

# SÍKALAPOK TEHERBÍRÁSÁNAK EGYSZERŰSÍTETT SZÁMÍTÁSA AZ EUROCODE 7 ELVEINEK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL



Dr. Móczár Balázs – Dr. Szendefy János

A korábban előtervezésre és kisebb jelentőségű épületek alapozásának megtervezésére használt „határfeszültségi alapértékes eljárás”, az Eurocode szabványsorozat életbelépésével hatályát veszítette. Célunk ehhez hasonló, „szokáson alapuló tervezési eljárásaként” alkalmazható, egyszerűsített tervezési eljárás kidolgozása. Ennek keretében felülvizsgáltuk a korábbi eljárást és egy új, az EC7 szabvánnyal harmonizáló, egyszerűsített síkalap teherbírás-számítási eljárást dolgoztunk ki.

**Kulcsszavak:** síkalap, teherbírás, határfeszültségi alapérték, valószínűsített talajtörési ellenállás

## 1. BEVEZETÉS

A korábbi MSZ 15004-1989 „Síkalapok határteherbírásának és süllyedésének meghatározása” című szabvány 2.4 pontja szerint lehetőség volt a talaj határfeszültségének kiszámítására táblázatos adatokkal síkalapok (sáv- és pillérialapok) esetén. Ezekben a táblázatokban a főbb talajtípusok ún. határfeszültségi alapértékei találhatóak meg. Egy adott geometriájú sáv- vagy pontalap központos, függőleges határterhe a határfeszültségi alapérték és alaki, valamint mélységi tényezők segítségével volt számítható. Ez a számítás már az 1964-es szabványban is megjelent, azonban a számítási eljárás pontos alapjai nem ismertek, csak annyit tudtunk meg, hogy azt megelőzően az FTV-ben dolgozták ki. A számítás könnyű alkalmazhatósága miatt a hazai tervezési gyakorlatban túlzottan is elterjedt volt annak ellenére, hogy a szabvány ezen pontja egyértelműen korlátozta a felhasználási kört.

Az EC7 életbelépésével ez a korábbi szabvány hatályát veszítette, ezért a határfeszültségi alapértékekkel történő számítás - az MSZ 15004 2.4-es pontja szerinti formában - az MSZ EN 1997-1 elveinek figyelembevételével megkérdőjelezhető.

Mivel az MSZ EN 1997-1 szerint lehetőség nyílik a tervezés során ún. szokáson alapuló tervezési eljárást alkalmazni, ezért ezt a gyakorlatban korábban bevett számítási módszert az EC7 elveivel harmonizálva új, a korábbihoz hasonló számítási eljárást dolgoztunk át.

## 2. A NEMZETKÖZI SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

A nemzetközi szakirodalomban kevés helyen lelhető fel információ a határfeszültségi alapértéket hasonló módon definiáló táblázatokról, amik a talajok határteherbírására (safe bearing capacity) vonatkozóan adnak irányszámokat (Smolczyk, 2002) (Das, 2006, 2008) (Craig, 2004) (Carter, Bentley, 1991) (Rees, Isenhowar, Shin-Tower Wang, 2006). A talajok feltételezett teherbírására ad irányadó értékeket a British Standard (1986, 1. táblázat), amely a különböző talajtípusok és talajállapotok alapján adja meg a számításba vehető értékeket. A szabvány szerint a megadott értékek csak előtervezésre használhatóak azzal a feltétellel, hogy a talajvíz

**1. táblázat:** Feltételezhető teherbírási értékek (Presumed bearing values) (BS 8004:1986)

Talaj típusa	Teherbírás (kPa)
Tömör kavics vagy kavicsos homok	>600
Közepesen tömör kavics vagy kavicsos homok	200-600
Laza kavics vagy kavicsos homok	<200
Tömör homok	>300
Közepesen tömör homok	100-300
Laza homok	<100
Kemény agyag	300-600
Merev agyag	150-300
Gyúrható agyag	75-150
Puha agyag és iszap	<75
Nagyon puha agyag és iszap	-

az alapozási sík alatt min. „B” (alaptest kisebbik mérete) mélységben található, így nincsen hatással a talajtörésre, valamint az alaptest min. 1,0 m széles ( $B > 1,0$  m).

A táblázatban megadott értékeknek a sávalapokra törőképlettel számítható talaj törőfeszültségi értékekkel való összehasonlítása esetén legalább háromszoros biztonságot kapunk, ami szintén arra utal, hogy a táblázat durva becslésekhez alkalmazható, de semmiképpen nem alapja a részletes tervezésnek.

Az angol szabvány az alapozási sík mélyebb helyzete (mélységi tényező) vagy az alaptest geometriájára vonatkozó alaki tényezők használatára nem utal.

A szakirodalom kutatása során több esetben találhatunk utalást a talajok teherbírására vonatkozóan oly módon, hogy abban már a használhatósági határállapot (allowable bearing capacity) kritériumait is megpróbálják figyelembe venni. Ezekben az esetekben az angolszász süllyedési kritériumok alapján az 1 inch, vagyis 25 mm süllyedéshez tartozó megengedhető terhelő feszültséget adják meg. A különböző táblázatok összeállítói minden esetben felhívják a figyelmet, hogy a megadott értékek csak az alapozás dimenzionálásra, az előtervezési fázisban használhatók fel.

A 2. táblázat a Look (2007): Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables című könyvből származik. A táblázati értékek használatát csak előtervezéshez ajánlja, sávalapok esetén a megadott értékek 1,2-vel való osztása szükséges, homokok esetén a talajvíz hatását 0,5-ös szorzóval kell figyelembe venni. Amennyiben a homok talajok esetén 50 mm-es süllyedés, azaz a hazánkban elfogadott maximális süllyedés megengedhető, úgy a táblázati értékek kétszeres szorzóval növelhetők. Azonban ebben az esetben már inkább határfeszültségről, mint használati állapotra megengedhető feszültségről beszélhetünk.

### 3. AZ MSZ 15004-1989 SZABVÁNY BEMUTATÁSA, ÉRTÉKELÉSE

Korábban, az MSZ 15004-1989 „Sikalapok határteherbírásának és süllyedésének meghatározása” című szabvány 2.4 pontja szerint lehetőség volt a talaj határfeszültségének kiszámítására táblázatos adatokból is. Ezekben a táblázatokban a főbb talajtípusok ún. határfeszültségi alapértékei voltak megtalálhatóak, amelyek alapján egy adott geometriájú sáv- vagy pontalap központos, függőleges határterhe a

határfeszültségi alapértékek és alaptest geometriájától függő alaki, valamint a mélységi tényezők segítségével volt számítható. (A cikk terjedelmi korlátai miatt ennek részletes bemutatástól eltekintünk.)

A szabvány a számítási módszert, a nemzetközi szakirodalommal egyetértésben, csak előtervezésre, illetve a kisebb jelentőségű építmények alapozásának tervezéséhez ajánlotta. A szabványban leírtak szerint azonban ekkor is kizáró ok volt, ha a talajmechanikai feltárásokkal megkutatott helyszínen az épület alatti talajrétegződés nem volt megközelítően egyenletes.

A szabvány a dimenzionáláshoz valóban gyors, egyszerű megoldást szolgáltatott, azonban részletes tervezés esetén több pontban nehezen voltak meghatározhatóak a pontos értékek. A szabványban megadott táblázatokban a talajkategóriákba történő talajbesorolások (még a korábbi talajazonosítási szabványoknak megfelelően) és a hozzájuk tartozó feszültségi alapértékek is viszonylag tág határok között mozogtak, ezért a pontos határfeszültségi alapérték kiválasztása nehézkes volt.

Az alaptestek teherbírás számításához a módszer a nemzetközi szakirodalomhoz hasonlóan alaki tényezőt használ, amelynek értéke azokkal közel azonos. Azonban a nemzetközi szakirodalommal szemben az alaptestek teherbírása akár többszöröse (max. háromszorosára) volt növelhető a takarás és az alaptestszélesség megnövelésével a mélységi tényező figyelembe vétele miatt. A törési képlet összetevői alapján ez szemés talajok esetén valóban figyelembe vehető teherbírás növekmény, azonban kötött talajoknál a belső súrlódási szög alacsony értékei miatt a takarás növelésének gyakorlatilag nincsen szerepe, a teherbírás döntően a kohézió értékétől függ. Kötött talajok teherbírása esetében a drénezetlen nyírószilárdsággal számolva, az EC7 (2006) szerint is a leterhelésnek igen csekély szerep jut.

Nem tudtunk arra vonatkozóan információt beszerezni, hogy a határfeszültségi alapértékek definiálása során milyen mértékű biztonsággal számoltak, azonban az értékek BS 8004 (1986) angol szabvánnyal való összevetésekor akár ~1,5-szer nagyobb értékeket is találhatunk a hazai előírásban. Amennyiben a mélységi tényező hatását is figyelembe vesszük, akkor ezek az értékek egy  $B=2$  m széles,  $t=2$  m takarású alaptest esetén akár 1,5-2-szeres teherbírás növekménnyel voltak számításba vehetők. Ezek a különbségek a BS 8004 (1986) határfeszültségeiben található közel háromszoros biztonságot fel is emészthetik, így a korábbi hazai szabvány szerint számítható alaptestek teherbírása a töréshez közeli állapotban

2. táblázat: Teherbírás előzetes becslése (Preliminary estimate of bearing capacity) Look (2007)

Talajtípus	Állapot	Drénezetlen nyírószilárdság (kPa)		Megengedhető feszültség (kPa)
Agyag	Nagyon puha	0-12		<25
	Puha	12-25		25-50
	Gyúrható	25-50		50-100
	Merev	50-100		100-200
	Kemény	100-200		200-400
	Nagyon kemény	>200		>400
Homok	Nagyon laza	$D_r < 15\%$	$\Phi < 30^\circ$	<50
	Laza	$D_r = 15-35\%$	$\Phi = 30-35^\circ$	50-100
	Közepesen tömör	$D_r = 35-65\%$	$\Phi = 35-40^\circ$	100-300
	Tömör	$D_r = 65-85\%$	$\Phi = 40-45^\circ$	300-500
	Nagyon tömör	$D_r > 85\%$	$\Phi > 45^\circ$	>500

lehet. Ez a kritikus, töréshez közeli állapot a kötött talajoknál fordulhat elő, ahol a takarás és a szélesség növelésének csupán kis teherbírásnövelő hatása van, szemben a figyelembe vehető mélységi tényezővel. A feltételezés ellenőrzése érdekében számításokat végeztünk a határfeszültségi alapérték alapján tervezhető alaptestek teherbírására vonatkozóan az általunk későbbiekben definiált nyírószilárdsági értékekkel 0,5-2 m széles és 0,5-2 m takarással rendelkező alaptestek esetére. A talajvíz hatását azonban kettősen vettük figyelembe annak alapján, hogy a talajvíz szintje az alapozási síkig vagy a fölé ér, csökkentve ezzel a törő képletben az alapozási síkon működő hatékony geosztatikai nyomást ( $q$ ). Számításaink szerint a durvaszemcsés talajok esetén a biztonság minden esetben 2 feletti volt, csupán a takarás víz alá kerülésével csökkent 1,5 körülire. Átmeneti talajok esetében az általános biztonság 1,5-1,8 körüli értékre csökkent, de a takarás víz alá kerülésével és a mélységi tényező növekedésével a biztonság már csak 1-1,5 között mozgott. Kötött talajok esetében általánosan is alacsony biztonság volt tapasztalható, de a mélységi tényező számításba vehető kedvezőtlen növekedése összességében itt 1, vagy annál kisebb biztonsági tényezőt eredményezett. Ennek megfelelően – ha a határfeszültségi alapértéket ténylegesen a táblázatok alapján vették fel – a terhelések (és egyben az alaptest méretek) növekedésével kötött talajok esetén egyre csökkent a töréssel szembeni biztonság, vagyis a módszer szabálytalan alkalmazása esetén (sok esetben a statikusok nem csak kisebb épületeknél, hanem többszintes, nagyobb terhelésű építményeknél is alkalmazták) kritikus állapot is előállhatott.

Ezek alapján egyértelmű volt, hogy mindenképpen a határfeszültségi alapértékek és a tényezők felülvizsgálatára és módosítására van szükség.

## 4. TERVEZÉSI ELJÁRÁSOK AZ EC7 SZERINT

Az EC7 (2006) és azt feldolgozó irodalmak (többek között Szepesházi (2008); Czap-Mahler-Mecsi-Móczár-Nagy-Takács (2010); Bond, Harris (2008)) egyértelműen megfogalmazzák és rendszerbe rakják a lehetséges tervezési eljárásokat, módszereket sákalapok esetén. Az EN 1997-1 6.4. fejezete szerint a következő **tervezési eljárások** valamelyike alkalmazható.

### 4.1 Közvetlen tervezési eljárás

Ez a legpontosabb és egyben legrészletesebb számítási eljárás, melyben más-más számítási modell alkalmazva vizsgáljuk az egyes határállapotokat, a teherbírási határállapotok ellenőrzésekor a számítással a lehető legpontosabban modellezve az elképzelt törési mechanizmust, a használhatósági határállapotokat pedig süllyedésszámítással ellenőrizzük.

Közvetlen tervezési eljárásnak tekinthető az eddigi magyarországi gyakorlat által alkalmazott azon méretezés, melynek keretében a teherbírást a „szokásos elnevezés szerint” az ún. „törőfeszültségi képlettel” (MSZ 15004-89/2.3.1), míg a használhatósági határállapotot a rugalmasságtanra alapozott süllyedésszámítással vizsgáljuk. Az EN 1997-1 szerint a 3. geotechnikai kategóriában csak ez az eljárás alkalmazható, de ez ajánlott a 2. kategóriában is. Az EN 1997 D melléklete tartalmaz egy, az MSZ 15004-ben közöltekhez hasonló számítási eljárást a talajtörési ellenállás meghatározására, s ennek használatát nemzeti mellékletünk is ajánlja. Közvetlen eljárásnak tekinthető az is, ha numerikus módszeren alapuló FEM-programmal a törési állapotig terjedő terhelés-süllyedés

kapcsolatot állítunk elő a vizsgálandó esetre, s annak alapján külön értékeliük a kétféle (teherbírási, illetve használhatósági) határállapotot.

### 4.2 Közvetett tervezési eljárás

Összehasonlítható tapasztalatok, valamint terepen vagy laboratóriumban végzett mérések, ill. észlelések eredményeit alkalmazzuk, amelyeket a használhatósági határállapot terheire viszonyítva úgy választunk meg, hogy ezáltal az adott esetben értelmezhető összes határállapot követelményei teljesüljenek.

Közvetett tervezési eljárásnak egyrészt olyan számítások jönnek szóba, melyek valamilyen szondázási eredményen és a tapasztalaton alapulnak. Ezen tervezési eljárást alkalmazva vagy a süllyedések szigorú korlátozását írjuk elő, vagy a talajtöréssel szembeni viszonylag nagy „globális biztonságot” követelünk meg.

### 4.3 Szokáson alapuló tervezési eljárás

Ebben az esetben ún. *valószínűsített talajtörési ellenállással* számolunk.

A szokáson alapuló tervezési eljárások körébe sorolja az EN 1997-1 a valószínűsített talajtörési ellenállás figyelembevételén alapuló méretezést, s erre példaként a közeteken való alapozáshoz közöl a G mellékletben egy eljárást, melyből a közet típusa, tagoltsága és egyirányú nyomószilárdsága alapján lehet egy megengedett talpfeszültségeket felvenni.

És ide tartozik a magyarországi gyakorlatban eddig (2011. január 1-ig) alkalmazott (a szokásos elnevezés szerint) „határfeszültségi alapértéken” alapuló méretezés is. Ide illeszthető be majd az általunk javasolt új tervezési eljárás is.

## 5. A JAVASOLT ÚJ ELJÁRÁS BEMUTATÁSA

Az új eljárás kidolgozásakor az volt a célunk, hogy a nemzetközi és a hazai gyakorlatban is elfogadottak szerint a talaj teherbírási értéke könnyen és egyszerűen megbecsülhető legyen, segítve ezzel a tervezőket az épületek alapozásának előtervezésében és kedvező talajviszonyokkal rendelkező területekre tervezett kis méretű, illetve kis terhelésű épületek (1. Geotechnikai kategória) alapozásának tervezésében.

### 5.1 Kiindulási adatok

Az általunk javasolt új eljárás kiindulási adatait a kívánt cél eléréséhez igazítva próbáltuk meg kialakítani. Kis jelentőségű épületek tervezése esetén a talajvizsgálati jelentés elkészítéséhez általában kisátmérőjű fúrások, esetleg dinamikus szondázások is készülnek.

A kis átmérőjű fúrásokból döntően csak zavart, vagy víztartalmi talajminta vételezése lehetséges, zavartalan mintavételre csak korlátozottan nyílik lehetőség. A víztartalmi mintákból talajazonosító (szemeloszlás, plasztikus index, szerves anyag tartalom) vizsgálatok végezhetőek el, ritkán közvetlen nyíró vizsgálat is készül, de inkább tapasztalati, táblázatos adatokkal találkozhatunk.

Dinamikus szonda használata esetén a kiértékelést általában az FTV által kiadott tervezési segédlet alapján szokták elvégezni, ahol laza, közepesen tömör és tömör kategóriákba sorolhatók a szemcsés talajok. A fűrőmesterek ugyanezekkel a kategória megnevezésekkel jellemzik a feltárt

**3.táblázat:** A számításokhoz felvett talajfizikai jellemzők

Talajtípusok		Állapot	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_1$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [°]	c [kPa]
SZEMCSÉS TALAJOK	Homokos kavics (K>50%)	L	18	9	35	0
		KT	19	10	37	0
		T	20	11	38	0
	Kavicsos homok (K>20%,I+A<15%)	L	18	9	32	0
		KT	19	10	34	0
		T	20	11	36	0
	Homok (K<20% és I+A<15%)	L	17	8	29	0
		KT	18	9	31	0
		T	19	10	33	0
ÁTMENETI TALAJOK	Iszapos homok (K<20%,I+A<40%,H>45%)	L	18	9	24	5
		KT	19	10	26	10
		T	20	11	28	15
	Homokos iszap (60%>H>20%, A<20%)	L	18	9	20	15
		KT	19	10	22	20
		T	20	11	24	25
	Iszap (Ip 10-15%)	Gy	18	9	16	20
		M	19	10	19	25
		K	20	11	22	30
KÖTÖTT TALAJOK	Sovány agyag (Ip 15-20%)	Gy	18	9	14	25
		M	19	10	17	35
		K	20	11	19	45
	Közepes agyag (Ip 20-30%)	Gy	18	9	11	30
		M	19	10	15	40
		K	20	11	19	50
	Kövér agyag (Ip >30%)	Gy	18	9	7	30
		M	19	10	12	50
		K	20	11	15	70

talajrétegződés állapotát a fúrások során. A kötött talajok állapotának dinamikus szonda alapján történő értékelése – úgy gondoljuk – összetettebb feladat, mint az ETV segédletben megtalálható konzisztencia állapotokra utaló csoportosítás, ott mindenképpen célravezetőbb a laboratóriumi vizsgálatokra támaszkodni.

Így az egyszerűbb eseteket feldolgozó talajvizsgálati jelentésekben a tervező kollégák a talajazonosításon keresztül a talajok pontos megnevezésével, tömörségi vagy konzisztencia állapotával és általában táblázatos nyírószilárdsági és összenyomódási modulus értékekkel találkozhatnak. Ebből kiindulva a javasolt új eljárás során a talajok csoportosítását ezen tulajdonságok alapján végeztük el.

A talajokat a szakmában bevett elnevezések alapján három fő csoportba osztottuk: szemcsés, átmeneti, kötött. A csoportokban további három-három talajt definiáltunk. A talajok definiálása során az érvényben lévő talajosztályozást vettük figyelembe, segítve ezzel a pontosabb beazonosíthatóságot a talajvizsgálati jelentésben megadottakkal. A talajok állapotát laza (L), közepesen tömör (KT) és tömör (T), valamint kötött talajok esetén gyúrható (Gy), merev (M) és kemény (K) kategóriákba csoportosítottuk.

A fenti csoportosítás alapján kapott, összesen 27 különböző típusú és állapotú talajhoz szakirodalmi adatok és szakmai tapasztalatunk alapján térfogatsúlyokat és nyírószilárdsági

paramétereket rendeltünk, amelyeket a 3. táblázat mutat be. Mint a táblázat adataiból is kiderül, a könnyebb kezelhetőség és követhetőség kedvéért egyszerűsítésekre törekedtünk az értékek felvételénél (különösen a térfogatsúlyok esetében), tekintettel a tervezési módszer jellegére. Ezek a felvett értékek az egyes, általunk meghatározott besorolási kategóriák tapasztalati átlagértékeiként értelmezhetőek.

## 5.2 A talajellenállási értékek meghatározása

Továbbra is szem előtt tartva a javasolt eljárás célját, miszerint az előtervezésre és a kis jelentőségű épületek tervezésére szolgálna, határoztuk meg a várható alaptest méreteket és terhelési típusokat. Véleményünk szerint ezeknél a kisebb épületeknél és viszonylag kedvező talajviszonyok esetén a várható alaptest szélesség (B) nem haladja meg a 2,0 m-t, az alapozási sík melletti kisebbik takarás (t) sem lesz nagyobb 2,0m-nél és általában függőleges erővel, központosan terhelt alaptestekről beszélünk. Ferde erővel terhelt alaptestek esetén a külpontosság mellett a csúszólap módosulása is csökkenti az alaptest teherbírását, amit a töröképlet használata során a teher ferdeségi tényezővel veszünk figyelembe. Ennek hatása egy egyszerűsített eljárás során nem vehető figyelembe, ezért ilyen esetekben az általunk kidolgozott módszer nem használható.

Számításainkat a 3. táblázatban megadott geotechnikai paraméterekkel (mint alapozási sík alatti talaj) végeztük el mind a 27 talaj esetére, sávalapokra és négyzetes pontalapokra vonatkozóan. Meghatároztuk az MSZ EN 1997-1:2006 D mellékletben található összefüggéssel a talajtörési ellenállás karakterisztikus értékét ( $R_k$ ), majd azt az alaptest szélességével elosztva a korábban ismert – az új szabvány szerint már nem használt – törőfeszültséget ( $\sigma_j$ ) számítottuk. A talajvíz teherbíráscsökkentő hatása miatt, a törőfeszültséget három esetre is megvizsgáltuk (1. ábra) minden talajra vonatkozóan, külön kezelve azt, amikor nincsen rá hatással, vagyis a talajvíz szintje az alaptest szélességénél mélyebben van (a. ábra); azt amikor a logaritmikus törési spirál által közbezárt terület döntően víz alatt van (b. ábra) és azt is, amikor a talajvíz magas helyzete miatt az alaptest melletti takarásra is hat a felhajtó erő, az alap teljesen víz alatt van (c. ábra). Megjegyezzük, hogy ezeket a „határokat” a biztonság javára történő közelítéssel, egyszerűsítésekkel vettük fel, figyelembe véve a törési elméletéknél a csúszólap alakját és kifutását. A csúszólap kifutása jelentősen függ az altalaj belső súrlódási szögétől. Természetesen, ha a talajvíz szintje a 3. ábrán megadott határok közelébe esik, akkor a megadott értékek között átmenetet lehet képezni.

A „határfeszültségi alapértékes eljáráshoz” hasonlóan, kiindulási helyzetként a  $B=1,0$  m széles és  $t=1,0$  m takarású sávalapok esetére határoztuk meg a talajok töréssel szembeni ellenállásának karakterisztikus értékeit.

A töréssel szembeni biztonságot a szakirodalmi adatok, az eddigi hazai gyakorlat és tapasztalat, valamint az EC miatt a teheroldalon megjelenő kis mértékű biztonságnövekmény figyelembe vételével  $n=2,25$  értékben határoztuk meg.

Ezen elvek alapján számítottuk az ún. valószínűsített talajtörési ellenállás (feszültség) tervezési értékeit ( $R_k/2,25$ ), melyeket a könnyebb kezelhetőség kedvéért 25-re kerekítve adunk meg a 4. táblázatban. A valószínűsített talajtörési ellenállás (feszültség) tervezési értéket a nemzetközi szakirodalom „presumed bearing” megnevezése alapján  $\sigma_{pb}$ -vel jelöltük.

Itt hívjuk fel arra a figyelmet (ami a táblázat adataiból jól látható), hogy a talajvíz helyzetének gyakorlatilag nincsen szerepe a kötött talajok esetén, azonban a talajszemcsék „durvulásával” egyre nagyobb szerepet játszik. Továbbá, hogy kötött talajok esetében a talajtörési ellenállás három tagból

álló képletében gyakorlatilag csak az ún. kohéziós tagnak van értékváltoztató szerepe, így az alaptest szélességének, valamint a takarás változásának gyakorlatilag nincsen hatása a törőfeszültségre (a talajtörési ellenállás karakterisztikus értékére), így közel állandónak tekinthető.

### 5.3 Az alaki és mélységi tényezők meghatározása

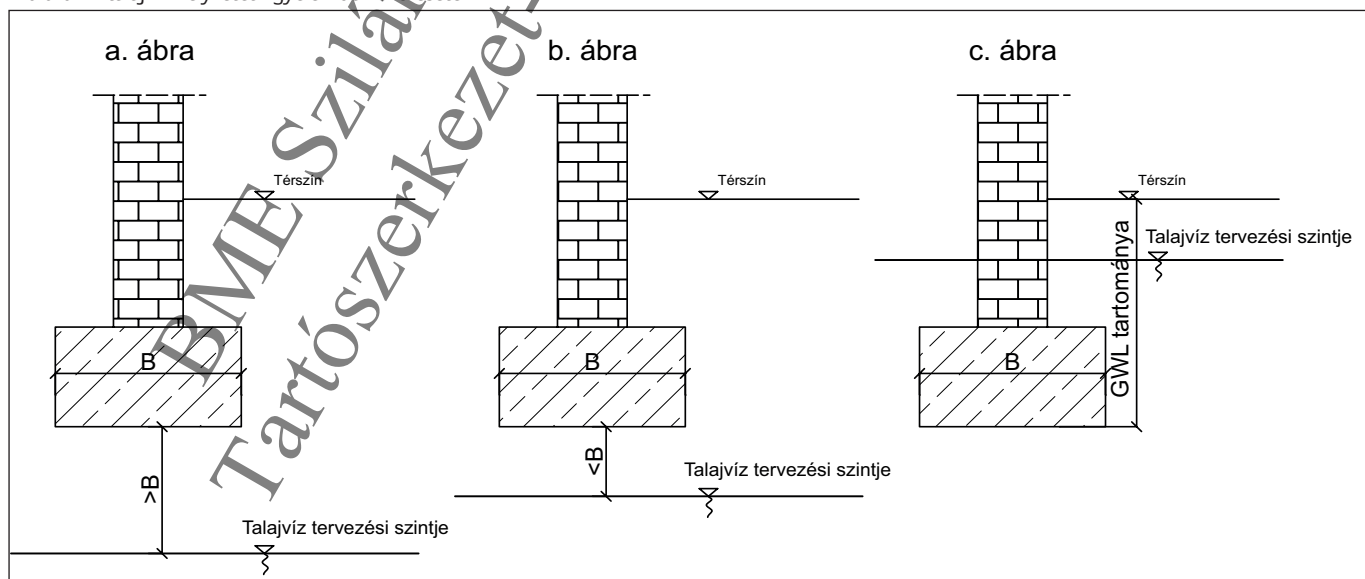
Az alptestek teherbírását annak szélessége és az alapsík mélysége, valamint az alaptest típusa (sáv- vagy pontalap) befolyásolja. Ennek érdekében az alptest teherbírását befolyásoló alaki és mélységi tényezőket határoztunk meg – azonban a korábban érvényben lévő szabványban megadottakkal ellentétben – a törési képlet logikájához jobban illeszkedően az egyes talajcsoportok esetén különbözőeket. A tényezők meghatározásához különböző alaptest szélességek ( $B=0,5\text{--}2,0$  m) és mélységi értékek ( $t=0,5\text{--}2,0$  m) kombinációjával végeztünk számításokat, sáv- és négyzetes pontalapokra vonatkozóan.

Az alaki- és mélységi tényezők meghatározása során a legfőbb szempont az volt, hogy azok alkalmazásával ne kapjunk +10%-nál nagyobb eltérést a törőképlettel számítható, azonos szélességű és takarású alptest teherbírásához képest. Az így számított tényezőket az 5. táblázatban adjuk meg a takarás és az alptest szélesség, valamint a különböző talajcsoportok függvényében.

Mint a táblázat adataiból látható, a korábbi szabványhoz képest négyzetes pontalapok esetén az alaki tényezők kissé változtak átmeneti- és kötött talajok esetén (1,25 helyett 1,3 lett), azonban szemcsés talajok esetén az alptest szélesség és a mélység függvényében már jelentős lehet a változás. A mélységi tényező szemcsés talajok esetén a korábbival megegyező (ez adja a legkisebb eltérést a „törőképlettel” számított értékekhez képest), míg a bevezetett új kategória, vagyis az átmeneti talajok esetén az alptest szélességnek már kisebb a módosító hatása, a kötött talajok esetében pedig már gyakorlatilag nincsen, így az nem is szerepel a mélységi tényezőben. A mélységi tényezők így jól visszaadják azt a tendenciát, hogy minél kötöttebb a talaj, annál kisebb szerepe van az alptest szélességnek és a mélységnek.

Ha a mélységi tényező képletébe  $B=1$  m és  $t=1$  m értéket helyettesítünk, akkor minden esetben  $f_1=1,0$  értéket kapunk, vagyis visszakapjuk a kiindulási értéket.

1. ábra: A talajvíz helyzetét figyelembe vevő esetek



**4.táblázat:** Javasolt valószínűsített talajtörési ellenállás értékek

Talajtípusok		Állapot	$\sigma_{pb}$ [kPa] talajvíz szintje és a.s. távolsága >B	$\sigma_{pb}$ [kPa] talajvíz szintje és a.s. távolsága <B	$\sigma_{pb}$ [kPa] talajvíz szintje a.s. felett
SZEMCSÉS TALAJOK	Homokos kavics (K>50%)	L	450	350	250
		KT	575	450	300
		T	725	575	400
	Kavicsos homok (K>20%,I+A<15%)	L	300	250	150
		KT	400	325	225
		T	550	425	300
	Homok (K<20% és I+A<15%)	L	200	175	100
		KT	250	200	150
		T	350	275	200
ÁTMENETI TALAJOK	Iszapos homok (K<20%,I+A<40%,H>45%)	L	150	125	100
		KT	250	225	175
		T	350	325	275
	Homokos iszap (60%>H>20%, A<20%)	L	175	150	125
		KT	250	225	200
		T	325	300	275
	Iszap (Ip 10-15%)	Gy	150	150	125
		M	225	200	175
		K	325	300	275
KÖTÖTT TALAJOK	Sovány anyag (Ip 15-20%)	Gy	150	150	125
		M	250	225	200
		K	350	325	300
	Közepes agyag (Ip 20-30%)	Gy	150	150	125
		M	250	225	200
		K	375	375	350
	Kövér agyag (Ip >30%)	Gy	125	100	100
		M	250	225	225
		K	375	375	350

**5.táblázat:** Alaki és mélységi tényezők sávalapok és négyzetes pontalapok esetére

Talajcsoport	Alaki tényezők ( $f_B$ )		Mélységi tényezők ( $f_t$ )
	sávalap	négyzetes pontalap	
Szemcsés	1	$1,3-0,2*B+0,1*t$	$(B+t)/2$
Átmeneti	1	1,3	$(B/2+t+2,5)/4$
Kötött	1	1,3	$(t+4)/5$

## 5.4 A számítás menete

Az általunk javasolt értékek és tényezők figyelembevételével az alaptestek teherbírása becsülhetővé válik. A feltételezett talajfeltárási módok, a limitált laboratóriumi vizsgálatok és a tapasztalati nyírószilártsági paraméterek felvétele, majd a számítás mód kidolgozása során alkalmazott kerekítések mind-mind bizonytalanságokat tartalmaznak, ezért az általunk javasolt számítási mód az EC7 alapján számítható talajtörési ellenállás karakterisztikus értékénél nagyobb kockázatot

hordoz. A nagyobb kockázat kezelése érdekében az EC7-ben megadott talajtörési ellenállás parciális tényező ( $\gamma_R$ ) 1,4 értéke helyett alkalmaztuk a már korábban leírtaknak megfelelően a 2,25 értéket és határoztuk meg a valószínűsített talajtörési ellenállás tervezési értékét.

Az általunk megadott értékekkel és tényezőkkel az alaptestek teherbírása az alábbi módon becsülhető meg és hasonlítható össze az alaptestre ható, központos, függőleges teher tervezési értékével:

$$V_d \leq \sigma_{pb} \times f_B \times f_t \times A$$

ahol

$V_d$  [kN] a központos, függőleges teher tervezési értéke,  
 $\sigma_{pb}$  [kPa] valószínűsített talajtörési ellenállás (feszültség) tervezési értéke,  
 $f_B$  alaki tényező,  
 $f_t$  mélységi tényező,  
 $A$  [m<sup>2</sup>] alaptest területe (sávalap esetén  $B1 \times m$ , négyzetes pontalap esetén  $B^2$ ).

## 6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A hatályát veszített MSZ 15004 szabvány ún. határfeszültségi alapértéken történő számításának EC7 szerint harmonizált alternatíváját mutattuk be a korábbi fejezetekben.

Az új eljárás kidolgozása során megpróbáltuk felkutatni a korábbi módszer hazai eredetét és a nemzetközi szakirodalmi vonatkozásokat. Mivel a korábbi módszer részleteit („szigma alapértékek” meghatározása, módosító tényezők elvi megfontolása stb.) nem sikerült tisztázni, ezért elsőként összehasonlítottuk a határfeszültségi alapértékből és az MSZ 15004-1989-ben, valamint az MSZ EN 1997-1 „D” mellékletében található ún. „töröképletből” számítható sáv- és pontalap teherbírását. A töröképlet alkalmazása során a leggyakrabban előforduló talajtípusokhoz tapasztalati adatok alapján talajfizikai paramétereket rendeltünk. A számításokat kiterjesztettük különböző geometriájú alaptestekre, valamint figyelembe vettük a talajvíz lehetséges helyzetét is. Arra a következtetésre jutottunk, hogy mind az alapértékek, mind a módosító tényezők változtatása szükséges. Mindemellett hangsúlyt fektettünk arra is, hogy az új eljárás részletei (talajcsoportosítások, talajmegnevezések stb.) is összhangban legyenek a jelenleg érvényes szabványokkal.

A számításokhoz kilenc talajtípust definiáltunk, amelyeket három csoportba soroltunk a talajok szemcseösszetétele és plasztikussága alapján. A csoportokon belül további 3-3 talajállapotot különböztettünk meg, a tömörség és a konzisztencia alapján. Definiáltuk a számításokhoz szükséges talajfizikai paramétereket az egyes állapotú talajtípusokhoz (tapasztalati adatok alapján). A talajvíz hatását a korábbinál részletesebben vettük figyelembe, megkülönböztetve három talajvíz helyzetet: a talajvíznek nincs hatása, a talajvíz az alapozási síkhoz közeli, valamint az alaptest is vízben áll. Számításokat végezve különböző szélességű és mélységű sáv- és pontalapokra az MSZ EN 1997-1 D mellékletének D4-es pontjában található módszerrel, az egyes állapotú talajtípusokhoz az EC7 elveinek (elnevezéseinek) megfelelően ún. valószínűsített talajtörési ellenállásokat rendeltünk, amely tulajdonképpen a korábbi határfeszültségi alapértékkel szinoním. A geometriai viszonyok (alaptest szélesség és takarás) hatásainak jobb közelítése érdekében az egyes csoportokhoz új módosító tényezőket határoztunk meg.

Az ismertetés alatt többször hangsúlyoztuk, hogy a valószínűsített talajtörési ellenállással történő alapméretezés (mint tervezési eljárás) csak korlátok között alkalmazható. Mindenképpen el kellene kerülni, hogy a korábbi határfeszültségi alapértéken történő számításokhoz hasonlóan a módszer túlzottan széleskörű alkalmazást nyerjen. Javaslatunk alapján teljes körűen (vagyis kivételi tervezési szinten is) csak az 1. geotechnikai kategória esetén szabadna alkalmazni. Felmerülhet, hogy előtervezésnél a 2. geotechnikai kategóriában is alkalmazható legyen bizonyos korlátok között, de csak akkor, ha kedvezőek az általaj adottságok, a rétegződés egyenletes és jól ismert, valamint a 2. kategóriába történő sorolás nem a geotechnikai adottságok, hanem az építmény miatt szükséges.

Fontos kiemelni, hogy ez a számítási módszer nem helyettesíti a használati határállapotra történő méretezést, vagyis a süllyedésszámítást. Mindenképpen szükséges a szélességi- és magassági méretezést követően a süllyedések és süllyedéskülönbségek számítása, valamint annak ellenőrzése, hogy ezek megengedhetőek-e az építmény szempontjából.

Kialakult gyakorlat, hogy a tartószerkezeti tervezők az eltérő

terhelésű falak és pillérek alatt közel azonos talpfeszültség kialakítására törekcsenek azzal a céllal, hogy közel azonos süllyedés keletkezzen. Azonban fel kell hívni az alapozás méretezők figyelmét arra, hogy ugyanolyan talajviszonyok és azonos talpfeszültség, de eltérő oldalhosszúságú és arányú alaptestek esetében a süllyedési értékek akár többszöröse is adódhatnak.

Lényeges tehát a javasolt tervezési eljárás alapjai megfelelőségének igazolása mellett az alkalmazási kör jó körülhatárolása, egyértelműsítése. Az EC7 által bevezetett geotechnikai kategóriák jó alapot szolgáltatnak erre, ugyanakkor köztudott, hogy a geotechnikai kategóriába sorolás is sok esetben nehezes és a geotechnikai, valamint a tartószerkezeti tervező szoros együttműködését kívánja meg.

Hangsúlyozzuk, hogy a valószínűsített talajtörési ellenállás ( $\sigma_{pb}$ ) nem talajfizikai jellemző, ezért ezt nem a talajvizsgálati jelentésben kell megadni, hanem a tervezés során az építmény szerkezete, terhelési adatai, süllyedésérzékenysége stb. ismeretében kell meghatározni.

Célunk az volt, hogy az általunk kidolgozott eljárás és annak részletei egy széles körű szakmai vitát indukáljanak és hosszabb távon ez az eljárás a nemzeti mellékletbe kerülhessen.

## 7. HIVATKOZÁSOK

- MSZ 15004-89: „Sík alapok határteherbírásának és süllyedésének meghatározása”
- MSZ EN 1997-1:2006: „Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok”
- BS 8004:1986: „Code of practice for foundation”
- Bond, A.; Harris, A. (2008): „Decoding Eurocode 7”
- Carter, M.; Bentley, S. P. (1991), „Correlations of soil properties”, Pentech Press
- Craig, R.F. (2004), „Craig soil mechanics”, Spon Press
- Czap-Mahler-Mecsi-Móczár-Nagy-Takács (2010), „Eurocode-7 vízépítő mérnököknek”, Magyar Mérnöki Kamara, Budapest
- Das, B. M. (2008), „Advanced soil mechanics”, Taylor&Francis
- Das, B. M. (2006), „Principles of Geotechnical Engineering”, Thomson
- Rees, L. C.; Isenhowe, W. M., „Shin-Tower Wang (2006): Analysis and design of shallow and deep foundations”, John Wiley and Sons
- Smolczyk, U. (2002), „Geotechnical Engineering Handbook”, Ernst Sohn
- Look, B. (2007), „Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables”, Taylor&Francis
- Szepesházi R. (2008), „Geotechnikai tervezés az EUROCODE 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján”, Business Média Magyarország Kft., Budapest

**Dr. Móczár Balázs** (1971) okl. építőmérnök, okl. igazságügyi szakmérnök, PhD, egyetemi docens, a BME Geotechnikai Tanszék oktatója. Fő érdeklődési területei: talaj és szerkezet kölcsönhatása, sík és mélyalapozások, mély munkagödörök. Az MMK Geotechnikai Tagozat elnökségi tagja. Az MMK Geotechnikai Tagozat Minősítő Bizottság titkára. Az ISSMGE Magyar Tagozat tagja.

**Dr. Szendefy János** (1978) okl. építőmérnök, PhD, geotechnikai tervező és szakértő, egyetemi adjunktus, a BME Geotechnikai Tanszék oktatója. Fő érdeklődési területei: talaj és szerkezet kölcsönhatása, sík és mélyalapozások, földművek, talajstabilizáció. Az MMK Geotechnikai Tagozat tagja. Az ISSMGE Magyar Tagozat tagja. Az Útügyi Lapok szerkesztőbizottsági tagja.

### SIMPLIFIED BEARING CAPACITY CALCULATION OF SHALLOW FOUNDATIONS RESPECTIVELY TO THE PRINCIPLES OF EC7

**Balázs Móczár-János Szendefy**

In the former Hungarian shallow foundation standard (MSZ 15004-1989 „Sík alapok határteherbírásának és süllyedésének meghatározása”) there was an option under bullet 2.4 how to calculate the limit stress values with the aid of table described data. After EC7 has come into effect and the former code was withdrawn, “presumed bearing value” based design must be examined whether it can fit into EC7 environment or not. MSZ EN 1997-1 delivers the opportunity to design by prescriptive measures; therefore the authors developed a method, which was harmonized with EC7, but really similar to the formerly used “presumed bearing value” based design.