

# Méretezési segédlet ipari padlók tervezéséhez



**ARMCORP InnoTech Kft.**

1054 Budapest, Kálmán Imre utca 1.

## Tartalomjegyzék

1. Bevezető .....	2
2. Ipari padlók kialakítása .....	2
2.1. Ágyazat.....	2
2.2. Beton ipari padló .....	3
2.2.1. A beton jellemzői .....	3
2.2.2. Dilatációk kialakítása .....	4
3. Ipari padlón ébredő terhek.....	5
4. Számítás .....	6
4.1. Beton hajlító-húzószilárdságának a meghatározása .....	6
4.2. Padlólemez keresztmetszetének nyomatéki teherbírása.....	6
4.3. Padlólemez keresztmetszetének nyírási teherbírása.....	9
4.4. Terhek és egyedi biztonsági tényezők.....	11
4.5. Pontszerű terhelés.....	11
4.6. Teherbírás a kapcsolatoknál .....	13
4.7. Vonalmenti terhelés.....	14
4.8. Felületen megoszló terhelés .....	15
5. Mintaszámítás.....	17
5.1. – A padló adatai 1. rész .....	17
5.2. – A padló adatai 2. rész .....	17
5.3. – Nyomatéki teherbírás meghatározása .....	18
5.4. – Ellenőrzés egy pontterherre .....	19
5.5. – Ellenőrzés két pontterherre .....	20
5.6. – Ellenőrzés felületen megoszló terherre.....	21
1. Mellékelt.....	22
ARMOFIB® 150 – acélszál – összesített eredmények .....	22
2. Melléklet.....	25
Vizsgálati eredmények kiértékelése .....	26
A maradó húzószilárdságok középértékeinek számítása:.....	27
Hivatkozások.....	28

## 1. Bevezető

Hazánkban is egyre nagyobb hangsúlyt fektetünk épületek tartószerkezeti tervezései során azok ipari padlóinak a méretezésére is, bár a hatályos tervezési szabványokban még nincs méretezési módszer megadva. Ezek hiányában a tervező mérnökök tervezési irányelveket, illetve méretezési segédleteket tudnak használni a méretezés során. Jelen méretezési segédlet nemzetközileg is elfogadott irányelvek méretezési módszerein alapul, kiegészítve saját tapasztalatainkkal, illetve termék specifikus módszerekkel. **A méretezési segédlet így csak a mellékletben megadott gyártmányú, magas minőségű acélszálak méretezésére használható fel (Armofib® 150 acélszálak), más gyártmányok méretezésére nem alkalmas, más szállal kapcsolatban hivatkozásként felhasználni tilos.**

A felhasznált legfontosabb irányelvek:

- az amerikai ACI 360 (továbbiakban ACI) [1];
- az angol Technical Report 34 (továbbiakban TR34) [2];
- illetve az osztrák Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik kiadványa (továbbiakban ÖVBB) [3].

Jelen kiadványt ajánljuk tartószerkezeti tervezőknek, szakértőknek, műszaki ellenőröknek és felelős műszaki vezetőknek, illetve mindazoknak, akik ipari padlók tervezésében, méretezésében vagy kivitelezésében vesznek részt.

## 2. Ipari padlók kialakítása

Az ipari padló tartószerkezeti szempontból egy felületen rugalmasan alátámasztott szerkezet, amely az épület fő tartószerkezetétől teljesen független, célja, a rajta ható terhek elvezetése az alatta levő ágyazatra, majd talajra. Ebben a méretezési segédletben nem esik szó a hazánkban ritkának számító cölöpökkel gyámoltott ipari padlókról. A padló kialakításánál így fontos tudnunk, hogy milyen a padló alatti ágyazat, mi annak a teherbírása. Speciális esetben az ipari padlók alá hőszigetelés is kerül, mely során a méretezésnél ezt is figyelembe kell vennünk.

A padlók jellemző rétegrendje a következő:

- teherhordó altalaj;
- ágyazat;
- elválasztó/csúsztató réteg;
- beton padlólemez.

A méretezési segédletünkben ennek megfelelően először az ágyazatról lesz szó, majd magáról az ipari padlóról.

### 2.1. Ágyazat

Az ipari padló alatti talaj vizsgálata, kialakítása és tömörítése minden esetben létfontosságú, hiszen ebben az esetben a talaj adja a szerkezet egyetlen támaszát. A talaj tömörségét a számítások során a talaj

ágyazási modulussal ( $k$ ) vesszük figyelembe, melynek dimenziója  $\text{N}/\text{mm}^3$ . Ennek meghatározása például a DIN 18134 [4] szabvány szerinti terhelőlemezes próba elvégzésével történhet. A  $k$  értéke meghatározható a  $CBR$  (California Bearing Ratio) [%] értékből, valamint a talaj összenyomódási modulusából ( $E_{v1}$ - $E_{v2}$ ) is, az alábbi összefüggések alapján.

Átváltás  $CBR$ -ből  $k$  értékre:

$$k \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^3} \right] = 0.0020 \times CBR + 0.0283 \quad (1)$$

Átváltás  $E_{v1}$  és  $E_{v2}$  értékből  $k$  értékre:

$$k = \frac{E_{v2}}{550 \text{ N}/\text{mm}^2 \times \alpha} \quad \text{vagy} \quad k = \frac{E_{v1}}{550 \text{ N}/\text{mm}^2} \quad (2)$$

ahol:  $\alpha = 2,2$

Az ipari padlók alatti ágyazat sokféle lehet, amely kialakításának a módja leginkább az általaj talajmechanikai paramétereitől függ. Amennyiben nem ismerjük a majdan készítendő ipari padló alatti ágyazat ágyazási tényezőjét, előírhatjuk annak mértékét, amelyet a kivitelezés előtt ellenőrizni kell. Javasolt legkisebb értéke a  $k = 0,03 \text{ N}/\text{mm}^3$ .

## 2.2. Beton ipari padló

Ipari padló kialakítása és erősítése több féle lehet. Kis terhelés esetén létezhet beton anyagú ipari padló, nagyobb terhelés esetén készülhet szálerősítéssel, extrém nagy terhelés esetén kiegészítve acél hálóval. A beton betontechnológiai jellemzői rendkívül fontosak, így külön részben foglalkozunk vele. Ugyancsak nagy szerepe van a dilatációk kialakításának is, mivel ezek helyes kialakításaival szabályozhatjuk a repedések képződését.

### 2.2.1. A beton jellemzői

A tervezés során igen fontos a beton jellemzőinek meghatározása, mely jellemzően a beton szilárdsági osztályának függvénye. A főbb paraméterek megmutatják a beton különböző hatásokkal szembeni szilárdsági és alakváltozási értékeit, melyek a tervezés alapjai.

Az alábbi táblázatban a tervezéshez szükséges betonjellemzők kerültek összefoglalásra a három ipari padlóknál leggyakrabban alkalmazott beton szilárdsági osztály esetén.

1. táblázat: A beton anyagjellemzői

Jellemző	Magyarázat	Szilárdsági osztály		
		C25/30	C30/37	C35/45
$f_{ck}$ [MPa]	henger nyomószilárdsága	25	30	35
$f_{ck,cube}$ [MPa]	kocka nyomószilárdsága	30	37	45
$f_{ctm}$ [MPa]	átlagos húzószilárdság	2,6	2,9	3,2
$E_{cm}$ [MPa]	rugalmassági modulus	31 000	33 000	34 000
$\varepsilon_{ct,u,terh.}$ [-]	szakadási nyúlás terhelésnél		-0,10	
$\varepsilon_{ct,u,kénysz.}$ [-]	szakadási nyúlás kényszernél		-0,14	

### 2.2.2. Dilatációk kialakítása

A beton padlólemezekben különböző távolságonként hézagok kialakítása szükséges, hogy ne keletkezzenek jelentős hosszanti irányú igénybevételek, melyek a padló repedését okoznák. Ezekkel a kapcsolati elemekkel a repedések helyét lokalizálni lehet, így maga a betonlemez felülete repedésmentes maradhat. A hézagoknak több fajtája használatos, hogy a változó követelményeket ki tudják elégíteni.

A hézagok főbb fajtái:

- vakhézagok (vágott dilatáció): előre betervezett repedési hézagok, a betonkeresztmetszet felső tartományában bevágás készül, így lokálisan gyengítve a keresztmetszetet, mely lehetővé teszi a tiszta repedéstervezést a bevágás alatt. Betonpadlók hézagainak távolsági aránya 1:1,5- nál nagyobbra nem ajánlott tervezni.
- szoros hézagok: teljes vastagságában elválasztják a betonlemezt, így nem nyújtanak lehetőséget a beton tágulására. Szoros hézag ellenbetonozással alakítható ki egy előre betonozott betonmező kizsaluzott homlokoldalán.
- peremhézagok (tüskés dilatáció): a betonlemez szélén kialakított csatlakozások, melyek elválasztják a különböző épületrészeket. A kapcsolat kialakítható csúszó tüskékkel, vagy előregyártott acél kapcsolati elemekkel. A kapcsolat funkciója, hogy a beton hőtágulását engedje, ugyanakkor a padló vonalára merőleges nyírási mozgások hatására összetartsa a különböző padlórészeket. Hasonló kapcsolatok készülnek a munkafolyamatok határán is.

Hézagok kialakítása szükséges a felmenő szerkezet oszlopai körül is, hiszen ezeken a helyeket jellemzően pontalopozás készül, mely függőleges mozgása eltér a lemez mozgásától.

### 3. Ipari padlón ébredő terhek

Az ipari padlókon a terhek igen változatosak lehetnek a különböző funkciókból adódóan. A terhelt felület méretének függvényében megkülönböztetünk pontszerű, vonal mentén megoszló és felületen megoszló terheléseket. Födémek méretezése során a födém felületén ébredő maximális hasznos terhet kell meghatározni, amely biztonsági tényezővel növelt értékére kell méretezni a szerkezetet teherbírasi határállapotban, illetve várható értékére használhatósági állapotban. Ennek megfelelően a födémek teherbírása  $\text{kN/m}^2$ -es értékkel van megadva. Ipari padlók ez az érték keveset árul el a padló használata során ébredő terhekről, sőt, a teljes felületén megtámasztott padlón teljes felületén ébredő felületi teher alig okoz hajlító igénybevételt a padlóban (a padló megsüllyedhet, függőleges irányú normálfeszültség ébred benne, amely nagyságrenddel kisebb a beton nyomószilárdságánál). A padlóban akkor keletkezik hajlító igénybevétel, ha ezek a terhek szakaszosan terhelik a padlót. Létezik egy olyan teherállás, amelynél a pozitív, illetve ahol a negatív nyomaték a maximum értékét veszi fel. A padló terhelésének megadása során a felületi terhek definiálásánál további probléma szokott lenni a terhek értékének eltúlzása. A  $100 \text{ kN/m}^2$ -es terhelés a valóságban ritkán jöhet létre, nehéz elképzelni, hogy ekkora terheket a padló felületén fektetve tárolnak, jellemzőbb inkább a polcokon vagy konténerekben való tárolás. Ezeknek a tárolóknak pedig lábaik vannak, amelyek már pontszerű terheket adnak át az ipari padlóra. A méretezés során érdemes a várható terhelések megállapításánál a padlón elhelyezésre kerülő vagy tárolandó anyagokból (polcokon, konténerekben), a padlón működő gépekből és a padlón közlekedő járművekből (targonca, tehergépkocsi) kiindulni, mint sem felületi teherként megadott értékekből. Amennyiben még nem lehet tudni a padló funkcióját a maximális értékeket lehet meghatározni, amelyhez később igazodni kell.



1. ábra: Ipari padló építés közben

## 4. Számítás

Jelen fejezetben a TR34 Brit irányelv főbb számítási lépései kerülnek bemutatásra. Az irányelv a talajon fekvő betonpadlót, mint rugalmasan ágyazott lemezt tekinti, és ennek megfelelően törésmechanikai alapokra helyezi a számítást, mely segítségével a repedések kialakulása utáni nemlineáris állapot is számítható. A rugalmas anyagként viselkedő talajt Winkler rugókkal modellezi.

A számítás során első körben a beton hajlító-húzószilárdsága kerül meghatározásra. Ennek felhasználásával a padló pozitív, illetve negatív nyomatóki ellenállása meghatározható, mely alapján a különböző terhelési esetekre (1, 2, 4 pontteher, vonalmentén illetve felület mentén megoszló teher) az ellenőrzés elvégezhető.

### 4.1. Beton hajlító-húzószilárdságának a meghatározása

A hajlító-húzószilárdság a betonnál nem anyagi paraméter, hanem függ a szerkezet vastagságától ( $h$ ), azaz figyelembe veszi a mérethatást.

A számítás alapjaként meg kell határozni ezen értéket a felvett geometria és anyagjellemzők felhasználásával az alábbi képlet segítségével:

$$f_{ctd,fl} = f_{ctm} \times (1.6 - h/1000) / \gamma_m \quad (3)$$

ahol:  $\gamma_m$ : anyagi biztonsági tényező

### 4.2. Padlólemez keresztmetszetének nyomatóki teherbírása

Ezt követően lehetőség nyílik a padló nyomatóki teherbírásának meghatározására. Ebben az esetben a padlót az alkalmazott erősítés függvényében különböző típusokra kell bontani, melyek a következők:

- erősítés nélküli betonpadlók;
- hagyományos vasbetétekkel erősített betonpadlók;
- makro vagy acélszálerősítésű betonpadlók;
- hibrid erősítésű padlók (szálerősítés és hagyományos vasbetét erősítés együttes alkalmazása).

A TR34 tervezési irányelv a mikro és fibrillált szálakról a következőt írja:

*„A mikro-szintetikus szálak nem nyújtanak semmilyen hozzáadott törési energiát. Nem gátolják a repedéseket a megszilárdult betonban, ezért nem használhatóak más erősítések kiváltásaként. Méretezésnél nem vehetőek figyelembe.”*

A nyomatóki teherbírást a különböző erősítések függvényében a következő módon kell számolni.

A legegyszerűbb eset az erősítés nélküli beton, mely során a nyomatóki teherbírás csak a padló vastagságától és a már korábban ismertetett beton hajlító-húzószilárdságától függ.

$$M_{un} = f_{ctd,fl} (h^2/6) \quad (4)$$

Amennyiben a padlóban tradicionális vasbetét erősítés található, úgy a nyomatéki teherbírás is ennek függvényében változik.

$$M_{pfab} = 0.95A_s f_{yk} d / \gamma_m \quad (5)$$

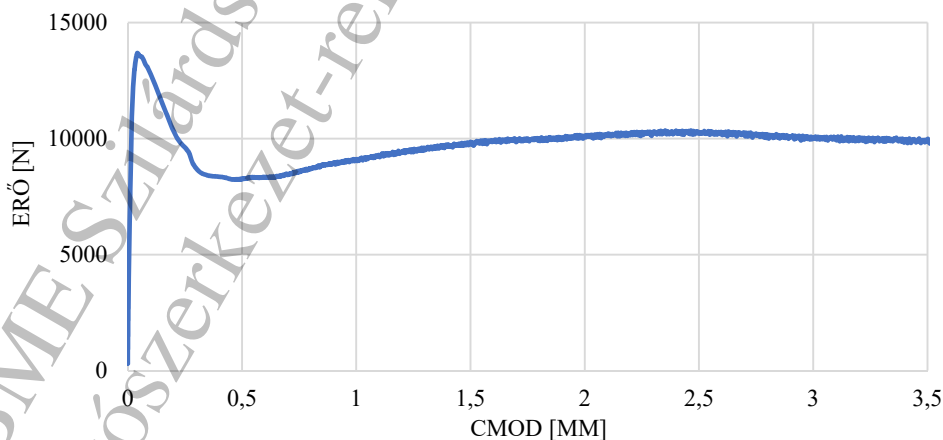
ahol:  $A_s$ : az alkalmazott vasbetétek területe  
 $f_{yk}$ : a vasbetétek folyási határának karakterisztikus értéke  
 $d$ : a padló hasznos magassága  
 $\gamma_m$ : anyagi biztonsági tényező

Ha az ipari padló acél vagy makro szálakkal erősített, abban az esetben első lépésben a szálerősítés hatását kell meghatározni. Ennek módja az EN 14845 alapján meghatározott gerendakísérlet, melyből meghatározható az adott szál erő-CMOD (Crack Mouth Opening Distance) görbéje. Ezen görbe alapfeltétele a tervezésnek, az ebből meghatározható adatok nélkül a szálerősített padló statikailag nem méretezhető. A tesztek legalább 12 gerendán kell végezni, melyekből a szükséges meghatározandó adatok az erő értékek a 0,5; 1,5; 2,5 és 3,5 mm-es CMOD értékeknél. A vizsgálat leírását, valamint a kapott eredmények kiértékelésének módját a 2. Melléklet tartalmazza. Ezen erőértékek átkonvertálása maradó hajlító-húzószilárdsággá a következő összefüggés alapján lehetséges:

$$f_R = 3F_R l_f (2bh_{sp}^2) \quad (6)$$

ahol:  $F_R$ : az alkalmazott teherérték az R-edik lépésben  
 $l_f$ : a fesztáv  
 $b$ : a gerenda szélessége  
 $h_{sp}$ : a bevágás feletti betonkeresztmetszet magassága

Szálerősítésű gerenda tipikus erő- CMOD diagramja a 2. ábrán látható.



2. ábra: Tipikus erő-CMOD diagram



Ezen adatokból meghatározható a szükséges  $f_{R1}$ ,  $f_{R2}$ ,  $f_{R3}$  és  $f_{R4}$  értékek, melyek a méretezés alapjait szolgáltatják.

Az 1. Mellékletben található táblázat az ARMOFIB® 150 acélszál maradó hajlító-húzószilárdsági értékeit tartalmazza különböző szaladagolások esetén.

A maradó hajlító-húzószilárdság számításához szükséges az átlagos tengelyirányú húzószilárdság meghatározása, melyre a RILEM TC162 [6] ad ajánlást két különböző CMOD értéknél (0,5 és 3,5):

$$\sigma_{r1} = 0.45f_{R1} \quad (7)$$

$$\sigma_{r4} = 0.37f_{R4}$$

Ezen értékek alapján már meghatározható a hajlítási teherbírás:

$$M_u = \frac{h^2}{\gamma_M} (0.29\sigma_{r4} + 0.16\sigma_{r1}) \quad (8)$$

Amennyiben a padló szálerősítéssel és hagyományos vasbetétes erősítéssel egyszerre ellátott, úgy meg kell különböztetni két esetet. Az egyikben a vashányad 0,15% alatt van, a másikban pedig e fölött. A különbség lényege a két szerkezet különböző mechanikai viselkedése. Míg az elsőben a repedés után a vasak megfolynak és a teher jelentős részét a szálerősítés viszi, addig a másikban ez pont fordítva van: a szálak szakadása-kihúzóda közben az acélbetétek jelentős terhek felvételére képesek.

0,15%-nál kisebb vashányad esetén a padlóknál a hajlítási teherbírás:

$$M_u = \frac{h^2}{\gamma_M} (0.29\sigma_{r4} + 0.16\sigma_{r1}) + \frac{A_s f_y (d - 0.048h)}{\gamma_s} \quad (9)$$

0,15%-nál nagyobb vashányad esetén a padlóknál a hajlítási teherbírás:

$$M_u = \frac{[0.5(\sigma_{r1} - \sigma_{r4})(h - h_{ux})(0.28h_{ux} + 0.33h)]}{\gamma_m} + \frac{[\sigma_{r4}(h - h_{ux})(0.11 \times h_{ux} + 0.5h)]}{\gamma_m} + [A_s f_{yk}(d - 0.39h_{ux})]/\gamma_s \quad (10)$$

ahol:  $h_{ux} = \frac{h[\sigma_{R4} + 0.5(\sigma_{r1} - \sigma_{r4})] + A_s f_{yk}}{[0.64f_{ck} + \sigma_{r4} + 0.5(\sigma_{r1} - \sigma_{r4})]}$  a nyomott betonzóna magassága

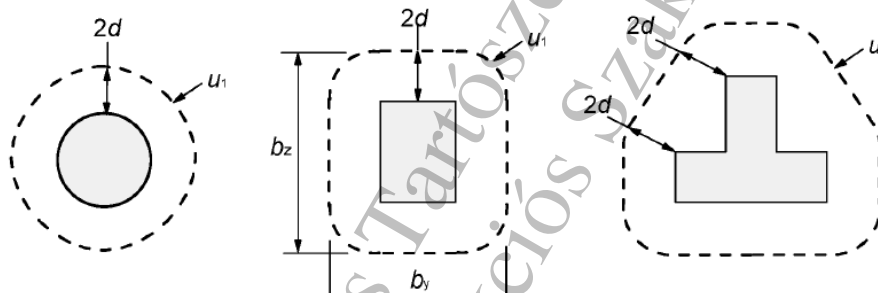
A padlóban keletkező nyomatékok terjedése a padló relatív merevségi sugarának a függvénye. A törésmechanikai számítások alapját képző relatív merevség sugarának nagyságát Westergaard [8] a következőképp definiálta:

$$l = [(E_{cm} h^3 \times 10^6)/(12(1 - \nu^2)k)]^{0.25} \quad (11)$$

A relatív merevségi sugár jelentése az alábbi módon értelmezhető: egy adott pontteher hatására a padlóban a terhelés alatt keletkezik a legnagyobb pozitív nyomaték, mely a padló alsó síkján okoz húzást. A ponttehertől  $l$  távolságra a nyomaték értéke éppen nulla lesz, és  $2l$  távolságban kaphatjuk a maximális negatív nyomatékot, mely a padló felső síkján okoz húzást.  $3l$  távolságra a nyomaték ismét zérus lesz. Míg a pontszerű terhelésből keletkező pozitív nyomatékok hálós repedéseket okoznak a padló alsó felületén, addig a negatív nyomaték kör alakú repedésképet okoz.

### 4.3. Padlólemez keresztmetszetének nyírási teherbírása

A padló átszúródás vizsgálata az Eurocode 2 [7] vonatkozó részei alapján történik, mely a nyíróerő értékét vizsgálja a teherátadó felületen, valamint a felülettől  $2d$  ( $d$ : a padló hasznos magassága) távolságra lévő kritikus átszúródási vonalon. A szabvány a szálerősítésű padlók számítására nem ad ajánlást, ebben az esetben a hasznos magasságot  $0.75h$ -ra szükséges felvenni, ahol  $h$  a padló teljes magassága.



3. ábra: Átszúródási körvonalak az Eurocode 2 alapján [7]

A szabvány alapján az erősítés nélküli betonpadlón a terhelt felület kerületén a nyíró feszültségnek nem szabad meghaladnia a  $v_{\max}$  értékét, mely:

$$v_{\max} = 0.5k_2f_{cd} \quad (12)$$

ahol:  $k_2 = 0.6(1 - f_{ck}/250)$

Ezek alapján a maximális átszúródási teherbírás értéke:

$$P_{p,\max} = v_{\max}u_0d \quad (13)$$

ahol:  $u_0$  a terhelt felület kerülete

Ez után meg kell vizsgálni a nyírást a kritikus átszűrődési vonalon is, amely az  $u_1$  vonalon van a 3. ábra szerint,  $2d$  távolságra a terhelt felület kerületétől. Erősítés nélküli betonpadló minimális nyírási teherbírása az alábbi képlettel határozható meg:

$$v_{Rd,c,min} = 0.035k_s^{1.5}f_{ck}^{0.5} \quad (14)$$

ahol:  $k_s = 1 + (200/d)^{0.5}$

Vasalással erősített padló esetén a nyírási teherbírás képlete a következőképp alakul:

$$v_{Rd,c} = \frac{0.18k_s}{\gamma_c} (100\rho_1f_{ck})^{0.33} \geq 0.035k_s^{1.5}f_{ck}^{0.5} \quad (15)$$

ahol:  $\rho_1 = \sqrt{\rho_x\rho_y}$  az  $x$  és  $y$  irányban lévő vasalási hányadok aránya

Szálerősítésű padló esetén a nyírási teherbírás értéke az alábbi képlettel számítható:

$$v_f = [0.12 (f_{r1} + f_{r2} + f_{r3} + f_{r4})/4]/2 \quad (16)$$

A padló teherbírása a (17) képlet alapján határozható meg, a megfelelő  $v$  és  $u_1$  behelyettesítésével.

$$P_p = \begin{bmatrix} v_{Rd,c,min} \\ v_{Rd,c} \\ v_{Rd,c} + v_f \end{bmatrix} \times u_1 \times d \quad (17)$$

A dilatációs hézagoknál alkalmazott tüskék teherbírásának meghatározásakor több igénybevételi esetet is meg kell különböztetni, hiszen ezen elemek egyszerre vannak kitéve nyírásnak és hajlításnak.

Nyírási teherbírás:

$$P_{sh,dowel} = 0.6f_{yd}A_v \quad (18)$$

ahol:  $A_v$  a tüske nyírási keresztmetszete, mely a tüske teljes keresztmetszetének 90%-a

A tüskék hajlítási teherbírása pedig a következő összefüggéssel számítható:

$$P_{max,dowel} = d_d^2(f_{cd}f_{yd})^{0.5}[(1 + \alpha^2)^{0.5} - \alpha] \quad (19)$$

#### 4.4. Terhek és egyedi biztonsági tényezők

A teher elhelyezkedésének függvényében megkülönböztetjük az alábbi eseteket:

- belső teher: ebben az esetben a teher a padló minden szélétől legalább  $l+a$  távolságra van, ahol „ $a$ ” a terhelő felület ekvivalens sugara (lásd 4.5.);
- teher a padlószálen: ezen terhelési eset során a teher a padló egyik szélétől kisebb mint  $l+a$ , a többi szélétől nagyobb mint  $l+a$  távolságra található;
- sarok terhelés: a teher két szélétől is  $l+a$  távolságnál kisebb távolságra helyezkedik el.

A terheket biztonsági tényezőkkel meg kell növelni. Ezen tényezők értéke a teher típusától is függ. Ezek alapján:

- Dinamikus terhelés esetén: 1,6
- Polcláb terhelés esetén: 1,2
- Egyéb terhelés: 1,5

Ahhoz, hogy a terhekből származó feszültségek meghatározhatók legyenek, szükség van a teherátadó felület méretének meghatározására. Az ipari padlókon a következő terhek fordulhatnak elő kiterjedésük szerint:

- pontterhek;
- vonalmenti terhek;
- felületen megoszló terhek.

#### 4.5. Pontszerű terhelés

A feszültségek meghatározásához szükség van a teher és az ekvivalens kör sugarának meghatározására. Mivel jellemzően a terhelési felületek négyszög alakúak (targonca, polcláb, jármű terhelés), így először meg kell határozni a terhelési felület területével megegyező kör sugarát ( $a$ ). Amennyiben a padlón járműterhelés van, úgy egyéb adat hiányában a terhelési felület számítható a guminyomásból és teher értékéből, a többi esetben adatszolgáltatás alapján kell felvenni. Amennyiben a terhek nagyon közel helyezkednek el egymáshoz (a terhek középpontjának távolsága kisebb, mint  $2h$ ), a számítás során vehető úgy, mintha egy teher hatna, egy megnövelt terhelési felületen. Ebben az esetben a terhelési felületet a két ekvivalens kör és a köztük lévő terület nagyságának kell felvenni.

A járműterhelés egyik speciális, igen gyakori fajtája a targonca terhelés, mely során különböző tömegű és kapacitású targoncák adják a padló pontszerű terheit. A targoncákat a szabvány terhelési osztályokra osztja, ennek megfelelően különböző ajánlást ad a felveendő teherátadó felület és a teher értékére.

#### Tervezési egyenletek egy pontteher esetén

Az alábbi egyenletek, valamint mechanikai háttérük Meyerhof [9] vonatkozó műveiben található meg.

Minden összefüggésnek két típusa van az  $a/l$  arány függvényében.

Közbenső pontszerű terhelés esetén:

$$a/l=0$$

$$P_{u,0} = 2\pi(M_p + M_n) \quad (20)$$

$$a/l > 0.2$$

$$P_{u,0.2} = 4\pi(M_p + M_n)/[1 - (a/3l)] \quad (21)$$

Padlószéli pontszerű terhelés esetén:

$$a/l=0$$

$$P_{u,0} = [\pi(M_p + M_n)/2] + 2M_n \quad (22)$$

$$a/l > 0.2$$

$$P_{u,0.2} = [\pi(M_p + M_n) + 4M_n]/[1 - (2a/3l)] \quad (23)$$

Szabad sarok esetén:

$$a/l=0$$

$$P_{u,0} = 2M_n \quad (24)$$

$$a/l > 0.2$$

$$P_{u,0.2} = 4M_n/[1 - (a/l)] \quad (25)$$

ahol:  $M_n$  a beton padló negatív nyomatéka a (4) képlet alapján,  $M_p$  pedig a pozitív nyomaték a (5), (8), (9) vagy (10) képletek alapján, az erősítés függvényében.

#### Tervezési egyenletek két pontteher esetén

Amennyiben a két pontteher távolsága kisebb, mint  $2h$ , ahol  $h$  a padló vastagsága, abban az esetben a fent említett egyszerűsítéssel lehet számolni. Ha a távolság nagyobb, mint  $2h$ , úgy az alábbi összefüggések adják a padló teherbírását:

$$a/l=0$$

$$P_{u,0} = [2\pi + (1.8x/l)][M_p + M_n] \quad (26)$$

$$a/l > 0.2$$

$$P_{u,0.2} = \left[ \frac{4\pi}{1 - \left(\frac{a}{3l}\right)} + \frac{1.8x}{l - (a/2)} \right] [M_{p+} + M_n] \quad (27)$$

ahol:  $x$  a két pontteher távolsága

Meyerhof nem adott megoldást arra az esetre, mikor két pontteher a padló szélén helyezkedik el, így ebben az esetben az alábbi egyszerűsítéssel élünk: a közbenső helyzetre meghatározott teherbírást csökkenteni kell az egy pontteher esetén a szélén és a belső mezőben meghatározott teherbírási arányával.

Összefüggések négy pontteher esetén:

$$a/l=0$$

$$P_{u,0} = \left[ 2\pi + \frac{1.8(x+y)}{l} \right] [M_p + M_n] \quad (28)$$

$$a/l > 0.2$$

$$P_{u,0.2} = \left[ \frac{4\pi}{1 - \left(\frac{a}{3l}\right)} + \frac{1.8(x+y)}{l - (a/2)} \right] [M_p + M_n] \quad (29)$$

ahol:  $x$  és  $y$  a pontterhek közti távolságok

#### 4.6. Teherbírás a kapcsolatoknál

A tényleges szabad sarkok és szabad szélek teherbírásának meghatározása sok esetben nem válik szükségessé, hiszen belső ipari padló esetén ezeken a területeken nem valószínű a padló jelentős terhelése. Azonban a kapcsolatok, dilatációk esetében rendkívül fontos meghatározni a padló teherbírását, melyet a szabad szélre meghatározott összefüggések módosításával lehet kiszámolni.

Vágott dilatáció esetén a szabad szélre vonatkozó képlet az esetlegesen alkalmazott vasak teherbírás növelő hatásával, valamint a beton adalékanyagának szemcsehatásával van kiegészítve. ezek alapján a képletek a következőképp módosulnak:

$$a/l=0$$

$$P_{u,0} = \left[ \frac{\pi(M_p + M_n)}{2} \right] + 2M_n + \frac{1}{1 - 0.15} + P_{\max} \times n \quad (30)$$

$$a/l > 0.2$$

$$P_{u,0.2} = [\pi(M_p + M_n) + 4M_n] / [1 - (2a/3l)] + \frac{1}{1 - 0.15} + P_{\max} \times n \quad (31)$$

ahol: az  $\frac{1}{1-0.15}$  tag a szemcsehatást veszi figyelembe

$P_{\max}$  a (18) és a (19) képlet alapján meghatározott hálós vagy szálvasalásra vonatkozó teherbírás értékének minimuma

$n$  pedig az egy folyóméterre jutó vasak száma

Tüskés dilatáció esetén a két képlet csupán a tüskék teherbírásának hatásával van kiegészítve az alábbiak alapján:

$$a/l=0$$

$$P_{u,0} = \left[ \frac{\pi(M_p + M_n)}{2} \right] + 2M_n + P_{\max} \times n \quad (32)$$

$$a/l > 0.2$$

$$P_{u,0.2} = [\pi(M_p + M_n) + 4M_n]/[1 - (2a/3l)] + P_{\max} \times n \quad (33)$$

A képletben hasonlóan az előzőkhöz  $P_{\max}$  és  $n$  veszi figyelembe a tüskék hatását, azonban ebben az esetben nem a vasakra vonatkoztatva, hanem a tüskékre.

#### 4.7. Vonalmenti terhelés

Vonalmenti terhelés esetén Hetényi [10] rugalmas alapokon nyugvó képletei alapján kerülnek meghatározásra a teherbírési értékek. Vonalmenti terhelés hatására keletkező nyomatékok a  $\lambda$  paraméter segítségével határozhatók meg, melynek értéke az alábbiak alapján határozható meg:

$$\lambda = \left( \frac{3k}{E_{cm} h^3} \right)^{0.25} \quad (34)$$

ahol:  $k$  a talaj ágyazási modulusa

$E_{cm}$  a beton rugalmassági modulusa

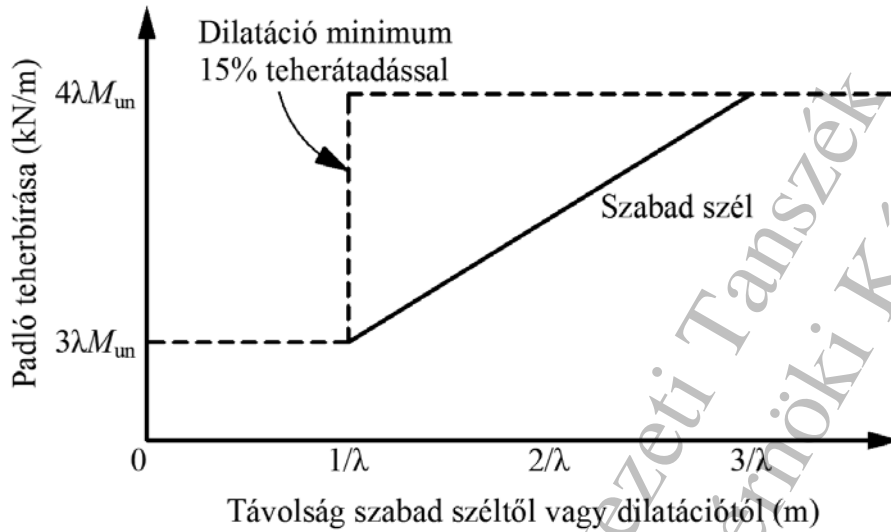
Mivel a  $\lambda$  paraméter a padló karakterisztikáját határozza meg, és a dimenziója 1/hossz, így karakterisztikus hosszúnak nevezzük.

Ezek alapján a padló teherbírása a következőképp alakul:

$$P_{lin} = 4\lambda M_{un} \quad (35)$$

Mivel a képlet lineáris anyagviselkedésen nyugszik, így a nyomaték megfelel a repesztő nyomatéknak is.

Amennyiben a vonalmenti terhelés a padló szélén van a 4. ábra segítségével számítható a padló teherbírása.

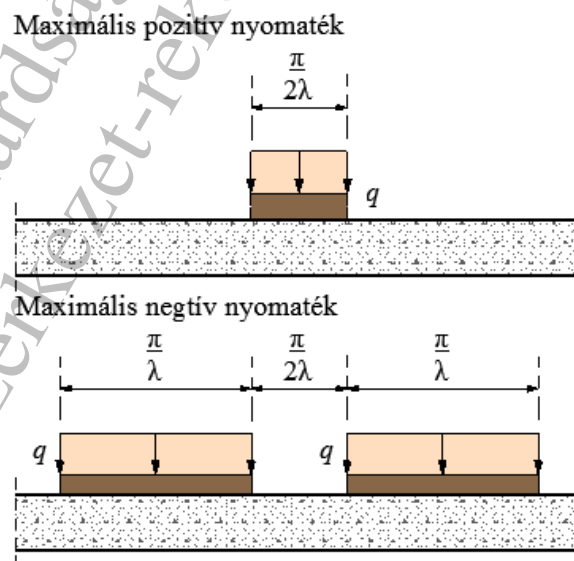


4. ábra: A padló teherbírása vonalmenti terhelés esetén dilatációnál

#### 4.8. Felületen megoszló terhelés

A felületen megoszló terhelés szintén Hetényi [10] által kidolgozott rugalmas összefüggések alapján kerül bemutatásra. A számítás a vonalmenti terheknél bemutatott  $\lambda$  paraméter segítségével történik. A padló széléhez közeli felület mentén megoszló terhelésre Hetényi adott megoldást, azonban a számítási mód meglehetősen bonyolult, így nem kerül bemutatásra.

A felület mentén megoszló terhelés eloszlása során a blokk módszer alkalmazása a leggyakoribb, mely során a terhelt és a nem terhelt padlórészek arányainak változtatásával határozzák meg a maximális igénybevételeket. Hetényi képletei alapján a maximális pozitív nyomaték a  $\pi/2\lambda$  területen keletkező terhelés adja, míg a legnagyobb negatív nyomaték a két oldalt  $\pi/\lambda$  területen leterhelt mezőnél keletkezik, mely között az 5. ábrának megfelelően  $\pi/2\lambda$  terheletlen rész található.



5. ábra: Maximális nyomatékok felületen megoszló terhelés esetében



A maximális felületen megoszló  $q$  teher értéke az alábbiak alapján számítható:

$$q = 5.95\lambda^2 M_n \quad (36)$$

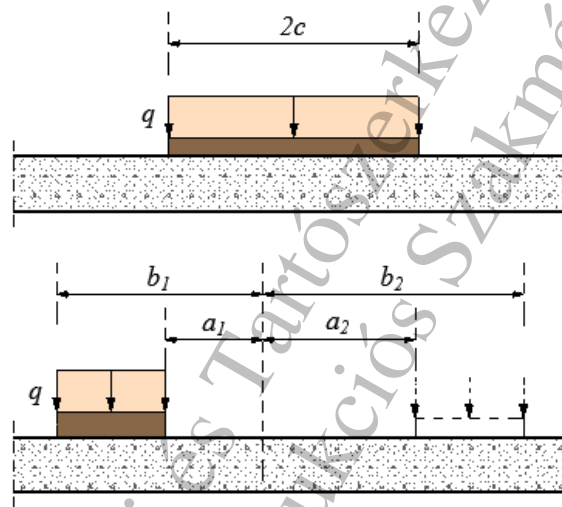
ahol:  $M_n$  a 4. egyenlet alapján meghatározható nyomaték.

Amennyiben a teher helyzete jól definiált, a pozitív nyomaték értéke a (37) képletből határozható meg:

$$q = \frac{2}{B_{\lambda c}} \lambda^2 M_p \quad (37)$$

ahol:  $B_{\lambda c} = e^{-\lambda c} \sin \lambda c$

$2c$  a terhelt felület szélessége a 6. ábra alapján



6. ábra: Felületen megoszló terhek geometriája

A negatív nyomaték értéke  $a_1$  távolságra a közelebbi, és  $a_2$  távolságra a távolabbi terhelt mezőtől az alábbiak alapján alakul (a 6. ábra alapján):

$$M_{n1} = \frac{1}{4\lambda^2} (B_{\lambda a_1} - B_{\lambda a_2}) q \quad (38)$$

ahol:

$$\begin{aligned} B_{\lambda a_1} &= e^{-\lambda a_1} \sin \lambda a_1 \\ B_{\lambda b_1} &= e^{-\lambda b_1} \sin \lambda b_1 \end{aligned} \quad (39)$$

## 5. Mintaszámítás

### 5.1. – A padló adatai

Bemeneti adatok:

Padló vastagsága	$h$	=	150mm
Beton nyomószilárdsága (kar. érték)	$f_{ck}$	=	30 MPa
Ágyazási tényező	$k$	=	0.05 N/mm <sup>3</sup>

Kimeneti adatok:

Beton hajlító-húzószilárdsága	$f_{ctd,fl}$	=	2.9 MPa
Beton rugalmassági modulusa	$E_{cm}$	=	28300 MPa
Relatív merevségi sugár	$l$	=	$[(E_{cm} h^3 \times 10^6) / (12(1 - \nu^2) k)]^{0.25}$ $= [(28300 \times 150^3) / (12(1 - 0.2^2) \times 0.05)]^{0.25}$ $= [9.55 \times 10^{10} / 0.576]^{0.25}$ $= 638.1 \text{ mm}$

### 5.2. – Terhelési felület adatai

Bemeneti adatok:

Relatív merevségi sugár	$l$	=	638.1 mm
-------------------------	-----	---	----------

A pontos adatok hiányában a polcláb terhelés esetén a láb méreteit 100 mm x 100 mm szélességűnek ajánlott felvenni.

Polcláb szélessége	$d$	=	100 mm
--------------------	-----	---	--------

Kimeneti adatok:

A terhelési felület egyenértékű sugara	$a$	=	$\sqrt{[(d)^2 / \pi]}$ $= \sqrt{[(100)^2 / \pi]}$ $= 56.4$
--	-----	---	--

Terhelési felület aránya a merevséghez

	$a/l$	=	56.4 / 638.1 $= 0.088$
--	-------	---	---------------------------

### 5.3. – Nyomatéki teherbírás meghatározása

#### Általános tervezési lépések

1. lépés: ARMOFIB 150® száladagolásának megválasztása  $\sigma_{r1}$  és  $\sigma_{r4}$  értékek felvétele
2. lépés: Beton szilárdsági osztály felvétele
3. lépés: Nyomatéki teherbírás számítása a felvett adatok alapján:
  1. lépés: ARMOFIB 150® száladagolásának megválasztása

#### ARMOFIB 150® @ 15 kg/m<sup>3</sup> adagolás

$$\begin{aligned} \text{Maradó húzó hajlítószilárdság } CMOD_1 & \quad \sigma_{r1} = 0.45 \times f_{R1} \\ & = 0.45 \times 1.7641 \\ & = 0.79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maradó húzó hajlítószilárdság } CMOD_4 & \quad \sigma_{r4} = 0.37 \times f_{R4} \\ & = 0.37 \times 1,7128 \\ & = 0.63 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### 2. lépés Beton szilárdsági osztály megválasztása

$$\text{Beton nyomószilárdsága} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

#### 3. lépés: Nyomatéki teherbírások

$$\begin{aligned} \text{Pozitív nyomatéki teherbírás} \quad M_{up} & = h^2 / \gamma_m \times (0.29 \sigma_{r4} + 0.16 \sigma_{r1}) \\ & = 150^2 / 1.5 \times (0.29 \times 0.79 + 0.16 \times 0.63) \times 10^{-3} \\ & = 4.95 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Negatív nyomatéki teherbírás} \quad M_{un} & = f_{ctd,fl} (h^2 / 6) \\ & = 2.9 (150^2 / 6) \\ & = 10.9 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

A pozitív ( $M_{up}$ ), valamint a negatív ( $M_{un}$ ) nyomatéki teherbírás a padló lemezzvastagságából ( $h$ ), a beton szilárdságából ( $f_c$ ) valamint a laboratóriumi vizsgálatokkal meghatározható  $\sigma_{r1}$  és  $\sigma_{r4}$  szálerősítés hatását jellemző értékekből határozható meg, melynek segítségével a padló globális teherbírása megállapítható a 4. Számítások fejezet alapján.

#### 5.4. – Ellenőrzés egy pontteherre

Bemeneti adatok:

Pontteher tervezési értéke  $p^* = 65 \text{ kN}$

Kimeneti adatok:

Teher a **belső mezőn**:

$$\begin{aligned} a/l = 0: \quad P_{u,0} &= 2\pi(M_p + M_n) \\ &= 2\pi(4.95 + 10.9) \\ &= 99.6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a/l \geq 0.2: \quad P_{u,0.2} &= 4\pi(M_p + M_n) / [1 - (a/3l)] \\ &= 4\pi(4.95 + 10.9) / [1 - (56.4 / (3 \times 638.1))] \\ &= 4\pi(15.85) / 0.97 \\ &= 205.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Interpolálva  $a/l = 0.088$ :

$$\begin{aligned} P_{u,0.088} &= 99.6 + [(205.3 - 99.6) \times 0.088 / 0.2] \\ P_{u,0.088} &= 146.1 \text{ kN} > P^* \quad \text{MEGFELEL!} \end{aligned}$$

Pontteher a **szabad szélén**:

$$\begin{aligned} a/l = 0: \quad P_{u,0} &= [\pi (M_p + M_n) / 2] + 2M_n \\ &= [\pi (4.95 + 10.9) / 2] + 2 \times 10.9 \\ &= 46.7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a/l \geq 0.2: \quad P_{u,0.2} &= [\pi (M_p + M_n) + 4M_n] / [1 - (2a / 3l)] \\ &= [\pi (4.95 + 10.9) + 4 \times 10.9] \\ &\quad / [1 - (2 \times 56.4 / 3 \times 638.1)] \\ &= 99.2 \text{ kN} > P^* \end{aligned}$$

MEGFELEL!

Interpolálva  $a/l = 0.088$ :

$$\begin{aligned} P_{u,0.088} &= 46.7 + [(99.2 - 46.7) \times 0.088 / 0.2] \\ P_{u,0.088} &= 69.8 \text{ kN} > P^* \quad \text{MEGFELEL!} \end{aligned}$$

Megjegyzés: a dilatációs kapcsolatok olyan szabad szélnek tekinthetők, ahol a két padlóelem között acél túske erősítés található

### 5.5. – Ellenőrzés két pontteherre

Bemeneti adatok:

Tervezési pontteher értéke	$p_1^*$	=	45 kN
Tervezési pontteher értéke	$p_2^*$	=	30 kN
Pontterhek közti távolság	$x$	=	400 mm > ( $2 \times h = 300$ )

*Megjegyzés: azon pontterhek esetén ahol a két teher közti távolság kisebb, mint  $2 \times h$ , a teher egy pontteherként számolható. Ebben az esetben a teherátadó felület a két teherátadó felület ekvivalens körének és a köztük lévő terület összege.*

Kimeneti adatok:

Teher a **belső mezőn**:

$$\begin{aligned}
 a/l = 0: \quad P_{u,0} &= [2\pi + (1.8x / l)] \times [M_p + M_n] \\
 &= [2\pi + (1.8 (400) / 638.1)] \times [4.95 + 10.9] \\
 &= 117.5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a/l \geq 0.2: \quad P_{u,0.2} &= [4\pi / (1 - (a / 3l) + 1.8x / (l - (a / 2)))] \times \\
 &\quad [M_p + M_n] \\
 &= [4\pi / (1 - (56.4 / (3 \times 638.1)) \\
 &\quad + 1.8(400) / (638.1 - (56.4 / 2)))] \\
 &\quad \times [4.95 + 10.9] \\
 &= 223.9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Interpolálva  $a/l = 0.088$ :

$$\begin{aligned}
 P_{u,0.088} &= 117.5 + (223.9 - 117.5) \times 0.088 / 0.2 \\
 P_{u,0.088} &= 164.3 \text{ kN} > (p_1^* + p_2^*) \quad \text{MEGFELEL!}
 \end{aligned}$$

BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék  
Tartószerkezet-rekonstrukciós Szakmérnöki Képzés

## 5.6. – Ellenőrzés felületen megoszló teherre

Bemeneti adatok:

Felületen megoszló teher értéke  $p_{UDL.A}^* = 50 \text{ kN/m}^2$

Kimeneti adatok:

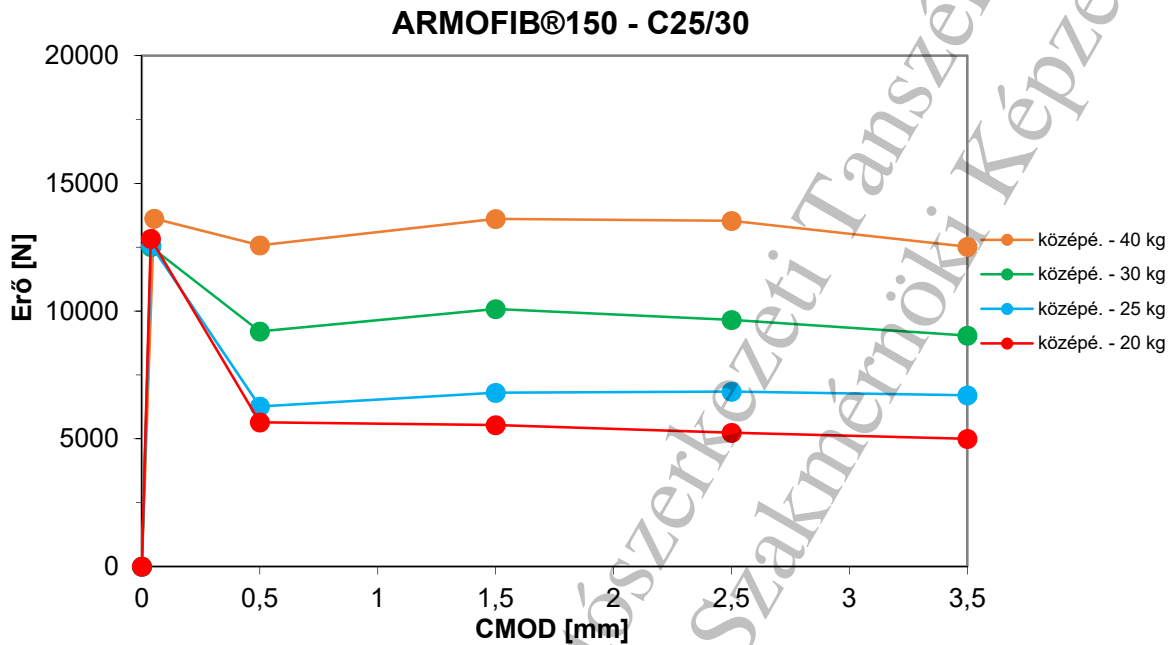
Karakterisztikus hossz:  $\lambda = [(3k) / (E_{cm} \times h^3)]^{0.25}$   
 $= [(3 \times 0.05) / (28300 \times 150^3)]^{0.25} \times 10^3$   
 $= 1.12 \text{ l/m}$

Teherbírás egységnyi felületen:  $q = 5.95\lambda^2 M_{un}$   
 $= 5.95 \times 1.12^2 \times 10.9$   
 $= 81.35 \text{ kN/m}^2 > p_{UDL.A}^* \quad \text{MEGFELEL!}$

BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék  
 Tartószerkezet-rekonstrukciós Szakmérnöki Képzés

## 1. Mellékelt

### ARMOFIB® 150 acélszál – összesített eredmények

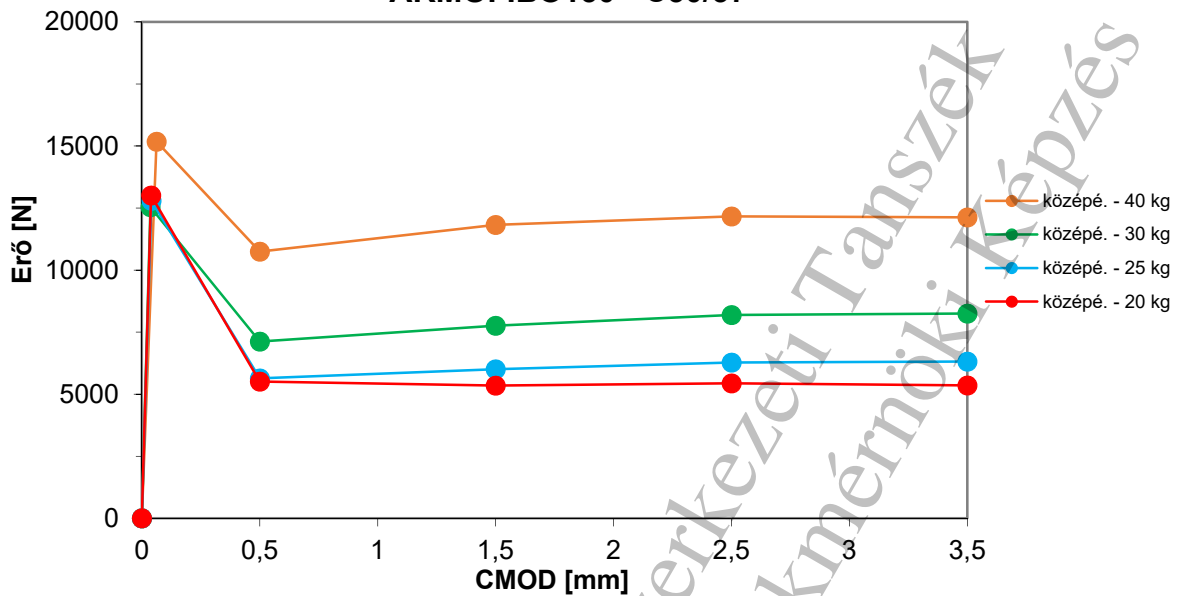


<b>C25/30, ARMOFIB®150 [N]</b>		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középtérték	$F_{R1}$	5643	6266	9201	9838	10476
	$F_{R2}$	5539	6802	10079	10709	11338
	$F_{R3}$	5240	6847	9657	10468	11278
	$F_{R4}$	5003	6705	9042	9736	10430

<b>C25/30, ARMOFIB®150 [MPa]</b>		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középtérték	$f_{R1}$	1,8059	2,0052	2,9442	3,4836	4,0229
	$f_{R2}$	1,7724	2,1765	3,2254	3,7896	4,3537
	$f_{R3}$	1,6769	2,1910	3,0904	3,7106	4,3308
	$f_{R4}$	1,6010	2,1455	2,8934	3,4493	4,0052

<b>C25/30, ARMOFIB®150 [MPa]</b>		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középtérték	$\sigma_{1m}$	0,81	0,90	1,32	1,57	1,81
	$\sigma_{4m}$	0,59	0,79	1,07	1,28	1,48

### ARMOFIB®150 - C30/37

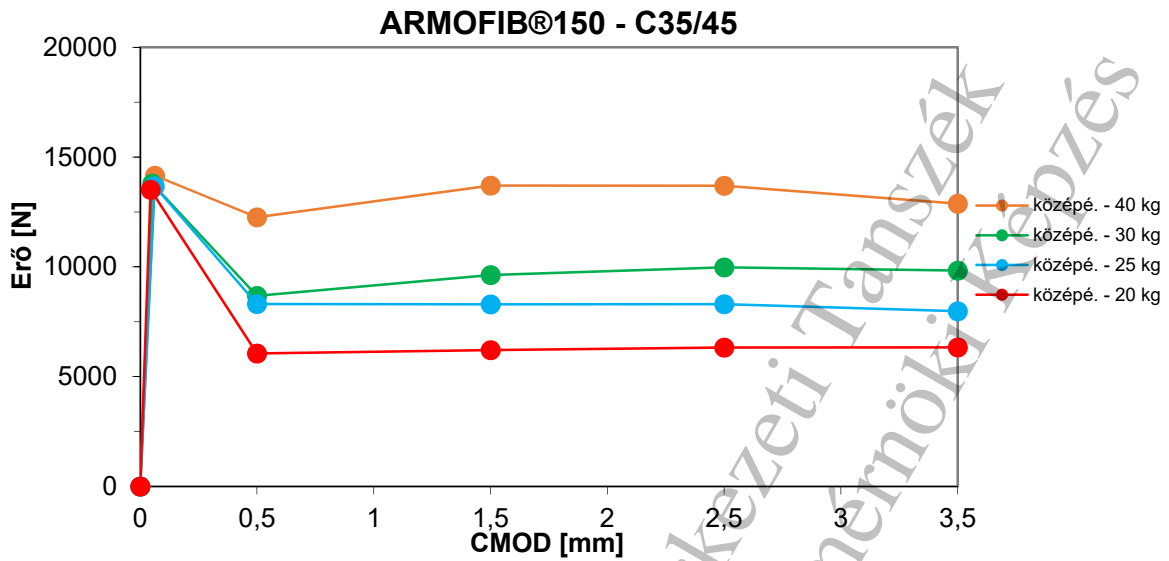


C30/37, ARMOFIB®150 [N]		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középérték	$F_{R1}$	5513	5641	7121	8933	10746
	$F_{R2}$	5350	6008	7761	9793	11826
	$F_{R3}$	5441	6278	8191	10179	12168
	$F_{R4}$	5352	6315	8249	10189	12129

C30/37, ARMOFIB®150 [MPa]		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középérték	$f_{R1}$	1,7641	1,8050	2,2786	2,8587	3,4388
	$f_{R2}$	1,7120	1,9224	2,4835	3,1339	3,7842
	$f_{R3}$	1,7412	2,0089	2,6211	3,2574	3,8937
	$f_{R4}$	1,7128	2,0208	2,6398	3,2605	3,8812

C30/37, ARMOFIB®150 [MPa]		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középérték	$\sigma_{1m}$	0,79	0,81	1,03	1,29	1,55
	$\sigma_{4m}$	0,63	0,75	0,98	1,21	1,44





<b>C35/45, ARMOFIB®150 [N]</b>		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középérték	$F_{R1}$	6058	8307	8680	10471	12261
	$F_{R2}$	6207	8291	9625	11663	13701
	$F_{R3}$	6329	8298	9979	11837	13696
	$F_{R4}$	6334	7978	9834	11356	12879

<b>C35/45, ARMOFIB®150 [MPa]</b>		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középérték	$f_{R1}$	1,9387	2,6582	2,7775	3,3506	3,9236
	$f_{R2}$	1,9863	2,6531	3,0800	3,7322	4,3844
	$f_{R3}$	2,0252	2,6554	3,1933	3,7880	4,3827
	$f_{R4}$	2,0267	2,5529	3,1468	3,6340	4,1212

<b>C35/45, ARMOFIB®150 [MPa]</b>		20 kg	25 kg	30 kg	35 kg	40 kg
középérték	$\sigma_{1m}$	0,87	1,20	1,25	1,51	1,77
	$\sigma_{4m}$	0,75	0,94	1,16	1,34	1,52

Ahol:

- $F_{R,j}$  adott CMOD értékhez tartozó erő középértéke [N]
- $f_{R,j}$  adott CMOD értékhez tartozó maradó hajlító-húzószilárdság középértéke [MPa]
- $\sigma_{f,j}$  adott CMOD értékhez tartozó maradó húzószilárdság középértéke [MPa]

## 2. Melléklet

A vizsgálatokra vonatkozó előírásokat és műszaki specifikációkat az alábbi táblázat tartalmazza:

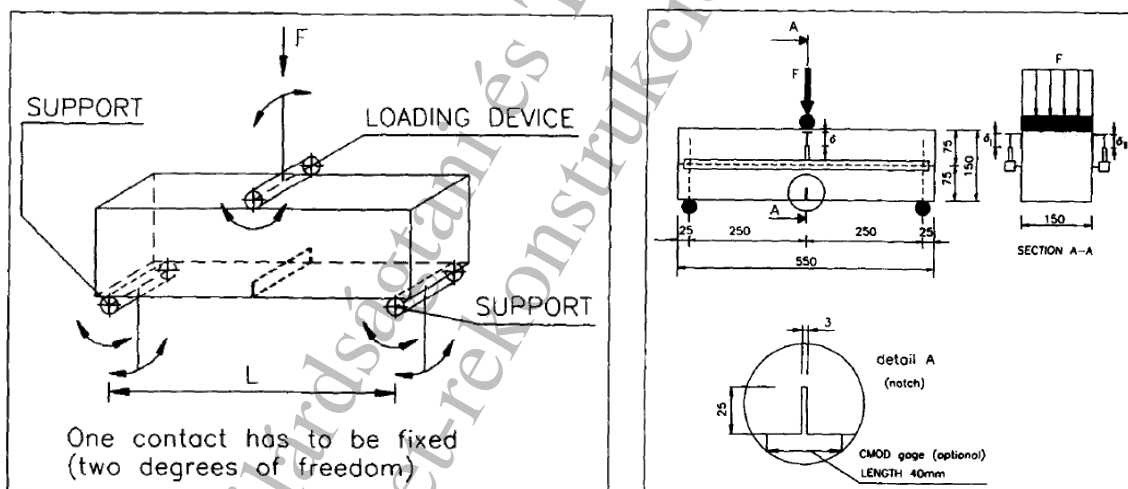
Jel	Megnevezés
MSZ EN 14651:2005-A1:2008	Fémshálós beton vizsgálati módszere. A hajlító-húzó szilárdság mérése (arányossági határ (LOP), maradó hajlító-húzó szilárdság)
EN 14889-1:2007	Szálak betonhoz. (1. Rész: Acélszálak. Fogalom meghatározások, előírások és megfeleltetés)

A gerenda támaszai, terhelése az M1. ábrán látható.

A törés során a repedés utáni maradó hajlító-húzószilárdságértékeket vizsgáljuk és a statikai számítás során felhasznált  $f_{R1}$ ,  $f_{R2}$ ,  $f_{R3}$ ,  $f_{R4}$  és  $\sigma_{f,1}$ ,  $\sigma_{f,4}$  középértékeket mutatjuk ki.

A törést a következő irányelvek alapján végeztük el:

**RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete, 2000.**



M1. ábra: a RILEM és MODEL CODE által ajánlott elrendezés [6]

## Vizsgálati eredmények kiértékelése

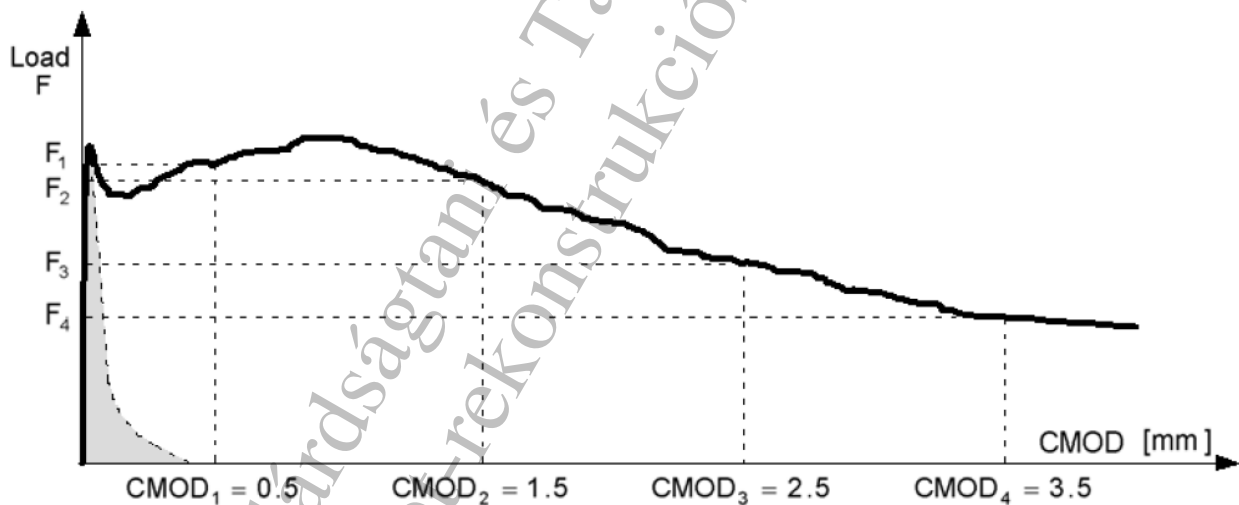
### A maradó hajlító-húzószilárdságok középértékeinek számítása:

A RILEM TC 162-TDF szabvány szerint ki kell számítanunk az  $f_{R1}$ ,  $f_{R2}$ ,  $f_{R3}$  és  $f_{R4}$  maradó hajlító-húzószilárdságok középértékeit a következő képlettel:

$$f_{R,j} = \frac{3F_j l}{2bh_{sp}^2} \quad (M1)$$

Ahol:

- $f_{Rj}$  adott CMOD értékhez tartozó maradó hajlító-húzószilárdság középértéke [MPa]
- $F_1$  CMOD<sub>1</sub>= 0,5 értékhez tartozó erő középértéke [N] (2. ábra)
- $F_2$  CMOD<sub>1</sub>= 1,5 értékhez tartozó erő középértéke [N]
- $F_3$  CMOD<sub>1</sub>= 2,5 értékhez tartozó erő középértéke [N]
- $F_4$  CMOD<sub>1</sub>= 3,5 értékhez tartozó erő középértéke [N]
- $l$  a vizsgált gerenda támaszköze [mm] = 500mm
- $b$  a vizsgált gerenda szélessége [mm] = 150mm
- $h_{sp}$  a vizsgált gerenda magassága a bemetszéstől mérve [mm] = 125mm



M2. ábra: Tipikus erő-CMOD (Crack Mouth Opening Displacement - repedéstágasság) diagram (RILEM [6] szerint)

### A maradó húzószilárdságok középértékeinek számítása:

A  $\sigma_{r,1}$  és  $\sigma_{r,4}$  feszültségek középértékeit az alábbi ábrák és képletek (M3. ábra) alapján számíthatjuk:

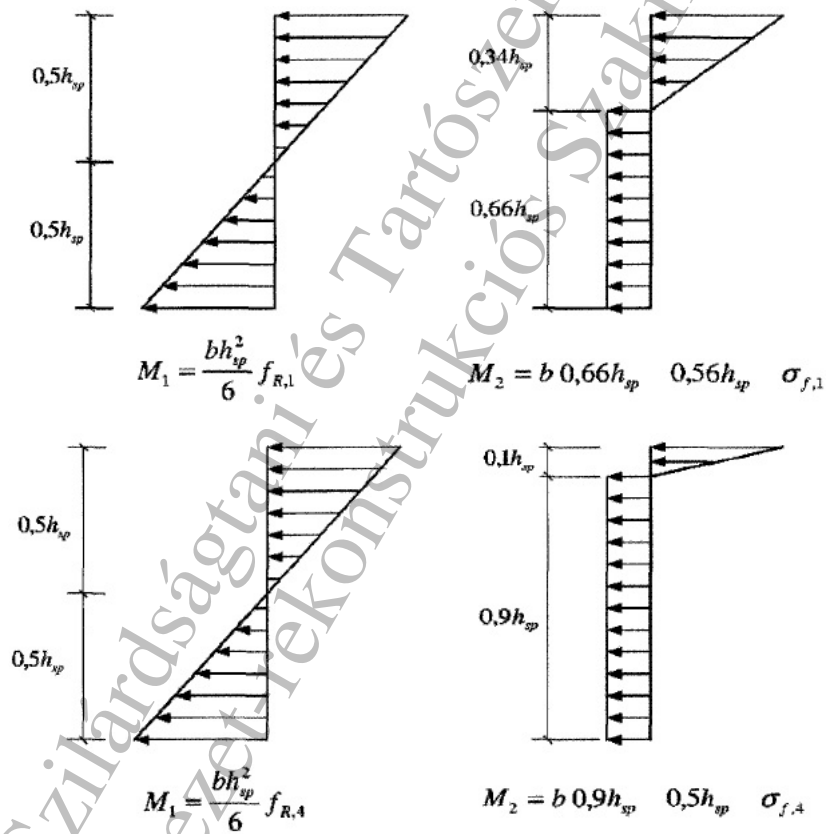
$M_1 = M_2$  adódóan:

$$\sigma_{r1} = 0.45f_{R1}$$

$$\sigma_{r4} = 0.37f_{R4}$$

(M2)

Ahol:  $\sigma_{r,1}$  CMOD<sub>I</sub> = 0,5 értékhez tartozó húzószilárdság középértéke [MPa]  
 $\sigma_{r,4}$  CMOD<sub>I</sub> = 3,5 értékhez tartozó húzószilárdság középértéke [MPa]



M3. ábra: lineárisan rugalmas feszültségeloszlás a keresztmetszeten [6]

## Hivatkozások

- [1] ACI Committee 360: Guide to Design of Slabs-on-Ground, 2010
- [2] The Concrete Society: Technical Report 34: Concrete Industrial Ground Floors – Fourth Edition 2013
- [3] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik: Richtlinie Faserbeton. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien 2008.
- [4] DIN 18134 Baugrund. Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch. 2001-09
- [5] Lohmeyer G.- Ebeling K.: Betonpadlók gyártó- és raktárcsarnokokban – Tervezés, méretezés, kivitelezés, Budapest 2008
- [6] RILEM TC 162-TDF. 2003. Final recommendation of RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete. Materials and Structures, 36(262),
- [7] EN 1992 (Eurocode 2). Design of concrete structures, 2004
- [8] Westergaard, H.M. „Stresses in concrete pavements computed by theoretical analysis”, Public Roads, vol. 7., no. 2., 1926
- [9] Meyerhof, G.G. „Load carrying capacity of concrete pavement”, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, proceedings of the ASCE, 1962
- [10] Hetényi M.: Beams on elastic foundations, (Ninth printing), University of Michigan Press, 1971

BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Szakmérnöki Kézirat