European Organisation for Technical Approvals
Europäische Organisation für Technische Zulassungen
Organisation Européenne pour l'Agrément Technique
A Műszaki Engedélyezés Európai Szervezete

ETAG 001

1997. évi kiadás

BETONBAN HASZNÁLATOS FÉM RÖGZÍTŐ ELEMEK

EURÓPAI MŰSZAKI ENGEDÉLYEZÉSÉNEK ÚTMUTATÓJA

C. Melléklet: RÖGZÍTÉSEK MÉRETEZÉSI MÓDSZEREI
2001. októberi módosítás

Fordította: POÓR PÁL műszaki szakfordító
Lektorálta: Dr. KOVÁCS BÉLA ÉMI Kht. tudományos osztályvezető

EOTA,
Avenue des Arts 40 Kunstlaan, 1040 Brussels

TARTALOMJEGYZÉK
C. MELLÉKLET
Rögzítések méretezési módszerei

Bevezetés

1 Alkalmazási terület
1.1 A rögzítőelemek típusa, rögzítőelem-csoportok és a rögzítőelemek száma
1.2 Betonelem
1.3 A terhelés fajtája és iránya
1.4 Biztonsági osztály

2 Fogalommeghatározások és jelölések
2.1 Indexek
2.2 Hatások és ellenállások
2.3 Beton és acél
2.4 Rögzítőelemek jellemző értékei

3 Méretezési és biztonsági szempontok
3.1 Általános tudnivalók
3.2 Törési állapot
3.2.1 Különböző hatások biztonsági résztényezője
3.2.2 Méretezési ellenállás
3.2.3 Különböző ellenállások biztonsági résztényezői
3.2.3.1 Betonkúp tönkremenetele, hasadásos tönkremenetel és kihúzódásos tönkremenetel
3.2.3.2 Acél tönkremenetele
3.3 Használhatósági határállapot

4 Statikai elemzés
4.1 Nem-repedt és repedt beton
4.2 A rögzítő elemekre ható terhelések
4.2.1 Húzóterhelések
4.2.2 Nyíróterhelések
4.2.2.1 A nyíróterhelések megoszlása
4.2.2.2 Erőkar nélküli nyíróterhelések
4.2.2.3 Erőkaros nyíróterhelések

5 Teherbírási határállapot
5.1 Általános tudnivalók
5.2 A-méretezési módszer
5.2.1 Általános tudnivalók
5.2.2 Húzóterhelésekkel szembeni ellenállás
5.2.2.1 Előírt igazolások
5.2.2.2 Acél tönkremenetele
5.2.2.3 Kihúzódásos tönkremenetel
5.2.2.4 Betonkúp tönkremenetele
5.2.2.5 A rögzítőelem beépítése miatti hasadásos tönkremenetel
5.2.2.6 Terhelés miatti hasadásos tönkremenetel
5.2.3 Nyíróterhelésekkel szembeni ellenállás
5.2.3.1 Előírt igazolások
5.2.3.2 Acél tönkremenetele
5.2.3.3 Beton kifordulásos tönkremenetel
5.2.3.4 Betonperem tönkremenetele
5.2.4 Az összetett húzó- és nyíróterhelésekkel szembeni ellenállás
5.3 B-méretezési módszer
5.4 C-méretezési módszer

6 Használhatósági határállapot
6.1 Elmozdulások
6.2 Változó előjelű nyíróterhelés

7 További igazolások a betonelem jellemző ellenállásának biztosítása céljából
7.1 Általános tudnivalók
7.2 A betonelem nyírási ellenállása
7.3 Hasító erőkkel szembeni ellenállás

Bevezetés

A rögzítések méretezési módszereit azzal a céllal bocsátjuk útjára, hogy ezeket a rögzítőelemekre vonatkozó Európai Műszaki Engedélyezések (ETA-k) alkalmazási területén a biztonsági és méretezési szempontok megfelelő figyelembe vételével alkalmazzák a rögzítések méretezéséhez.

A C. Mellékletben található méretezési módszerek azon a feltevésen alapulnak, hogy korábban már elvégezték a megengedett használati feltételeknek az 1. Részben és a következő Részekben előírt értékelési vizsgálatait. Ennélfogva a C. Melléklet a rögzítőelemek értékelésének és megítélésének előfeltétele. Más méretezési módszerek használata a szükséges vizsgálatok átgondolását követeli majd meg.

A rögzítőelemekre vonatkozó ETA-k csak a különböző jóváhagyott rögzítőelemek jellemző értékeit adják meg. A rögzítések tervezését (például a rögzítőelemeknek a rögzítőelem-csoportban történő elrendezését, a betonelem peremeinek és sarkainak a jellemző ellenállásra gyakorolt hatását) a 3-5. fejezetben leírt méretezési módszerek szerint kell végezni a rögzítőelemek megfelelő jellemző értékeinek figyelembe vételével.

A 7. fejezet olyan, a betonelem jellemző ellenállását biztosító további igazolásokat tartalmaz, amelyek az összes rögzítőelem rendszerekre érvényesek.

A méretezési módszerek az összes típusú rögzítőelemre érvényesek. Az alábbiakban szereplő egyenletek azonban csak az általános tapasztalat szerinti rögzítőelemekre érvényesek (lásd a B. Mellékletet). Amennyiben a méretezési módszerekben és az ETA-ban különböző értékek vannak megadva a jellemző ellenállásra, az elemek kiosztására, a peremtávolságokra és a biztonsági résztényezőkre, akkor az ETA-ban lévő értékek az érvényesek. Nemzeti előírások hiányában az alábbiakban szereplő biztonsági résztényezőket lehet használni.

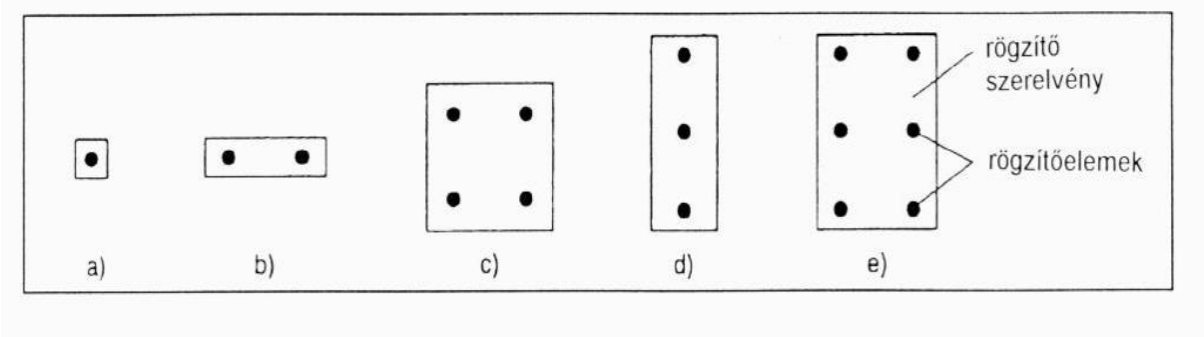
1 Alkalmazási terület

1.1 A rögzítőelemek fajtája, rögzítőelem-csoportok és a rögzítőelemek száma

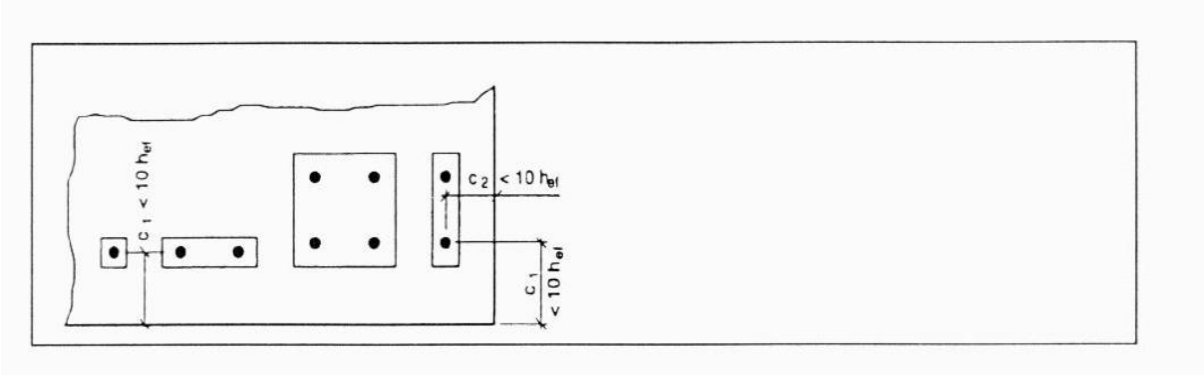
A méretezési módszerek a betonban lévő rögzítések méretezésére vonatkoznak olyan jóváhagyott rögzítőelemek alkalmazásával, amelyek teljesítik ennek az Útmutató követelményeit. Ezeknek a rögzítőelemeknek a jellemző értékei a vonatkozó ETA-ban vannak megadva.

A méretezési módszerek az egyedülálló rögzítőelemekre és a rögzítőelem-csoportokra érvényesek. A rögzítőelem-csoport esetében a terheléseket a csoport különálló rögzítőelemeire merev szelvény közvetíti. Egy rögzítőelem-csoporton belül csak ugyanolyan típusú, méretű és hosszúságú rögzítőelemeket szabad alkalmazni.

A méretezési módszerek az 1.1 és 1.2 ábra szerinti önálló rögzítőelemekkel és rögzítőelem-csoportokkal foglalkoznak. Más rögzítőelem-elrendezések is megengedettek, például a háromszög vagy kör alakzatúak; azonban ennek a méretezési módszernek az előírásait műszaki szempontból történő mérlegelés alapján kell alkalmazni. Az 1.1 ábra csak akkor érvényes, ha a peremtávolság minden irányban nagyobb vagy egyenlő 10 h_{ef}-fel.



1.1 ábra: A méretezési módszerek által tárgyalt, peremektől távoli ($c \geq 10\ h_{ef}$) rögzítések



1.2 ábra: A méretezési módszerek által tárgyalt peremhez közeli ($C < 10\ h_{ef}$) rögzítések

1.2 Betonelem

A betonelemnek az ENV 206 [8] szerinti legalább C 20/25-ös szilárdsági osztályú és legfeljebb C 50/60 szilárdsági osztályú normál súlyú betonból kell készülnie és elsősorban csak statikus terhelésre vehető igénybe. A beton repedt vagy nem-repedt lehet (lásd a 4.1-et).

1.3 A terhelés fajtája és iránya

A méretezési módszerek a statikus vagy kvázi statikus terhelések alá vetett rögzítőelemekre vonatkoznak és nem vonatkoznak az ütő vagy földrengési terheléseknek vagy nyomóterheléseknek kitett rögzítőelemekre.

1.4 Biztonsági osztály

A jelen méretezési módszerek szerint kivitelezett rögzítéseket az olyan rögzítések körébe tartozónak tekintjük, amelyek tönkremenetele veszélyeztetheti az emberi életet és/vagy jelentős gazdasági következményekkel járhat.

2 Fogalommeghatározások és jelölések

Az alábbiakban a méretezési módszerekben gyakran használt jelöléseket és jelzéseket közöljük. A további jelölések magyarázata a szövegben található.

2.1 Indexek

S = hatás
R = ellenállás
M = anyag
k = jellemző érték
d = méretezési érték
s = acél
c = beton
cp = beton kifordulása
p = kihúzódás
sp = hasadás
u = végső
y = megfolyási

2.2 Hatások és ellenállások

F = erő általában (eredő erő)
N = normál erő (pozitív: húzóerő, negatív: nyomóerő)
V = nyíróerő
M = nyomaték

F_{Sk} (N_{Sk}; V_{Sk}; M_{Sk}; $M_{T,Sk}$) = az egyedülálló rögzítőelemre, illetőleg a rögzítőelem-csoport által rögzített elemre ható hatások jellemző értéke (normál terhelés, nyíróterhelés, hajlítónyomaték, csavarónyomaték)

F_{Sd} (N_{Sd}; V_{Sd}; M_{Sd}; $M_{T,Sd}$) = az egyedülálló rögzítőelemre, illetőleg a rögzítőelem-csoport által rögzített elemre ható hatások méretezési értéke (normál terhelés, nyíróterhelés, hajlítónyomaték, csavarónyomaték)

$N_{Sd}^{h}(V_{Sd}^{h})$ = egy rögzítőelem-csoport legnagyobb feszültség alatt álló rögzítő elemére ható húzóterhelés (nyíróterhelés) méretezési értéke a 4.2 szerint számítva

$N_{Sd}^{g}(V_{Sd}^{g})$ = egy rögzítőelem-csoport húzott (nyírt) rögzítő elemeire ható húzó (nyíró) terhelések összegének (eredőjének) méretezési értéke a 4.2 szerint számítva

F_{Rk} (N_{Rk}; V_{Rk}) = egy egyedülálló rögzítőelem, illetőleg egy rögzítőelem-csoport ellenállásának jellemző értéke (normál erő, nyíróerő)

F_{Rd} (N_{Rd}; V_{Rd}) = egy egyedülálló rögzítőelem, illetőleg egy rögzítőelem-csoport ellenállásának méretezési értéke (normál erő, nyíróerő)

2.3 Beton és acél

$f_{ck,cube}$ = jellemző beton nyomószilárdság 150 mm-es élhosszúságú kockákon mérve (az ENV 206 [8] szerinti beton szilárdsági osztály értéke)
f_{yk} = jellemző acél folyáshatár (névleges érték)
f_{uk} = jellemző acél szakítószilárdság (névleges érték)
A_s = az acél igénybe vett keresztmetszete

W_{el} = rugalmas keresztmetszeti modulus az acél igénybe vett keresztmetszetéből számítva ($\frac{\pi d^3}{32}$ d átmérőjű körszelvény esetén)

2.4 A rögzítőelemek jellemző értékei (lásd a 2.1 ábrát)

a = a szomszédos rögzítőelem-csoportok külső rögzítő elemei, vagy az egyedülálló rögzítőelemek közötti távolság

a_1 = a szomszédos rögzítőelem-csoportok külső rögzítőelemei vagy az egyedülálló rögzítőelemek közötti távolság 1. irányban

a_2 = a szomszédos rögzítőelem-csoportok külső rögzítőelemei vagy az egyedülálló rögzítőelemek közötti távolság 2. irányban

b = a betonelem szélessége

c = peremtávolság

c_1 = peremtávolság 1. irányban; nyíróterhelésnek kitett peremhez közeli rögzítések esetében a c_1 a peremtávolság a nyíróterhelés irányában (lásd a 2.1b ábrát és az 5.7 ábrát)

c_2 = peremtávolság 2. irányban; a 2. irány merőleges az 1. irányra

c_{cr} = peremtávolság a jellemző ellenállás kifejtésének biztosításához (B- és C-méretezési módszerek)

$c_{cr,N}$ = peremtávolság egyedülálló rögzítőelem jellemző húzási ellenállása kifejtésének biztosításához az osztástávolság és peremhatások figyelembe vétele nélkül a betonkúp tönkremenetelének esetében (A-méretezési módszer)

$c_{cr,sp}$ = peremtávolság egyedülálló rögzítőelem jellemző húzással szembeni ellenállásának átvitelének biztosításához az osztástávolság és peremhatások figyelembe vétele nélkül, hasadásos tönkremenetel esetén (A-méretezési módszer)

c_{min} = minimális megengedett peremtávolság

d = a rögzítőelem menetes csapjának átmérője vagy menetátmérő

dnom = a rögzítőelem külső átmérője

d_o = a fúrt lyuk átmérője

h = a betonelem vastagsága

h_{ef} = hatásos rögzítési mélység

h_{min} = a betonelem minimális vastagsága

l_f = a nyíróterhelés alatt álló rögzítőelem hatásos hossza. A teljes hosszukban egyforma keresztmetszetű rögzítőelem-szárak esetén a h_{ef} értékét kell hatásos rögzítési mélységként alkalmazni és például a többször bővülő és csökkenő keresztmetszetű rögzítőelemek esetében csak a beton felületétől a vonatkozó bővülő keresztmetszetig terjedő rész a mérvadó.

s = a csoportban lévő rögzítőelemek osztástávolsága

s_1 = a csoportban lévő rögzítőelemek osztástávolsága 1. irányban

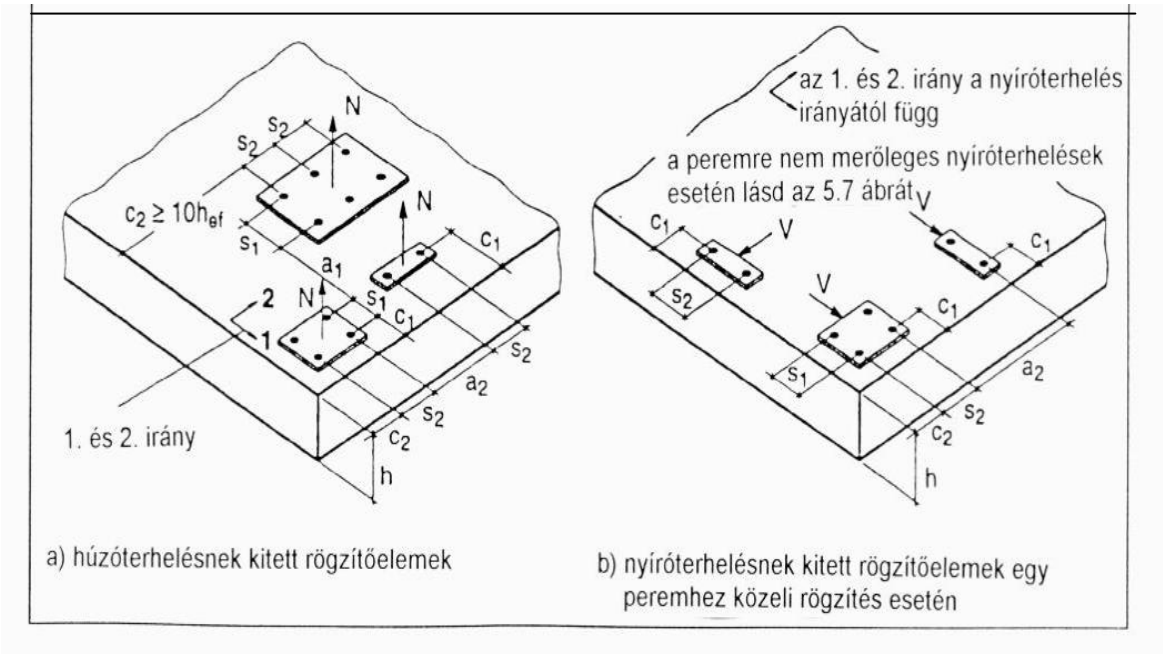
s_2 = a csoportban lévő rögzítőelemek osztástávolsága 2. irányban

s_{cr} = a jellemző ellenállás átvitelének biztosításához szükséges távolság (B- és C-méretezési módszer)

$s_{cr,N}$ = egyedülálló rögzítőelem jellemző szakítóereje kifejtéséhez szükséges távolság az osztástávolság és peremhatások figyelembe vétele nélkül, a betonkúp tönkremenetelének esetén (A-méretezési módszer)

$s_{cr,sp}$ = egyedülálló rögzítőelem jellemző szakítóereje kifejtéséhez szükséges távolság az osztástávolság és peremhatások figyelembe vétele nélkül, hasadásos tönkremenetel esetén (A-méretezési módszer)

s_{min} = minimális megengedett osztástávolság



2.1 ábra: Betonelem, rögzítőelem osztástávolság és peremtávolság

3 Tervezési és biztonsági szempontok

3.1 Általános tudnivalók

A rögzítések méretezéséhez a biztonsági résztényezők alkalmazandók. Ki kell mutatni, hogy az S_d méretezési igénybevételek értéke nem haladja meg az R_d méretezési ellenállás értékét.

$$S_d \leq R_d \qquad (3.1)$$

S_d = a méretezési igénybevétel értéke
R_d = a méretezési ellenállás értéke

Nemzeti előírások hiányában a méretezési igénybevételeket a teherbírási határállapotban, illetőleg a használhatósági határállapotban az Eurocode 2 [1] vagy Eurocode 3 [14] szerint kell számítani.

A legegyszerűbb esetben (állandó terhelés és egy egyirányba ható változó terhelés) a következő egyenlet érvényes:

$$S_s = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \qquad (3.2)$$

G_k (Q_k) = *egy tartós (változó) igénybevétel jellemző értéke*
γ_G (γ_Q) = *tartós (változó) igénybevétel biztonsági résztényezője*

A méretezési ellenállás számítása a következőképpen történik:

$$R_d = R_k/\gamma_M \qquad (3.3)$$

R_k = egyedülálló rögzítőelem vagy rögzítőelem-csoport jellemző ellenállása
γ_M = az anyag biztonsági résztényezője

3.2 Teherbírási határállapot

3.2.1 Az igénybevételek biztonsági résztényezői

A igénybevételek biztonsági résztényezői a terhelés fajtájától függnek és a nemzeti előírásokból veendők, vagy ezek hiányában az [1]-ből vagy [14]-ből. A (3.2) egyenletben a [1] szerinti biztonsági résztényező: γ_G = 1,35 a tartós igénybevételek esetén, és γ_Q = 1,5 a változó hatások esetén.

3.2.2 Méretezési ellenállás

A méretezési ellenállás számítása a (3.3) egyenlet szerint történik. Az A-méretezési módnál a jellemző ellenállás számítása az összes terhelési irányra és tönkremeneteli módra történik.
A B- és C-méretezési módnál csak egy jellemző ellenállás van megadva az összes terhelési irányra és tönkremeneteli módra.

3.2.3 Ellenállások biztonsági résztényezői

A nemzeti előírások hiányában a következő biztonsági résztényezők használhatók. A γ_2 értéke azonban nem módosítható, mivel ez a rögzítőelemek jellemzőjét írja le.

3.2.3.1 Betonkúp tönkremenetele, hasadásos tönkremenetel és kihúzódásos tönkremenetel

A biztonsági résztényezők a betonkúp tönkremenetelének esetére (γ_{Mc}), a hasadásos tönkremenetel esetére (γ_{Msp}) és a kihúzódásos tönkremenetel esetére (γ_{Mp}) a vonatkozó ETA-ban vannak megadva.

Ezek csak akkor érvényesek, ha a beépítés után a hatásos rögzítési mélység az osztástávolság és peremtávolság tényleges méretei nem kisebbek, mint a méretezési értékek (csak pozitív eltérések lehetségesek).

Az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemek esetén a γ_{Mc} biztonsági résztényező meghatározása a következőkből történik:

γ_{Mc} = $\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2$
γ_c = *biztonsági résztényező nyomás alatt álló beton esetén = 1,5*
γ_1 = *a helyszínen készült beton szakító szilárdságának szórását figyelembe vevő biztonsági résztényező,*
= *1,2 szokványosan készített és megszilárdult beton esetén*
γ_2 = *a rögzítőrendszer beépítési biztonságát figyelembe vevő biztonsági résztényező.*
= *A γ_2 biztonsági résztényező értékelése a beépítési biztonság vizsgálatainak eredményeiből történik (lásd az 1. Rész 6.1.2.2.2 pontját).*

Húzóterhelés

γ_2 = *1,0 a nagy beépítési biztonságú rendszerek esetén*

= *1,2 a normál beépítési biztonságú rendszerek esetén*

= *1,4 a kis, de még elfogadható beépítési biztonságú rendszerek estén*

Nyíróterhelés

γ_2 = *1,0*

A γ_{Msp} és γ_{Mp} biztonsági résztényezőkre a γ_{Mc} értékét vehetjük.

3.2.3.2 Acél tönkremenetele

A γ_{Ms} acél tönkremeneteli biztonsági résztényezők a vonatkozó ETA-ban vannak megadva.

Az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemek esetén a γ_{Ms} biztonsági résztényezőket a terhelés fajtájának függvényében a következőképpen határozzuk meg:

Húzóterhelés:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1{,}2}{f_{yk} / f_{uk}} \geq 1{,}4 \qquad (3.5a)$$

A rögzítőelem erőkaros és erőkar nélküli nyíróterhelése:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1{,}0}{f_{yk} / f_{uk}} \geq 1{,}25 \qquad f_{uk} \leq 800\ N/mm^2 \qquad (3.5b)$$

és $f_{yk} / f_{uk} \leq 0{,}8$

$$\gamma_{Ms} = 1{,}5 \qquad f_{uk} > 800\ N/mm^2 \qquad (3.5c)$$

vagy $f_{yk}/f_{uk} > 0{,}8$

3.3 Használhatósági határállapot

A használhatósági határállapotban azt kell kimutatni, hogy a jellemző hatások mellett előforduló elmozdulások nem nagyobbak a megengedett elmozdulásnál. A jellemző elmozdulásokra vonatkozóan lásd a 6. pontot. A megengedett elmozdulás a szóban forgó alkalmazási esettől függ és azt a tervezőnek kell értékelnie.

Ennél az ellenőrzésnél feltételezhetjük, hogy az igénybevételekkel és ellenállásokkal kapcsolatos biztonsági résztényezők 1,0-val egyenlőek.

4. Statikai elemzés

4.1 Nem-repedt és repedt beton

A rögzítés területén lévő beton repedt vagy nem-repedt lehet. A beton állapotát a tervezőnek a nemzeti előírások alapján vagy a tagországokban lévő hatóságoknak kell meghatározni.

A nemzeti előírások hiányában a következő módszer alkalmazható az EC 2 [2] értelmében:

Nem-repedt betont tételezhetünk fel minden olyan esetben, amikor igazolják, hogy a használati feltételek mellett a rögzítőelem teljes rögzítési mélységében a nem-repedt betonban helyezkedik el.

Ezt az igazolást akkor vehetjük teljesítettnek, ha teljesül a (4.1) egyenlet:

$$\sigma_L + \sigma_R \leq 0^* \qquad (4.1)$$

σ_L = a betonban a külső terhelések által ébresztett feszültségek, ideértve a rögzítőelemek terheléseit is

σ_R = a belső alakváltozások (például a beton zsugorodása) vagy a külső alakváltozások (például a tartó elmozdulása vagy a hőmérséklet-változások miatt) korlátozása következtében a betonban ébredt feszültségek. Amennyiben nem végzünk részletes elemzést, akkor az EC 2 [1] szerint $\sigma_R = 3$ N/mm^2-t kell feltételeznünk.

A σ_L és σ_R feszültségeket annak feltételezésével kell számítani, hogy a beton nem-repedt állapotban van (I. állapot). Az olyan sík betonelemek esetén, amelyek a terheléseket két irányban viszik át (például lemezek, falak) a (4.1) egyenletet mindkét irány esetén ki kell elégíteni.

4.2 A rögzítőelemekre ható terhelések

A statikai elemzésben azok a terhelések és nyomatékok vannak megadva, amelyek a rögzített elemre hatnak. A rögzítés méretezéséhez ki kell számítani az egyes rögzítőelemekre ható terheléseket, figyelembe véve a hatások biztonsági résztényezőit a 3.2.1 szerint a teherbírási határállapotban és a 3.3 szerint a használhatósági határállapotban.

Az egyedülálló rögzítőelemek esetén normál esetben a rögzítőelemre ható terhelések a rögzített elemre ható terhelésekkel egyenlők. A rögzítőelem-csoportok esetében a rögzített elemre ható terheléseket, hajlító és csavaró nyomatékot a rögzítőelem-csoport egyes rögzítő elemeire ható húzó és nyíró erők szerint kell felosztani. Ezt a felosztást a rugalmasságtan szerint kell számítani.

4.2.1 Húzóterhelések

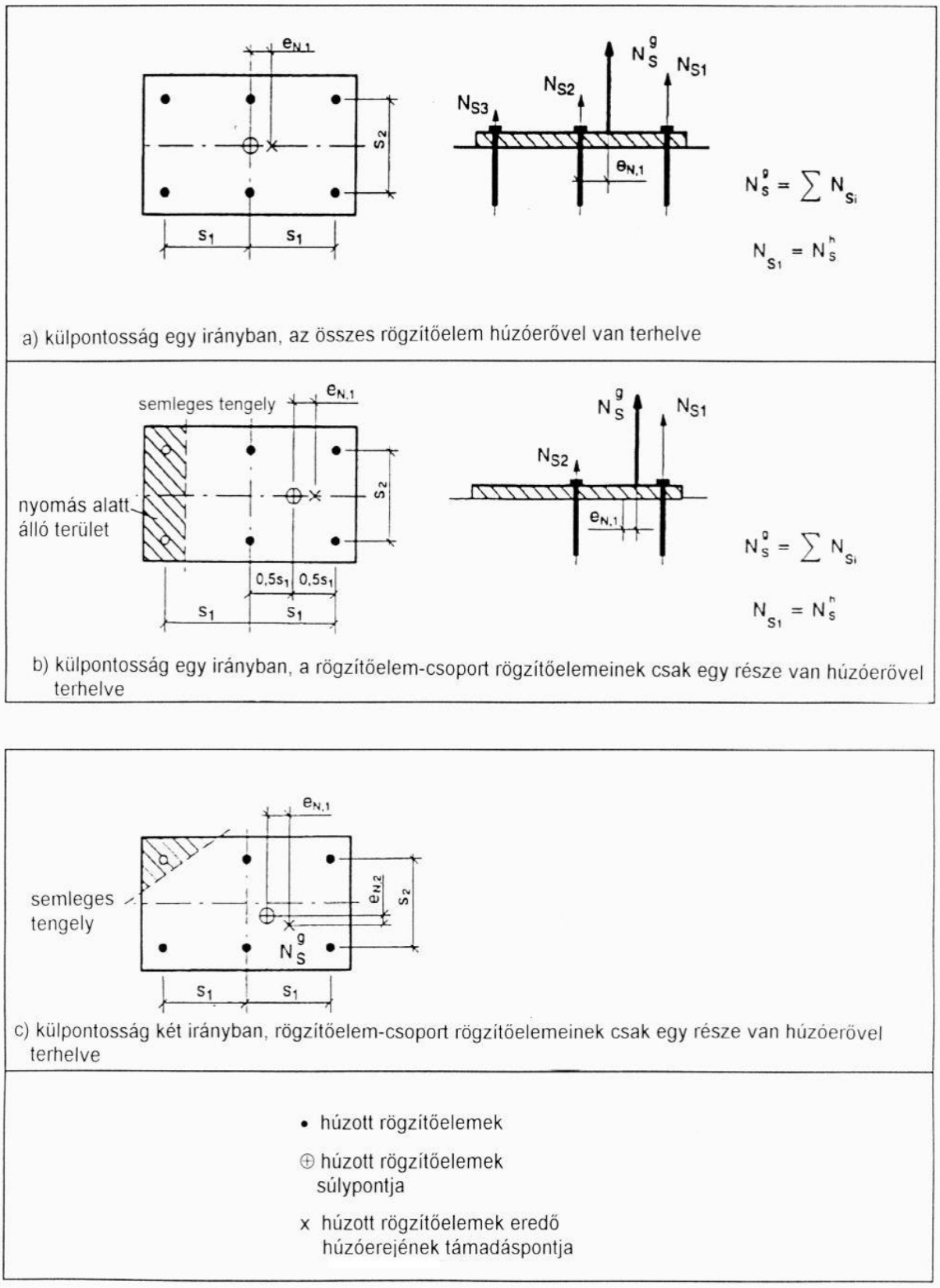
Általában az egyes rögzítőelemekre a rögzített elemre ható terhelések és hajlító nyomatékok miatt ható húzóterheléseket a rugalmasságtan szerint kell számítani a következő feltevések alkalmazásával:

a) A rögzítőszerelvény nem deformálódik a méretezési igénybevételek mellett. E feltételezés érvényességének biztosítása érdekében a rögzítőszerelvénynek megfelelően merevnek kell lennie és méretezését a rugalmas anyagmodellt követő szabványelőírások szerint kell végezni.
b) Az összes rögzítőelem merevsége egyenlő és megfelel az acél rugalmassági modulusának. A beton rugalmassági modulusa az [1]-ben található. Egyszerűsítés céljából ezt E_c = 30 000 N/mm^2-nek vehetjük.
c) A rögzítő szerelvény alatti nyomott zónában a rögzítőelemek nem járulnak hozzá a normál erők átviteléhez (lásd a 4.1b ábrát).

Ha speciális esetekben a rögzítőszerelvény nem elegendően merev, akkor figyelembe kell venni annak rugalmasságát a rögzítőelemekre ható terhelések érdekében. A rögzítőelem-csoport egyes rögzítőelemeire ható különböző szintű N_{si} húzóerős rögzítőelem-csoportok esetében a rögzítőelem-csoport N_S^g húzóerejének e_N külpontossága figyelembe vehető a rögzítőelem-csoport ellenállásának pontosabb meghatározása érdekében (lásd a 4.1 ábrát).

---

* A tagországok hatóságai a számszerű értéket saját feltételeik szerint módosíthatják.



4.1 ábra: N_g külpontos húzásra igénybevett rögzítések példája

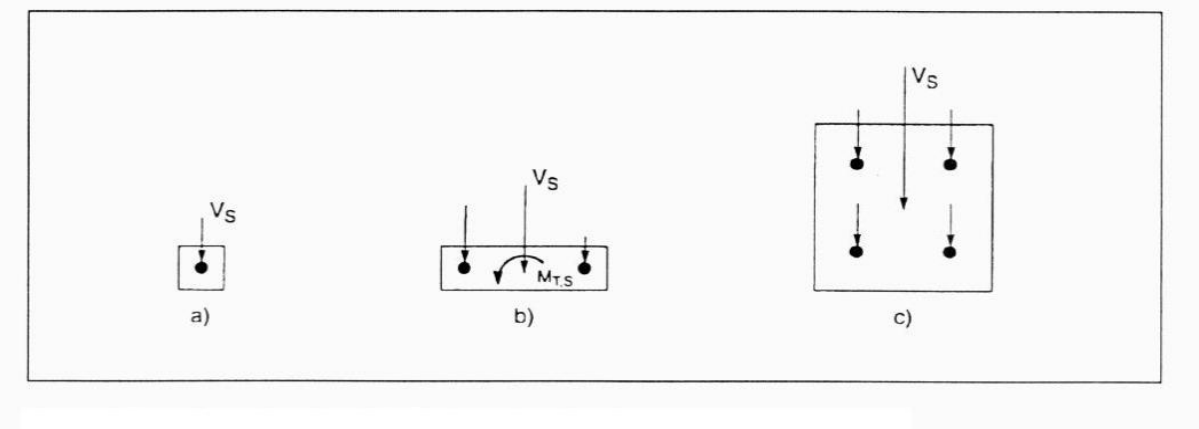
Ha a húzott rögzítőelemek nem négyszög formában helyezkednek el, az egyszerűség kedvéért a húzott rögzítőelemek csoportját négyszög alakú csoporttá alakíthatjuk át (ez azt jelenti, hogy a húzott rögzítőelemek súlypontját a 4.1c ábrán lévő tengely közepén lévőnek feltételezhetjük).

4.2.2 **Nyíróterhelések**

4.2.2.1 A terhelések felosztása

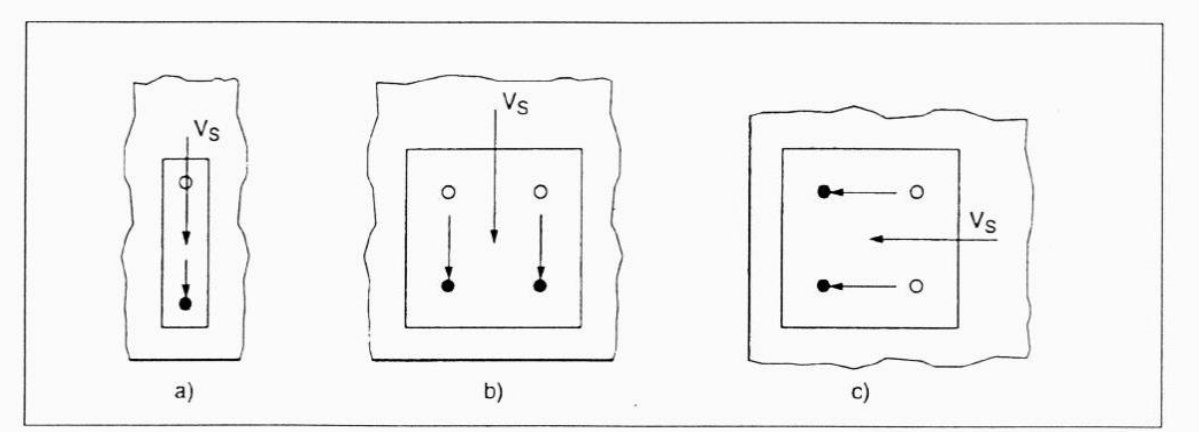
Egy szerelvénnyel összefogott rögzítőelem csoportra ható nyíróterhelések és csavaró nyomatékok elosztása esetén a következő esetek között kell különbséget tennünk:

a) Az összes rögzítőelem felveszi nyíróterhelését, ha a furat hézaga nem nagyobb, mint a 4.1 táblázatban megadott és a peremtávolság nagyobb mint 10 h_{ef} (lásd a 4.2 a-c ábrát).

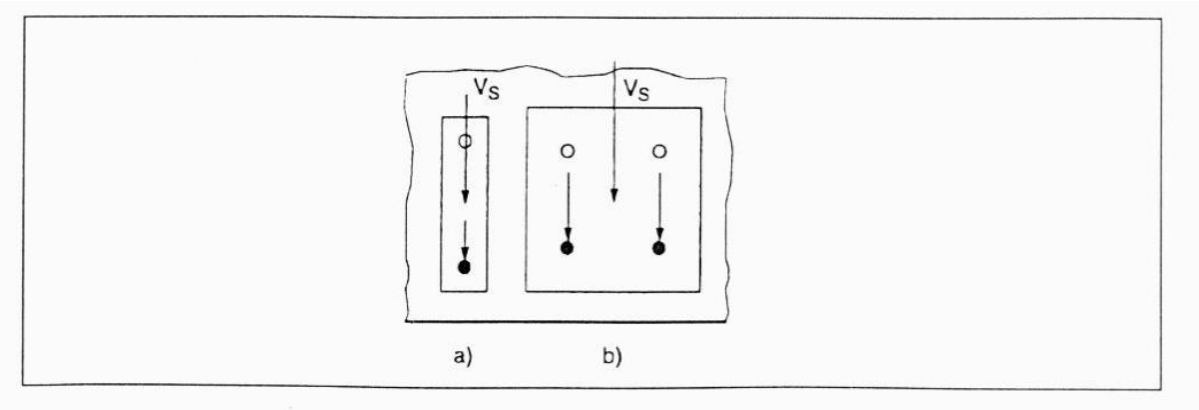


4.2 ábra: A terhelés eloszlásának példái, ha az összes rögzítőelem felveszi a nyíró terheléseket

b) Csak a legkedvezőtlenebb rögzítőelemek veszik fel a nyíró terheléseket, ha a peremtávolság kisebb mint 10 h_{ef} (a furat hézagától függetlenül) (lásd a 4.3 a-c ábrát) vagy a furat hézaga nagyobb mint a 4.1 táblázatban megadott értékek (a peremtávolságtól függetlenül) (lásd a 4.4 a és b ábrát).

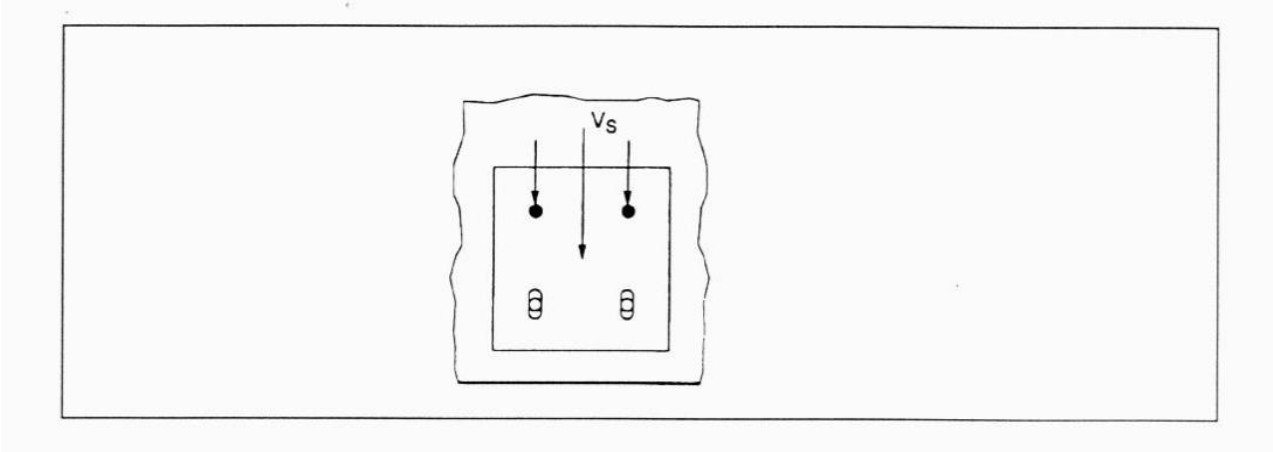


4.3 ábra: Terhelés eloszlási példák a peremhez közeli rögzítések esetén



4.4 ábra: Terhelés eloszlási példák, ha a furat hézaga nagyobb mint a 4.1 táblázat szerinti érték

c) A nyíróterhelés irányában nyújtott furatok megakadályozzák a rögzítőelemeket abban, hogy felvegyék a nyíróterheléseket. Ez kedvező lehet a peremhez közeli rögzítések esetében (lásd a 4.5 ábrát).

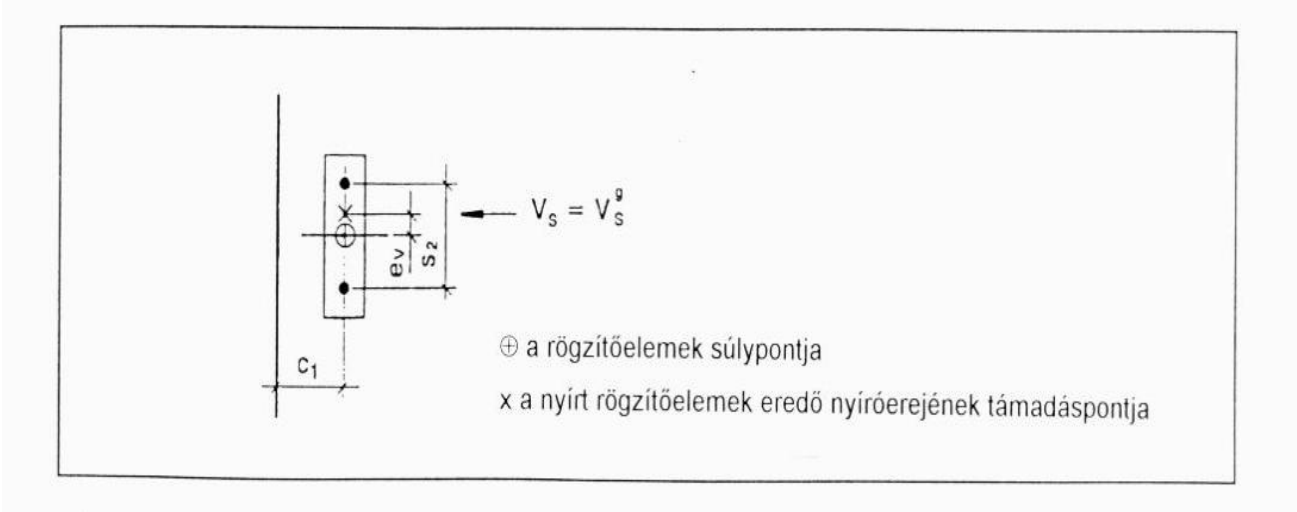


4.5 ábra: Terhelés eloszlás példái nyújtott furatos rögzítés esetén

4.1 táblázat: A rögzített elemben lévő szavatolt hézagú furat átmérője

Külső átmérő d[1] vagy d_{nom}[2] (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
A rögzített elemben lévő szavatolt hézagú furat d_f átmérője (mm)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33
[1] Ha a rögzítőelem szára fekszik fel a rögzített elemre. [2] Ha a hüvely fekszik fel a rögzített elemre												

Olyan rögzítőelem-csoportok esetén, ahol különböző szintű V_{si} nyíróerők hatnak a rögzítőelem-csoport egyes rögzítőelemeire, ki lehet számítani a csoport V_S^g nyíróerejének e_v külpontosságát (lásd a 4.6 ábrát) a rögzítőelem-csoport ellenállásának pontosabb értékelésének lehetővé tétele érdekében.



4.6 ábra: Excentrikus nyíróterhelés alá vetett rögzítés példája

4.2.2.2 Erőkar nélküli nyíróterhelések

Feltételezhetjük, hogy a rögzítőelemekre ható nyíróterhelések erőkar nélkül fejtik ki hatásukat, ha mindkét következő feltétel teljesül:

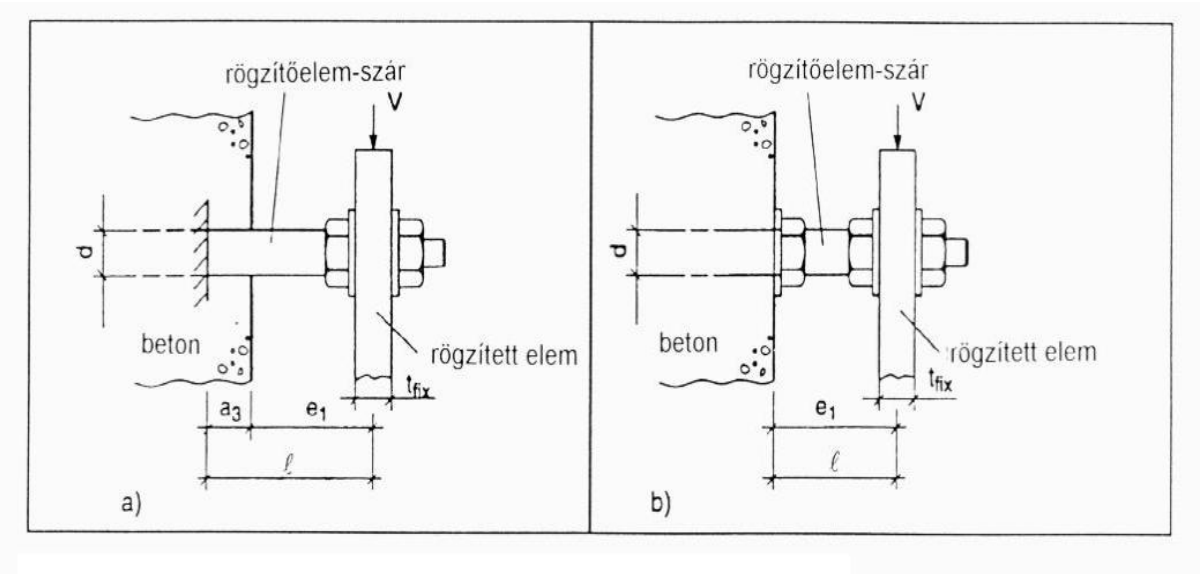
a) A rögzített elemnek fémből kell lennie és a rögzítés kerületén közvetlenül a betonhoz kell rögzítve lennie, vagy közbenső réteg nélkül, vagy ≤ 3 mm-es vastagságú simító habarcsréteggel.
b) A rögzített elemnek teljes vastagságában érintkeznie kell a rögzítőelemmel.

4.2.2.3 Erőkaros nyíróterhelések

Ha a 4.2.2.2 a) és b) feltételei nem teljesülnek, az erőkar számítása a (4.2) egyenlet szerint történik (lásd a 4.7 ábrát)

$$\ell = a_3 + e_1 \qquad (4.2)$$

ahol:
e_1 = a nyíróterhelés és betonfelület közti távolság
a_3 = 0,5 d
a_3 = 0, ha az alátéttárcsa és az anya közvetlenül a betonfelületre fog (lásd a 4.7b ábrát)
d = a rögzítőelem-szár névleges átmérője, vagy a menetátmérő (lásd a 4.7a ábrát)

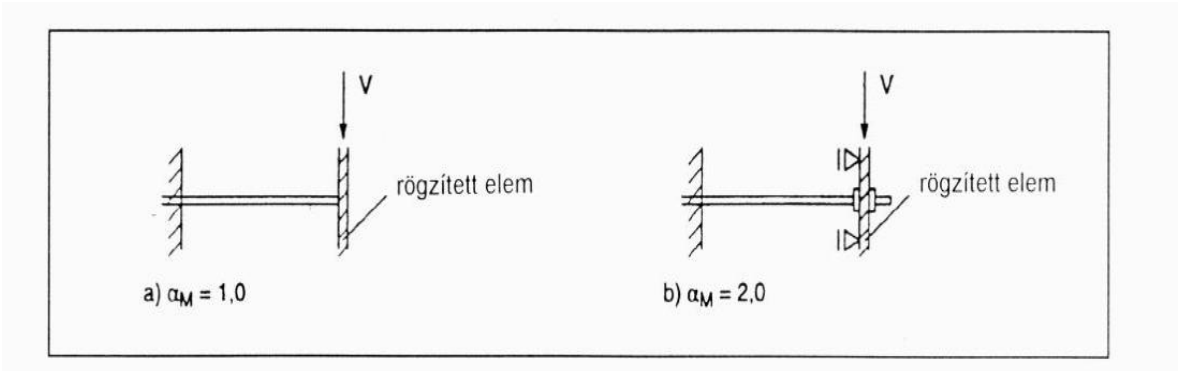


4.7 ábra: Az erőkar meghatározása

A rögzítőelemre ható méretezési nyomaték számítása (4.3) egyenlet szerint történik.

$$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot \frac{\ell}{\alpha_M} \qquad (4.3)$$

Az α_M értéke annak mértékétől függ, hogy hogyan tart a rögzítőelem a szóban forgó rögzített tárgy oldalán és ezt megfelelő mérnöki megközelítéssel kell megítélni.
Befogásmentességet (α_M = 1,0) tételezhetünk fel, ha a rögzített elem szabadon elfordulhat (lásd a 4.8a ábrát). Ez a feltételezés mindig a nagyobb biztonság oldalán van.
Teljes befogást (α_M = 2,0) csak akkor tételezhetünk fel, ha a rögzített tárgy nem tud elfordulni (lásd a 4.8b ábrát) és a rögzített tárgyban lévő szavatolt hézagú furat kisebb mint a 4.1 táblázatban megadott értékek vagy a rögzítőelem anyával és alátéttárcsával van a rögzített elemre fogva (lásd a 4.7 ábrát). A rögzítőelem befogásának feltételezése esetén a rögzített elemnek képesnek kell lennie a befogási nyomaték felvételére.



4.8 ábra: Rögzített elem befogás nélkül (a) és befogással (b)

5 Teherbírási határállapot

5.1 Általános tudnivalók

Három különböző méretezési módszer áll rendelkezésre a rögzítéseknek a teherbírási határállapotban történő méretezéséhez. A méretezési módszerek és a megengedett használati feltételekre való előírt vizsgálatok közötti összefüggést az 5.1 táblázat mutatja. Az 5.2-ben az A általános méretezési módszert írjuk le; az 5.3-ban és 5.4-ben a B és C egyszerűsített módszerekkel foglalkozunk. Az alkalmazandó méretezési módszer a vonatkozó ETA-ban van megadva.

A (3.1) egyenlet értelmében azt kell kimutatni, hogy a hatás méretezési értéke egyenlő vagy kisebb, mint az ellenállás méretezési értéke. A teherbírási határállapotban az ellenállás számítására használandó rögzítőelem jellemző értékek a vonatkozó ETA-ban vannak megadva.

Az osztástávolság, a peremtávolság, valamint a betonelem vastagsága nem maradhat az adott minimális értékek alatt.

A szomszédos rögzítőelem-csoportok külső rögzítő elemei közötti távolság vagy az egyedülálló rögzítőelemektől mért távolság a > $s_{cr,N}$ (A-méretezési mód), illetőleg s_{cr} kell hogy legyen (B és C méretezési mód).

5.1 táblázat: A méretezési módszerek és a megengedett használati feltételekre való előírt vizsgálatok közötti összefüggés

Méretezési mód	Repedt és nem-repedt beton	Csak nem-repedt beton	Jellemző ellenállás		A B. Melléklet szerinti vizsgálatok, a lehetőség száma
			Csak a C 20/25 esetén	A C 20/25 - C 50/60 esetén	
A	X			x	1
	X		X		2
		x		x	7
		x	X		8
B	X			x	3
	X		x		4
		x		x	9
		x	x		10
C	X			x	5
	X		x		6
		x		x	11
		x	x		12

5.2 A-méretezési mód

5.2.1 Általános tudnivalók

Az A-méretezési módnál igazolni kell, hogy az összes terhelési irány esetén (húzó-, nyíróterhelés), valamint az összes tönkremeneteli mód esetén (acél tönkremenetele, kihúzódásos tönkremenetel és beton tönkremenetele) teljesítették a (3.1) egyenlet követelményeit.

Összetett húzó- és nyíróterhelés esetében az 5.2.4 szerinti kölcsönhatási feltételt kell figyelembe venni.

A 2. és 8. alternatíva esetén (lásd az 1. Rész 5.3 táblázatát) $f_{ck,cube}$ = 25 N/mm^2-t kell az (5.2a) és (5.7a) egyenletekbe behelyettesíteni.

5.2.2 Húzóterhelésekkel szembeni ellenállás

5.2.2.1 Előírt igazolások

	Egyedülálló rögzítőelem	Rögzítőelem-csoport	
Acél tönkremenetel	$N_{Sd} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$N^{h}_{Sd} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Kihúzódásos tönkremenetel	$N_{Sd} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	$N^{h}_{Sd} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	
Beton kúp-tönkremenetel	$N_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$N^{g}_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
Hasadásos tönkremenetel	$N_{Sd} \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$		$N^{g}_{Sd} \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$

5.2.2.2 Acél tönkremenetele

A rögzítőelem $N_{Rk,s}$ jellemző ellenállása az acél tönkremenetelének esetében a vonatkozó ETA-ban van megadva.

Az $N_{Rk,s}$ értékét az (5.1) egyenletből kapjuk meg

$$N_{Rk,s} = A_s \cdot f_{uk} \text{ [N]} \qquad (5.1)$$

5.2.2.3 Kihúzódásos tönkremenetel

Az $N_{Rk,p}$ jellemző ellenállást a kihúzódásos tönkremenetel esetén a vonatkozó ETA-ból vehetjük.

5.2.2.4 Betonkúp tönkremenetel

Egy rögzítőelem vagy egy rögzítőelem-csoport jellemző ellenállása a betonkúp tönkremenetele esetében a következő:

$$N_{Rk,c} = N^{0}_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^{0}_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ecr,N} \cdot \psi_{uc,N} \qquad \text{[N]} \qquad (5.2)$$

Az (5.2) egyenlet különböző tényezőit az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemek esetében az alábbiakban adjuk meg:

a) Repedt betonba helyezett rögzítőelem jellemző ellenállásának kezdő értékét a következőképpen kapjuk meg:

$$N^{0}_{Rk,c} = 7{,}2 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} \qquad \text{[N]} \qquad (5.2a)$$

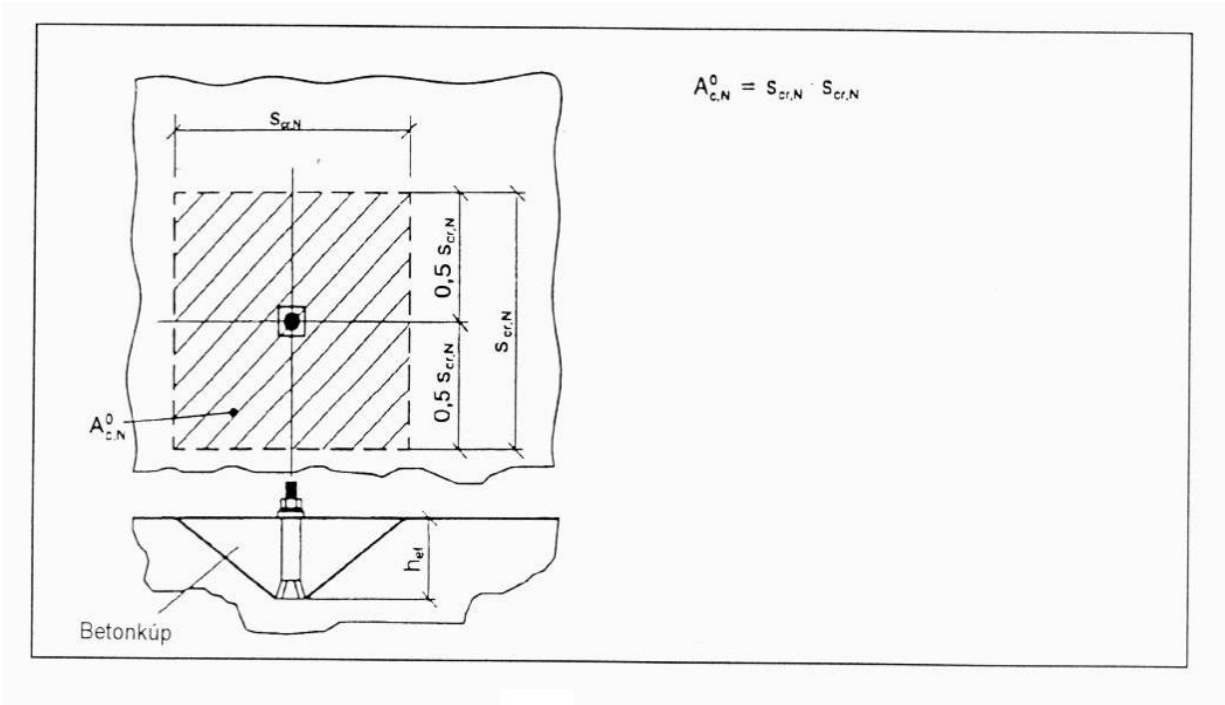
$f_{ck,cube}$ [N/mm^2]; h_{ef} [mm]

b) Az osztástávolságnak és peremtávolságnak a jellemző ellenállásra gyakorolt geometriai hatását az $A_{c,N}/A^{0}_{c,N}$, értékkel vesszük figyelembe, ahol:

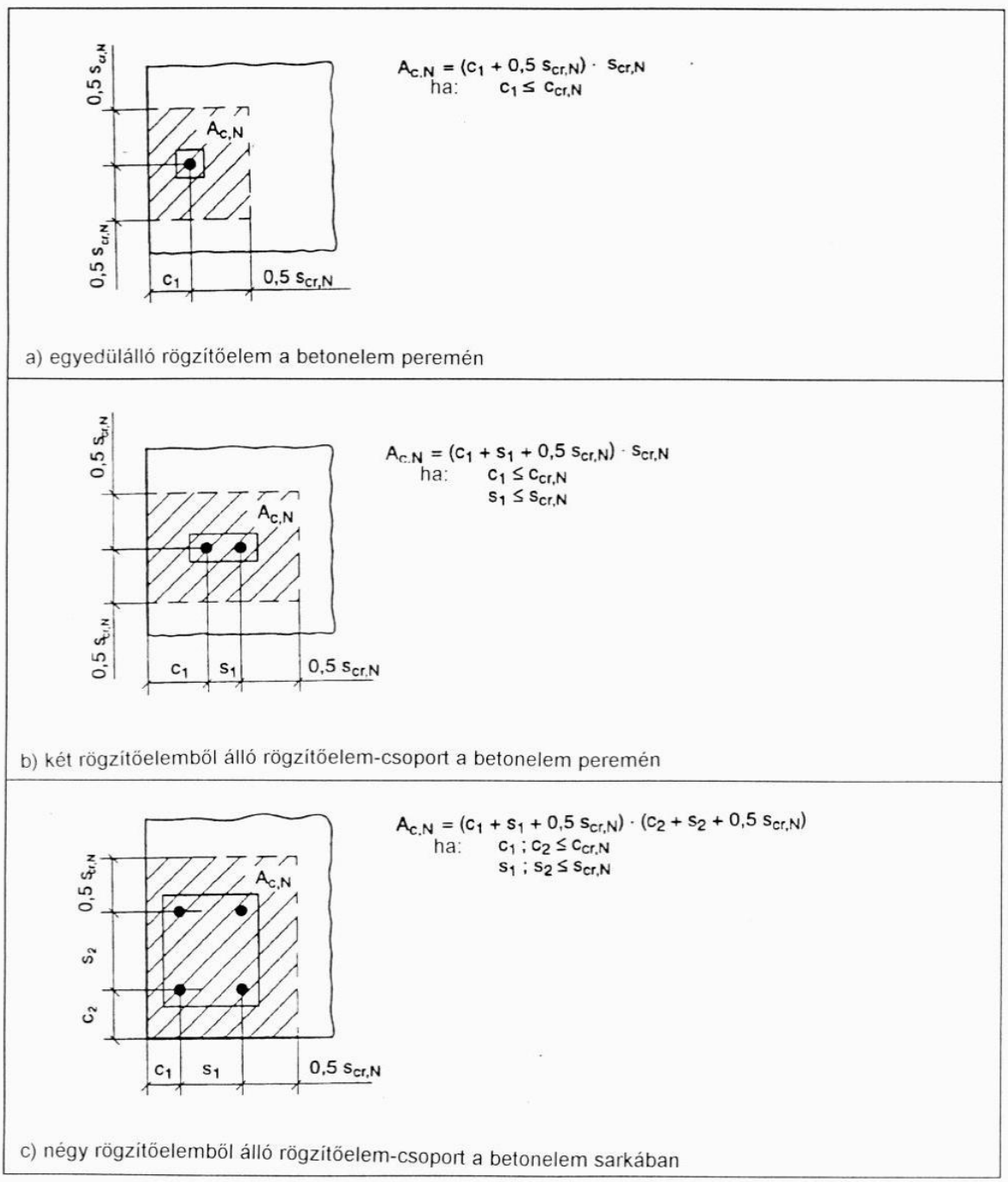
$A^{0}_{c,N}$ = egy nagy osztástávolságú és peremtávolságú önálló rögzítőelem beton területe a beton felületén a betonkúpot h_{ef}-fel egyenlő magasságú és $s_{cr,N}$-nel egyenlő alaphosszúságú gúlaként idealizálva (lásd az 5.1 ábrát).

= $s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$ (5.2b)

$A_{c,N}$ = a rögzítés beton kúpjának tényleges területe a beton felületén. Ezt korlátozzák a szomszédos rögzítőelemek ($s \leq s_{cr,N}$) átnyúló betonkúpjai, valamint a betonelem peremei ($c \leq c_{cr,N}$). Az $A_{c,N}$ számításának példái az 5.2 ábrán láthatók.



5.1 ábra: Egyedülálló rögzítőelem idealizált betonkúpja és a betonkúp $A^0_{c,N}$ betonkúp területe



5.2 ábra: Az idealizált betonkúpok $A_{c,N}$ tényleges területeinek példája a rögzítőelemek elrendezései esetén tengelyirányú húzóterhelés esetében

c) a $\psi_{s,N}$ tényező a betonban lévő feszültségeknek a betonelem peremei miatti eloszlási zavarát veszi figyelembe. Az olyan rögzítéseknél, ahol több peremtávolságot kell figyelembe venni (például egy betonelem sarkában vagy egy szűk elemben lévő rögzítés), a legkisebb peremtávolságot (c) kell behelyettesíteni a (5.2c) egyenletbe.

$$\psi_{s,N} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1 \qquad (5.2c)$$

d) a $\psi_{re,N}$ takarás lehasadási tényező a vasalás hatását veszi figyelembe

$$\psi_{re,N} = 0{,}5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1 \qquad (5.2d)$$

h_{ef} [mm]

Amennyiben a rögzítés területén ≥ 150 mm-es kiosztású (bármilyen átmérőjű) vasalás vagy ≤ 10 mm-es átmérőjű és ≥ 100 mm-es kiosztású vasalás van, akkor $\psi_{re,N}$ = 1,0 takarás lehasadási tényezőt alkalmazhatunk a rögzítés mélységétől függetlenül.

e) A $\psi_{ec,N}$ tényező a csoport hatást veszi figyelembe, amikor különböző húzóterhelések hatnak egy rögzítőelem-csoport egyes rögzítőelemeire.

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + 2e_N / s_{cr,N}} \leq 1 \qquad (5.2e)$$

e_N = a húzott rögzítőelemekre ható eredő húzóterhelés excentrikussága (lásd a 4.2.1-et). Kétirányú külpontosság esetén a $\Psi_{ec,N}$-et külön-külön kell meghatározni mindegyik irányra és a két tényező szorzatát kell behelyettesíteni az (5.2) egyenletbe.

Egyszerűsítő tényezőként $\psi_{ec,N}$ = 1,0-t vehetünk, ha a legnagyobb igénybevétel alatt álló rögzítőelemet a (3.1) egyenlet szerint ellenőrizzük ($N^h_{Sd} \leq N^h_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$) és ennek a rögzítőelemnek az ellenállását

$N^h_{Rk,c} = N_{Rk,c} / n$ -nek vesszük, (5.2f)

ahol: n = a húzott rögzítőelemek száma.

f) A $\psi_{ucr,N}$ tényező azt veszi figyelembe, hogy a rögzítés repedt vagy nem-repedt betonban van-e.

$\psi_{ucr,N}$ = 1,0 a repedt betonban lévő rögzítések esetén (5.2g_1)
1,4 a nem-repedt betonban lévő rögzítések esetén (5.2g_2)

A $\psi_{ucr,N}$ = 1,4 tényező csak akkor használható, ha minden egyes különálló esetben igazolva van – a 4.1-ben leírtak szerint –, hogy az a beton, amelybe a rögzítőelemet elhelyezik, nem repedt.

g) Az $s_{cr,N}$ és $c_{cr,N}$ értékek a megfelelő ETA-ban vannak megadva.

Az általános tapasztalatok szerinti, szokványos rögzítőelem esetében $s_{cr,N}$ = 2-t és $c_{cr,N}$ = 3 h_{ef}-et veszünk.

Speciális esetek
Az olyan rögzítéseknél, ahol a peremtávolság $c_{max} \leq c_{cr,N}$ három vagy több perem esetében (C_{max} = a legnagyobb peremtávolság) (lásd az 5.3 ábrát) az 5.2 egyenlet szerinti számítás a nagyobb biztonság oldalán lévő eredményeket ad.

Pontosabb eredményeket kapunk, ha a h_{ef} helyére a következő értéket

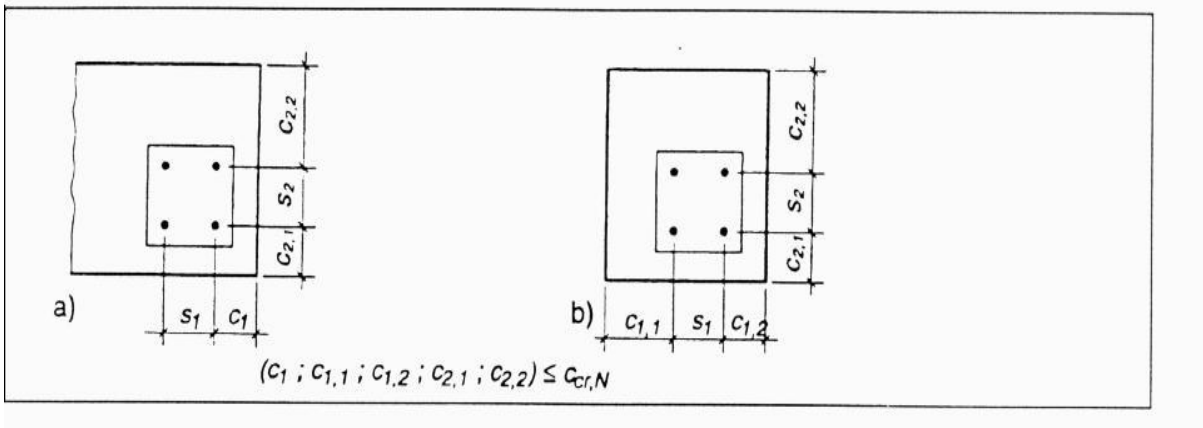
$$h'_{ef} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef}$$

helyettesítjük be a (5.2a) egyenletbe, és az 5.1 és 5.2 ábra szerinti $A^0_{c,N}$ *és* $A_{c,N}$ *meghatározásához az (5.2b), (5.2c) és (5.2e) egyenletekbe is a következő értékeket helyettesítjük be:*

$$s'_{cr,N} = \frac{c_{\max}}{c_{cr,N}} \cdot s_{cr,N}$$

$$c'_{cr,N} = c_{\max}$$

az $s_{cr,N}$*,, illetőleg* $c_{cr,N}$ *helyére.*



5.3 ábra: *Betonelemekben lévő rögzítések példái, ahol a* h_{ef}*,* $s_{cr,N}$ *és* $c_{cr,N}$ *használható*

5.2.2.5 Rögzítőelem beépítése miatti hasadásos tönkremenetel

A rögzítőelem beépítése során a hasadásos tönkremenetelt úgy kerüljük el, hogy betartjuk a vonatkozó ETA-ban megadott c_{min} peremtávolság, s_{min} osztástávolság, h_{min} elemvastagság és vasalás minimális értékeit.

5.2.2.6 Terhelés miatti hasadásos tönkremenetel

a) Feltételezhető, hogy nem történik hasadásos tönkremenetel, ha a peremtávolság minden irányban $c \geq 1{,}5\ c_{cr,sp}$ és az elem mélysége $h \geq 2\ h_{ef}$.

b) A repedt betonban használható rögzítőelemeknél a jellemző hasadási ellenállás számítása elhagyható, ha teljesül a következő két feltétel:

– olyan vasalás van, amely a repedés tágasságát $w_k \sim 0{,}3$ mm-re korlátozza a 7.3 szerinti hasító erőket figyelembe véve,

– ki van számítva a repedt betonra a jellemző ellenállás a betonkúp tönkremenetelére és a kihúzódásos tönkremenetelre.

Amennyiben az a) vagy b) alatti feltételek nem teljesülnek, akkor az egyedülálló rögzítőelem vagy a rögzítőelem-csoport jellemző ellenállását hasadásos tönkremenetel esetén az (5.3) egyenlet szerint kell számtani.

$$N_{Rk,sp} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{ucr,N} \cdot \Psi_{h,sp} \quad [N] \qquad (5.3)$$

ahol: = $N^0_{Rk,c}, \Psi_{s,N}, \Psi_{re,N}, \Psi_{ec,N}, \Psi_{ucr,N}$ az (5.2a) – (5.2g) egyenletek szerinti és az $A_{c,N}$, $A^0_{c,N}$ az 5.2.2.4 b)-ben meghatározott szerinti, azonban a $c_{cr,N}$ és $s_{cr,N}$ értékek helyére a $c_{cr,sp}$-t és $s_{cr,sp}$-t kell behelyettesíteni.

$\Psi_{h,sp}$ = a h tényleges elem-mélységnek a hasítási ellenállásra gyakorolt hatását figyelembe vevő tényező az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemeknél.

$$= \left(\frac{h}{2h_{ef}} \right)^{2/3} \leq 1{,}5 \qquad (5.3a)$$

Ha egy rögzítőelem peremtávolsága kisebb mint a $c_{cr,sp}$ érték, akkor hosszirányú vasalást kell biztosítani az elem pereme mentén.

5.2.3 Nyíróterhelésekkel szembeni ellenállás

5.2.3.1 Előírt igazolások

	Egyedülálló rögzítőelem	Rögzítőelem-csoport	
Acél tönkremenetel, erőkar nélküli nyíróterhelés	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V^{h}_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Acél tönkremenetel, erőkaros nyíróterhelés	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V^{h}_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Beton kifordulásos tönkremenetel	$V_{Sd} \leq N_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$		$V^{g}_{Sd} \leq N_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$
Beton perem tönkremenetel	$V_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$V^{g}_{Sd} \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Ms}$

5.2.3.2 Acél tönkremenetele

a) Erőkar nélküli nyíróterhelés

Az acél tönkremenetelének esetében a rögzítőelem $V_{Rk,s}$ jellemző ellenállását a vonatkozó ETA-ból kell venni.

A $V_{Rk,s}$ értékét az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemek esetében az (5.4) egyenletből kapjuk.

$$V_{Rk,s} = 0{,}5 \cdot A_s \cdot f_{uk} \qquad [N] \qquad (5.4)$$

Az (5.4) egyenlet nem érvényes azoknál a rögzítőelemeknél, amelyek keresztmetszete jelentős mértékben csökken a rögzítőelem szárának hosszában (például a csavaros típusú terpesztett csapok esetében).

A rögzítőelem-csoportok esetében a vonatkozó ETA-ban megadott jellemző nyírási ellenállást 0,8-as tényezővel kell megszorozni, ha a rögzítőelem alacsony duktilitású acélból készült (szakadási nyúlás: $A_5 \leq 8\%$).

b) Erőkaros nyíróterhelés

A rögzítőelem $V_{Rk,s}$ jellemző ellenállását az (5.5) egyenlet adja meg.

$$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{\ell} \qquad [N] \qquad (5.5)$$

ahol: α_M = lásd a 4.2.2.3-at

ℓ = a (4.2) egyenlet szerinti erőkar

$M_{Rk,s} = M^{0}_{Rk,s} \, (1 - N_{Sd}/N_{Rd,s})$ [Nm] (5.5a)

$N_{Rk,s}, = M_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$

$N_{Rk,s}$, γ_{Ms} a megfelelő ETA-ból veendő.

$M^{0}_{Rk,s}$ = egy egyedülálló rögzítőelem jellemző hajlítási ellenállása

Az $M^{0}_{Rk,s}$ jellemző hajlítási ellenállás a vonatkozó ETA-ból veendő.

Az általános tapasztalatok szerinti, szokványos rögzítőelemek $M^0_{Rk,s}$ *értékét az (5.5b) egyenletből vesszük.*

$M^0_{Rk,s} = 1{,}2 \cdot W_{el} \cdot f_{uk}$ *[Nm]* *(5.5b)*

Az (5.5b) egyenlet csak akkor alkalmazható, ha a rögzítőelem keresztmetszete nem vékonyodik el jelentősen a rögzítőelem szárának hosszában.

5.2.3.3 Beton kifordulásos tönkremenetel

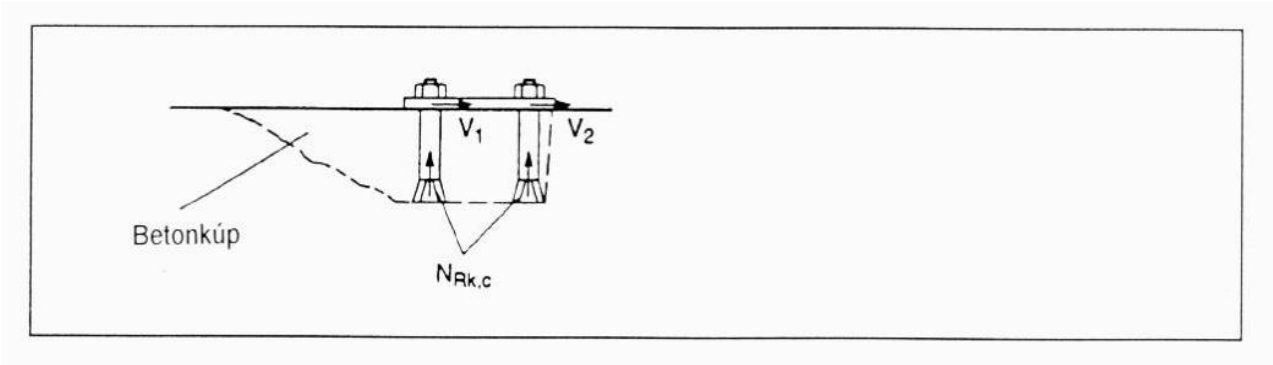
A rövid merev rögzítőelemes rögzítések a terhelés irányával ellentétes oldalon a beton kifordulásos tönkremenetel miatt mehetnek tönkre (lásd az 5.4 ábrát). A $V_{Rk,cp}$ megfelelő jellemző ellenállást az (5.6) egyenletből számíthatjuk.

$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c}$ (5.6)

ahol: k = a vonatkozó ETA-ból veendő tényező.
$N_{Rk,c}$ az 5.2.2.4 szerint van meghatározva a nyíróterheléssel terhelt rögzítőelemek esetében.

Azoknál az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemeknél, amelyek húzóterhelés mellett a betonkúp tönkremenetele miatt mennek tönkre, a következő értékek biztonságosak:

k = 1 $h_{ef} < 60$ *mm* *(5.6a)*
k = 2 $h_{ef} \geq 60$ *mm*



5.4 ábra: Beton kifordulásos tönkremenetel a terhelés irányával ellentétes oldalon

5.2.3.4 Beton perem tönkremenetele

Az 1.1 ábrán bemutatott rögzítéseknél, ahol a peremtávolság minden irányban $c \geq 10\ h_{ef}$ elhagyható a jellemző beton perem tönkremenetellel szembeni ellenállás ellenőrzése.

A peremekre kifutó betonkúp tönkremenetel esetében a rögzítőelem vagy a rögzítőelem-csoport jellemző ellenállása a következőnek felel meg:

$$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{ucr,V} \quad [N] \qquad (5.7)$$

Az (5.7) egyenlet különböző tényezőit az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemek esetében az alábbiakban adjuk meg:

a) A repedt betonba helyezett és a peremre merőlegesen terhelt rögzítőelem jellemző ellenállásának kezdő értéke a következőnek felel meg:

$$V^0_{Rk,c} = 0{,}45 \cdot \sqrt{d_{\min}} \cdot (I_f / d_{nom})^{0,2} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1,5} \quad \text{[N]} \qquad (5.7a)$$

d_{nom}, l_f, c_1 [mm]; $f_{ck,cube}$ [N/mm^2]

b) Az osztástávolság geometriai hatását, valamint a további peremtávolságokat és a betonelem vastagságának hatását a jellemző terhelésre az $A_{c,V} / A^0_{c,V}$ hányadossal vesszük figyelembe,

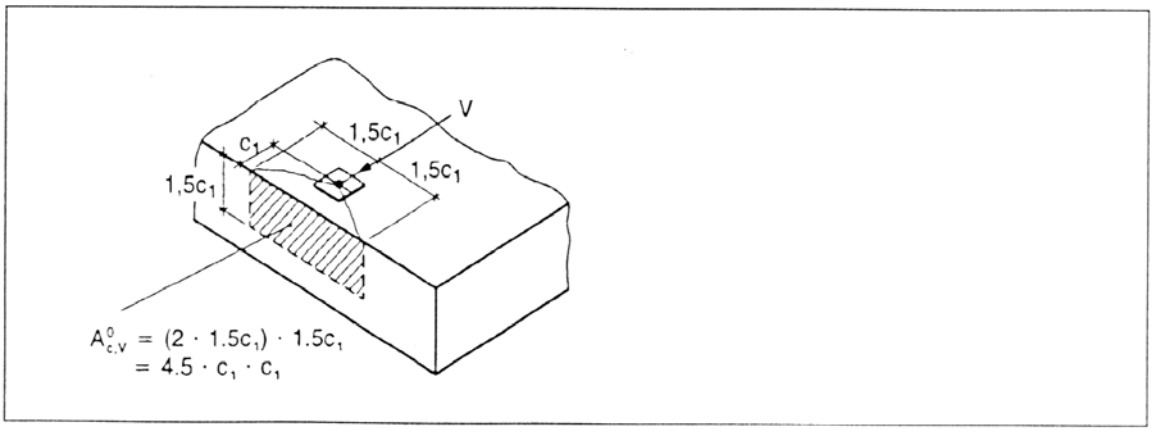
ahol:

$A^0_{c,V}$ = egy független rögzítőelem betonkúpjának területe azon az oldalsó betonfelületen, amelyre nem gyakorolnak hatást a feltételezett terhelési iránnyal párhuzamos peremek, a betonelem vastagsága, vagy a szomszédos rögzítőelemek, feltételezve, hogy a törési terület alapja egy olyan fél gúla, amelynek magassága c_1-gyel egyenlő, alapjának hossza pedig 1,5 c_1 és 3 c_1 (lásd az 5.5 ábrát).

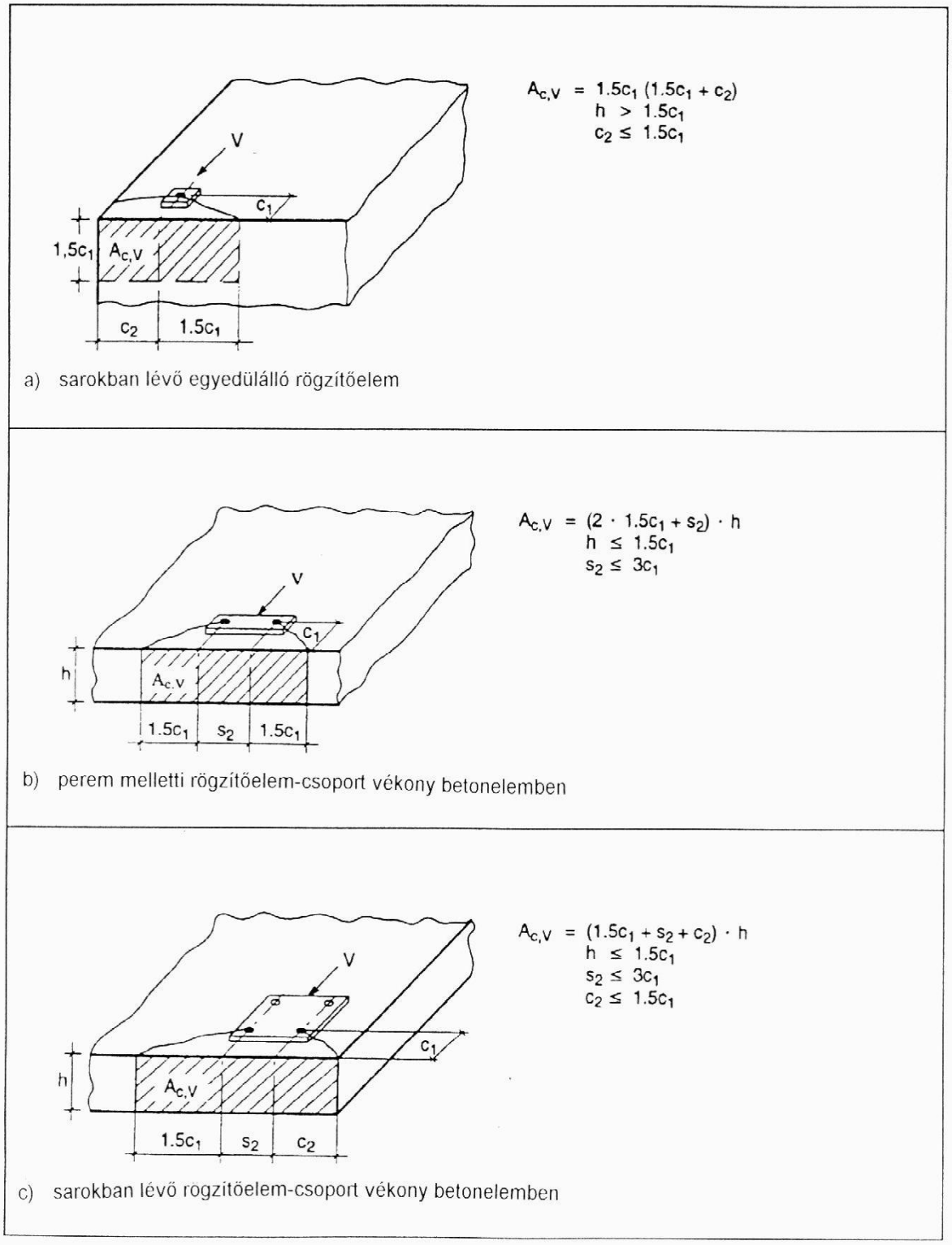
= $4{,}5\ c_1^2$ (5.7b)

$A_{c,V}$ = a rögzítés betonkúpjának tényleges területe az oldalsó betonfelületen. Ezt korlátozzák a szomszédos rögzítőelemek túlnyúló betonkúpjai ($s \leq 3\ c_1$), valamint a feltételezett terhelési iránnyal párhuzamos peremei ($c_2 \leq 1{,}5\ c_1$) és a betonelem vastagsága ($h \leq 1{,}5\ c_1$). Az $A_{c,V}$ számításának példái az 5.6 ábrán láthatók.

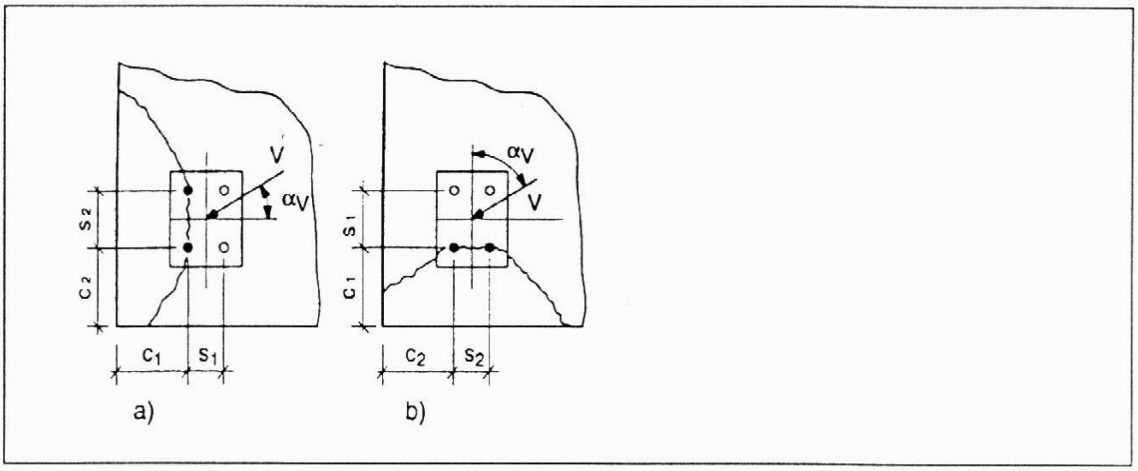
Az $A^0_{c,V}$ és $A_{c,V}$ számításánál feltételezzük, hogy a nyíróterheléseket a betonelem peremére merőlegesen alkalmazzák.
A sarokba helyezett rögzítések esetén mindkét peremre számítani kell az ellenállásokat és a legkisebb érték lesz a mérvadó (lásd az 5.7 ábrát).



5.5 ábra: Idealizált betonkúp és a betonkúp $A^0_{c,V}$ területe egyedülálló rögzítőelem esetén



5.6 ábra: Idealizált betonkúpok tényleges területének példái különböző rögzítőelem elrendezéseknél nyíró terhelés mellett



5.7 ábra: Olyan sarokban lévő, nyíróterhelés alatti rögzítőelem-csoport példája, ahol mindkét peremre számítani kell az ellenállást

c) A $\Psi_{s,\mathrm{V}}$ tényező a betonelem további peremei miatt a betonban lévő feszültségelosztás zavarainak hatását veszi figyelembe a nyírási ellenállásra. Az olyan rögzítéseknél, ahol két perem párhuzamos a feltételezett terhelési iránnyal (például keskeny betonelemben), a kisebbik peremtávolságot kell behelyettesíteni az (5.7c) egyenletbe.

$$\Psi_{s,\mathrm{V}} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c_2}{1{,}5c_1} \leq 1 \qquad (5.7c)$$

d) A $\Psi_{h,\mathrm{V}}$ tényező azt a tényt veszi figyelembe, hogy a nyírási ellenállás nem a betonelem vastagságával arányosan csökken, úgy, ahogy ezt az $A_{c,V}/A^0_{c,V}$ hányados feltételezi.

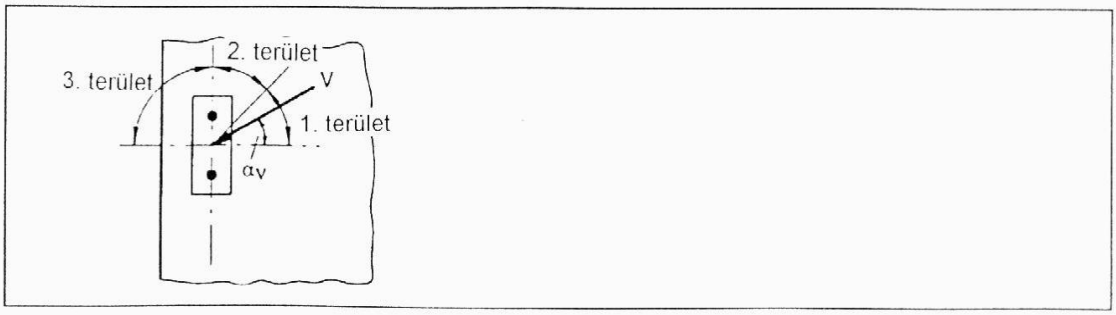
$$\text{A } \Psi_{h,\mathrm{V}} = \left(\frac{1{,}5c_1}{h}\right)^{1/3} \geq 1 \qquad (5.7d)$$

e) A $\Psi_{\alpha\mathrm{V}}$ tényező az α_V szöget veszi figyelembe a V_{Sd} alkalmazott terhelés és a betonelem szabad szélére merőleges irány között (lásd az 5.8. ábrát).

$$\Psi_{\alpha\mathrm{V}} = 1{,}0 \qquad \text{ha } 0° \leq \alpha_V \leq 55° \qquad \text{1. terület}$$

$$\Psi_{\alpha,\mathrm{V}} = \frac{1}{\cos\alpha + 0{,}5 \cdot \sin\alpha_{\mathrm{V}}} \qquad \text{ha } 55° < \alpha_V \geq 90° \qquad \text{2. terület} \qquad (5.7e)$$

$$\Psi_{\alpha\mathrm{V}} = 2{,}0 \qquad \text{ha } 90° < \alpha_V \leq 180° \qquad \text{3. terület}$$



5.8 ábra: α_V szög meghatározása

f) A $\Psi_{ec,V}$ tényező a csoporthatást veszi figyelembe akkor, amikor különböző nyíróterhelések hatnak egy rögzítőelem-csoport egyes rögzítőelemeire.

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + 2e_v/(3c_1)} \leq 1 \qquad (5.7f)$$

e_V = a rögzítőelemekre ható eredő nyíróterhelés külpontossága (lásd a 4.2.2-t)

Egyszerűsítésképpen $\Psi_{ec,V}$ = 1,0 tényezőt tételezhetünk fel, ha a legnagyobb igénybevétel alatt álló rögzítőelemet a (3.1) egyenlet szerint ellenőrizzük $(V_{Sd}^h \leq V_{Rk,c}^h / \gamma_{Mc})$ és ennek a rögzítőelemnek az ellenállását a következőre vesszük:

$V_{Rk,c}^h$ = $N_{Rk,c}/n$ (5.7g)

ahol n = a nyírásra igénybevett rögzítőelemek száma

g) A $\Psi_{ucr,V}$ tényező a repedt vagy nem-repedt betonban lévő rögzítési hely hatását vagy a használt vasalás típusának hatását veszi figyelembe.

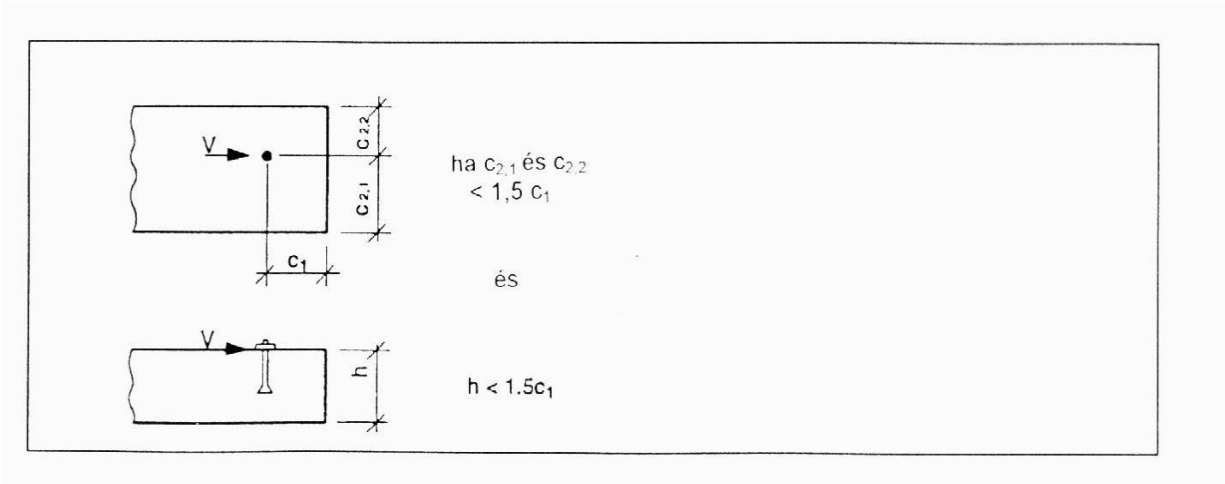
$\Psi_{ucr,V}$ = 1,0 repedt betonban lévő rögzítés peremvasalás vagy kengyel nélkül

$\Psi_{ucr,V}$ = 1,2 repedt betonban lévő rögzítés egyenes peremvasalással ($\geq \varnothing$ 12 mm)

$\Psi_{ucr,V}$ = 1,4 repedt betonban lévő rögzítés peremvasalással és egymástól kis távolságra lévő kengyelekkel (a $\leq$ 100 mm), nem-repedt betonban lévő rögzítés (a 4.1 szerinti igazolás).

Speciális esetek
A keskeny vékony betonelemben lévő rögzítéseknél, ahol $c_{2,max} \leq 1,5\ c_1$ (a $c_{2,max}$ = a terhelés irányával párhuzamos két peremtávolság közül a nagyobbik) és ahol $h \leq 1,5\ c_1$ (lásd az 5.9 ábrát) az (5.7) egyenlet szerinti számítás a nagyobb biztonság oldalán lévő eredményeket ad.

Pontosabb eredményeket kapunk, ha az =5.7a) – (5.7f) egyenletekben, valamint az 5.5 és 5.6 ábra szerinti $A_{c,V}^0$ és $A_{c,V}$ területek meghatározásakor a c_1 peremtávolság helyett a c'_1 értékét használjuk, ahol a c'_1 a nagyobbik érték a c_{max} / 1,5 és h / 1,5 értékek közül.



5.9 ábra: *Olyan vékony keskeny betonelemben lévő rögzítés példája, ahol a c'_1 érték használható*

5.2.4 **Összetett húzó- és nyíróterhelésekkel szembeni ellenállás**

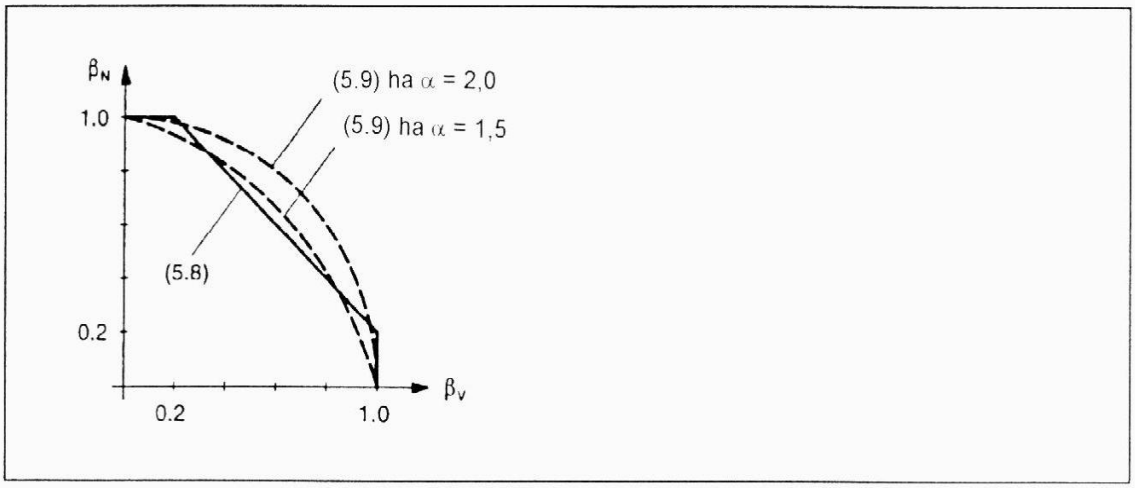
Az összetett húzó- és nyíróterhelések esetén a következő relációkat (lásd az 5.10 ábrát) kell kielégíteni:

$\beta_N \leq 1$ (5.8a)

$\beta_V \leq 1$ (5.8b)

$\beta_N + \beta_V \leq 1{,}2$ (5.8c)

ahol:
β_N (β_V) a méretezési igénybevétel és méretezési ellenállás közötti arány húzó- (nyíró-) terhelés esetén.
Az (5.8) egyenletbe a β_N és βV közüli nagyobbik értéket kell venni a különböző tönkremeneteli módoknál (lásd az 5.2.2.1-et és az 5.2.3.1-et)



5.10 ábra: Az összetett húzó- és nyíróterhelések kölcsönhatási diagramja

Általában az (5.8a) – (5.8c) relációk konzervatív eredményeket adnak. Pontosabb eredményeket kapunk az (5.9) feltétellel

$(\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha \leq 1$ (5.9)

ahol:

β_N, β_V	lásd az (5.8) relációkat
$\alpha = 2{,}0$	ha az N_{Rd}-re és V_{Rd}-re az acél tönkremenetele az irányadó
$\alpha = 1{,}5$	az összes többi tönkremeneteli módra

5.3 B méretezési mód

A B méretezési mód olyan egyszerűsített megközelítésen alapul, amelynél a jellemző ellenállás méretezési értékét a terhelési iránytól és a tönkremeneteli módtól függetlennek tekintjük.

A rögzítőelem-csoportok esetében azt kell kimutatni, hogy a (3.1) egyenlet teljesül a legnagyobb igénybevétel alatt álló rögzítőelem esetén.

Az F_{Rd}^0 méretezési ellenállást módosítás nélkül alkalmazhatjuk, ha betartjuk az s_{cr} osztástávolságot és a c_{cr} peremtávolságot. Az F_{Rd}^0, s_{cr} és c_{cr} az ETA-ban vannak megadva.

A méretezési ellenállást az (5.10) egyenlet szerint kell számítani, ha az osztásköz és peremtávolság tényleges értéke kisebb mint az s_{cr} és c_{cr} értékei és nagyobb vagy egyenlő az ETA-ban adott s_{min}-nél és c_{min}-nél.

$$F_{Rd} = \frac{1}{n} \cdot \frac{A_c}{A_c^0} \cdot \Psi_s \cdot \Psi_{re} \cdot \Psi_{ucr} \cdot F_{Rd}^0 \quad [N] \qquad (5.10)$$

n = a terhelés alatt álló rögzítőelemek száma

Az osztástávolság és peremtávolság hatását az A_c / A_c^0 és ψ_s tényezőkkel vesszük figyelembe. Az A_c / A_c^0 tényezőt az 5.2.2.4b szerint kell számítani, a ψ_s tényezőt pedig az 5.2.2.4c szerint az $s_{cr,N}$ és $c_{cr,N}$ helyére az s_{cr}-t és c_{cr}-t helyettesítve be. A keskeny osztástávolságú vasalás és a nem-repedt beton hatását vesszük figyelembe a ψ_{re} és ψ_{ucr} tényezőkkel. A ψ_{re} tényezőt az 5.2.2.4 d) szerint számítjuk, míg a ψ_{ucr}-t az 5.2.2.4 f) szerint.

Az erőkaros nyíróterhelés esetében a rögzítőelem jellemző ellenállását az (5.5) egyenlet szerint kell számítani az $N_{Rd,s}$ helyére a F_{Rd}^0 -t helyettesítve az (5.5a) egyenletben.

Az (5.10) egyenlet szerinti F_{Rd} vagy az (5.5) egyenlet szerinti $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$ értékek közül a legkisebbek érvényesek.

5.4 C méretezési módszer

A C méretezési módszer egy olyan egyszerűsített megközelítésen alapul, amelynél csak egy érték van megadva az F_{Rd} méretezési ellenállásra a terhelés irányától és a tönkremeneteli módtól függetlenül. A tényleges osztástávolságnak és peremtávolságnak nagyobbnak kell lenni az s_{cr} és c_{cr} értékeinél. Az F_{Rd}, s_{cr} és c_{cr} a vonatkozó ETA-ban vannak megadva.

Az erőkaros nyíróterhelés esetében a rögzítőelem jellemző ellenállását az (5.5) egyenlet szerint kell számítani az $N_{Rd,s}$ helyére az F_{Rd}-t helyettesítve az (5.5a) egyenletben.
Az (5.5) egyenlet szerinti legkisebb F_{Rd} vagy $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$ érték az irányadó.

6. Használhatósági határállapot

6.1 Elmozdulások

A rögzítőelemnek a meghatározott húzó- és nyíróterhelések melletti jellemző elmozdulását az ETA-ból kell venni. Feltételezhető, hogy az elmozdulások egyenesen arányosak az alkalmazott terheléssel. Összetett húzó- és nyíróterhelés esetén az eredő terhelés húzó és nyíró összetevőjéhez tartozó elmozdulásokat geometriailag kell összeadni.

Nyíró terhelések esetében a rögzített elemben lévő szavatolt hézagú furatnak a teljes rögzítés várt elmozdulására gyakorolt hatását kell figyelembe venni.

6.2 Változó előjelű nyíróterhelés

Ha a rögzítőelemre ható nyíróterhelések többször változtatják előjelüket, megfelelő intézkedéseket kell tenni a rögzítőelem acél anyaga kifáradás miatti tönkremenetelének elkerülése érdekében (például a nyíróterhelést a rögzített elem és a beton közötti súrlódás útján kell átvinni (például a megfelelően nagy állandó előfeszítő erő miatt)).

Változó előjelű nyíróterhelések fordulhatnak elő a rögzített elemben (például homlokzati elemekben) keletkező hőmérsékletváltozások miatt. Ennélfogva vagy ezeket az elemeket rögzítik úgy, hogy a rögzített elemre ható alakváltozások meggátlása miatt ne keletkezzenek jelentős nyíróterhelések a rögzítőelemben vagy az erőkaros nyíróterhelésnél (kiálló beépítésnél) a használhatósági határállapotban a legnagyobb igénybevétel alatt álló rögzítőelemben a hőmérsékletváltozások által okozott $\Delta\sigma = \max\sigma - \min\sigma$ hajlító feszültségek 100 N/mm^2-re legyenek korlátozva.

7 Kiegészítő igazolások a betonelem jellemző ellenállásának biztosítására

7.1 Általános tudnivalók

A rögzítőelem terheléseinek a betonelembe történő helyi átadásának igazolását az ebben a dokumentumban leírt méretezési módszerek alkalmazásával biztosítjuk.

A rögzítőelem terheléseknek a betonelem tartóira történő átadását a teherbírási határállapotra és a használhatósági határállapotra kell kimutatni; ebből a célból a szokásos igazolásokat a rögzítőelemek által bevezetett hatások megfelelő figyelembe vétele mellett kell elvégezni. Ezeknél az igazolásoknál a 7.2-ben és 7.3-ban adott kiegészítő előírásokat kell figyelembe venni.

Ha egy rögzítőelem peremtávolsága kisebb mint a $c_{cr,N}$ jellemző peremtávolság (az A méretezési módnál), vagy a c_{cr} (a B és C méretezési módnál), akkor legalább 6 mm-es átmérőjű hosszirányú vasalást kell biztosítani az elem peremén a rögzítési mélység területén.

Az olyan betonlemezek és gerendák esetében, amelyek előregyártott egységekből és a helyszínen öntött betonból készülnek, a rögzítőelemek terhelését csak akkor lehet átvinni az előregyártott betonra, ha az előregyártott beton a helyszínen készült betonnal nyírási vasalással van összekapcsolva. Amennyiben nincs ilyen nyírási vasalás az előregyártott és a helyszínen készült beton között, akkor a rögzítőelemeket h_{ef} tényleges rögzítési mélységgel kell a hozzáadott betonba beágyazni. Egyébként csak a maximum 1,0 kN/m^2-es terhelésű álmennyezeteket, vagy hasonló szerkezeteket lehet az előregyártott betonba rögzíteni.

7.2 A betonelem nyírási ellenállása

Általában a rögzítőelemek terhelése által ébresztett $V_{Sd,a}$ nyíróerőknek nem szabad meghaladni a következő értéket:

$$V_{Sd,a} \quad 0{,}4\ V_{Rd1} \qquad (7.1)$$

ahol:

V_{Rd1} = a nyírási ellenállás az Eurocode No. 2 [1] szerint.

A $V_{Sd,a}$ számításakor a rögzítőelem által okozott terheléseket olyan pontszerű terheléseknek kell venni, ahol a terhelés támadásának szélessége $t_1 = s_{t1} + 2h_{ef}$ és t_2 „ 2 h_{ef} és a rögzítőelem-csoport külső rögzítőelemei közötti távolság s_{t1} (s_{te}) az 1 (2) irányban. Azt az aktív szélességet, amelyen keresztül a nyíróerő átvitelre kerül, a rugalmasságtan szerint kell számítani.

A (7.1) egyenlet elhanyagolható, ha a következő feltételek egyike teljesül:

a) A méretezési igénybevételek, valamint a rögzítőelemek terhelései által ébresztett támaszponti V_{Sd} nyíróerő a következő értékű:

$$V_{Sd} \leq 0{,}8\ V_{Rd1} \qquad (7.2)$$

b) A jellemző hatások mellett az igénybevett rögzítők N_{Sk} eredő húzóereje: $N_{SkK} \leq 30$ kN és a szomszédos rögzítőelem-csoportok külső rögzítőelemei közötti vagy egy rögzítőelem-csoport külső rögzítőelemei és az egyedülálló rögzítőelemek közötti **a** távolság kielégíti a 7.3 feltételt.

$$a \geq 200 \cdot \sqrt{N_{Sk}} \qquad a\ [mm];\ N_{Sk}\ [kN] \qquad (7.3)$$

c) A rögzítőelemek terhelését egy olyan függesztett vasalás veszi fel, amelyik felöleli a húzási vasalást és a betonelem ellentétes oldalánál van rögzítve. Ennek az egyedülálló rögzítőelemtől vagy egy rögzítőelem-csoport külső rögzítőelemeitől vett távolságának kisebbnek kell lennie, mint h_{ef}.

Ha a jellemző hatások mellett az igénybevett rögzítők N_{Sk} eredő húzóereje $N_{Sk} \geq 60$ kN, akkor vagy a rögzítőelemek beágyazási mélysége nem lehet $h_{ef} \geq 0{,}8$ h-nál kisebb, vagy a fenti c) szakasz szerinti függesztett vasalásról kell gondoskodni.

A betonelem előírt nyírási ellenállásának biztosításához szükséges ellenőrzések a 7.1 táblázatban vannak összefoglalva.

7.1 táblázat: A betonelem előírt nyírási ellenállásának biztosításához szükséges ellenőrzések

A betonelem nyíró-erejének számított értéke a rögzítőelem terhelések megfelelő figyelembe vételével	Az egyedülálló rögzítőelem és a rögzítőelem-csoportok közötti távolság	N_{Sk} [kN]	A rögzítőelem terhelésekből eredő számított nyíróerő igazolása
$V_{Sd} \leq 0{,}8 \cdot V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}$ [1] (s_{cr}) [2]	≤ 60	Nem szükséges
$V_{Sd} > 0{,}8 \cdot V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}$ [1] (s_{cr}) [2] és $a \geq 200 \cdot \sqrt{N_{Sk}}$	≤ 30	Nem szükséges
	$a \geq s_{cr,N}$ [1] (s_{cr}) [2]	≤ 60	Szükséges: $V_{Sd,a} \leq 0{,}4 \cdot V_{Rd1}$ vagy függesztett vasalás, vagy $h_{ef} \geq 0{,}8$ h
		≥ 60	Nem szükséges, de függesztett vasalás vagy $h_{ef} \geq 0{,}8$ h
[1] A-méretezési módszer [2] B- és C-méretezési módszer			

7.3 Hasító erőkkel szembeni ellenállás

Általában a rögzítőelemek által ébresztett hasító erőket figyelembe kell venni a betonelem méretezésekor. Ez a következő feltételek egyikének teljesülése esetén hanyagolható el.

a) A teherátadási felület a betonelem nyomás alatt álló zónájában van.

b) A rögzítésre ható jellemző terhelések N_{Sk} húzó összetevője kisebb mint 10 kN (az egyedülálló rögzítőelem vagy a rögzítőelem-csoport esetén.

c) az N_{Sk} húzó összetevő nem nagyobb 30 kN-nál. Ezenkívül a betonlemezekben és falakban lévő rögzítők esetében koncentrált vasalás van mindkét irányban a rögzítés területén. A keresztirányú vasalás területének a rögzítőelemek terhelése miatti hatásokhoz szükséges hosszirányú vasalás legalább 60%-ának kell lenni.

Ha a rögzítésre ható jellemző húzóterhelés $N_{Sk} \geq$ 30 kN és a rögzítőelemek a betonelem húzási zónájában helyezkednek el, a hasító erőket a vasalásnak kell felvennie. Az általános tapasztalatok szerinti rögzítőelemek esetén első megközelítésben az $F_{Sp,k}$ hasító erő és az N_{Sk}, illetőleg (az ellenőrzött elmozdulású rögzítőelemek esetén) az N_{Rd} jellemző húzóterhelés arányát az alábbiak szerint vehetjük:

$F_{Sp,k}$	=	1,5 N_{Sk}	az ellenőrzött nyomatékú terpesztett csapoknál (2. Rész)
	=	1,0 N_{Sk}	az alámetsző csapoknál (3. Rész)
	=	2,0 N_{Rd}	az ellenőrzött elmozdulású terpesztett csapoknál (4. Rész)
	=	0,5 N_{Sk}	a ragasztott csapoknál (5. Rész)