neuen Entwurfsmethode, die in der Lage ist, die Materialeigenschaften besser zu berücksichtigen und keine vordefinierte Lösungen anzubieten, aber stattdessen ein Werkzeug in die Hände der Bauingenieure gibt, die es ermöglicht, echte technologische Alternativen zu entwickeln und zu vergleichen.

Die Arbeit gibt einen Überblick über die Teilergebnisse einer schon laufenden Forschung mit dem Ziel, eine alternative Dimensionierungsmethode für den Entwurf und die Konstruktion neuer Strassen-Strukturen anzubieten, die – im Vergleich zum Katalogsystem – bessere Rahmenbedingungen für die Ausnutzung vom Potential hinsichtlich der besseren Ausnutzung der Eigenschaften des Untergrundes und der eingebauten anderen tragenden Schichten ermöglichen. Ausserdem sie ermöglicht es auch, die örtlichen, umweltbedingten, geographischen und anderen Gegebenheiten sowie die innovativen und technischen Möglichkeiten der Bauunternehmens besser zu berücksichtigen. Es werden ausserdem neue Vorschriften für die Gestaltung von Straßenstrukturen erarbeitet, die eine wirtschaftlichere und auf wissenschaftliche Grundlagen liegende Planung ermöglichen.