

Návod na Európske technické osvedčenie:

ETA Guideline:

ETAG 001



Názov

Kovové kotvy pre použitie v betóne

Príloha C: Metódy navrhovania ukotvenia

Názov anglického originálu

Metal anchors for use in concrete

Annex C: Design methods for anchorages

Začiatok platnosti ETAG-u V SR:

27. september 2010

Koniec obdobia koexistencie:

Dátum vydania anglického originálu

Jún 1997

1. zmena

Október 2001

2. zmena

November 2006

3. zmena

August 2010

Dátum vydania slovenského prekladu:

25. november 2011

Preklad:

Osvedčovacie miesto TSÚS

Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o.
Studená 3, 821 04 Bratislava
e-mail: eta@tsus.sk, <http://www.tsus.sk>



Tento dokument obsahuje:

34 strán

Autorské práva:

Materiál je duševným vlastníctvom MDVRR SR a je voľne prístupný všetkým záujemcom na použitie

Obsah
Príloha C Metódy navrhovania ukotvenia

Úvod.....	3
1 Rozsah.....	3
1.1 Typ kotiev, skupiny kotiev, počet kotiev	3
1.2 Betónové teleso.....	4
1.3 Typ a smer zaťaženia.....	4
1.4 Klasifikácia dôsledkov porušenia	4
2 Terminológia a symboly.....	5
2.1 Indexy	5
2.2 Účinky a únosnosti	5
2.3 Betón a oceľ	5
2.4 Charakteristické hodnoty kotiev (pozri obrázok 2.1)	6
3 Koncept návrhu a bezpečnosti.....	7
3.1 Všeobecne	7
3.2 Konečný medzný stav	7
3.2.1 Návrhová odolnosť	7
3.2.2 Čiastkový súčiniteľ bezpečnosti pre únosnosti	7
3.2.2.1 Porušenie vytrhnutím kužela betónu, porušenie prasknutím, porušenie vytiahnutím, vypáčením a porušenie okraja betónu.....	7
3.2.2.2 Porušenie ocele	8
3.3 Medzný stav použiteľnosti	8
4 Statická analýza	8
4.1 Betón s trhlinami a bez trhlín	8
4.2 Zaťaženia pôsobiace na kotvy.....	8
4.2.1 Zaťaženie ťahom	9
4.2.2 Zaťaženie šmykom	10
4.2.2.1 Rozloženie zaťaženia	10
4.2.2.2 Určenie zaťažení v šmyku.....	12
4.2.2.3 Zaťaženie šmykom bez momentového ramena.....	14
4.2.2.4 Zaťaženie šmykom s momentovým ramenom	15
5 Konečný medzný stav	16
5.1 Všeobecne	16
5.2 Metóda navrhovania A.....	17
5.2.1 Všeobecne	17
5.2.2 Únosnosť v zaťažení v ťahu	17
5.2.2.1 Požadované overenia	17
5.2.2.2 Porušenie ocele	17
5.2.2.3 Porušenie vytiahnutím	17
5.2.2.4 Porušenie vytrhnutím kužela betónu	17
5.2.2.5 Porušenie prasknutím spôsobené inštalovaním kotvy	21
5.2.2.6 Porušenie prasknutím spôsobené zaťažením	21
5.2.3 Únosnosť v zaťažení v šmyku	22
5.2.3.1 Požadované overenia	22
5.2.3.2 Porušenie ocele	22
5.2.3.3 Porušenie betónu vypáčením	23
5.2.3.4 Porušenie okraja betónu.....	24
5.2.4 Únosnosť v kombinovanom zaťažení ťahom a šmykom	30
5.3 Metóda navrhovania B.....	31
5.4 Metóda navrhovania C	32
6 Medzný stav použiteľnosti	32
6.1 Posunutia	32
6.2 Zaťaženie šmykom so zmenou orientácie	32
7 Doplnkové overenia na zabezpečenie charakteristickej únosnosti betónového prvku	32
7.1 Všeobecne	32
7.2 Únosnosť v šmyku betónového telesa	33
7.3 Odolnosť proti štiepiacim silám	34

Úvod

Metódy navrhovania ukotvení sú určené pre návrh ukotvenia pri náležitom zvážení bezpečnosti a konceptu návrhu v rámci Európskych technických osvedčení (ETA) pre kotvy.

Návrhové metódy uvedené v prílohe C sú založené na predpoklade, že sa vykonali požadované skúšky na posúdenie povolených prevádzkových podmienok uvedené v časti 1 a neskorších častiach. Preto je príloha C predpokladom pre hodnotenie a posúdenie kotiev. Použitie iných návrhových metód vyžaduje opätovné zváženie nevyhnutných skúšok.

ETA pre kotvy uvádzajú charakteristické hodnoty len pre rôzne schválené kotvy. Návrh prikotvení (napr. usporiadanie kotiev do skupín kotiev, účinky okrajov alebo rohov betónového prvku na charakteristickú únosnosť) sa musia vykonať podľa metód navrhovania uvedených v kapitole 3 až 5 zohľadňujúc charakteristické hodnoty kotiev.

Kapitola 7 uvádza doplnkové overenia potrebné na zabezpečenie charakteristickej únosnosti betónového prvku platné pre všetky systémy kotiev.

Metódy navrhovania platia pre všetky typy kotiev. Avšak, rovnice uvedené v tomto dokumente sú platné pre kotvy podľa bežnej skúsenosti (pozri Prílohu B). Ak sa hodnoty pre charakteristickú únosnosť, odstup, vzdialenosť od okraja líšia medzi metódami navrhovania a ETA, potom platia hodnoty uvedené v ETA. V prípade, že neexistujú národné predpisy, môže sa použiť čiastkový súčiniteľ bezpečnosti uvedený v tomto dokumente.

1 Rozsah

1.1 Typ kotiev, skupiny kotiev a počet kotiev

Metódy navrhovania sa vzťahujú na návrh ukotvenia v betóne použitím schválených kotiev, ktoré spĺňajú požiadavky tohto Pokynu. Charakteristické hodnoty sú uvedené v príslušnej ETA.

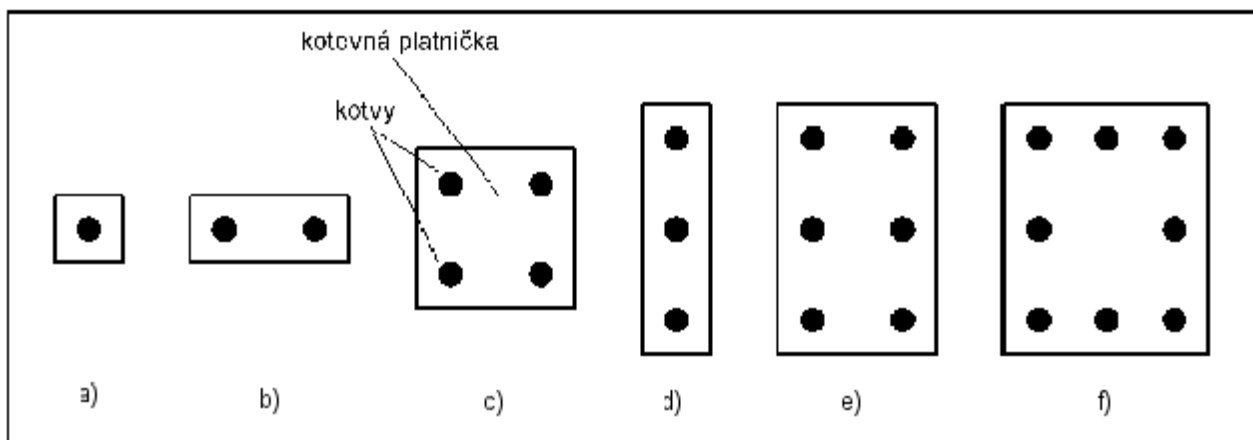
Metódy navrhovania sú platné pre samostatné kotvy a skupiny kotiev. V prípade skupiny kotiev je zaťaženie aplikované na jednotlivé kotvy prostredníctvom pevného pripevňovaného prvku. V skupine kotiev sa musia použiť kotvy rovnakého typu, veľkosti a dĺžky.

Metódy navrhovania sa vzťahujú na samostatné kotvy a skupiny kotiev podľa Obrázku 1.1 a 1.2. Iné usporiadanie kotiev, napr. v trojuholníkovom alebo kruhovom vzore je taktiež povolené; avšak predpisy týchto metód navrhovania majú byť aplikované až po technickom posúdení.

Vo všeobecnosti je návrhová metóda platná len vtedy, ak priemer d_f otvoru v pripevňovanom prvku nie je väčší než hodnota v Tabuľke 4.1.

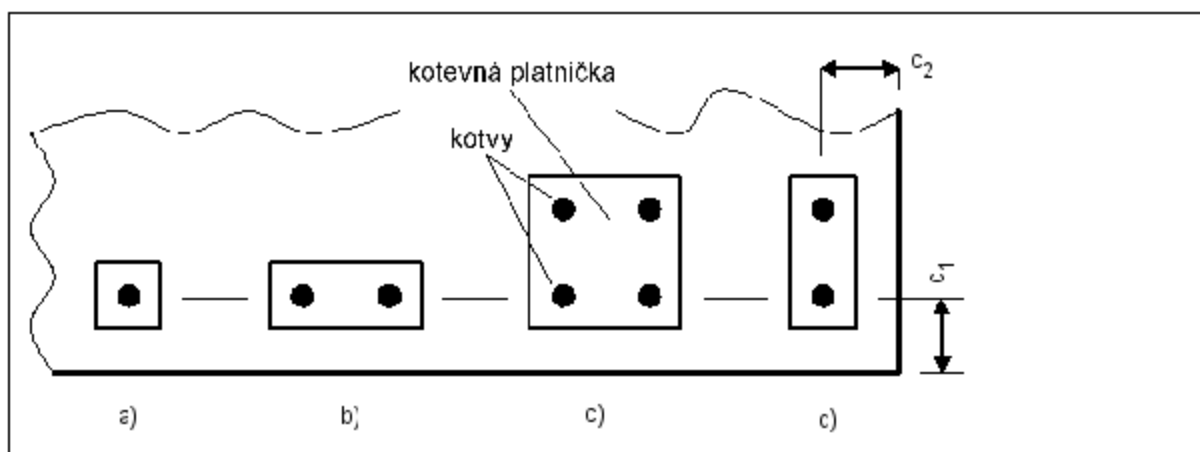
Výnimky:

- Pre pripevnenia zaťažené len ťahom sa akceptuje väčší priemer otvoru, v prípade, že je použitá zodpovedajúca podložka.
- Pre pripevnenia zaťažené šmykom alebo kombináciou ťahu a šmyku, ak medzera medzi otvorom a pripevňovaným prvkom je vyplnená maltou dostatočnej sily stlačenia, alebo je eliminovaná inými vhodnými prostriedkami.



Obrázok 1.1 Ukotvenia, na ktoré sa vzťahujú metódy navrhovania

- všetky smery zaťaženia, ak sú kotvy umiestnené ďaleko od krajov vo vzdialenosti ($c \geq \max(10 h_{ef}, 60 d)$)
- len zaťaženie ťahom, ak sú kotvy umiestnené v blízkosti okrajov ($c < \max(10 h_{ef}, 60 d)$)



Obr. 1.2 Ukotvenia, na ktoré sa vzťahujú metódy navrhovania
Zaťaženie v šmyku, ak sú kotvy umiestnené v blízkosti okraja ($c < \max(10 h_{ef}, 60 d)$)

1.2 Betónové teleso

Betónové teleso má byť z betónu bežnej hmotnosti a triedy pevnosti najmenej C20/25 a najviac C50/60 podľa EN 206 [8] a má byť predmetom predovšetkým statického zaťaženia. Betón môže byť s trhlinami alebo bez trhlín. Vo všeobecnosti sa pre zjednodušenie predpokladá, že betón je s trhlinami; inak sa musí preukázať že je bez trhlín (pozri 4.1).

1.3 Typ a smer zaťaženia

Metódy navrhovania sa vzťahujú na kotvy, ktoré sú predmetom statického alebo kvázi statického zaťaženia a nevzťahujú sa na kotvy, ktoré sú vystavené vplyvom seizmického zaťaženia alebo zaťaženia pod tlakom.

1.4 Klasifikácia dôsledkov porušenia

Prikotvenia uskutočnené v súlade s týmito metódami navrhovania sa považujú za prikotvenia, ktorých porušenie znamená porušenie stability stavby, riziko pre ľudí a/alebo vedie k významným ekonomickým dôsledkom.

2 Terminológia a symboly

Označenia a symboly často používané v metódach navrhovania sú uvedené nižšie. Ďalšie označenia sú uvedené v texte.

S	účinok
R	únosnosť
M	materiál
k	charakteristická hodnota
d	návrhová hodnota
s	ocel'
c	betón
cp	vypáčenie betónu
p	vytiahnutie
sp	štiepenie
u	medzný
y	klz

2.2 Účinky a odolnosti

F	=	sila vo všeobecnosti (výsledná sila)
N	=	normálová sila (kladná: ťahová sila, záporná: tlaková sila)
V	=	šmyková sila
M	=	moment

$F_{Sk} (N_{Sk}; V_{Sk}; M_{Sk}; M_{T,Sk})$ Charakteristická hodnota účinkov pôsobiacich na samostatnú kotvu alebo na pripájaný prvok skupiny kotiev (normálové zaťaženie, zaťaženie v šmyku, moment ohybu, krútiaci moment).

$F_{Sd} (N_{Sd}; V_{Sd}; M_{Sd}; M_{I,Sd})$ Navrhovaná hodnota účinkov

$N_{Sd}^h (V_{Sd}^h)$ Navrhovaná hodnota zaťaženia v ťahu (zaťaženia v šmyku) pôsobiaceho na najviac namáhanú kotvu skupiny vypočítaná podľa 4.2.

$N_{Sd}^g (V_{Sd}^g)$ Navrhovaná hodnota súčtu (výsledku) zaťažení v ťahu (šmyku) pôsobiacich na kotvy skupiny zaťažené ťahom (šmykom) vypočítané podľa 4.2

$F_{Rk} (N_{Rk}; V_{Rk})$ Charakteristická hodnota únosnosti samostatnej kotvy alebo skupiny kotiev (hodnota únosnosti jednotlivej kotvy alebo skupiny kotiev (normálová sila, šmyková sila)

$F_{Rd} (N_{Rd}; V_{Rd})$ Navrhovaná hodnota únosnosti

2.3 Betón a ocel'

$f_{ck,cube}$ Charakteristická sila stlačenia meraná na kockách s dĺžkou strany 150 mm (hodnota triedy pevnosti betónu podľa EN 206 [8])

f_{yk} Charakteristická pevnosť ocele v klze (menovitá hodnota)

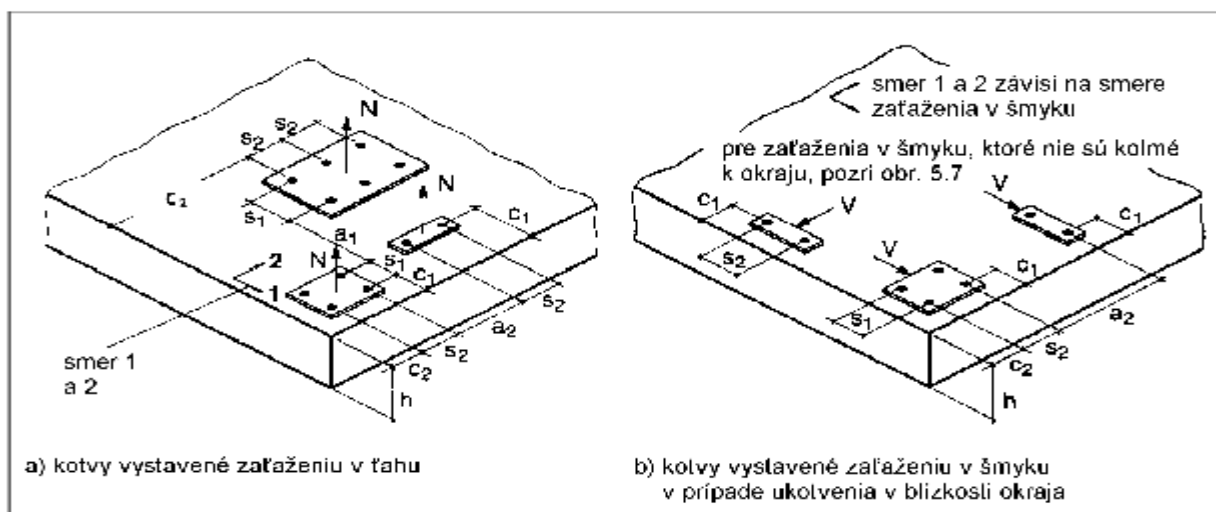
f_{Lk} Charakteristická medzná pevnosť ocele v ťahu (menovitá hodnota)

A_s Namáhaný prierez ocele

W_{el} Modul pružnosti prierezu počítaný z namáhaného prierezu ocele (cm^3 pre okrúhly prierez s priemerom d

2.4 Charakteristické hodnoty kotiev (pozri Obr. 2.1)

- a = odstup medzi vonkajšími kotvami príslušných skupín alebo medzi jednotlivými kotvami
- a_1 = odstup medzi vonkajšími kotvami príslušných skupín alebo medzi jednotlivými kotvami v smere 1
- a_2 = odstup medzi vonkajšími kotvami príslušných skupín alebo medzi jednotlivými kotvami v smere 2
- b = šírka betónového prvku
- c = vzdialenosť od okraja
- c_1 = vzdialenosť od okraja v smere 1; v prípade prikotvenia blízko okraja zaťaženého v šmyku c_1 je vzdialenosť od okraja v smere zaťaženia v šmyku (pozri Obr. 2.1b a Obr. 5.7)
- c_2 = vzdialenosť od okraja v smere 2; smer 2 je kolmý na smer 1
- c_{cr} = vzdialenosť od okraja na zabezpečenie prenosu charakteristickej únosnosti (metóda navrhovania B a C)
- $c_{cr,N}$ = vzdialenosť od okraja na zabezpečenie prenosu charakteristickej únosnosti v ťahu samostatnej kotvy bez účinkov odstupov a okraja v prípade porušenia vytrhnutím kužeľa betónu (metóda navrhovania A)
- $c_{cr,sp}$ = vzdialenosť od okraja na zabezpečenie prenosu charakteristickej únosnosti v ťahu samostatnej kotvy bez účinkov odstupov a okraja v prípade porušenia betónu prasknutím (metóda navrhovania A)
- c_{min} = minimálna prípustná vzdialenosť od okraja
- d = priemer kotevnej skrutky alebo priemer závit
- d_{nom} = vonkajší priemer kotvy
- d_o = priemer vyvrtaného otvoru
- h = hrúbka betónového prvku
- h_{ef} = účinná hĺbka prikotvenia
- h_{min} = minimálna hrúbka betónového prvku
- l_f = účinná dĺžka kotvy pri zaťažení v šmyku. Pre skrutky s rovnakým priečnym rezom pozdĺž ich dĺžky hodnota h_{ef} sa musí použiť ako účinná hĺbka prikotvenia a pre kotvy s niekoľkými objímkami a hrdlami prierezu, napr. platí len dĺžka od povrchu betónu po príslušnú objímku
- s = odstup kotiev v skupine
- s_1 = odstup kotiev v skupine v smere 1
- s_2 = odstup kotiev v skupine v smere 2
- s_{cr} = odstup na zabezpečenie prenosu charakteristickej únosnosti (metóda navrhovania B a C)
- $s_{cr,N}$ = odstup na zabezpečenie prenosu charakteristickej únosnosti v ťahu jednotlivej kotvy bez účinku odstupov a okrajov v prípade porušenia betónu vytrhnutím kužeľa (metóda navrhovania A)
- $s_{cr,sp}$ = odstup na zabezpečenie prenosu charakteristickej únosnosti v ťahu jednotlivej kotvy bez účinku odstupov a okrajov v prípade porušenia betónu prasknutím (metóda navrhovania A)
- s_{min} = minimálny prípustný odstup



Obrázok 2.1 Betónové teleso, vzdialenosť kotiev a vzdialenosť od okraja

3 Koncept návrhu a bezpečnosti

3.1 Všeobecne

Návrh prikotvenia musí byť v súlade so všeobecne platnými predpismi uvedenými v EN 1990.

Musí sa preukázať, že hodnota navrhovaných účinkov S_d neprekročí hodnotu navrhovanej únosnosti R_d .

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

S_d = hodnota navrhovaného účinku

R_d = hodnota navrhovanej únosnosti

Účinky, ktoré sa majú použiť v návrhu sa môžu získať buď z vydanej Národnej prílohy k EN 1991, alebo v prípade, že Národná príloha nie je vydaná, z národných predpisov, alebo priamo z normy EN 1991.

Čiastkové súčinitele bezpečnosti pre účinky sa môžu získať buď z vydanej Národnej prílohy k EN 1991, alebo v prípade, že Národná príloha nie je vydaná, z národných predpisov, alebo priamo z normy EN 1991.

Navrhovaná únosnosť sa vypočíta nasledovne:

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (3.2)$$

R_k = charakteristická únosnosť jednotlivkej kotvy alebo skupiny kotiev

γ_M = čiastkový súčiniteľ bezpečnosti pre materiál

3.2 Konečný medzný stav

3.2.1 Návrhová únosnosť

Návrhová únosnosť sa vypočíta podľa rovnice (3.2). V metóde navrhovania A sa charakteristická únosnosť počíta pre všetky smery zaťaženia a spôsoby porušenia.

V metóde navrhovania B a C je daná len jedna charakteristická únosnosť pre všetky smery zaťaženia a spôsoby porušenia.

3.2.2 Čiastkový súčiniteľ bezpečnosti pre únosnosti

V prípade absencie národných predpisov sa môžu použiť nasledovné čiastkové súčinitele bezpečnosti. Avšak, hodnota γ_2 sa nemá meniť, pretože popisuje vlastnosť kotvy.

3.2.2.1 Porušenie vytrhnutím kužela betónu, porušenie prasknutím, porušenie vytiahnutím, porušenie vypáčením a porušenie okraja betónu

Čiastkové súčinitele bezpečnosti pre porušenie vytrhnutím kužela betónu, porušenie vypáčením a porušenie okraja betónu (γ_{Mc}) a porušenie prasknutím (γ_{Msp}) a porušenie vytiahnutím (γ_{Mp}) sú dané v príslušnej ETA

Pre kotvy sa podľa súčasnej skúsenosti odvodí čiastkový súčiniteľ bezpečnosti γ_{Mc} nasledovne :

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_2$$

$$\gamma_c = \text{čiastkový súčiniteľ bezpečnosti pre betón} = 1.5$$

$$\gamma_2 = \text{čiastkový súčiniteľ bezpečnosti vzhľadom na bezpečnosť inštalovania systému kotiev}$$

Čiastkový súčiniteľ bezpečnosti γ_2 sa vyhodnotí z výsledkov skúšok bezpečnosti inštalovania; pozri Časť 1, bod 6.1.2.2.2

Zaťaženie v ťahu

$$\gamma_2 = 1.0 \text{ pre systémy s vysokou bezpečnosťou inštalovania}$$

$$= 1.2 \text{ pre systémy s bežnou bezpečnosťou inštalovania}$$

$$= 1.4 \text{ pre systémy s nízkou, ale akceptovateľnou bezpečnosťou inštalovania}$$

Zaťaženie v šmyku (porušenie betónu vypáčením, porušenie okraja betónu)

$$\gamma_2 = 1.0$$

Pre súčiniteľ bezpečnosti γ_{Msp} a γ_{Mp} sa môže použiť hodnota γ_{Mc} .

3.2.2.2 Porušenie ocele

Čiastkové súčinitele bezpečnosti γ_{Ms} pre porušenie ocele sú uvedené v príslušnej ETA.

Pre kotvy podľa súčasnej skúsenosti sa odvodnia čiastkové súčinitele bezpečnosti γ_{Ms} ako funkcia typu zaťaženia:

Zaťaženie v ťahu:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1.2}{f_{yk}/f_{uk}} \geq 1.4 \quad (3.3a)$$

Zaťaženie kotvy v šmyku s momentovým ramenom a bez neho:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1.0}{f_{yk}/f_{uk}} \geq 1.25 \quad f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2 \quad (3.3b)$$

$$\text{a} \quad f_{yk}/f_{uk} \leq 0.8$$

$$\gamma_{Ms} = 1.5 \quad \text{alebo} \quad \begin{matrix} f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2 \\ f_{yk}/f_{uk} > 0.8 \end{matrix} \quad (3.3c)$$

3.3 Prevádzkový hraničný stav

V prevádzkovom hraničnom stave sa musí preukázať, že posunutia, ktoré sa vyskytnú pri charakteristickom účinku/zaťažení nie sú väčšie než prípustné posunutie. Pre informácie o charakteristickom posunutí pozri kapitolu 6. Prípustné posunutie závisí od aplikácie a ma byť ohodnotené navrhovateľom.

V prípade tohto overenia sa čiastkové súčinitele bezpečnosti na účinky a únosnosti môžu považovať za rovné 1,0.

4 Statická analýza

4.1 Neporušený a porušený betón

Ak podmienka daná rovnicou (4.1) nie je splnená alebo skontrolovaná, potom sa musí uvažovať o betóne ako o porušenom.

O neporušenom betóne sa dá uvažovať v špeciálnych prípadoch, ak sa v každom prípade preukáže, že pri prevádzkových podmienkach je kotva s celou hĺbkou prikotvenia umiestnená v neporušenom betóne. V prípade absencie iného návodu sa môžu použiť nasledovné predpisy.

Pre prikotvenia, ktoré sú vystavené výslednému zaťaženiu $F_{Sk} \leq 60 \text{ kN}$, sa môže uvažovať o neporušenom betóne ak platí rovnica (4.1):

$$\sigma_L + \sigma_R \leq 0 \quad (4.1)$$

σ_L = namáhania v betóne vyvolané vonkajším zaťažením, vrátane zaťažením kotiev

σ_R = namáhanie v betóne spôsobené obmedzením z dôvodu vnútorných deformácií (napr. zmraštenie betónu), alebo vonkajších deformácií (napr. spôsobené posunutím podpery alebo výkyvmi teploty). Ak sa neuskutoční detailná analýza, potom sa má uvažovať $\sigma_R = 3 \text{ N/mm}^2$ podľa EC 2 [1].

Namáhania σ_L a σ_R sa vypočítajú za predpokladu, že betón je neporušený (stav 1). Pre ploché betónové prvky, ktoré prenášajú zaťaženie v dvoch smeroch (napr. dosky, steny) musí platiť rovnica pre oba smery.

4.2 Zaťaženia pôsobiace na kotvy

V statickej analýze sú uvedené zaťaženia a momenty pôsobiace na pripevnený prvok. Na navrhnutie prikotvenia sa musia vypočítať zaťaženia pôsobiace na každú kotvu, zohľadňujúc čiastkový súčiniteľ bezpečnosti pre účinky podľa bodu 3.1 v medznom hraničnom stave a podľa bodu 3.3 v prevádzkovom hraničnom stave.

V prípade jednotlivých kotiev sú bežne zaťaženia pôsobiace na kotvu rovné zaťaženiam pôsobiacim na pripevnený prvok. V prípade skupín kotiev, momenty ohybu a krútiace momenty pôsobiace na pripevňovaný prvok sa rozkladajú k ťahovým a šmykovým silám, ktoré pôsobia na jednotlivé kotvy v skupine. Rozloženie sa vypočíta podľa teórie elasticity.

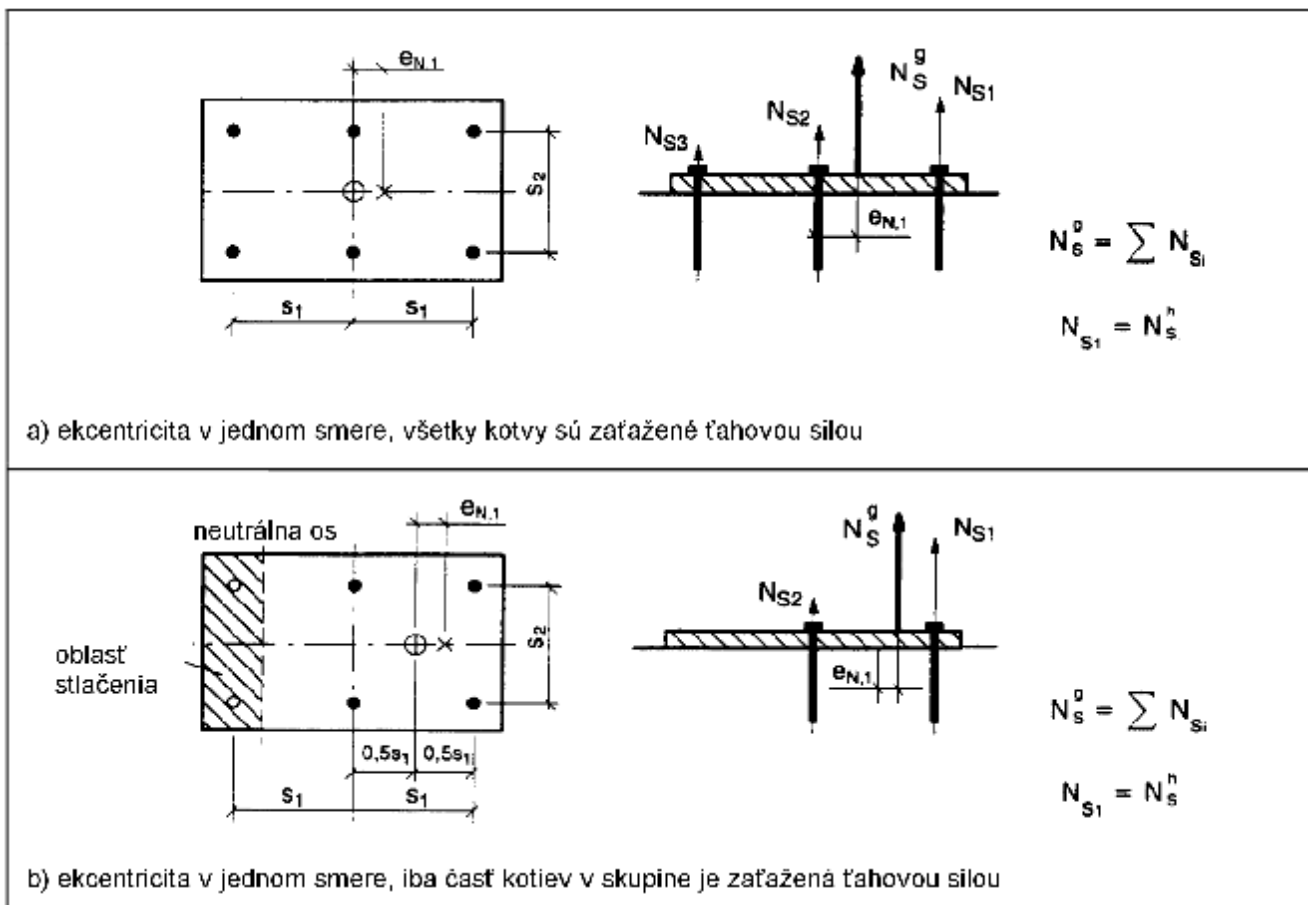
4.2.1 Zaťaženia v ťahu

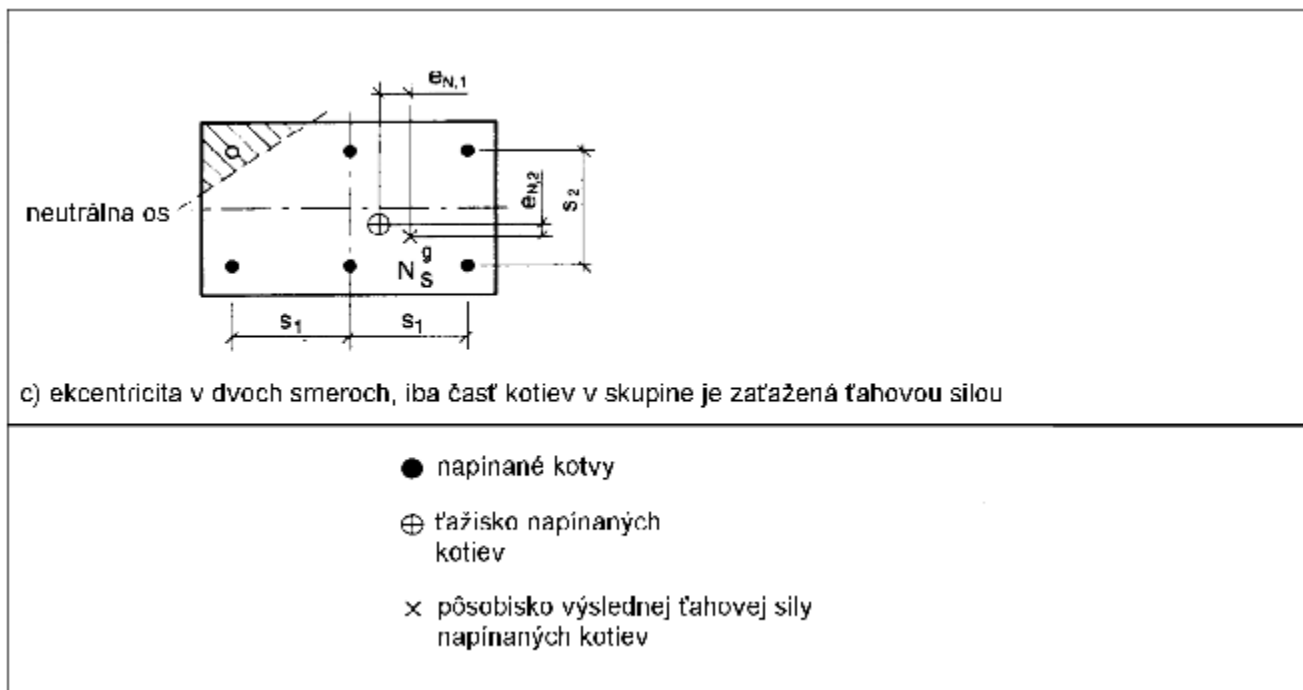
Vo všeobecnosti zaťaženia v ťahu pôsobiace na každú kotvu ako dôsledok zaťaženia a momentov ohybu na pripevnený prvok sa vypočítajú podľa teórie elasticity za použitia nasledovných predpokladov:

- Nedochádza k deformácii kotevnej platničky pri navrhovaných účinkoch. Na zabezpečenie platnosti tohto predpokladu musí byť kotevná platnička dostatočne tuhá.
- Tuhosť všetkých kotiev je rovná a zodpovedá modulu pružnosti ocele. Modul pružnosti betónu je uvedený [1]. Na zjednodušenie sa môže použiť hodnota 30 000 N/mm
- V zóne stlačenia pod pripevneným prvkom kotvy neprispievajú k prenosu normálových síl (pozri Obr. 4.1b).

Ak v špeciálnych prípadoch nie je platnička dostatočne tuhá, potom sa pri výpočte zaťaženiach pôsobiacich na kotvy musí brať do úvahy flexibilita kotevnej platničky.

V prípade skupín kotiev s rôznou úrovňou ťahových síl N_{Si} pôsobiacich na jednotlivú kotvu v skupine, je možné vypočítať excentricitu e_N ťahovej sily N_S^g skupiny (pozri Obr.4.1) na to, aby sa umožnilo presné posúdenie únosnosti skupiny kotiev.





Obr. 4.1 Príklad prikotvení vystavených ekcentrickému zaťaženiu v ťahu N_S^g

Ak napínané kotvy nevytvárajú pravouhlý vzor, tak kvôli zjednodušeniu sa môže skupina napínaných kotiev riešiť ako skupina s pravouhlým tvarom (to znamená, že o ťažisku napínaných kotiev sa dá uvažovať ako o strede osi na Obrázku 4.1c).

4.2.2 Zaťaženia v šmyku

4.2.2.1 Rozloženie zaťaženia

Rozloženie zaťaženia v šmyku závisí na spôsobe porušenia:

- a) Porušenie ocele a porušenie betónu vypáčením

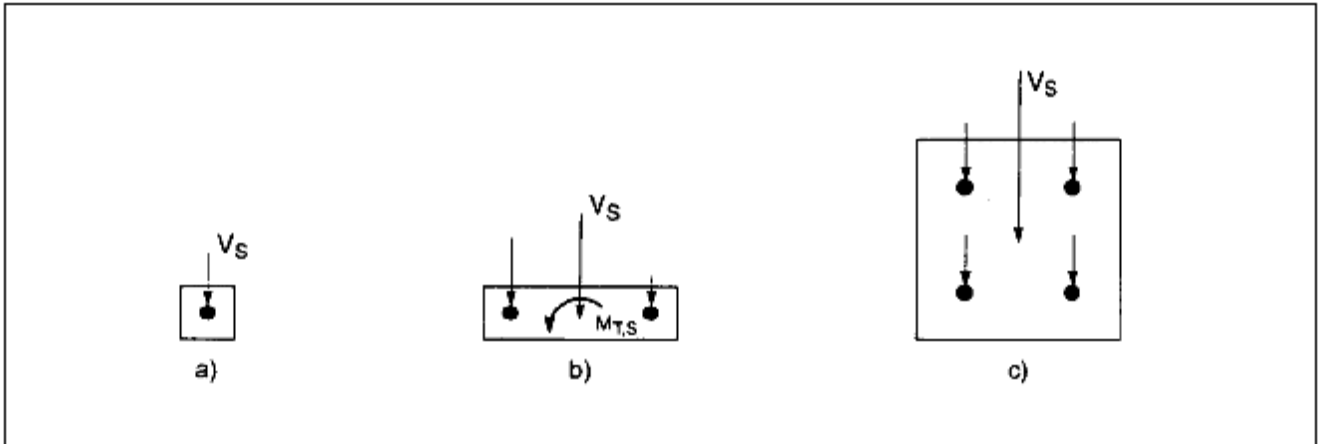
Uvažuje sa, že všetky kotvy skupiny prevezmú zaťaženia v šmyku, ak priemer otvoru d_f v pripevňovanom prvku nie je väčší než hodnota uvedená v tabuľke 4.1 (pozri Obr. 4.2 a 4.6).

- b) Porušenie okraja betónu

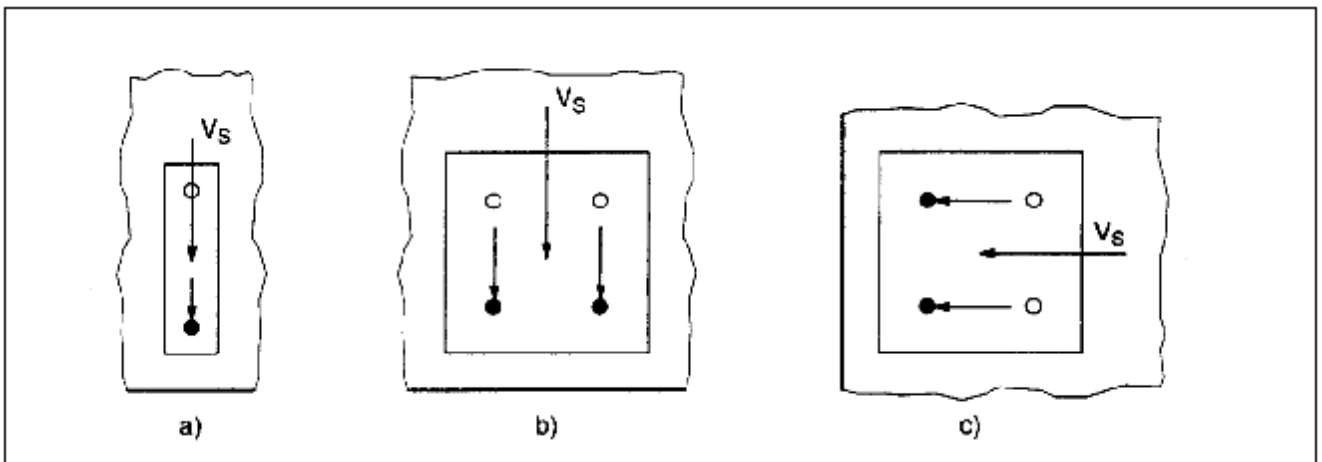
Len najnežiadúcejšie kotvy prevezmú zaťaženia šmykom, ak šmyk pôsobí kolmo k okraju (pozri Obr. 4.3 a 4.7). Všetky kotvy prevezmú zaťaženie šmykom pôsobiace paralelne s okrajom.

Štrbinové diery v smere zaťaženia v šmyku chránia kotvy pred prevzatím šmykového zaťaženia. Toto môže byť žiadúce v prípade pripevnení blízko okraja (pozri Obr. 4.4).

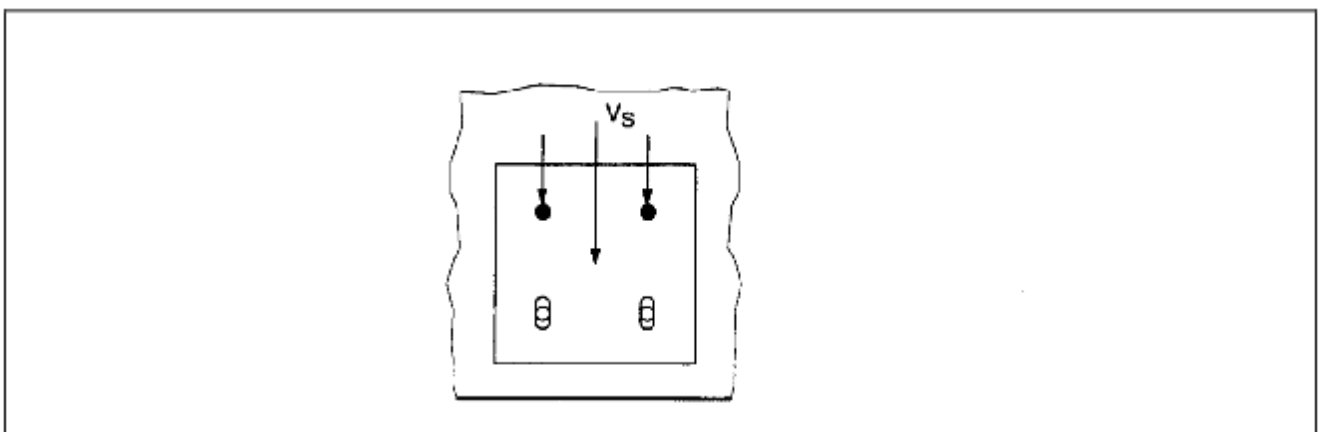
Ak priemer otvoru d_f je väčší než hodnota uvedená v tabuľke 4.1, je návrhová metóda platná, ak medzera medzi skrutkou a pripevňovaným prvkom je vyplnená maltou dostatočnej pevnosti v tlaku alebo je eliminovaná inými vhodnými prostriedkami.



Obr. 4.2 Príklad rozloženia zaťaženia, keď sú zaťažené všetky kotvy



Obr. 4.3 Príklad rozloženia zaťaženia, keď sú zaťažené len najnežiadúcejšie kotvy

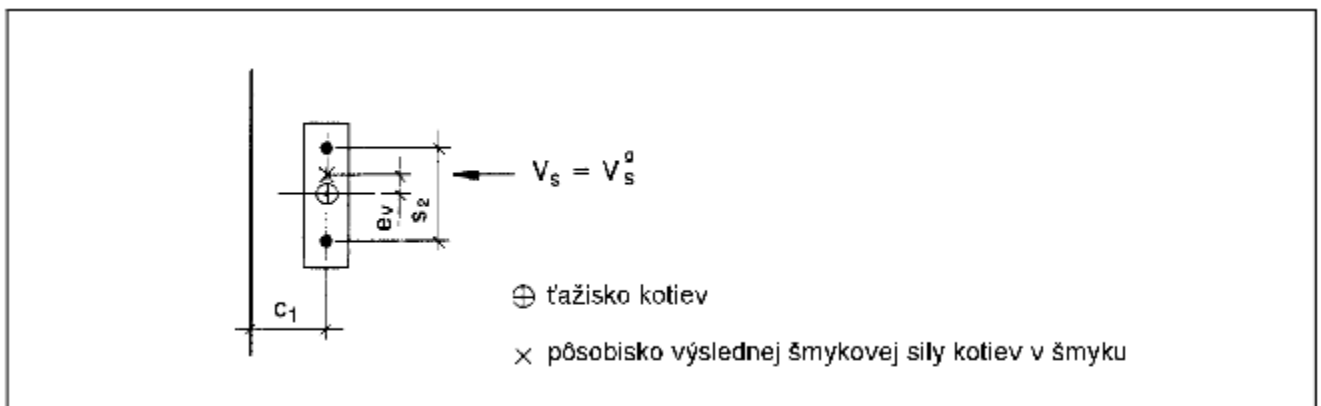


Obr. 4.4 Príklad rozloženia zaťaženia pre prikotvenie so štrbinovými otvormi

Tabuľka 4.1 Priemer otvoru v mieste pripevnenia

vonkajší priemer $d^{1)}$ alebo $d_{nom}^{2)}$ (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
priemer d_f otvoru v pripájanom prvku (mm)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33
¹⁾ ak skrutka tlačí proti pripevňovanému prvku ²⁾ objímka kotvy tlačí proti pripevňovanému prvku												

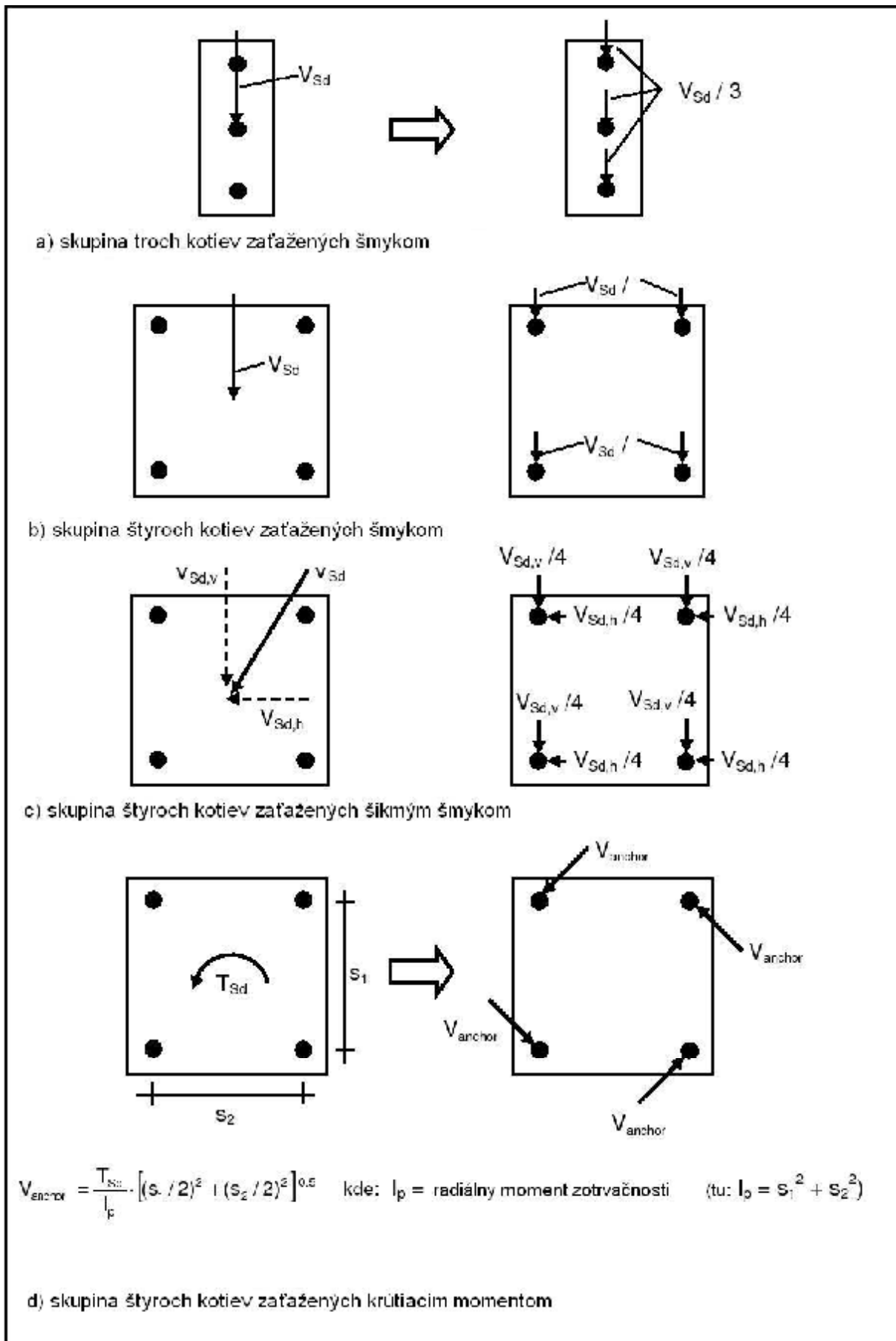
V prípade skupín kotiev s rôznou úrovňou šmykových síl V_{si} pôsobiacich na jednotlivé kotvy v skupine, je možné vypočítať excentricitu e_v ťahovej sily V_S^g skupiny (pozri Obr.4.5) na to, aby sa umožnilo presnejšie posúdenie únosnosti skupiny kotiev.



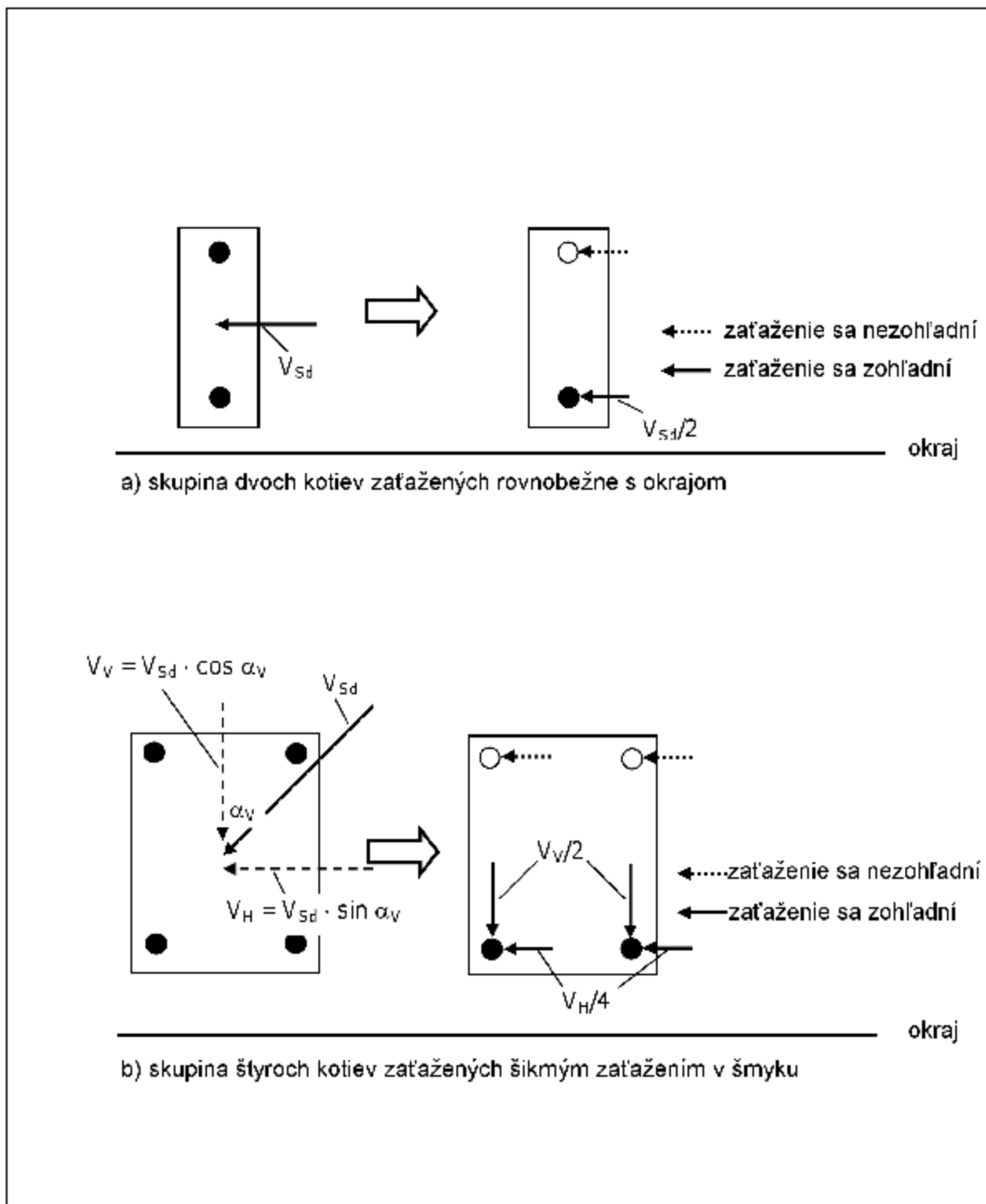
Obr. 4.5 Príklad prikotvení vystavených excentrickému zaťaženiu v šmyku.

4.2.2.2 Určenie šmykových zaťažení

Určenie šmykových zaťažení na spojovacie súčiastky v skupine, ktoré vychádza zo šmykových síl a krútiacich momentov pôsobiacich na pripevňovaný prvok, sa vypočíta podľa teórie pružnosti predpokladajúc rovnakú tuhosť pre všetky spojovacie súčiastky v skupine. Musí sa zachovať rovnováha. Príklady sú uvedené na Obr. 4.6 a 4.7.



Obrázok 4.6 Určenie šmykových zaťažení v prípade, že všetky kotvy sú zaťažené (porušenie ocele a porušenie vypáčením)



Obr. 4.7 Určenie šmykových zaťažení v prípade, že len najnepriaznivejšie kotvy sú zaťažené (porušenie okraja betónu)

V prípade porušenia okraja betónu, kde sú zaťažené len najnepriaznivejšie kotvy, zložky zaťaženia pôsobiace kolmo k okraju sú prevzaté najnepriaznivejšími kotvami (kotvy v blízkosti okraja), zatiaľčo zložky zaťaženia pôsobiace rovnobežne s okrajom sú - z dôvodu zachovania rovnováhy - rovnomerne rozložené na všetky kotvy v skupine.

4.2.2.3 Zaťaženie šmykom bez momentového ramena

Pri zaťaženiach v šmyku pôsobiacich na kotvy sa dá uvažovať, že pôsobia bez momentového ramena, ak sú splnené obe nasledovné podmienky:

- Pripevňovaný prvok musí byť vyrobený z kovu a v oblasti prikotvenia musí byť upevnený priamo na betón buď bez strednej vrstvy alebo so strednou vrstvou malty (pevnosť v tlaku $\geq 30 \text{ N/mm}^2$) s hrúbkou $\leq d/2$.
- Pripevňovaný prvok musí byť v kontakte s kotvou cez celú hrúbku.

4.2.2.4 Zaťaženie šmykom s momentovým ramenom

Ak nie sú splnené podmienky a) a b) bodu 4.2.2.3, momentové rameno sa vypočíta podľa rovnice (4.2) (pozri Obrázok 4.8)

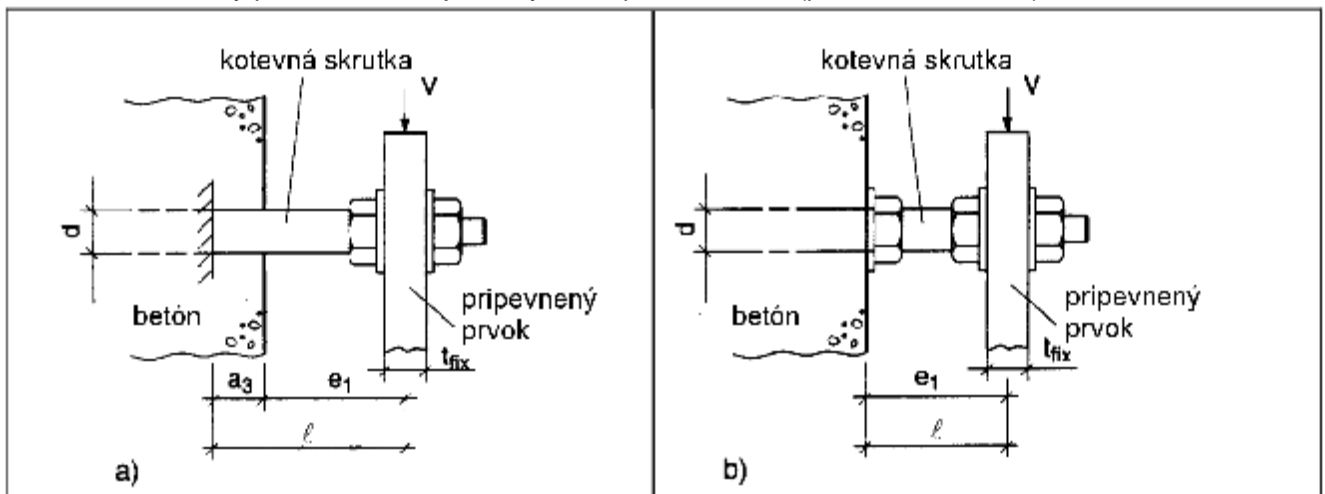
$$f = a_3 + e_1 \quad (4.2)$$

e_1 = vzdialenosť medzi zaťažením v šmyku a betónovým povrchom

$a_3 = 0,5 d$

$a_3 = 0$, ak sú podložka a skrutka priamo upnuté na povrch betónu (pozri Obrázok 4.8b)

d = menovitý priemer kotevnej skrutky alebo priemer závit (pozri Obrázok 4.8a)



Obr. 4.8 Definícia momentového ramena

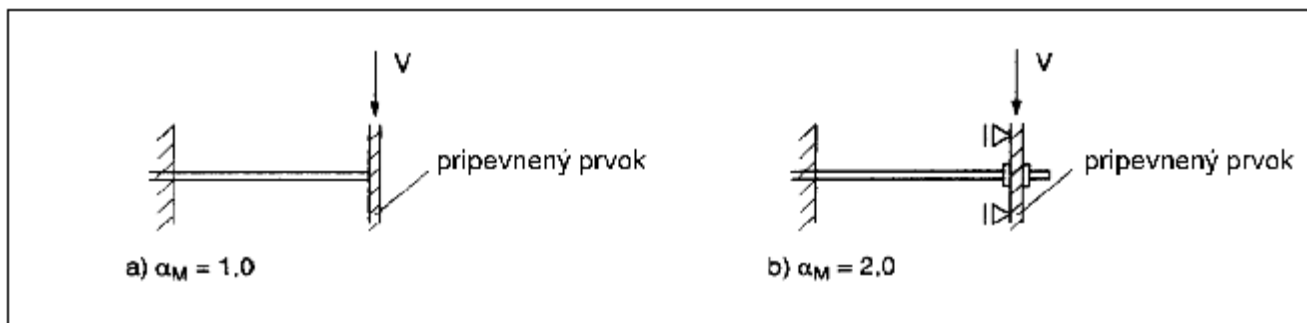
Navrhovaný moment pôsobiaci na kotvu sa vypočíta podľa rovnice (4.3)

$$M_{sd} = V_{sd} \cdot \frac{f}{\alpha_M} \quad (4.3)$$

Hodnota α_M závisí na stupni obmedzenia kotvy na strane pripájaného prvku aplikácie a musí sa posudzovať s ohľadom na technickú prax.

Neuvažuje sa so žiadnym obmedzením ($\alpha_M = 1.0$), ak môže pripájaný prvok voľne rotovať (pozri Obrázok 4.9a). Tento predpoklad je vždy konzervatívny.

O úplnom obmedzení ($\alpha_M = 2.0$) sa môže uvažovať iba ak pripevňovaný prvok nemôže rotovať (pozri Obrázok 4.9b) a otvor v pripevňovanom prvku je menší než hodnoty uvedené v tabuľke 4.1, alebo je kotva upevnená k pripevňovanému prvku skrutkou a podložkou (pozri Obrázok 4.8). Ak sa uvažuje s obmedzením kotvy, pripevňovaný prvok musí byť schopný prevziať moment v uložení.



Obr. 4.9 Pripevňovaný prvok s obmedzením (a) a bez obmedzenia (b)

5 Hraničný medzný stav

5.1 Všeobecne

Pre návrhy prikotvenia v hraničnom medznom stave sú k dispozícii tri rôzne metódy navrhovania. Väzba medzi metódami navrhovania a požadovanými skúškami pre prípustné prevádzkové podmienky je uvedená v tabuľke 5.1. V časti 5.2 je popísaná hlavná metóda navrhovania A; body 5.3 a 5.4 sa zaoberajú zjednodušenými metódami B a C. Metóda navrhovania, ktorá sa má uplatniť, je uvedená v príslušnej ETA.

Podľa rovnice (3.1) sa musí preukázať, že navrhovaná hodnota účinku je rovná alebo menšia než navrhovaná hodnota únosnosti. Charakteristické hodnoty kotvy, ktoré sa majú použiť na výpočet únosnosti v hraničnom medznom stave sú uvedené v ETA.

Odstup, vzdialenosť od okraja ako aj hrúbka betónového prvku nesmie zostať pod hranicou daných minimálnych hodnôt.

Odstup medzi vonkajšou kotvou susediacich skupín kotiev alebo vzdialenosť k jednotlivým kotvám má byť $a > s_{cr,N}$ (metóda navrhovania A) alebo s_{cr} (metóda navrhovania B and C).

Tabuľka 5.1 Väzba medzi metódami a požadovanými skúškami pre prípustné prevádzkové podmienky

návrhová metóda	porušený a neporušený betón	len neporušený betón	charakteristická únosnosť len pre		skúšky podľa prílohy B možnosť
			len C20/25	C20/25 až C50/60	
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 Metóda navrhovania A

5.2.1 Všeobecne

V metóde navrhovania A sa musí preukázať, že rovnica (3.1) je platná pre všetky smery zaťaženia (ťah, šmyk) ako aj pre všetky spôsoby porušenia (porušenie ocele, porušenie vytiahnutím, porušenie vytrhnutím kužela betónu, porušenie prasknutím, porušenie okraja betónu a porušenie vypáčením).

V prípade kombinácie zaťaženia ťahom a šmykom (šikmé zaťaženie) sa musí pozorovať podmienka interakcie podľa bodu 5.2.4.

Pre možnosti 2 a 8 (pozri Časť 1, tabuľka 5.3) $f_{ck,cube} = 25 \text{ N/mm}^2$ sa musí vložiť do rovníc (5.2a) a (5.7a).

5.2.2 Odolnosť proti zaťaženiu v ťahu

5.2.2.1 Požadované dôkazy/overenie

	jednotlivá kotva	skupina kotiev	
porušenie ocele	$N_{Sd} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
porušenie vytiahnutím	$N_{Sd} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	
porušenie vytrhnutím kužela betónu	$N_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
porušenie prasknutím	$N_{Sd} \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$		$N_{Sd}^s \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$

5.2.2.2 Porušenie ocele

Charakteristická únosnosť kotvy v prípade porušenia ocele $N_{Rk,s}$ je uvedená v príslušnej ETA.

Hodnotu $N_{Rk,s}$ získame z rovnice (5.1)

$$N_{Rk,s} = A_s \cdot f_{tk} \quad [N] \quad (5.1)$$

5.2.2.3 Porušenie vytiahnutím

Charakteristická únosnosť kotvy v prípade porušenia vytiahnutím $N_{Rk,p}$ je uvedená v príslušnej ETA.

5.2.2.4 Porušenie vytrhnutím kužela betónu

Charakteristická únosnosť kotvy alebo skupiny kotiev je v prípade porušenia vytrhnutím kužela betónu:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \quad [N] \quad (5.2)$$

Rôzne faktory z rovnice (5.2) pre kotvy vzhľadom na súčasnú skúsenosť sú uvedené nižšie:

- a) Počítačová hodnota charakteristickej únosnosti kotvy umiestnenej v porušenom alebo neporušenom betóne sa získa nasledovne:

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt[3]{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad [N] \quad (5.2a)$$

$f_{ck,cube}$ [N/mm²]; h_{ef} [mm]

$k_1 = 7,2$ pre aplikácie v porušenom betóne

$k_1 = 10,1$ pre aplikácie v neporušenom betóne

- b) Geometrický účinok odstupu a vzdialenosti od okraja na charakteristickú únosnosť sa vezme do úvahy hodnotou $A_{c,N} / A_{c,N}^0$ kde

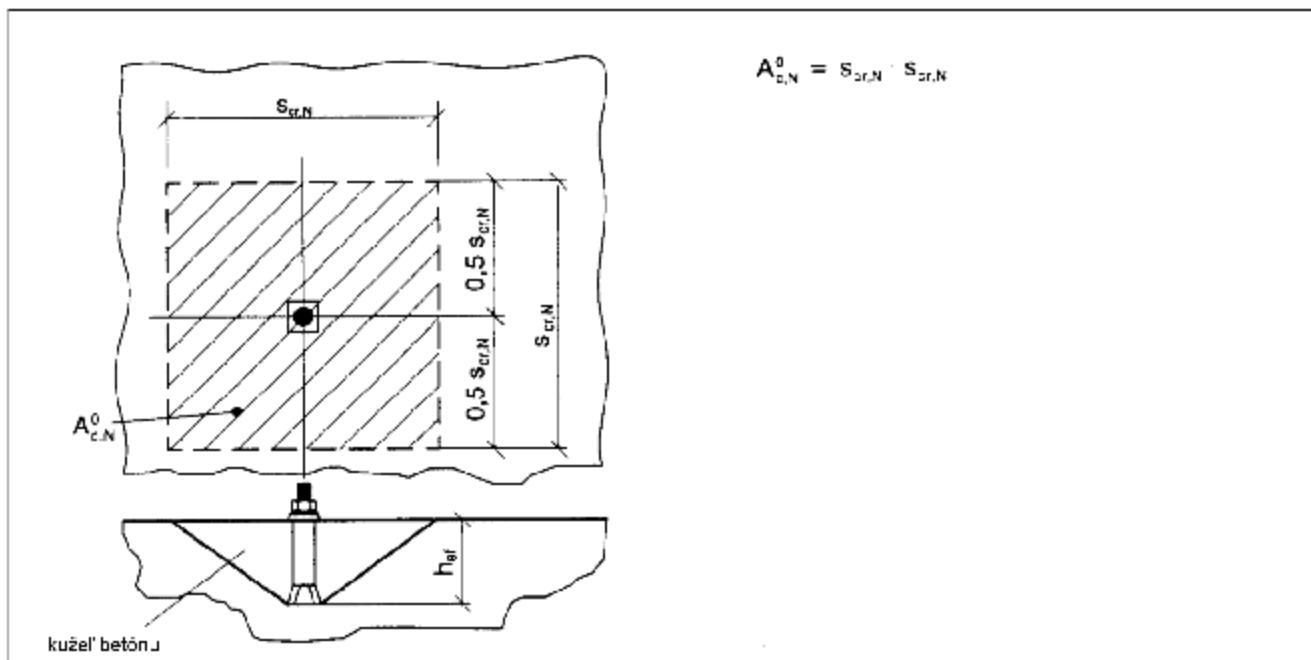
$A_{c,N}^0$ oblasť betónu jednotlivej kotvy s veľkým odstupom a vzdialenosťou od okraja na povrchu betónu, idealizácia betónového kužela ako pyramídy s výškou rovnou h_{ef} a dĺžkou základne rovnou $s_{cr,N}$ (pozri Obr. 5.1)

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

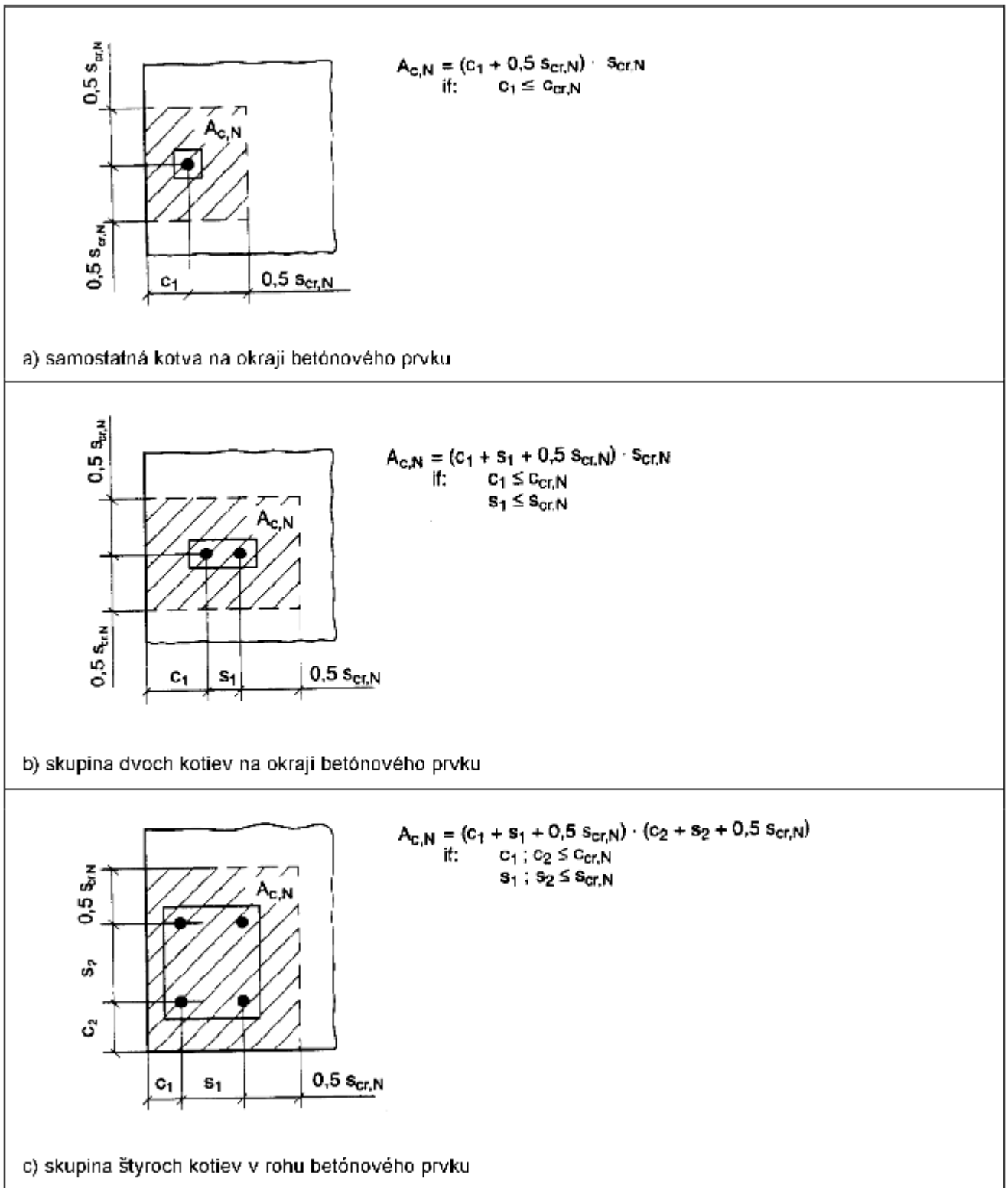
$A_{c,N}$ skutočná oblasť kužela betónu prikotvenia na povrchu betónu. Je ohraničený prekrytím kuželov betónu susediacich kotiev ($s \leq s_{cr,N}$) ako aj okrajmi betónového prvku ($c \leq c_{cr,N}$). Príklady výpočtu $A_{c,N}$ sú uvedené na Obrázku 5.2.

Hodnoty $s_{cr,N}$ and $c_{cr,N}$ sú uvedené v príslušnej ETA.

Pre kotvu sa podľa súčasnej skúsenosti uvažuje $s_{cr,N} = 2 c_{cr,N} = 3 h_{ef}$



Obr. 5.1 Idealizovaný kužel betónu a plocha $A_{c,N}^0$ kužela betónu samostatnej kotvy



Obr. 5.2 Príklady skutočnej oblasti idealizovaných kužeľov betónu pre rôzne usporiadanie kotiev v prípade axiálneho zaťaženia v ťahu

c) Súčiniteľ $\Psi_{s,N}$ zohľadňuje poruchy v rozložení napätia v betóne spôsobené okrajmi betónového prvku. Pre prikotvenia s rôznymi vzdialenosťami od okraja (napr. prikotvenie v rohu betónového prvku alebo v úzkom prvku) sa do rovnice (5.2 c) vloží najmenšia vzdialenosť od okraja, c.

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1 \tag{5.2c}$$

d) Faktor odlupovania, $\Psi_{re,N}$ zohľadňuje účinky výstuže

$$\Psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1 \quad (5.2d)$$

s h_{ef} v [mm]

Ak v oblasti prikotvenia je výstuž so vzdialenosťou ≥ 150 mm (akýkoľvek priemer) alebo s priemerom ≤ 10 mm a vzdialenosťou ≥ 100 mm, potom je možné použiť faktor odlupovania $\Psi_{re,N} = 1,0$ nezávisle na hĺbke prikotvenia.

e) Súčiniteľ $\Psi_{ec,N}$ zohľadňuje skupinový efekt, keď na jednotlivé kotvy v skupine pôsobia rôzne zaťaženia v ťahu.

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

e_N = ekcentricita výsledného zaťaženia v ťahu pôsobiaceho na predpäté kotvy (pozri bod 4.2.1)

Tam, kde je ekcentricita v dvoch smeroch, musí sa určiť $\Psi_{ec,N}$ zvlášť pre každý smer a výsledok oboch súčiniteľov sa musí dosadiť do rovnice (5.2).

Na zjednodušenie je možné uvažovať o $\Psi_{ec,N} = 1,0$ v prípade, že že najviac namáhaná kotva sa skontroluje podľa rovnice (3.1) ($N_{sd}^h \leq N_{Rk,c}^h / \gamma_{Mc}$) a únosnosť tejto kotvy je:

$$N_{Rk,c}^h = N_{Rk,c} / n \quad (5.2f)$$

kde n = počet predpätých kotiev

f) Špeciálne prípady

Pre ukotvenie s tromi alebo viacerými okrajmi so vzdialenosťou od okraja $c_{max} \leq c_{cr,N}$ (c_{max} = najväčšia vzdialenosť od okraja) (pozri Obr. 5.3), výpočet podľa rovnice 5.2 vedie k výsledkom, ktoré sú konzervatívne.

Presnejšie výsledky sa dosiahnu ak pre h_{ef} sa do rovnice (5.2a) vloží vyššia hodnota

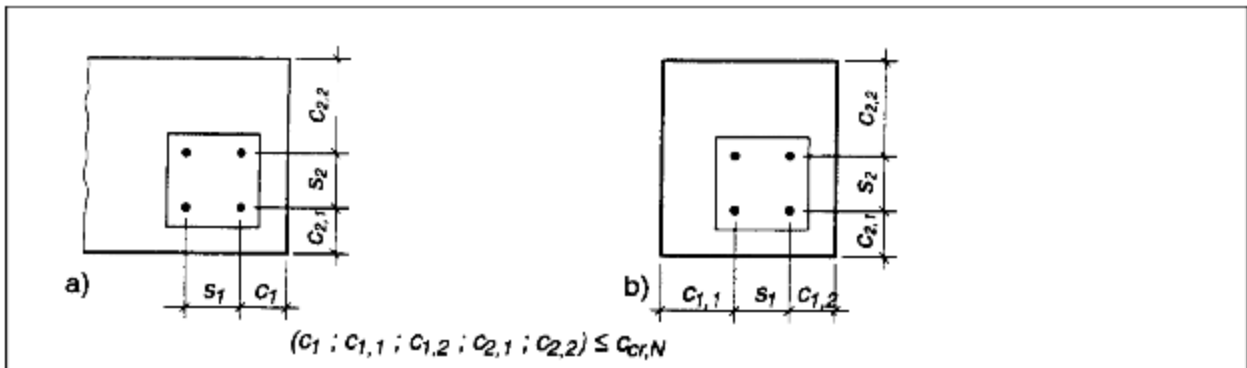
$$h'_{ef} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef} \quad \text{or} \quad h'_{ef} = \frac{s_{max}}{s_{cr,N}} h_{ef}$$

a pre určenie $A_{c,N}^0$ a $A_{c,N}$ podľa Obrázkov 5.1 a 5.2 ako aj v rovniciach (5.2b), (5.2c) a (5.2e), hodnoty

$$s'_{cr,N} = \frac{h'_{ef}}{h_{ef}} \cdot s_{cr,N}$$

$$c'_{cr,N} = 0.5 s'_{cr,N}$$

sa vložia pre $s_{cr,N}$ alebo $c_{cr,N}$.



Obr. 5.3 Príklady prikotvenia v betónových prvkoch, kde je možné použiť h_{ef} , $s_{cr,N}$ a $c_{cr,N}$.

5.2.2.5 Porušenie prasknutím spôsobené inštaláciou kotvy

Porušeniu prasknutím počas inštalovania kotvy je možné sa vyhnúť zhodou minimálnych hodnôt pre vzdialenosť od okraja c_{min} , odstupu s_{min} , hrúbky prvku h_{min} a výstuže s hodnotami uvedenými v príslušnej ETA.

5.2.2.6 Porušenie prasknutím spôsobené zaťažením

Pre porušenie prasknutím spôsobené zaťažením sú hodnoty $s_{cr,sp}$ a $c_{cr,sp}$ uvedené v ETA.

- Je možné uvažovať, že sa nevyskytne porušenie prasknutím, ak vzdialenosť od okraja je vo všetkých smeroch $c \geq 1.2 c_{cr,sp}$ a výška prvku je $h \geq 2 h_{ef}$.
- V prípade kotiev vhodných na použitie v porušenom betóne je možné vynechať výpočet charakteristickej únosnosti voči prasknutiu, ak sú splnené nasledovné dve podmienky:
 - je prítomná výstuž, ktorá limituje šírku trhliny na $w_k \sim 0.3$ mm, vezmúc do úvahy štiepiace sily podľa bodu 7.3
 - charakteristická únosnosť pre porušenie betónu kuželom a porušenie vytiahnutím sa vypočíta pre porušený betón.

Ak nie sú splnené podmienky a) a b), potom sa musí charakteristická únosnosť jednotlivej kotvy alebo skupiny kotiev v prípade porušenia prasknutím vypočítať podľa rovnice (5.3).

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

kde $N_{Rk,c}^0$, $\Psi_{s,N}$, $\Psi_{re,N}$, $\Psi_{ec,N}$ podľa rovníc (5.2a) až (5.2e) a $A_{c,N}$, $A_{c,N}^0$ ako definované v bode 5.2.2.4 b), avšak hodnoty $c_{cr,N}$ a $s_{cr,N}$ musia byť nahradené hodnotami $c_{cr,sp}$ a $s_{cr,sp}$.

$\Psi_{h,sp}$ = faktor na započítanie vplyvu bežnej hrúbky prvku, h , na odolnosť voči prasknutiu pre kotvy podľa súčasnej skúsenosti

$$= \left(\frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} \leq 1.5 \quad (5.3a)$$

kde

h = skutočná hrúbka prvku

h_{min} = hrúbka prvku, pre ktoré sa vyhodnotili hodnoty $c_{cr,sp}$

5.2.3 Únosnosť v zaťažení šmykom

5.2.3.1 Požadované dôkazy

	Jednotlivá kotva	Skupina kotiev	
Porušenie ocele, zaťaženie v šmyku bez momentového ramena	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^h \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Porušenie ocele, zaťaženie v šmyku s momentovým ramenom	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^h \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Porušenie betónu vypáčením	$V_{Sd} \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$		$V_{Sd}^a \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$
Porušenie okraja betónu	$V_{Sd} \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$V_{Sd}^a \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$

5.2.3.2 Porušenie ocele

a) Zaťaženie v šmyku bez momentového ramena

Charakteristická únosnosť kotvy v prípade porušenia ocele $V_{Rk,s}$ je uvedená v príslušnej ETA.

Hodnota $V_{Rk,s}$ pre kotvy vzhľadom na súčasnú skúsenosť sa získa z rovnice (5.4)

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} \quad [N] \quad (5.4)$$

Rovnica (5.4) neplatí pre kotvy s významne redukovanou oblasťou pozdĺž dĺžky skrutky (napr. v prípade rozvierateľných kotiev bez plášťa).

V prípade skupín kotiev, charakteristická únosnosť v šmyku uvedená v príslušnej ETA sa musí vynásobiť faktorom 0,8, ak je kotva vyrobená z ocele s nízkou ťažnosťou (predĺženie pri porušení $A_5 \leq 8\%$)

b) Zaťaženie v šmyku s momentovým ramenom

Charakteristická únosnosť kotvy $V_{Rk,s}$ je daná rovnicou (5.5).

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

α_M Pozri bod 4.2.2.4
 l Momentové rameno podľa rovnice (4.2)

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

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

$N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$ Hodnota sa vezme z príslušnej ETA

$M_{Rk,s}^0$ Charakteristická ohybová únosnosť samostatnej kotvy

Charakteristická ohybová únosnosť $M_{Rk,s}^0$ je uvedená v príslušnej ETA

Hodnota $M_{Rk,s}^0$ sa pre kotvy podľa súčasnej skúsenosti získa z rovnice (5.5b).

$$M_{Rk,s}^0 = 1.2 \cdot W_{ef} \cdot f_{uk} \quad [Nm] \quad (5.5b)$$

Rovnicu (5.5b) je možné použiť iba v prípade, že kotva nemá významne zredukovaný prierez pozdĺž dĺžky skrutky.

5.2.3.3 Porušenie betónu vypáčením

Prikotvenia môžu zlyhať kvôli porušeniu betónu vypáčením na opačnej strane, než je smer zaťaženia (pozri Obr. 5.4). Zodpovedajúca charakteristická únosnosť sa môže vypočítať z rovnice (5.6).

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

Kde

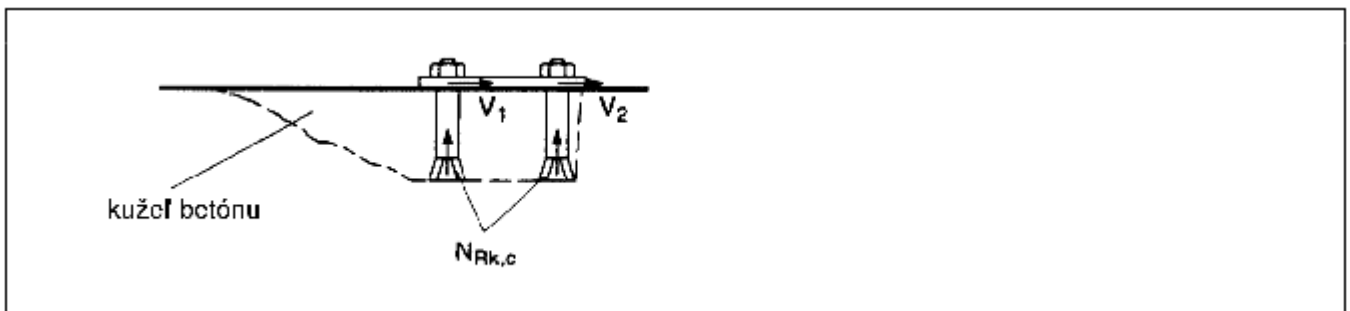
k = faktor sa získa z príslušnej ETA

$N_{Rk,c}$ podľa bodu 5.2.2.4 určená pre jednotlivé kotvy alebo všetky kotvy skupiny zaťaženej v šmyku.

Pre kotvy, vzhľadom na bežnú skúsenosť, pri porušení pri zaťažení v ťahu spôsobenom porušením kužeľa betónu, sú nasledujúce hodnoty konzervatívne.

$$k = 1 \quad h_{ef} < 60\text{mm} \quad (5.6c)$$

$$k = 2 \quad h_{ef} \geq 60\text{mm} \quad (5.6d)$$

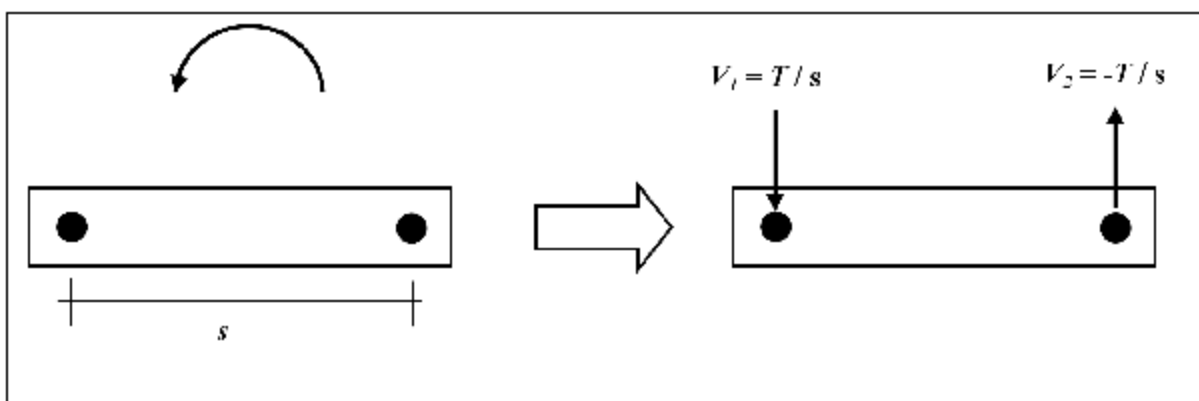


Obr. 5.4 Porušenie betónu vypáčením na opačnej strane ako je smer zaťaženia

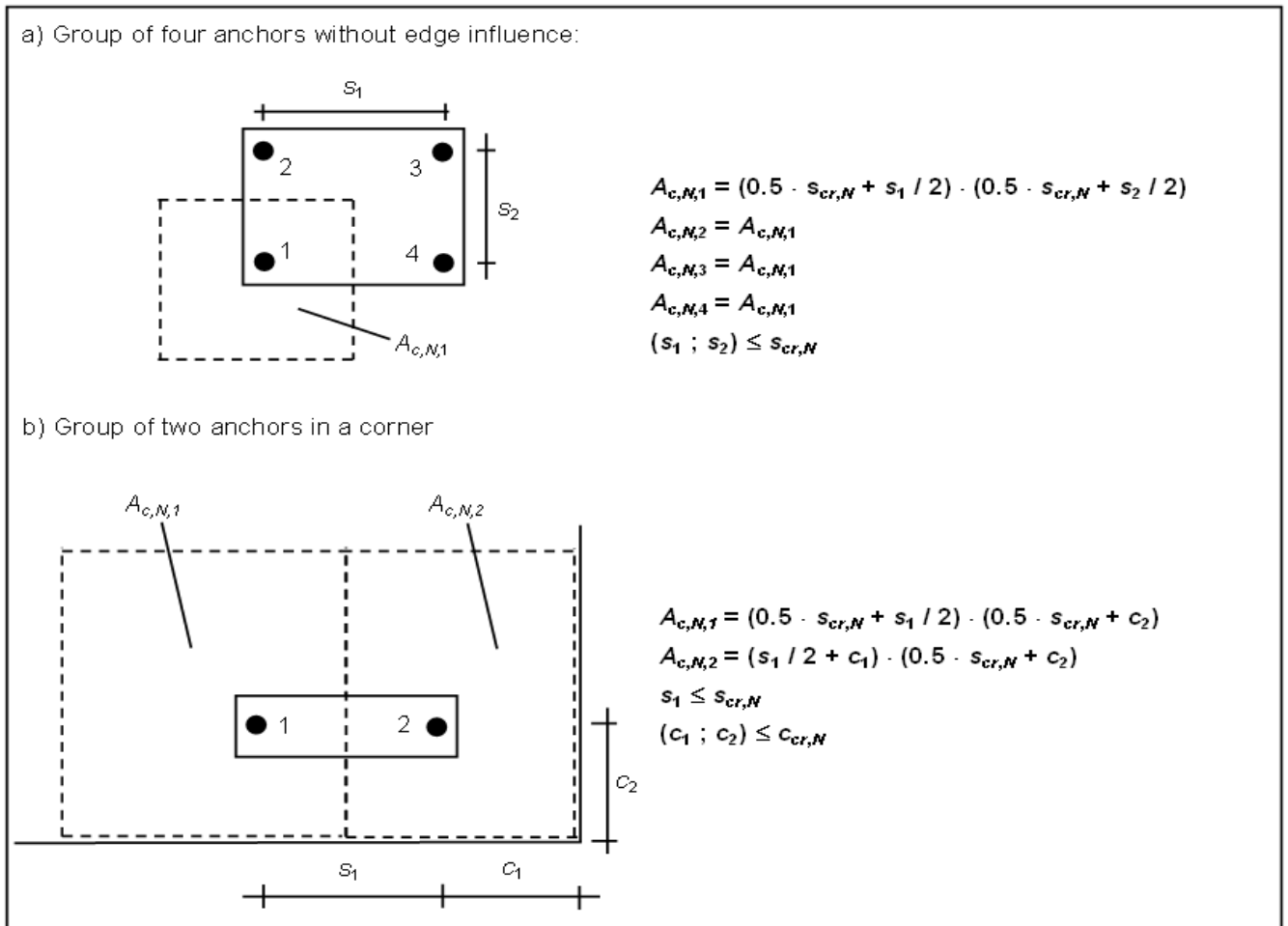
V prípadoch, keď je skupina zaťažená v šmyku a/alebo vonkajším krútiacim momentom, môže sa smer jednotlivých zaťažení v šmyku meniť. Obr. 5.5 znázorňuje túto situáciu na príklade dvoch kotiev zaťažených krútiacim momentom.

Je samozrejmé, že rovnica (5.6) nie je pre takúto aplikáciu vhodná. Zaťaženia v šmyku pôsobiace na jednotlivé kotvy neutralizujú svoje účinky a zaťaženie v šmyku pôsobiace na celú skupinu je teda $V_{Sd} = 0$. V prípadoch, keď horizontálne alebo vertikálne zložky zaťaženia kotiev v šmyku menia svoj smer vrámci skupiny, overenie porušenia betónu vypáčením pre celú skupinu sa nahradí overením porušenia betónu vypáčením pre najnepriaznivejšiu kotvu v skupine.

Pri počítaní únosnosti najnepriaznivejšej kotvy sa musia zohľadniť účinky vzdialenosti od okraja ako aj odstup kotiev. Príklady na výpočet A_c, N sú uvedené na Obr. 5.6.



Obr. 5.5 Skupina kotiev zaťažená krútiacim momentom; Zaťaženia v šmyku pôsobiace na jednotlivé kotvy v skupine menia svoj smer



Obr. 5.6 Príklady výpočtu oblasti $A_{c,N}$ idealizovaných kužeľov betónu

5.2.3.4 Porušenie okraja betónu

Porušenie okraja betónu nemusí byť overené pre skupiny s viac než 4 kotvami, keď vzdialenosť od okraja vo všetkých smeroch je $c > 10$ heť $c > 60$ d.

Charakteristická únosnosť pre kotvu alebo skupinu kotiev v prípade porušenia okraja betónu zodpovedá:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{h,N} \cdot \psi_{e,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \quad [\text{N}] \quad (5.7)$$

Rôzne faktory rovnice (5.7) pre kotvy podľa súčasnej skúsenosti sú uvedené nižšie:

a) Počiatková hodnota charakteristickej únosnosti kotvy umiestnenej v porušenom alebo neporušenom betóne a zaťaženej kolmo k okraju zodpovedá:

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1.5} \quad (5.7a)$$

d_{nom} , h_{ef} , c_1 [mm]; $f_{ck,cube}$ [N/mm²]

kde

$k_1 = 1,7$ pre použitie v porušenom betóne

$k_1 = 2,4$ pre použitie v neporušenom betóne

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{c_1} \right)^{0,5} \quad (5.7b)$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2} \quad (5.7c)$$

b) Geometrický účinok odstupu ako aj geometrický účinok vzdialeností od okraja a účinok hrúbky betónového prvku na charakteristické zaťaženie sa zohľadňuje vo vzťahu $A_{c,v} / A_{c,v}^0$

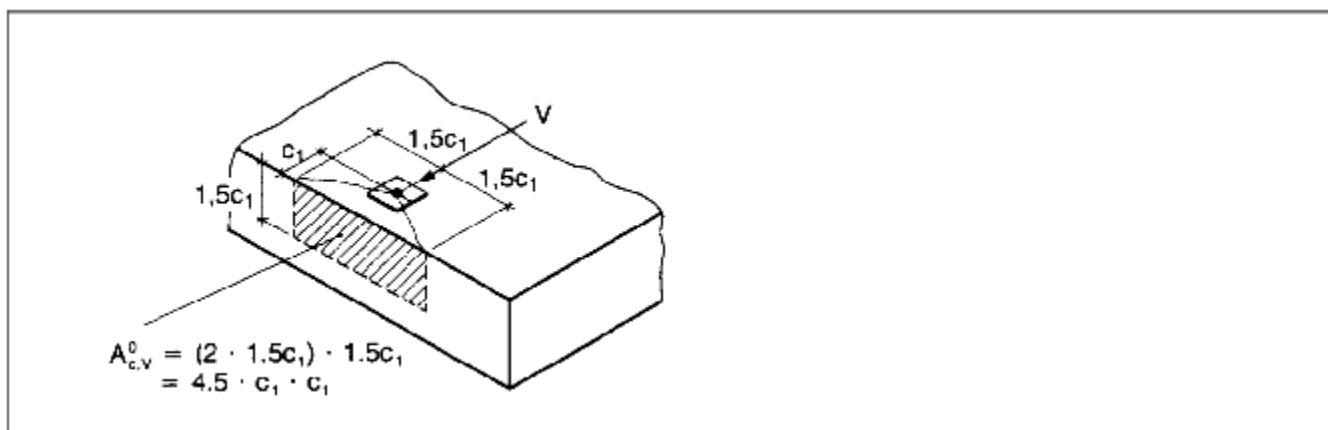
kde

$A_{c,v}^0$ oblasť kužeľa betónu jednotlivej kotvy na laterálnom povrchu betónu neovplyvnená okrajmi paralelnými k predpokladanému smeru zaťaženia, hrúbke prvku alebo príľahlých kotiev, vychádzajúc z predpokladu, že tvar oblasti zlomu je polovica ihlanu s výškou rovnou c_1 a dĺžkou základne $1,5 c_1$ a $3 c_1$ (Obr. 5.7).

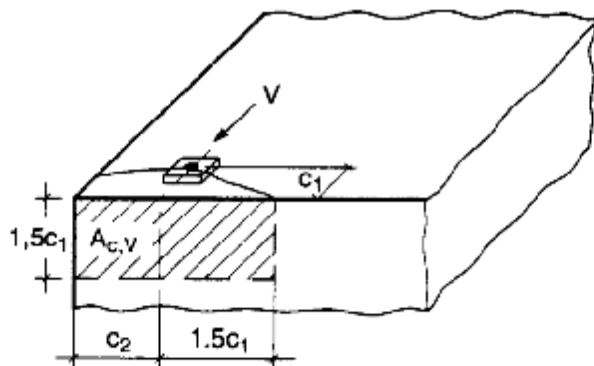
$$4,5 c_1^2 \quad (5.7d)$$

$A_{c,v}$ skutočná oblasť kužeľa betónu kotvenia na laterálnom povrchu betónu. Je ohraničený presahovaním kužeľov betónu susediacich kotiev ($s \leq 3 c_1$) ako aj okrajmi rovnobežnými s predpokladaným smerom zaťaženia ($c_2 \leq 1,5 c_1$) a hrúbkou prvku ($h \leq 1,5 c_1$). Príklady pre výpočet $A_{c,v}$ sú uvedené na Obr. 5.8.

Pre výpočet $A_{c,v}^0$ a $A_{c,v}$ sa predpokladá, že zaťaženia v šmyku sa aplikujú kolmo k okraju betónového prvku.



Obr. 5.7 Idealizovaný kužeľ betónu a oblasť $A_{c,v}^0$ kužeľa betónu pre samostatnú kotvu

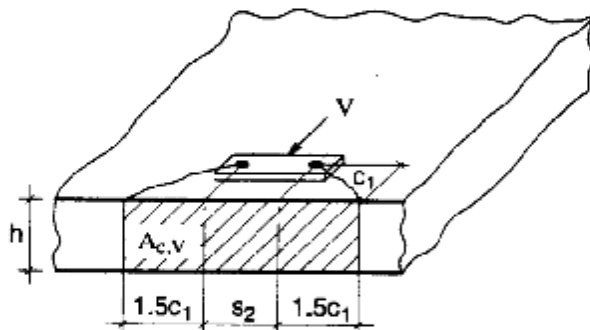


$$A_{c,v} = 1.5c_1 (1.5c_1 + c_2)$$

$$h > 1.5c_1$$

$$c_2 \leq 1.5c_1$$

a) samostatná kotva v rohu

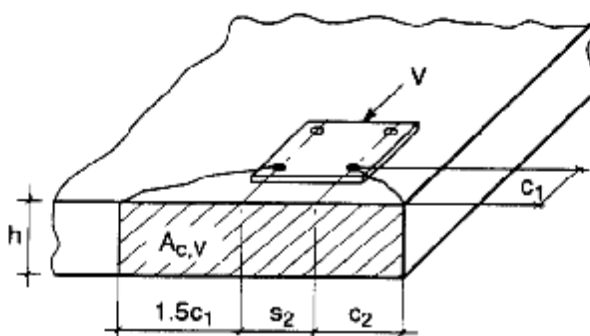


$$A_{c,v} = (2 \cdot 1.5c_1 + s_2) \cdot h$$

$$h \leq 1.5c_1$$

$$s_2 \leq 3c_1$$

b) skupina kotiev na okraji tenkého betónového prvku



$$A_{c,v} = (1.5c_1 + s_2 + c_2) \cdot h$$

$$h \leq 1.5c_1$$

$$s_2 \leq 3c_1$$

$$c_2 \leq 1.5c_1$$

c) skupina kotiev v rohu tenkého betónového prvku

Obr. 5.8 Príklady skutočných oblastí idealizovaných kuželov betónu pre rôzne usporiadania kotiev pod zaťažieniam v šmyku

c) Súčiniteľ $\Psi_{s,v}$ zohľadňuje poruchy v rozložení napätia v betóne spôsobené vzdialenejšími okrajmi betónového prvku na únosnosť v šmyku. Pre prikotvenia s dvoma okrajmi rovnobežnými k predpokladanému smeru zaťaženia (napr. v úzkom betónovom prvku) sa do rovnice (5.7 e) vloží menšia vzdialenosť od okraja.

$$\Psi_{s,v} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5c_1} \leq 1 \quad (5.7e)$$

d) Súčiniteľ $\Psi_{h,v}$ zohľadňuje fakt, že únosnosť v šmyku sa nezvyšuje úmerne s hrúbkou prvku, ako vo vzťahu $A_{c,v} / A_{c,v}^0$.

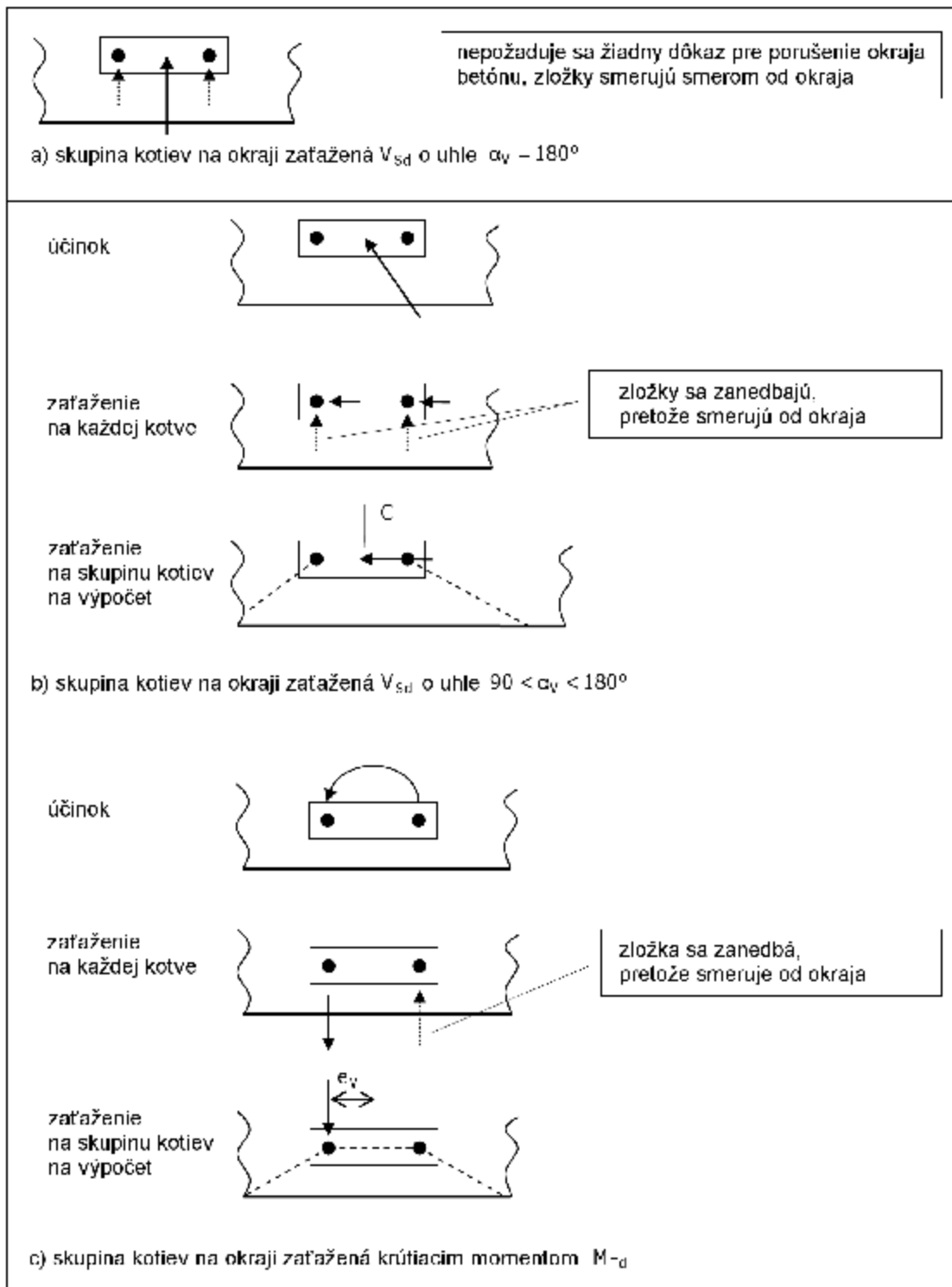
$$\Psi_{h,v} = \left(\frac{1.5c_1}{h} \right)^{1/2} \geq 1 \quad (5.7f)$$

e) Súčiniteľ $\Psi_{\alpha,v}$ zohľadňuje uhol α_v medzi aplikovaným zaťažením V_{sd} , a smerom kolmým na voľný okraj betónového prvku (pozri Obr. 4.7b).

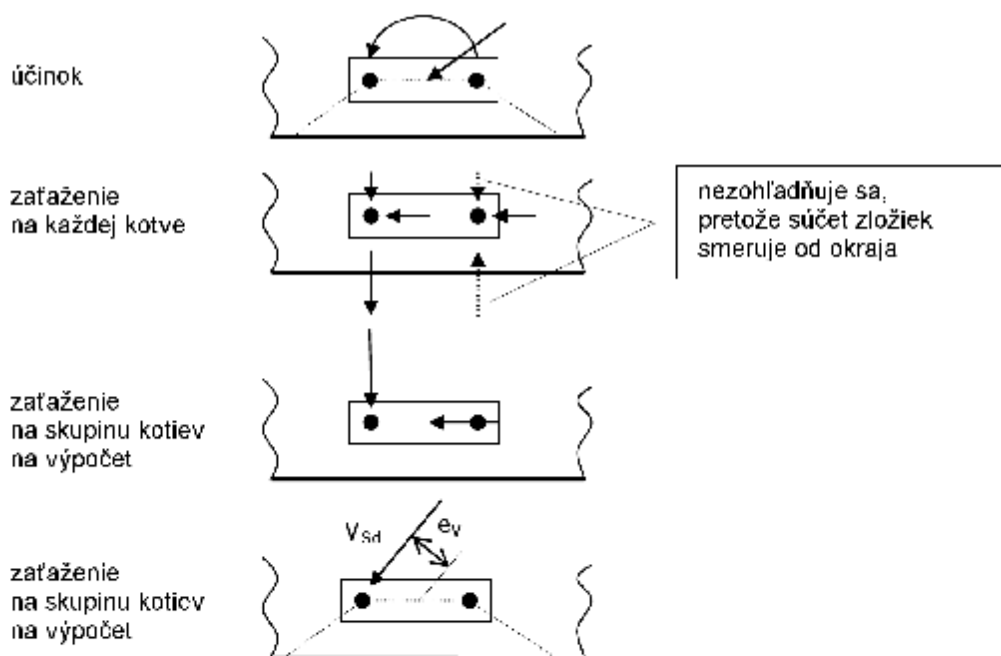
$$\Psi_{\alpha,v} = \frac{1}{\sqrt{(\cos \alpha_v)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_v}{2.5} \right)^2}} \geq 1.0 \quad (5.7g)$$

Maximálna hodnota α_v ktorú je možné vložiť do rovnice (5.7g) je limitovaná hodnotou 90° .

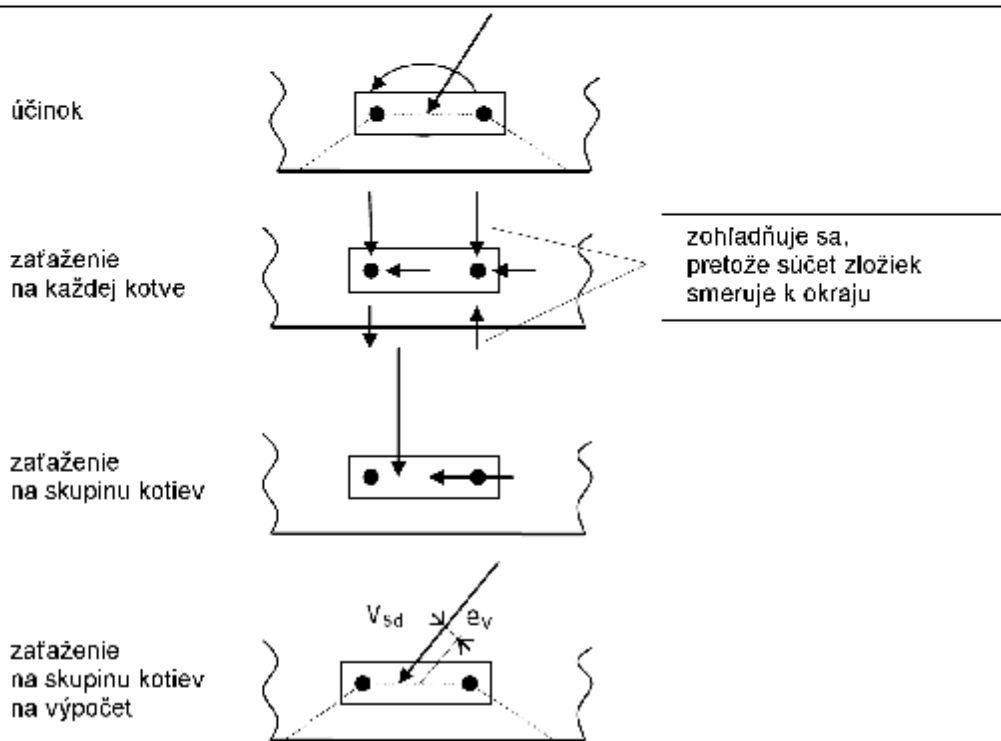
V prípade, že $\alpha_v > 90^\circ$ sa predpokladá, že na kotvu pôsobí len zložka zaťaženia v šmyku rovnobežná s okrajom. Zložku pôsobiacu smerom od okraja je možné pre dôkaz porušenia okraja betónu vynechať. Príklady skupín kotiev zaťažených M_{Td} , V_{sd} alebo obojím sú uvedené na Obr.5.9 a Obr.5.10.



Obr. 5.9 Príklady skupín kotiev na okraji zaťažených šmykovou silou alebo krútiacim momentom



a) zložka šmyku je kvôli krútiacemu momentu väčšia ako zložka šmykovej sily



b) zložka šmyku je kvôli krútiacemu momentu menšia ako zložka šmykovej sily

Obr. 5.10 Príklady skupín kotiev na okraji zaťažovaných šmykovou silou a krútiacim momentom

- f) Súčiniteľ $\Psi_{ec,V}$ zohľadňuje účinok skupiny kotiev keď rôzne zaťaženia v šmyku pôsobia na kotvy v skupine.

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + 2c_V / (3c_1)} \leq 1 \quad (5.7h)$$

e_v = excentricita výsledného zaťaženia v šmyku pôsobiaceho na kotvy (pozri bod 4.2.2).

- g) Súčiniteľ $\Psi_{re,V}$ zohľadňuje účinok použitého typu výstuže v porušenom betóne.

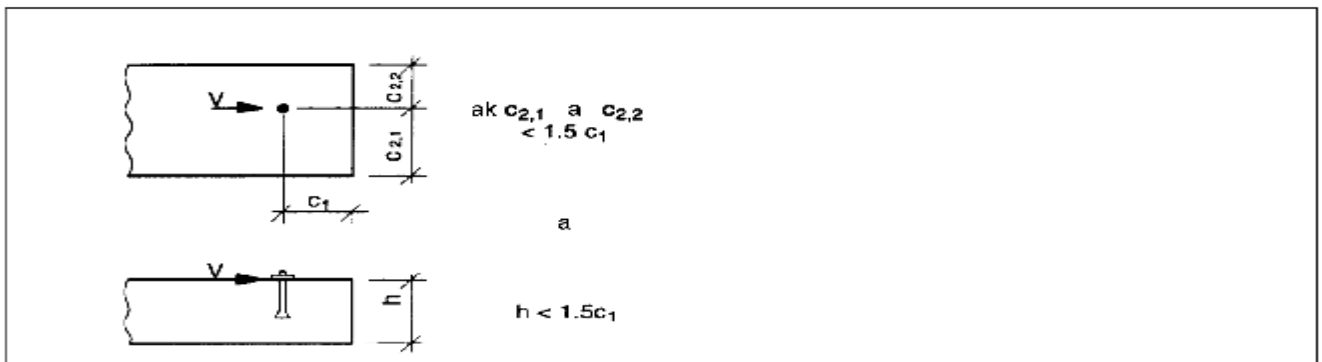
$\Psi_{re,V} = 1.0$	prikotvenie v neporušenom betóne a prikotvenie v porušenom betóne bez výstuže okraja alebo strmienok
$\Psi_{re,V} = 1.2$	prikotvenie v porušenom betóne s rovným vystužením okraja ($\geq \text{Ø}12$ mm)
$\Psi_{re,V} = 1.4$	prikotvenie v porušenom betóne s výstužou okraja a blízko umiestnenými strmienkami ($a \leq 100$ mm)

- h) Pre prikotvenia umiestnené v rohu sa musia vypočítať únosnosti pre oba okraje, rozhodujúca je nižšia hodnota.

- i) Špeciálne prípady

Pre prikotvenia v úzkom, tenkom prvku s $c_{2max} \leq 1,5 c_1$ (c_{2max} = najväčšia vzdialenosť z dvoch vzdialeností od okraja rovnobežná so smerom zaťaženia) a $h \leq 1,5 c_1$ pozri Obr. 5.11 výpočet podľa rovnice (5.7) vedie ku konzervatívnym výsledkom.

Presnejšie výsledky sa dosiahnu ak v rovniciach (5.7a) až (5.7f) ako aj v určení oblastí $A_{c,V}^0$ a $A_{c,V}$ podľa Obr. 5.7 a Obr. 5.8, sa nahradí vzdialenosť od okraja c_1 hodnotou c'_1 . Hodnota c'_1 je najväčšia z dvoch hodnôt $c_{2max}/1,5$ a $h/1,5$ alebo $s_{2max}/3$ v prípade skupiny kotiev.



Obr. 5.11 Príklad prikotvenia v tenkom a úzkom prvku, kde sa môže použiť hodnota c'_1

5.2.4 Únosnosť v kombinovanom zaťažení ťahom a šmykom

Pre kombináciu zaťaženia v ťahu a v šmyku sa musia splniť nasledovné rovnice (pozri Obr.5.12)

$$\beta_N \leq 1 \quad (5.8a)$$

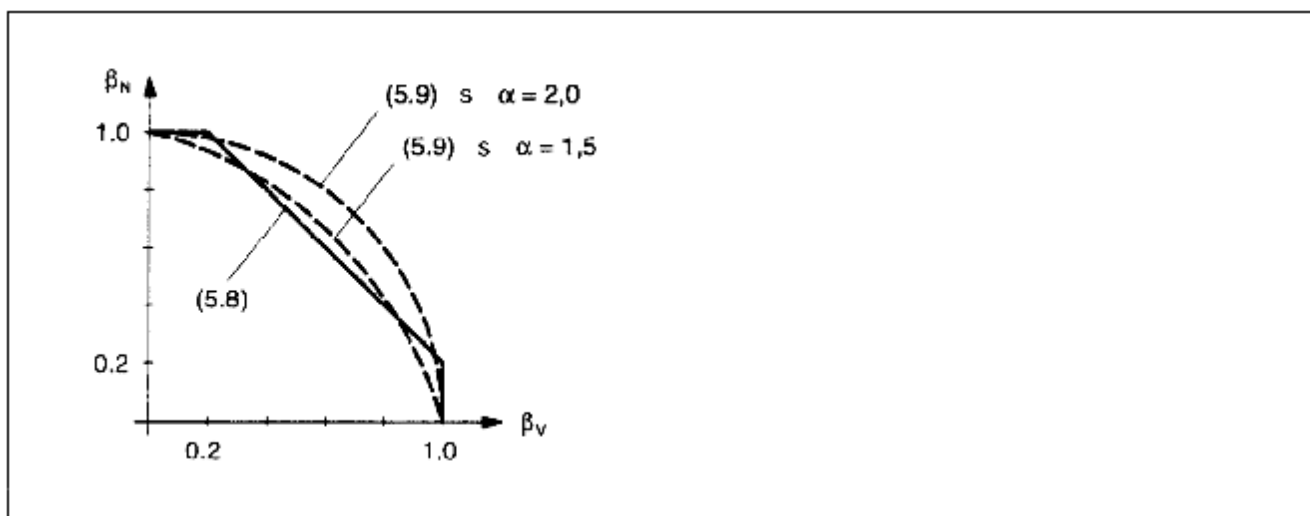
$$\beta_V \leq 1 \quad (5.8b)$$

$$\beta_N + \beta_V \leq 1.2 \quad (5.8c)$$

kde

β_N (β_V): pomer medzi navrhovaným účinkom a navrhovanou únosnosťou pre zaťaženie v ťahu (šmyku)

V rovnici (5.8) sa musí počítať s najväčšou hodnotou β_N a β_V pre rôzne spôsoby porušenia (pozri bod 5.2.2.1 a 5.2.3.1).



Obr. 5.12 Interakčný diagram pre kombinované zaťaženie v ťahu a šmyku

Vo všeobecnosti rovnice (5.8a) až (5.8c) udávajú konzervatívne výsledky. Presnejšie výsledky sa dosiahnu z rovnice (5.9)

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

s:

- β_N, β_V pozri rovnice (5.8)
- $\alpha = 2.0$ ak N_{Rd} a V_{Rd} sú určené porušením ocele
- $\alpha = 1.5$ pre iné spôsoby porušenia

5.3 Metóda navrhovania B

Metóda navrhovania B_T je založená na zjednodušenom prístupe, v ktorom navrhovaná hodnota charakteristickej únosnosti sa považuje za nezávislú od smeru zaťaženia a spôsobu porušenia.

V prípade skupiny kotiev sa musí preukázať, že platí rovnica (3.1) pre najnamáhanejšiu kotvu.

Navrhovaná únosnosť F_{Rd}^0 sa môže použiť bezo zmeny, ak sa pozoruje odstup s_{cr} a vzdialenosť od okraja c_{cr} . F_{Rd}^0 , s_{cr} and c_{cr} sú uvedené v ETA.

Navrhovaná únosnosť sa musí vypočítať podľa rovnice (5.10), ak skutočné hodnoty pre odstup a vzdialenosť od okraja sú menšie než hodnoty s_{cr} and c_{cr} a väčšie než alebo rovné s_{min} a c_{min} uvedené v ETA.

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

kde

n = počet zaťažených kotiev

F_{Rd}^0 = navrhovaná únosnosť uvedená v príslušnej ETA pre porušený a neporušený betón

Účinok odstupu a vzdialenosti od okraja sa zohľadní faktorom A_c/A_c^0 a Ψ_s . Faktor A_c/A_c^0 sa vypočíta podľa bodu 5.2.2.4b a faktor Ψ_s sa vypočíta podľa bodu 5.2.2.4c nahradením $s_{cr,N}$ a $c_{cr,N}$ za s_{cr} and c_{cr} . Účinok tesne rozloženej výstuže v neporušenom betóne sa zohľadní faktormi Ψ_{re} . Faktor Ψ_{re} sa vypočíta podľa bodu 5.2.2.4 d).

V prípade šmykového zaťaženia s momentovým ramenom sa charakteristická únosnosť kotvy vypočíta podľa rovnice (5.5), nahradením N_{Rds} za F_{Rd}^0 v rovnici (5.5a).

Platí najmenšia hodnota F_{Rd} podľa rovnice (5.10) alebo $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$ podľa rovnice (5.5).

5.4 Metóda navrhovania C

Metóda navrhovania C je založená na zjednodušenom prístupe, pre ktorý je uvedená len hodnota navrhovanej únosnosti F_{Rd} , nezávisle na smere zaťaženia a spôsobe porušenia. Skutočný odstup a vzdialenosť od okraja musia byť rovné alebo väčšie než hodnoty s_{cr} a c_{cr} .

F_{Rd} , s_{cr} and c_{cr} sú uvedené v príslušnej ETA.

V prípade zaťaženia v šmyku s momentovým ramenom sa charakteristická únosnosť musí vypočítať podľa rovnice (5.5) nahradením N_{Rds} hodnotou F_{Rd} v rovnici (5.5a).

Platí najmenšia hodnota F_{Rd} or $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$ podľa rovnice (5.5).

6 Medzný stav použiteľnosti

6.1 Posunutia

Charakteristické posunutie kotvy pod definovaným zaťažením v šmyku a v ťahu sa určí z ETA. Je možné predpokladať, že posunutia sú lineárnou funkciou aplikovaného zaťaženia. V prípade kombinovaného zaťaženia šmykom a ťahom, sa musí posunutie pre zložku ťahu a šmyku geometricky pripočítať.

V prípade zaťaženia v šmyku sa musí vziať do úvahy vplyv otvoru v mieste pripevnenia na očakávané posunutie.

6.2 Zaťaženie v šmyku so zmenou orientácie

V prípade, že zaťaženia v šmyku pôsobiace na kotvu zmenia niekoľkokrát svoju svoje znamienko pôsobenia, musia sa prijať vhodné opatrenia zabraňujúce vplyvom únavy ocelevej kotvy. (napr. zaťaženie v šmyku sa má preniesť trením medzi pripevneným prvkom a betónom (napr. spôsobené dostatočne vysokou trvalou predpínacou silou)).

Zaťaženia v šmyku so zmenou orientácie sa môžu vyskytnúť kvôli teplotným zmenám v upínanom prvku (napr. prvky fasády). Preto, buď sú tieto prvky prikotvené tak, že žiadne významné zaťaženia v ťahu spôsobené deformačnými obmedzeniami uloženými na upevnený element sa v kotve nevyskytnú, alebo pri zaťažení šmykom s momentovým ramenom (stand off inštalovanie), ohybové namáhanie v najviac namáhanej kotve $\Delta\sigma = \max\sigma - \min\sigma$ v medznom stave použiteľnosti spôsobené variáciami teploty, má byť obmedzené na 100N/mm^2 .

7 Doplnkové overenia na zabezpečenie charakteristickej únosnosti betónového prvku

7.1 Všeobecne

Dôkaz lokálneho prenosu zaťaženia kotvy na betónový prvok sa docieli použitím metódy navrhovania popísanej v tomto dokumente.

Prenos zaťaženia kotvy na podpery betónového prvku sa preukáže pre konečný medzný stav a medzný stav použiteľnosti; pre tento účel sa musia vykonať normálové overenia pri zväžení účinkov spôsobených kotvami. Pre tieto overenia sa musia vziať do úvahy dodatočné opatrenia uvedené v bode 7.2 a 7.3.

Ak vzdialenosť od okraja kotvy je menšia než charakteristická vzdialenosť od okraja $c_{cr,N}$ (metóda navrhovania A) alebo c_{cr} (metóda navrhovania B a C), potom sa musí zabezpečiť pozdĺžna výstuž s priemerom \varnothing najmenej 6 na okraji prvku v oblasti kotevnej hĺbky.

V prípade dosiek a prútov vyrobených z prefabrikovaných častí a pridaného monolitického betónu, zaťaženie kotiev môže byť prenesené do prefabrikovaného betónu len v prípade, že je prefabrikovaný betón spojený s monolitickým betónom šmykovou výstužou. Ak táto šmyková výstuž medzi prefabrikovaným a monolitickým betónom nie je, kotvy musia byť buď vsadené s h_{ef} v pridanom betóne, alebo len zaťaženia zaveseného stropu alebo podobných konštrukcií so zaťažením do $1,0\text{ kN/m}^2$ môžu byť kotvené do prefabrikovaného betónu.

7.2 Únosnosť v šmyku betónového prvku

Vo všeobecnosti šmykové sily V_{Sda} spôsobené zaťažovaním kotvy nesmú prekročiť hodnotu

$$V_{Sda} = 0.4 V_{Rd1} \quad (7.1)$$

kde

V_{Rd1} = únosnosť v šmyku podľa Eurocode č. 2 [1]

Pri výpočte $V_{Sd,a}$ sa o zaťaženie kotvy uvažuje ako o bodovom zaťažení s šírkou aplikácie zaťaženia $t_1 = s_{t1} + 2 h_{ef}$ a $t_2 = s_{t2} + 2 h_{ef}$, kde s_{t1} (s_{t2}) je odstup medzi vonkajšími kotvami skupiny v smere 1 (2). Aktívna šírka, cez ktorú sa prenáša šmyková sila, sa má počítať podľa teórie elasticity.

Rovnica (7.1) sa môže vynechať, v prípade, že sa splní jedna z nasledovných podmienok.

a) Šmyková sila V_{Sd} na podpere zapríčinená navrhovanými účinkami vrátane zaťaženia kotvy je:

$$V_{Sd} \leq 0.8 V_{Rd1} \quad (7.2)$$

b) Za pôsobenia charakteristických účinkov, výsledná ťahová sila N_{Sk} napínaných pripevnení je $N_{Sk} \leq 30$ kN a odstup a , medzi najkrajnejšími kotvami priľahlých skupín kotiev alebo medzi vonkajšou/krajnou kotvou skupiny a samostatnou kotvou spĺňa rovnicu (7.3)

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

Zaťaženia kotvy sa prevezmú závesnými prvkami, ktorá obklopuje ťahovú výstuž a je kotvená na opačnej strane betónového prvku. Jej vzdialenosť od jednotlivkej kotvy alebo najkrajnejších kotiev skupiny musí byť menšia než h_{ef} .

Ak za pôsobenia charakteristických účinkov je výsledná ťahová sila N_{Sk} napínaných pripevnení $N_{Sk} \geq 60$ kN, potom buď musí byť hĺbka zabetónovania kotvy $h_{ef} \geq 0,8$ h, alebo sa musí zabezpečiť závesný prvok podľa odstavca c) vyššie.

Nevyhnutné overenia na zabezpečenie požadovanej únosnosti v šmyku betónového prvku sú uvedené v tabuľke 7.1.

Tabuľka 7.1 Nevyhnutné overenia na zabezpečenie požadovanej únosnosti v šmyku betónového prvku

Vypočítaná hodnota šmykovej sily betónového prvku pri zväžení zaťaženia kotiev	Odstup medzi jednotlivými kotvami a skupinami kotiev	N_{Sk} [kN]	Dôkaz vypočítanej šmykovej sily vychádzajúco zo zaťaženia kotvy
$V_{Sd} \leq 0,8 \cdot V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}^{1)} (s_{cr})^{2)}$	≤ 60	Nepožaduje sa
$V_{Sd} > 0,8 \cdot V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}^{1)} (s_{cr})^{2)}$	≤ 30	Nepožaduje sa
	$a \geq 200 \cdot \sqrt{N_{Sk}}$	≤ 60	Požaduje sa: $V_{Sd,a} \leq 0,4 \cdot V_{Rd1}$ alebo závesný prvok alebo $h_{ef} \geq 0,8$ h
	$a \geq s_{cr,N}^{1)} (s_{cr})^{2)}$	> 60	Nepožaduje sa, ale závesný prvok alebo $h_{ef} \geq 0,8$ h
¹⁾ Metóda navrhovania A ²⁾ Metóda navrhovania B a C			

7.3 Odolnosť voči štiepiacim silám

Vo všeobecnosti sa pri návrhu betónového prvku musia vziať do úvahy štiepiace sily spôsobené kotvami. Táto skutočnosť sa môže zanedbať v prípade, že sa splní jedna z nasledujúcich podmienok:

Oblasť prenosu zaťaženia je v zóne stlačenia betónového prvku.

Zložka napätia N_{Sk} charakteristického zaťaženia pôsobiaceho na prikotvenie (jednotlivá kotva alebo skupina kotiev) je menšia než 10 kN.

Zložka napätia N_{Sk} nie je väčšia než 30kN. Navyiac, pre pripevnenia v doskách a stenách je v oblasti kotvenia prítomné koncentrované vystuženie v oboch smeroch. Oblasť priečného vystuženia musí byť najmenej 60% pozdĺžneho vystuženia požadovaného pre účinky spôsobené zaťažením kotiev.

Ak charakteristické zaťaženie v ťahu pôsobiace na prikotvenie je $N_{Sk} \geq 30$ kN a kotvy sú umiestnené v zóne napätia betónového prvku, štiepiace sily musia byť prevzaté výstužou. Ako prvá indikácia pre kotvy vzľadom na bežnú skúsenosť, sa pomer medzi štiepnou silou $F_{Sp,k}$ a charakteristickým zaťažením v ťahu N_{Sk} alebo N_{Rd} (kotvy s ovládaným nasunutím) vyjadrí nasledovne:

$F_{Sp,k}$	=	1.5 N_{Sk}	rozovierateľné kotvy s ovládaným krútiacim momentom (Časť 2)
	=	1.0 N_{Sk}	kotvy so zadným rozovretím (Časť 3)
	=	2.0 N_{Rd}	rozovierateľné kotvy s ovládanou dráhou kotvy s ovládanou dráhou (Časť 4)