



EVROPSKÝ DOKUMENT PRO POSUZOVÁNÍ

EAD 330232-00-0601

MECHANICKÉ KOTVICÍ PRVKY DO BETONU

Říjen 2016

Referenční název a jazyk tohoto EAD je angličtina. Použitelné předpisy o autorských právech jsou uvedeny v dokumentu vypracovaném a vydaném EOTA.

Evropský dokument pro posuzování (EAD) byl vytvořen s ohledem na nejnovější technické a vědecké znalosti a v souladu s příslušnými ustanoveními nařízení (EU) 305/2011 jakožto základ pro přípravu a vydání Evropských technických posouzení (ETA).

Obsah

1.	PŘEDMĚT EAD	5
1.1	Popis stavebního výrobku	5
1.2	Informace k určenému použití stavebního výrobku	14
1.2.1	Určené použití	14
1.2.2	Životnost / Trvanlivost	16
1.3	Specifická terminologie použitá v tomto EAD	17
1.3.1	Zkratky	17
1.3.2	Značení	17
1.3.3	Indexy	20
1.3.4	Definice	20
2.	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY A PŘÍSLUŠNÉ METODY POSOUZENÍ A KRITÉRIA	23
2.1	Základní charakteristiky výrobku	23
2.2	Metody a kritéria pro posouzení vlastnosti výrobku ve vztahu k základním charakteristikám výrobku ...	23
2.2.1	Únosnost při porušení oceli při zatížení tahem	24
2.2.1.1	Únosnost oceli (série zkoušek N1)	24
2.2.1.2	Maximální krouticí moment (série zkoušek N2)	24
2.2.1.3	Vodíková křehkost (CS, série zkoušek N3)	25
2.2.2	Únosnost při porušení vytažením	27
2.2.2.1	Referenční zkoušky (série zkoušek A1 až A4)	27
2.2.2.2	Maximální šířka trhliny a velký průměr otvoru (série zkoušek F1)	28
2.2.2.3	Maximální šířka trhliny a malý průměr otvoru (série zkoušek F2)	28
2.2.2.4	Zkouška se změnou šířky trhliny (série zkoušek F3)	29
2.2.2.5	Opakované zatížení (série zkoušek F4)	30
2.2.2.6	Robustnost kotvicího prvku typu se zatlačením objímky (DC série zkoušek F5)	31
2.2.2.7	Krouticí moment v betonu nízké pevnosti (CS série zkoušek F6)	32
2.2.2.8	Krouticí moment v betonu vysoké pevnosti (CS série zkoušek F7)	33
2.2.2.9	Rázový šroubovák (CS, série zkoušek F8)	33
2.2.2.10	Charakteristická únosnost při porušení vytažením	34
2.2.3	Únosnost při vytržení kužele betonu	34
2.2.4	Robustnost	35
2.2.4.1	Robustnost při změnách podmínek použití (série zkoušek F9)	35
2.2.4.2	Robustnost při kontaktu s výztuží (UC, CS, série zkoušek F10)	37
2.2.5	Minimální vzdálenost od okraje a rozteč (série zkoušek F11)	38
2.2.6	Vzdálenost od okraje pro zabránění prasknutí při zatížení (série zkoušek F12)	40
2.2.7	Únosnost při porušení oceli při zatížení smykem	40
2.2.7.1	Jednotlivý kotvicí prvek (série zkoušek V1)	40
2.2.7.2	Skupina kotvicích prvků	41
2.2.8	Únosnost při porušení vylomením (série zkoušek V2)	41
2.2.9	Únosnost při porušení okraje betonu	42
2.2.10	Charakteristická únosnost pro zjednodušenou návrhovou metodu	42
2.2.10.1	Metoda B	42
2.2.10.2	Metoda C	42
2.2.11	Posuvy	42
2.2.12	Trvanlivost	43
2.2.13	Požární odolnost při porušení oceli (zatížení tahem)	44
2.2.14	Požární odolnost při porušení vytažením (zatížení tahem)	46
2.2.15	Požární odolnost při porušení oceli (zatížení smykem)	47

3.	POSOUZENÍ A OVĚŘENÍ STÁLOSTI VLASTNOSTÍ	48
3.1	Systém posouzení a ověření stálosti vlastnosti, který má být použit	48
3.2	Úkoly výrobce	48
3.3	Úkoly oznámeného subjektu	49
4.	ODKAZY NA DOKUMENTY	50
A	PŘÍLOHA A PROGRAM ZKOUŠEK A OBECNÉ ASPEKTY POSOUZENÍ	51
A1	PROGRAM ZKOUŠEK	51
A2	Obecné metody posuzování	53
A2.1	Přepočet zatížení při porušení na jmenovitou pevnost	53
A2.2	Kritéria rozptylu zatížení při porušení	53
A2.3	Stanovení 5% kvantilu	53
A2.4	Určení redukčních činitelů α	54
A2.5	Kritéria pro nekontrolovaný skluz při zatížení tahem	54
A2.6	Omezení rozptylu posuvů	57

1. PŘEDMĚT EAD

1.1 Popis stavebního výrobku

Tento EAD se vztahuje na dodatečně instalované mechanické kovové kotvicí prvky umístěné do předvrtaného otvoru vyvrtaného kolmo k povrchu (maximální odchylka 5°) betonu a tam mechanicky ukotvené pomocí tření nebo mechanického uzavření. Mechanické kotvicí prvky jsou často používány ke spojení konstrukčních a nekonstrukčních částí ke konstrukčním dílcům.

Kovové části kotvicího prvku jsou vyrobeny z uhlíkové oceli, nerezové oceli nebo z temperované litiny. Kotvicí prvky mohou obsahovat nezátěžovaný materiál, např. plastové díly, které brání otáčení. Kotvicí prvky jsou přímo upevněny v betonu a přenášejí aplikovaná zatížení.

Kotvicí prvky jsou popsány výrobcem pomocí rozměrů (vnější/vnitřní průměr, délka závitu, průměr hřídele, krčku, kužele atd.) a mechanických vlastností (pevnost v tahu a mez kluzu, lomové prodloužení) včetně možných tolerancí.

Tento EAD se vztahuje na mechanické kotvicí prvky s následujícími principy fungování:

- Rozpěrné kotvicí prvky aktivované krouticím momentem (TC)
- Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC)
- Zařezávací kotvicí prvky (UC)
- Šrouby do betonu (CS)

Tento EAD platí pro kotvicí prvky s následujícími rozměry:

- Minimální velikost závitu 6 mm (M6)
- Minimální kotevní hloubka h_{ef} minimálně 40 mm. Ve zvláštních případech, např. při kotvení konstrukčních prvků, které jsou staticky neurčité (jako jsou lehké zavěšené podhledy) a vystavené pouze účinkům vnitřního prostředí, může být min h_{ef} snížena na 30 mm, a tato požadovaná omezení musí být v ETA jasně uvedena.

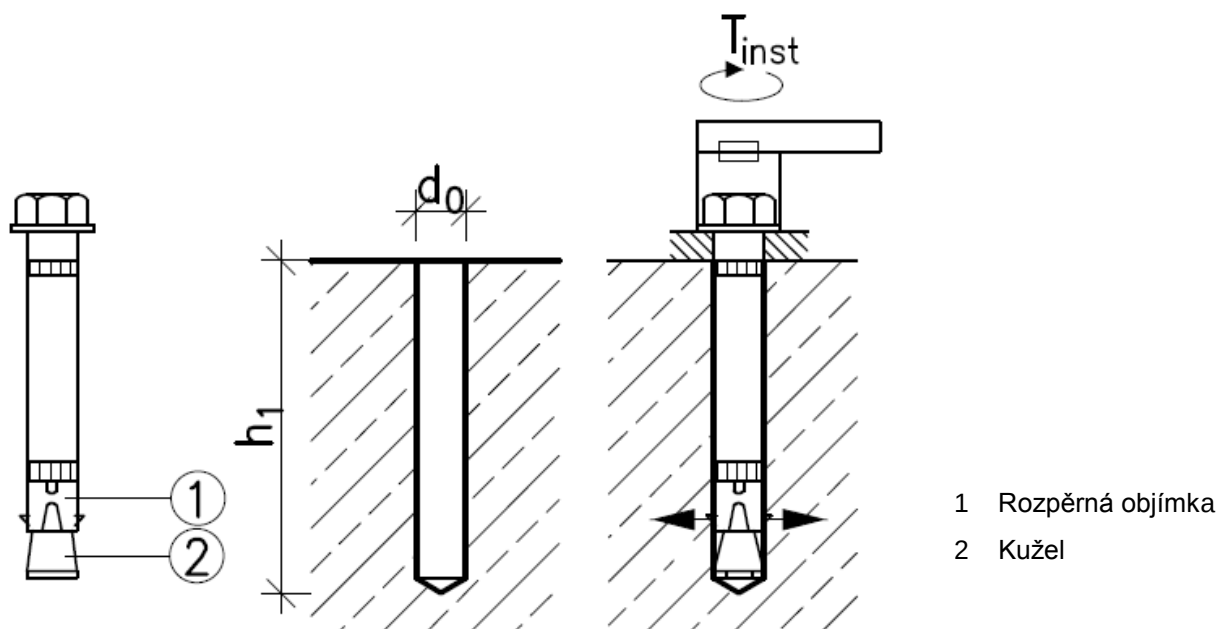
Pro šrouby do betonu to platí pro průměr hřídele a požadavek na minimální hloubku zapuštění je splněn s podmínkou $(h_{nom} - h_s) \geq 40$ mm podle Obrázku 1.14. Výše zmíněná redukce pro staticky neurčité konstrukce pro šrouby do betonu neplatí.

Na kotvicí prvky s vnitřním závitem se EAD vztahuje, pouze pokud má závit délku alespoň $d + 5$ mm po započtení možných tolerancí.

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované krouticím momentem (TC)

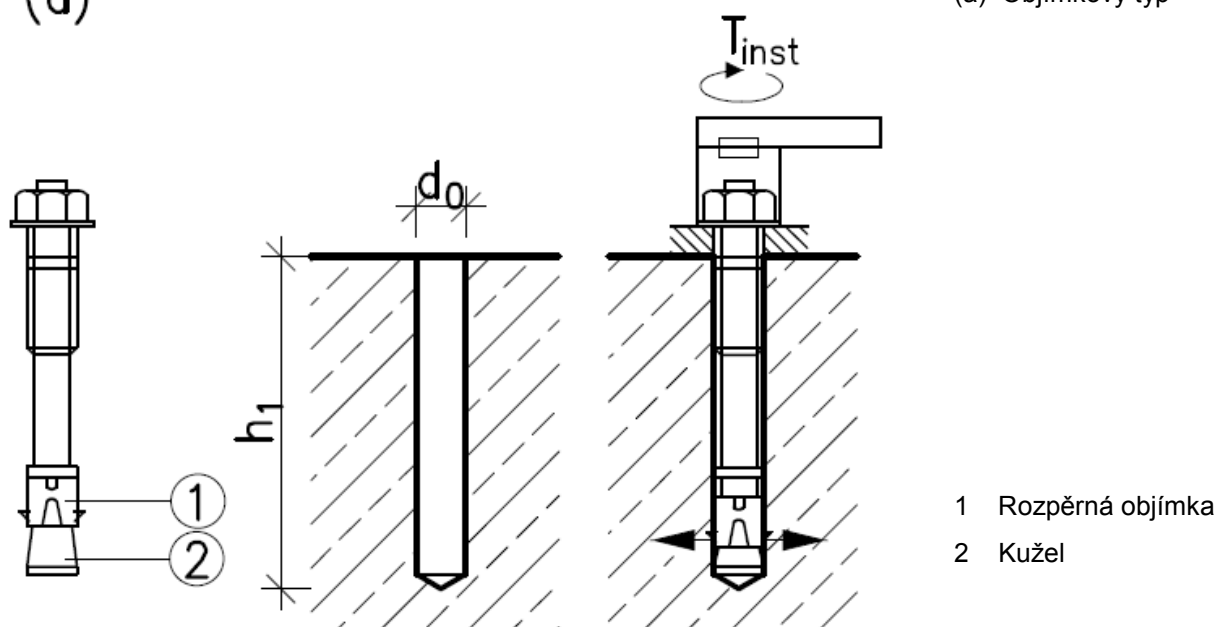
Princip fungování je zobrazen na Obrázku 1.1. Rozepření se dosáhne krouticím momentem působícím na šroub nebo svorník. Tahová síla na kotvicí prvek je přenesena do betonu pomocí tření a, do určité míry, pomocí zaklínování (mechanického uzavření) mezi rozpěrnou objímkou a deformovaným betonem. Rozlišují se následující typy kotvicích prvků aktivovaných krouticím momentem:

- Objímkový typ (Obrázek 1.1 a)
- Svorníkový typ (Obrázek 1.1 b)



(a)

(a) Objímkový typ



(b)

(b) Svorníkový typ

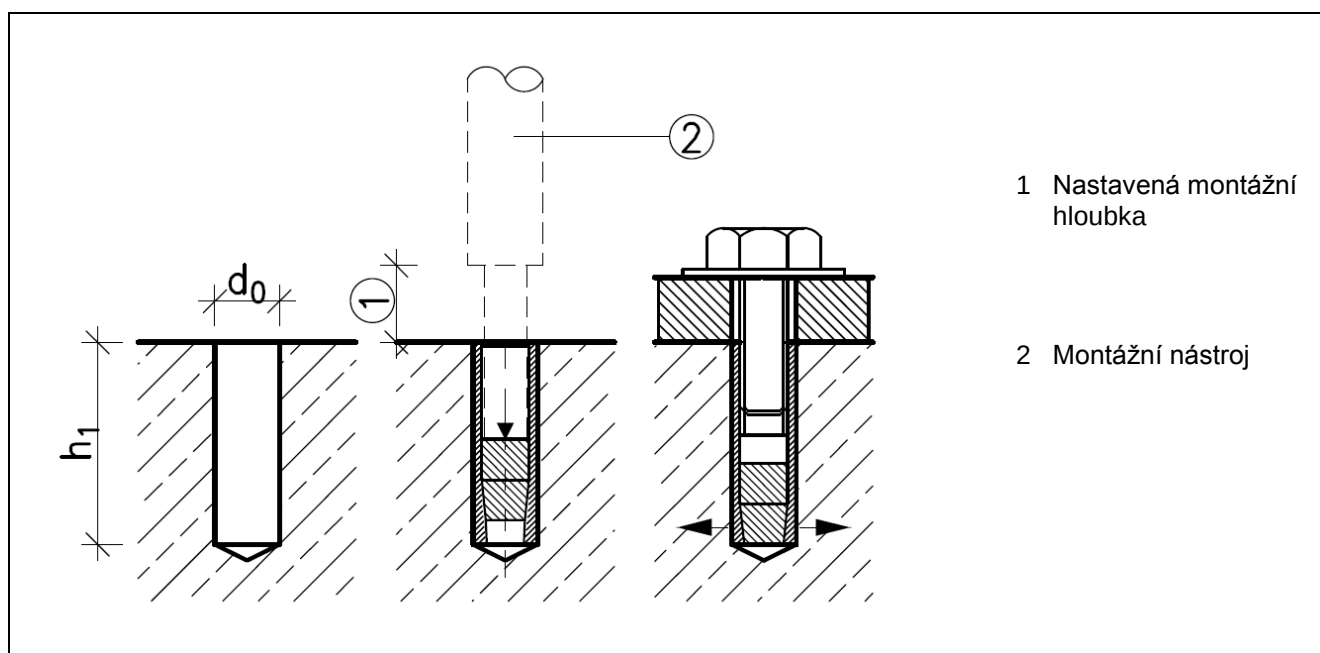
Obrázek 1.1 Příklad rozpěrných kotvicích prvků aktivovaných krouticím momentem

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC)

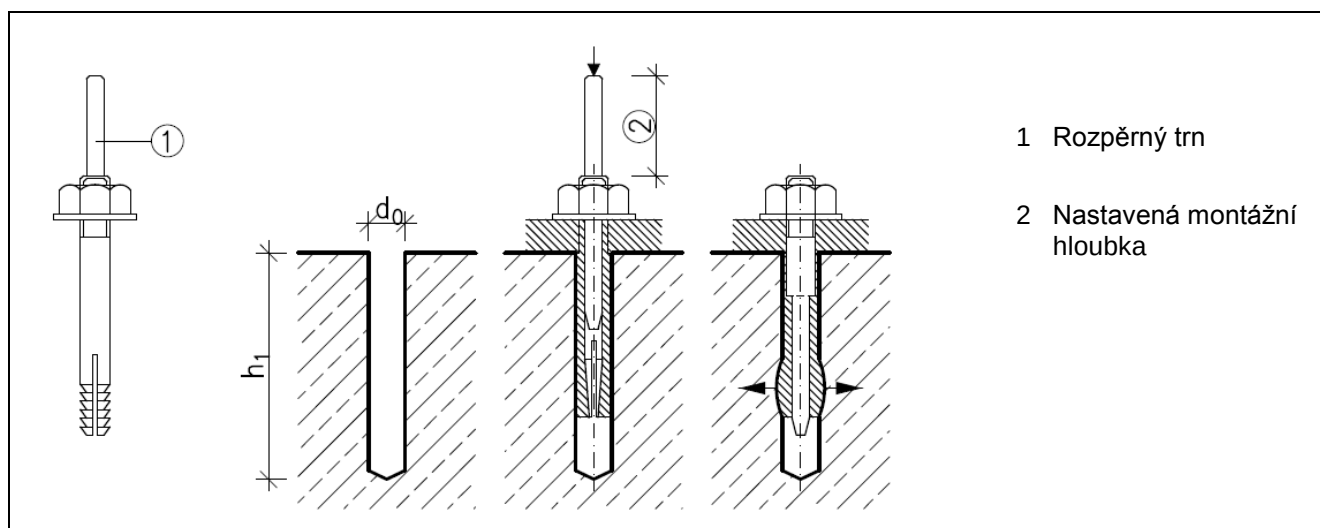
Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací jsou instalovány údery kladiva nebo nárazy strojního zařízení. Rozepření rozpěrného kotvicího prvku aktivovaného deformací je obecně dosaženo údery účinkujícími na objímku nebo kužel. Rozpěrné síly jsou vyvozovány během instalace kotvicího prvku a tahové síly jsou přenášeny do betonu převážně třením. Stupeň rozepření se nemá účinkem zatížení kotvicího prvku měnit. Tento EAD se vztahuje na následující typy kotvicích prvků aktivovaných deformací:

- Kotvicí prvek typ zatlačení kužele (zarážecí kotvicí prvek Obrázek 1.2)
- Kotvicí prvek typ zatlačení dřívku (kotvicí prvek s trnem Obrázek 1.3)
- Kotvicí prvek typ zatlačení objímky (Obrázek 1.4)
- Kotvicí prvek typ zatlačení objímky (verze s trnem, Obrázek 1.5)

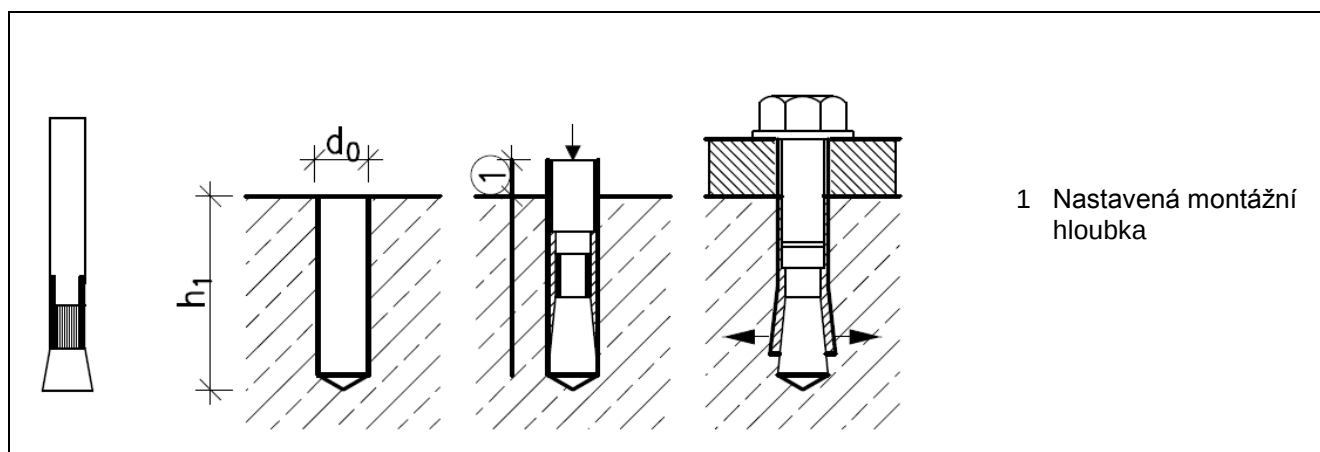
U typu se zatlačení kužele je objímka rozepřena vtažením kuželu. Upevnění je nastaveno vzdáleností, kterou kužel urazí. V případě typu se zatlačení objímky je objímka natlačena přes rozpěrný prvek. Upevnění je nastaveno vzdáleností, kterou objímka urazí přes rozpěrný prvek.



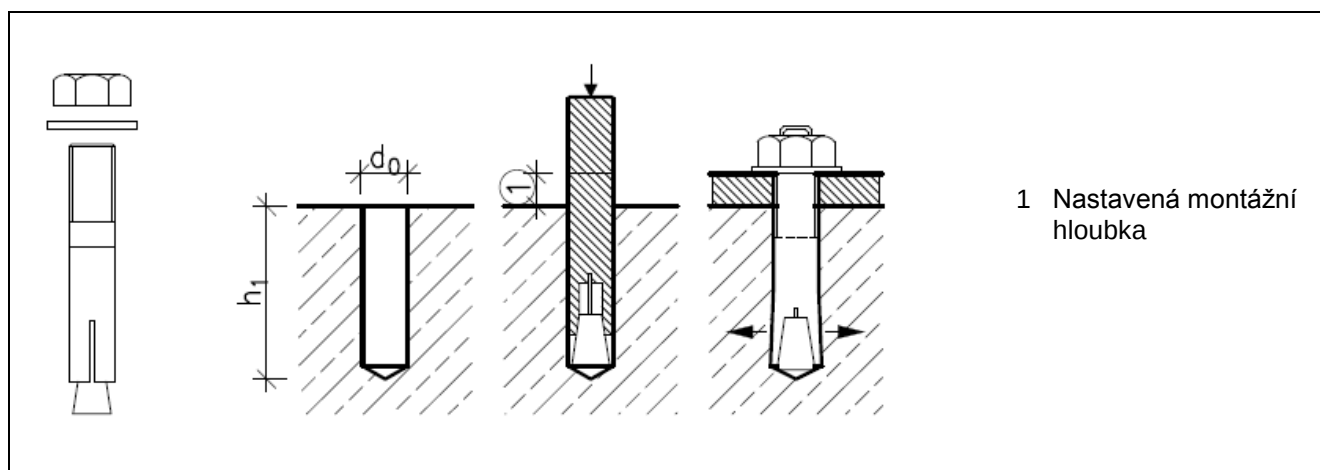
Obrázek 1.2 Kotvicí prvek typ zatlačení kužele (zarážecí kotvicí prvek)



Obrázek 1.3 Kotvicí prvek typ zatlačení dřívku (kotvicí prvek s trnem)



Obrázek 1.4 Kotvicí prvek typ zatlačení objímky, vrtání pomocí vrtáku s dorazem



Obrázek 1.5 Kotvicí prvek typ zatlačení objímky (verze s trnem), nastavení např. pomocí vrtáku s dorazem

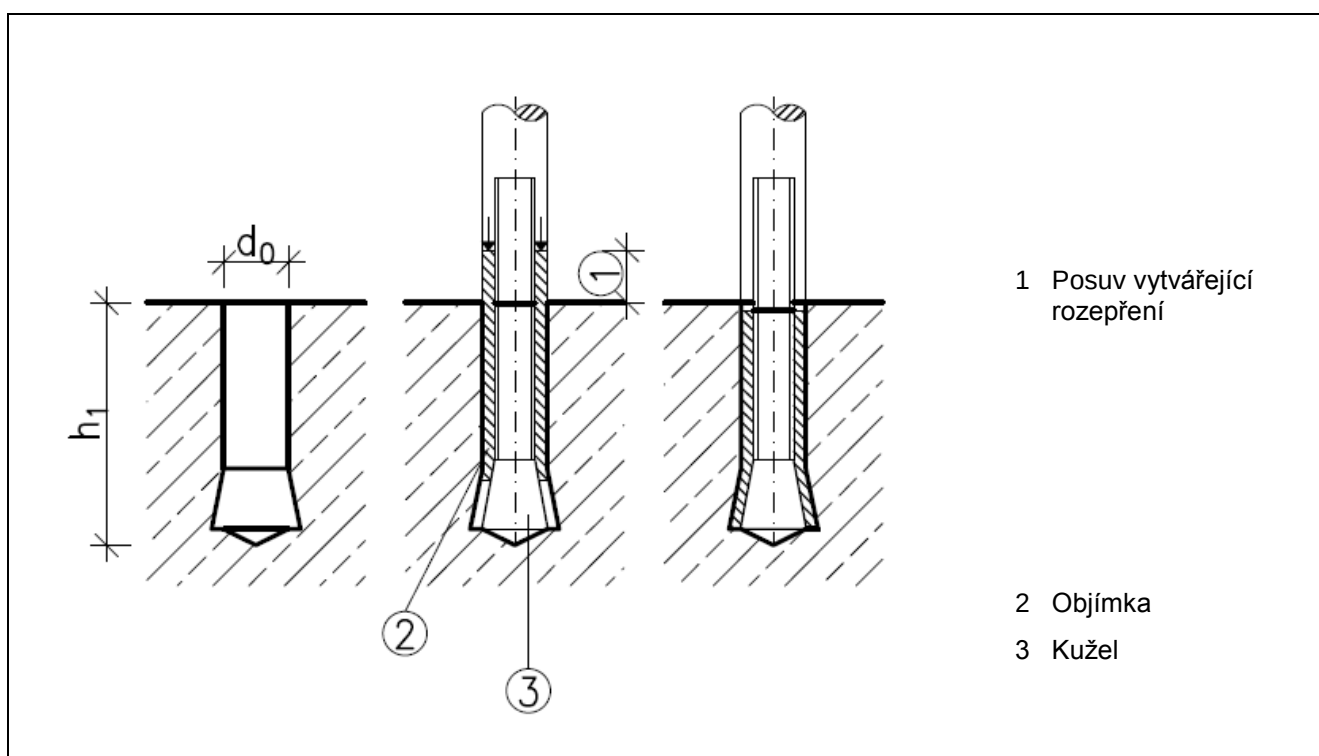
Zařezávací kotvicí prvky (UC)

Zařezávací kotvicí prvky jsou ukotveny mechanickým uzavřením, které vznikne zaříznutím kotvicího prvku do betonu. Tohoto zaříznutí lze dosáhnout zatlučením nebo otáčením objímky kotevního přípravku (nebo kombinací obou způsobů) ve vyvrtaném otvoru s rozšířeným koncem (viz. např. Obrázek 1.6) nebo převlečením objímky kotvicího prvku přes kuželové zakončení ve válcovém otvoru buď zatlučením nebo otáčením (nebo kombinací obou způsobů). V tomto případě je beton převážně vydrolen, spíše než stlačen (viz. Obrázek 1.9).

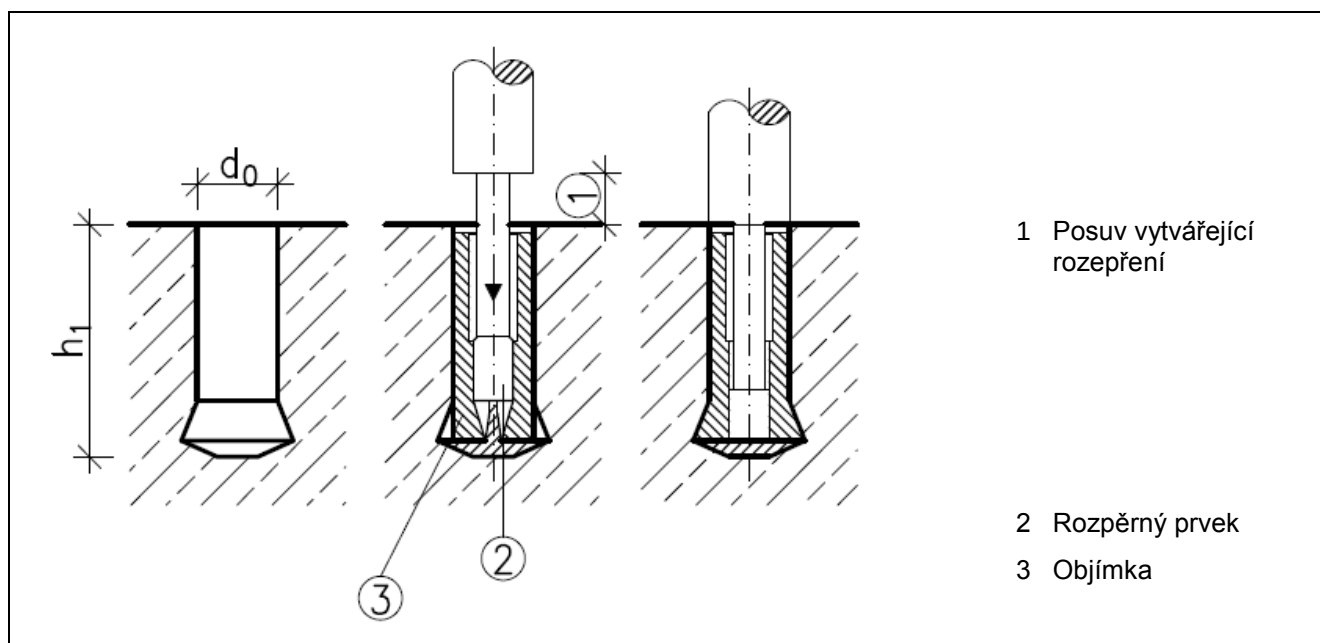
Tento EAD se vztahuje na posuvem kontrolované a krouticím momentem kontrolované kotvicí prvky. V případě posuvem kontrolované instalace pro kotvicí prvky podle Obrázku 1.6, Obrázku 1.7, Obrázku 1.9 a Obrázku 1.10 je potřeba zajistit hloubku vrtaného otvoru h_1 (např. pomocí vrtáku s dorazem). Rozšířený konec může být vyvrtán před instalací nebo je rozšíření vytvořeno kotvicím prvkem během instalace. Pro instalaci kontrolovanou krouticím momentem je rozšířený konec vyvrtán před vložením kotvicího prvku do vyvrtaného otvoru. Příklady různých typů instalace jsou zobrazeny v následující části.

a) Instalace řízená zasunutím – rozšířený konec vyvrtán před instalací

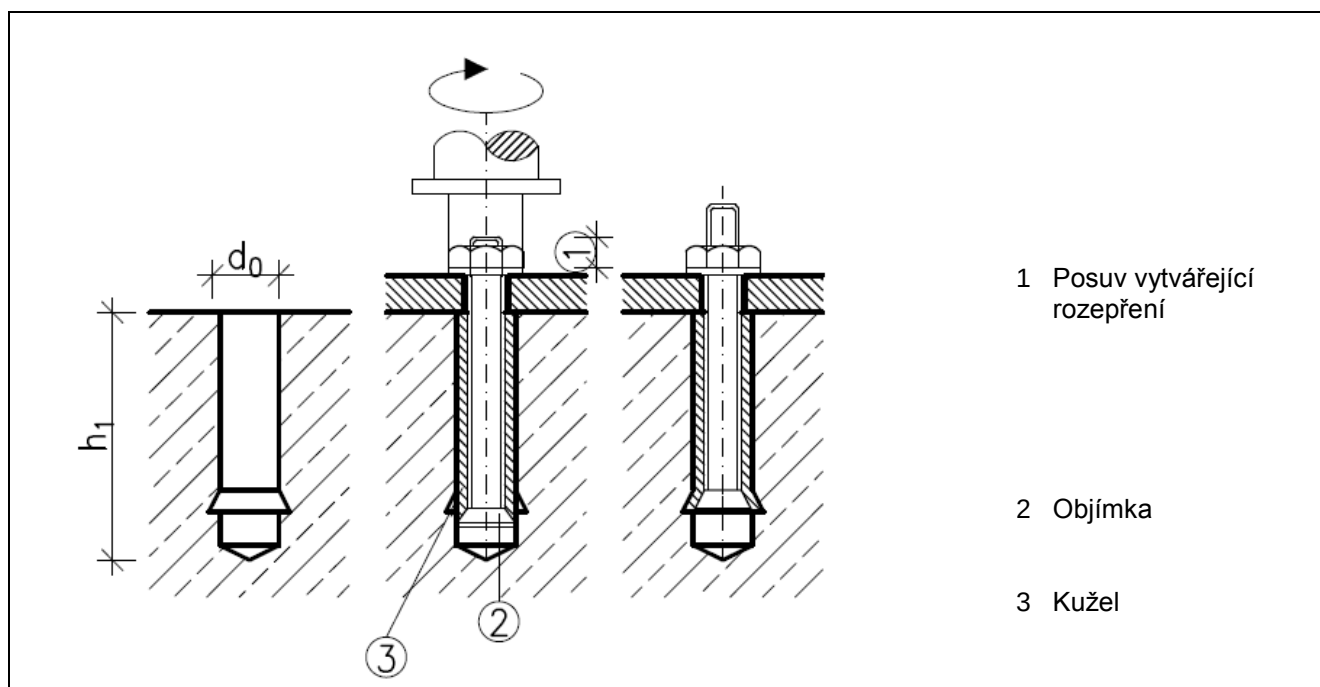
Různé typy instalace kotvicího prvku jsou zobrazeny v Obrázku 1.6 až Obrázku 1.8.



Obrázek 1.6 Instalace kotvicího prvku zatlučením objímky kotvicího prvku na kužel



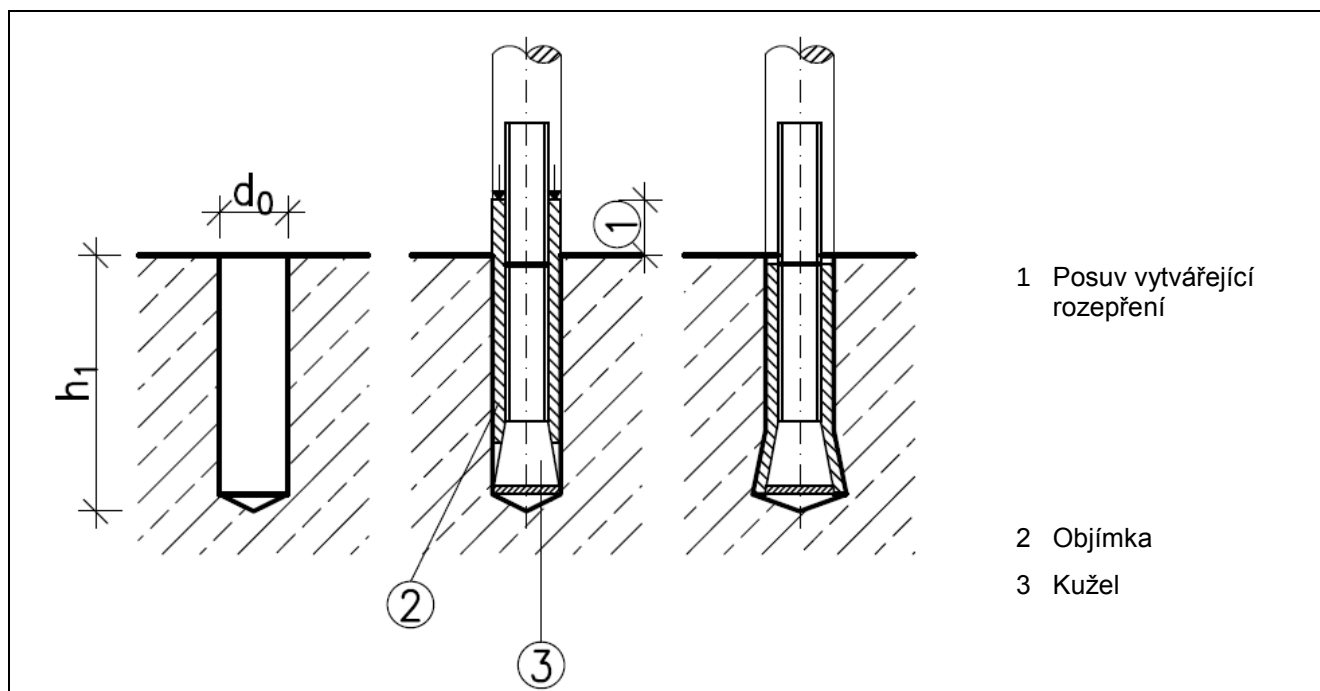
Obrázek 1.7 Instalace kotvícího prvku zatlučením rozpěrného prvku (kužel) do objímky kotvícího prvku



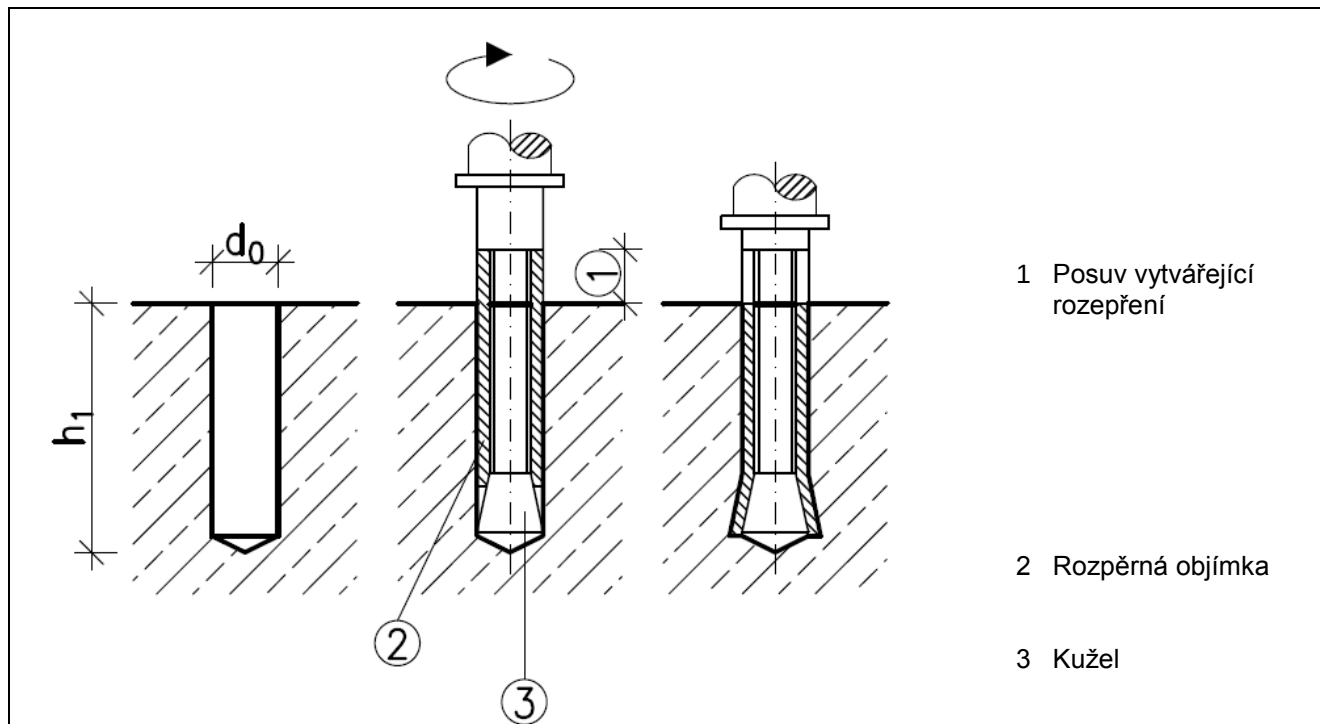
Obrázek 1.8 Instalace kotvícího prvku vtažením kužele s definovaným rozpěrným posuvem do objímky kotvícího prvku za pomoci otáčení šroubu (dosaženo pomocí speciálního montážního nástroje)

b) Instalace řízená zasunutím – samořezné zařezávací kotvicí prvky

Rozšířený konec je vytvořen během postupu při usazování kotvicího prvku. Různé typy instalace kotvicího prvku jsou popsány v Obrázku 1.9 až Obrázku 1.14. Kombinace Obrázku 1.9 a Obrázku 1.10 je také možná.



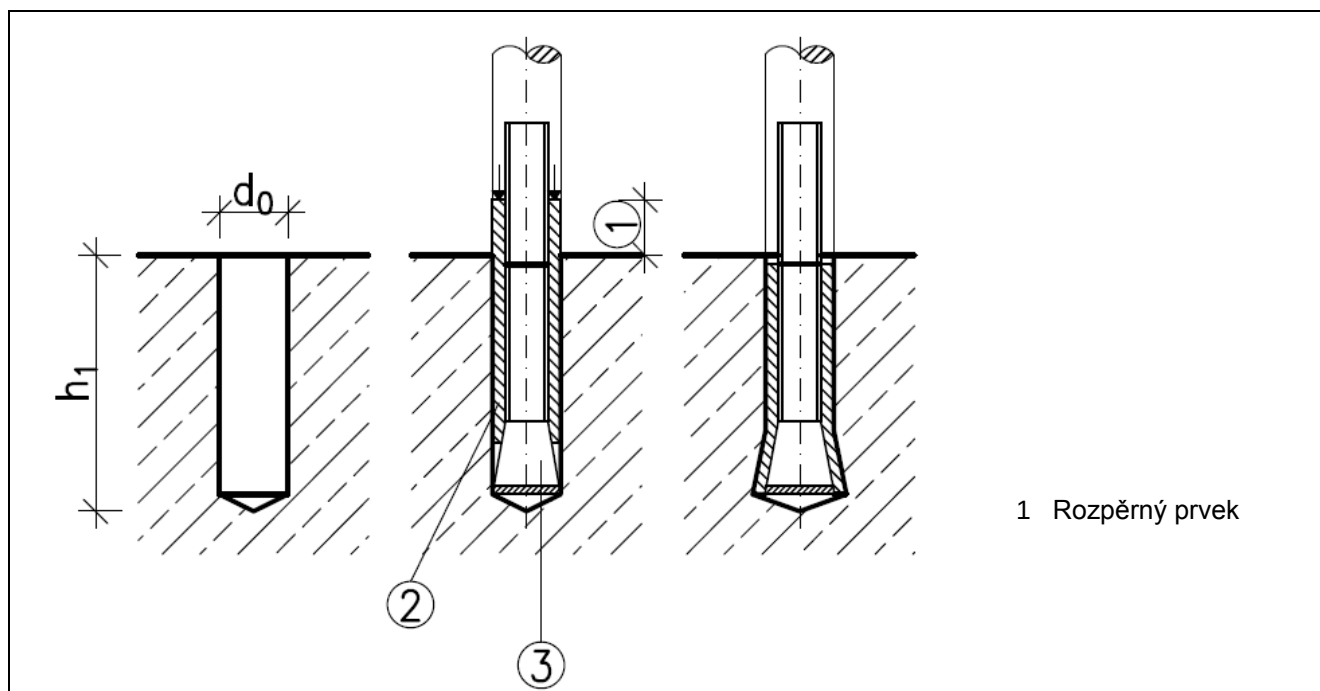
Obrázek 1.9 Instalace kotvicího prvku zatlučením objímky kotvicího prvku přes kužel; např. použitím vrtačky



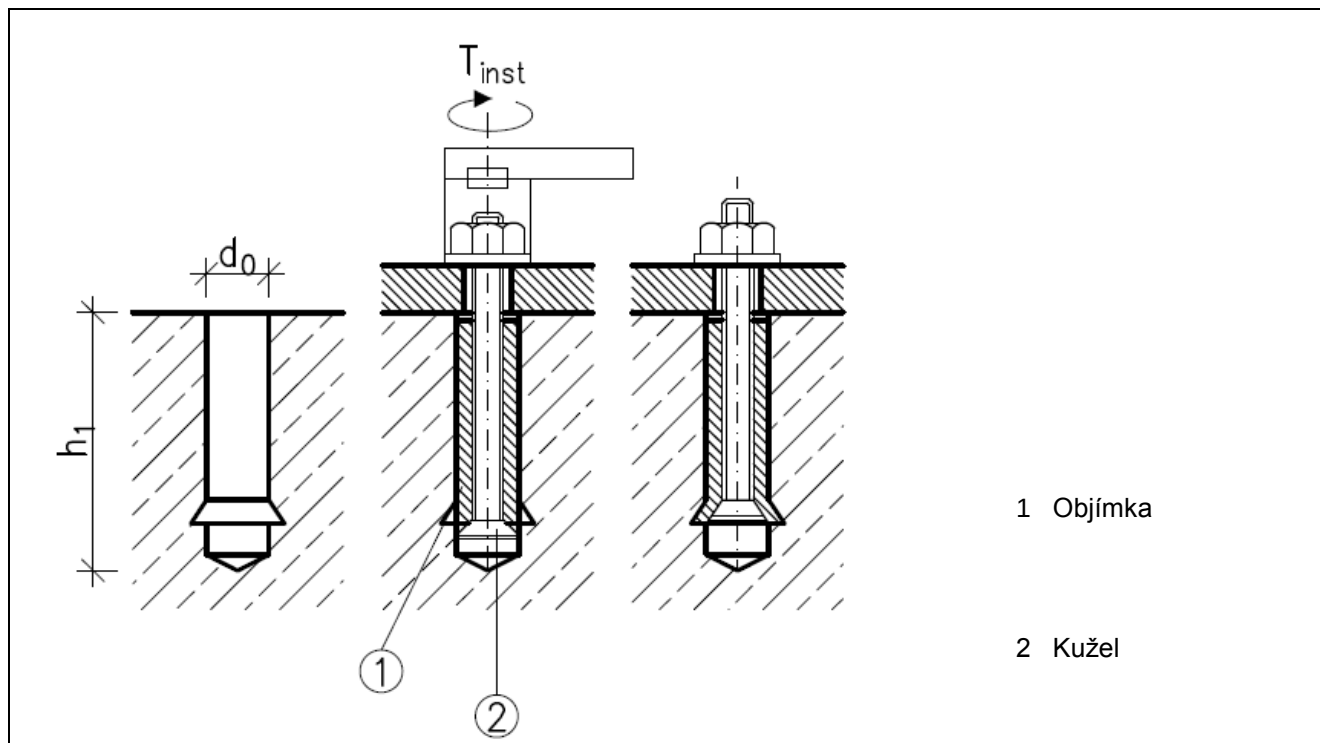
Obrázek 1.10 Instalace kotvícího prvku otáčením objímky kotvícího prvku, např. použitím vrtačky; tím dochází k zaříznutí v betonu a natlačení objímky přes kužel. Pro dosažení rozšíření otvoru může být konec objímky kotvícího prvku speciálně navržen (např. s řeznými hroty).

c) Instalace aktivovaná krouticím momentem

Různé typy instalace kotvicího prvku jsou zobrazeny na Obrázku 1.11 a na Obrázku 1.12



Obrázek 1.11 Instalace kotvicího prvku natlačením rozpěrné prvku proti rozšíření použitím určeného krouticího momentu



Obrázek 1.12 Instalace kotvicího prvku vtažením kuželu do objímky kotvicího prvku použitím určeného krouticího momentu

Šrouby do betonu (CS)

Kotvicí prvek je zašroubován do předvrtaného válcového otvoru. Speciální závit kotvicího prvku vyřeže vnitřní závit do betonového dílce během usazování. Instalace může být provedena nekalibrovaným momentovým klíčem, kalibrovaným momentovým klíčem nebo elektrickým nebo pneumatickým rázovým šroubovákem. Upevnění je charakterizováno mechanickým uzavřením v betonovém závitě.

Poznámka 1: Šrouby do betonu mohou být citlivé na moment nebo sílu použitou při usazování. Z toho důvodu se předpokládá, že výrobce stanoví maximální krouticí moment nebo maximální sílu pro elektrické rázové šroubováky. Pokud tato informace není uvedena v MPII, použijí se instalační nástroje a vybavení použité při základních zkouškách tahem. Tyto jsou uvedeny v ETA stejně jako podmínky, pro které byly vlastnosti stanoveny.

Demontáž a opětovná instalace může šroub do betonu poškodit (např. opotřebit závity) a tak ovlivnit charakteristické vlastnosti kotvicího prvku. Tento EAD posuzuje vlastnosti šroubů do betonu, které byly použity pouze jednou. ETA vydaná na základě tohoto EAD musí toto omezení uvést.

Poznámka 2: Šrouby do betonu vyžadující uvolnění a utažení pro umožnění upevnění a přizpůsobení nebo vyrovnání připevněné součástky, jsou posuzovány podle EAD 330011-00-0601 [4].

Na výrobky popsané v tomto EAD se nevztahuje harmonizovaná evropská norma (hEN).

Výrobce má zodpovědnost za podniknutí náležitých opatření ohledně balení, převozu, uskladnění, údržby, náhrady a oprav výrobku a udělení rad, které považuje za nezbytné, jeho zákazníkům k dopravě, uskladnění, údržbě, výměně a opravám výrobků.

Předpokládá se, že výrobek bude namontován podle návodu výrobce nebo (pokud není návod k dispozici) v souladu s obvyklou praxí stavebních odborníků.

Příslušná ustanovení výrobce, které mají vliv na vlastnosti výrobku, na který se vztahuje tento Evropský dokument pro posuzování, musí být vzaty v úvahu při stanovení vlastností výrobku a podrobně uvedeny v ETA.

1.2 Informace k určenému použití stavebního výrobku

1.2.1 Určené použití

V tomto EAD je posouzení provedeno za účelem určení charakteristických hodnot mechanických kotvicích prvků pro návrh podle prEN 1992-4 [16].

Poznámka 3: Pro ostatní návrhová ustanovení mohou být požadovány dodatečné série zkoušek, na které se tento EAD nevztahuje (jako zkoušky s kombinovaným zatížením tahem a smykem, zkoušky se skupinou kotvicích prvků pro charakteristickou rozteč v tahu a smyku, atd.).

Mechanický kotvicí prvek umístěný do vyvrtaného otvoru pro použití v zhuťném betonu běžné hutnosti bez vláken s výztuží nebo bez výztuže v rozmezí tříd pevnosti C20/25 až C50/60, vše podle EN 206 [12].

Kotvicí prvek je určený pro použití

- pouze v betonu bez trhlin (Tabulka 1.1, varianta 7 – 12)
- v betonu s trhlinami a bez trhlin (Tabulka 1.1; varianta 1 – 6, max w = 0,3 mm)
- při statickém a kvazistatickém zatížení
- při seismické činnosti (kategorie C1: max w = 0,5 mm; C2: max w = 0,8 mm; s C1 a C2 podle Technické zprávy TR 049))
- s požadavky vztahujícími se na odolnost proti ohni (pouze pro kotvicí prvky do betonu s trhlinami, Tabulka 1.1, varianta 1 – 6)

zatížený tahem, smykem nebo kombinací tahu a smyku.

Poznámka 4: Zatížení kotvicího prvku, které je výsledkem činnosti připevňovaného prvku (např. tah, smyk, ohyb nebo torzní moment nebo jakákoliv jejich kombinace) bude obecně zatížení v ose tahem a/nebo smykem. Ohybový moment vzroste, pokud je smyková síla vyvozena s ramenem páky. Předpokládá se, že tlakové síly účinkující v ose kotvicího prvku, jsou přeneseny připevňovaným prvkem přímo na beton bez účinkování na mechanismus přenosu zatížení kotvicího prvku.

Vytvrzený beton musí být starý nejméně 21 dní.

Vztahuje se na rozsah teplot betonu (kotevního základu) -40°C až $+80^{\circ}\text{C}$ během délky užívání.

Tloušťka betonového dílce, ve kterém je kotvicí prvek instalovaný, je $h \geq 2 h_{\text{ef}}$ a $h \geq 100 \text{ mm}$.

Poznámka 5: Pokud je tloušťka betonového dílce menší, než je požadováno výše, hlediska jako např. ohýbání betonového dílce při zatížení mohou ovlivnit vlastnosti do míry, se kterou se při posouzení a odpovídajícímu návrhu nepočítá. Z toho důvodu se na upevnění v takových betonových dílcích tento EAD nevztahuje.

Jakékoliv pokyny pro instalaci od výrobce (např. technologie vrtání, čištění otvoru, instalační nástroje, krouticí moment) musí být uvedeny v ETA.

Podle určeného použití může výrobce zvolit jednu z variant uvedených v tabulce 1.1

- ✓ Na určené použití se vztahuje posouzení varianty
- X Na určené použití se posouzení varianty nevztahuje

Tabulka 1.1 Posouzení variant, na které se vztahuje tento EAD

Varianta	Beton s trhlinami	Beton bez trhlin	Jedna hodnota pro všechny pevnosti betonu	Rozdílné hodnoty pro C 20/25 až C 50/60	Jedna hodnota pro směr zatížení	Oddělené hodnoty pro únosnost v tahu a smyku	C_{Cr} / S_{Cr}	$C_{min} < C_{Cr} / S_{min} < S_{Cr}$	Návrhová metoda podle prEN 1992-4 [16]		
1	✓	✓	x	✓	x	✓	✓	✓	A		
2			✓	x							
3			x	✓							
4			✓	x	✓	x			✓	x	B
5			x	✓							
6			✓	x							
7	x	✓	x	✓	x	✓	✓	✓			A
8			✓	x							
9			x	✓							
10			✓	x	✓	x			✓	x	B
11			x	✓							
12			✓	x							
							✓	x			C

1.2.2 Životnost / Trvanlivost

Metody posuzování, které tento EAD obsahuje, nebo se na ně odkazuje, byly sepsány na základě žádosti výrobců vzít v úvahu navrhovanou délku užívání kotvicích prvků pro určené použití 50 let od montáže (za předpokladu, že kotvicí prvek byl řádně namontován (viz. 1.1)). Tato ustanovení jsou postavena na základě současného stavu a dostupných znalostí a zkušeností.

Při posuzování výrobku musí být vzato v úvahu určené použití předpokládané výrobcem. Skutečná životnost může být, při běžných podmínkách použití, značně delší bez větší degradace ovlivňující základní požadavek na dílo¹.

Údaje uvedené jako životnost výrobku nemohou být vykládány jako záruční lhůta uvedená výrobcem, jeho zástupcem, nebo EOTA při přípravě tohoto EAD ani technickou TAB vydávající ETA na základě tohoto EAD, ale musí být považovány pouze za pomocný prostředek pro vyjádření očekávané ekonomicky přiměřené doby užívání stavebního díla.

¹ Skutečná životnost výrobku začleněná do konkrétního díla závisí na vlivu okolního prostředí, kterému je dílo vystaveno, stejně tak jako na konkrétních podmínkách návrhu, provedení, použití a údržby tohoto díla. Z toho důvodu nelze vyloučit, že v určitých případech může být skutečná životnost výrobku kratší než předpokládaná životnost.

1.3 Specifická terminologie použitá v tomto EAD

1.3.1 Zkratky

C1	=	vlastnosti při seismické činnosti kategorie C1 (použití v návrhu podle prEN 1992-4 [16])
C2	=	vlastnosti při seismické činnosti kategorie C2 (použití v návrhu podle prEN 1992-4 [16])
CS	=	šroub do betonu
DC	=	rozpěrný kotvicí prvek aktivovaný deformací
DM-A	=	návrhová metoda A podle prEN 1992-4 [16]
DM-B	=	návrhová metoda B podle prEN 1992-4 [16]
DM-C	=	návrhová metoda C podle prEN 1992-4 [16]
MPII	=	návod k montáži výrobku od výrobce
TC	=	rozpěrný kotvicí prvek aktivovaný krouticím momentem
UC	=	zařezávací kotvicí prvky
X1	=	vystavení vnitřnímu suchému prostředí
X2	=	vystavení vnitřnímu suchému prostředí nebo vnějším atmosférickým vlivům včetně průmyslového a mořského prostředí nebo trvale vlhkému vnitřnímu prostředí, pokud nejsou přítomny zvláštní agresivní podmínky
X3	=	vystavení vnitřnímu suchému prostředí nebo vnějším atmosférickým vlivům včetně průmyslového a mořského prostředí nebo trvale vlhkému vnitřnímu prostředí a přítomnosti jiných zvlášť agresivních podmínek.

Takovými agresivními podmínkami jsou např. trvalé nebo střídavé ponoření do mořské vody nebo vystavení účinkům tříště mořské vody, v atmosféře obsahující chlor u krytých bazénů nebo extrémně chemicky znečištěné prostředí (např. v odsiřovacích zařízeních nebo v silničních tunelech, kde se používají prostředky proti námraze).

1.3.2 Značení

a_1	=	rozteč mezi vnějšími kotvicími prvky v sousedících kotveních ve směru 1
a_2	=	rozteč mezi vnějšími kotvicími prvky v sousedících kotveních ve směru 2
A_s	=	plocha průřezu kotvicího prvku použitá pro určení únosnosti v tahu
A_5	=	prodloužení po zlomu
b	=	šířka betonového dílce
c_1	=	vzdálenost od okraje ve směru 1
c_2	=	vzdálenost od okraje ve směru 2
c_{cr}	=	vzdálenost od okraje, která zajišťuje přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku
$c_{cr,N}$	=	vzdálenost od okraje, která v případě porušení vytržením kužele betonu zajišťuje přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku v tahu bez účinků okraje a rozteče
$c_{cr,sp}$	=	vzdálenost od okraje, která v případě porušení prasknutím zajišťuje přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku v tahu bez účinků okraje a rozteče
$c_{cr,V}$	=	vzdálenost od okraje kolmá ke směru smykového zatížení, která v případě porušení betonu zajišťuje přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku ve smyku bez účinků rohu, rozteče a tloušťky dílce
c_{min}	=	minimální dovolená vzdálenost od okraje

cv_F	=	variační součinitel [%] vztažený k zatížení
cv_δ	=	variační součinitel [%] vztažený k posuvům
d	=	průměr závitu nebo šroubu kotvicího prvku
d_0	=	průměr vyvrtaného otvoru
d_{cut}	=	řezný průměr vrtáku
$d_{cut,m}$	=	střední řezný průměr vrtáku (viz Technická zpráva 048 [9] Obrázek 3.5)
$d_{cut,max}$	=	řezný průměr na horní mezi tolerance (viz Technická zpráva 048 [9] Obrázek 3.5) (maximální průměr vrtáku)
$d_{cut,min}$	=	řezný průměr na spodní mezi tolerance (viz Technická zpráva 048 [9] Obrázek 3.5) (minimální průměr vrtáku)
d_f	=	průměr otvoru v připevňovaném prvku
d_{nom}	=	vnější průměr kotvicího prvku
d_1	=	průměr rozšířeného konce otvoru
d_2	=	průměr zařezávacího kotvicího prvku po rozepření
$d_{th,t}$	=	vnější průměr závitu hlavní nosné části kotvicího prvku (šroubu do betonu) uvedený výrobcem
$d_{th,low}$	=	vnější průměr závitu hlavní nosné části kotvicího prvku (šroubu do betonu) na spodní hranici tolerance uvedený výrobcem
F	=	síla obecně (pro odpovídající sérii zkoušek se použije N nebo V)
F_{Rk} N_{Rk}, V_{Rk}	=	charakteristická únosnost uvedená v ETA
$F_{Rk,0}$	=	charakteristická referenční únosnost (úvodní hodnota)
$F_{u,m,t}$	=	průměrné zatížení při porušení v sérii zkoušek
$F_{u,m,r}$	=	průměr (mezních) zatížení při porušení v sérii referenčních zkoušek
$F_{u,m}$	=	průměr (mezních) zatížení při porušení v sérii zkoušek
$F_{u,m,20}$	=	průměr (mezních) zatížení při porušení v sérii zkoušek standardizovaný na pevnost betonu C20/25
$F_{u,5\%,20}$	=	5% kvantil (mezních) zatížení při porušení v sérii zkoušek standardizovaný na pevnost betonu C20/25
f_c	=	pevnost betonu v tlaku stanovená na zkušebních válcích
$f_{c,cube}$	=	pevnost betonu v tlaku stanovená na zkušebních krychlích s délkou strany 150 mm
$f_{c,t}$	=	pevnost betonu v tlaku v době zkoušení
$f_{c,m}$	=	průměrná pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	=	jmenovitá charakteristická pevnost betonu v tlaku (pro válce)
$f_{ck,cube}$	=	jmenovitá charakteristická pevnost betonu v tlaku (pro krychle)
$f_{u,test}$	=	nejvyšší mez pevnosti oceli při zkoušce
f_{uk}	=	jmenovitá charakteristická mez pevnosti oceli v tahu
$f_{y,test}$	=	mez kluzu oceli při zkoušce

f_{yk}	=	jmenovitá mez kluzu oceli
h	=	tloušťka betonového dílce
h_{ef}	=	účinná hloubka zapuštění
h_{min}	=	minimální tloušťka betonového dílce
h_{nom}	=	celková hloubka zapuštění kotvicího prvku do betonu
h_o	=	hloubka válcového vyvrtaného otvoru na okraji
h_1	=	hloubka vyvrtaného otvoru v nehlubším místě
k	=	činitel pro požadovaný krouticí moment v rovnici 2.9)
L	=	největší velikost z celkového rozsahu výrobku každého typu kotvicího prvku dodaného na trh
M	=	střední velikost z celkového rozsahu výrobku každého typu kotvicího prvku dodaného na trh
N	=	normálová síla (+N = tahová síla)
N_{sl}	=	zatížení při kterém došlo k nekontrolovanému skluzu kotvicího prvku (viz. Obrázek A.1)
$N_{st,m}$	=	průměrná mezní únosnost oceli určená ze zkoušek tahem na vzorku kotvicího prvku (CS)
$N_{u,m}$	=	průměrné mezní zatížení v tahu ze zkoušek v betonu
n	=	počet zkoušek v sérii zkoušek
n_{min}	=	minimální počet zkoušek v sérii zkoušek
$p_1 - p_5$	=	montážní parametr
$reqd. \alpha$	=	požadovaná hodnota α podle Tabulka A.1
S	=	nejmenší velikost z celkového rozsahu výrobku každého typu kotvicího prvku dodaného na trh
S_{cr}	=	rozteč zajišťující přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku
$S_{cr,N}$	=	rozteč, která zajišťuje přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku v tahu bez účinků okraje a rozteče v případě porušení vytržením kužele betonu
$S_{cr,sp}$	=	rozteč, která zajišťuje přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku v tahu bez účinků okraje a rozteče v případě porušení prasknutím
$S_{cr,V}$	=	rozteč kolmá ke směru smykového zatížení, která zajišťuje přenesení charakteristické únosnosti jednotlivého kotvicího prvku ve smyku bez účinků rohu, rozteče a tloušťky dílce v případě porušení betonu
S_{min}	=	minimální dovolená rozteč
S_1	=	rozteč kotvicích prvků ve skupině kotvicích prvků ve směru 1
S_2	=	rozteč kotvicích prvků ve skupině kotvicích prvků ve směru 2
T	=	krouticí moment
T_{inst}	=	požadovaný nebo maximální doporučený utahovací moment pro rozepření nebo předpětí kotvicího prvku

$\max T_{fix}$	=	maximální instalační krouticí moment pro upevnění připevňovaného prvku pro předem umístěný kotvicí prvek
t_{fix}	=	tloušťka připevňovaného prvku
t_u	=	čas do porušení při zkoušce vystavení ohni
V	=	smyková síla
α	=	redukční činitel pro zatížení podle A2.4
α_1	=	redukční činitel pro nekontrolovaný skluz podle A2.5
β_{cv}	=	redukční činitel pro velký rozptyl podle A2.2
γ_M	=	doporučený dílčí činitel bezpečnosti materiálu podle prEN 1992-4 [16] odpovídajícího typu porušení
γ_{inst}	=	činitel beroucí v úvahu citlivost dodatečně vloženého kotvicího prvku na montáž podle prEN 1992-4 [16]
$\delta_{0,5N_{u,m}}$	=	posuv kotvicího prvku při 50% průměrného zatížení při porušení v sérii zkoušek
δ_{m1}	=	průměrný posuv kotvicího prvku po 10^3 cyklech změny šířky trhliny
δ_{m2}	=	průměrný posuv kotvicího prvku určený ze zkoušek opakovaného zatížení po 10^5 zatěžovacích cyklech nebo ze zkoušek stálého zatížení po ukončení zkoušek (viz. Technická zpráva 048 [9]), větší hodnota je rozhodující.
$\delta_{N\infty}$	=	dlouhodobý posuv při zatížení tahem
$\delta(\delta_N, \delta_V)$	=	posuv (pohyb) kotvicího prvku při povrchu betonu vzhledem k povrchu betonu ve směru zatížení (tahem, smykem) mimo oblast porušení. Posuv zahrnuje deformaci oceli a betonu a případný skluz kotvicího prvku.
Δw	=	požadovaná šířka trhliny, zvětšená šířka trhliny oproti naměřené šířce po instalaci kotvicího prvku
$\Delta \sigma_s$	=	pracovní zdvih při zkouškách opakovaného zatížení

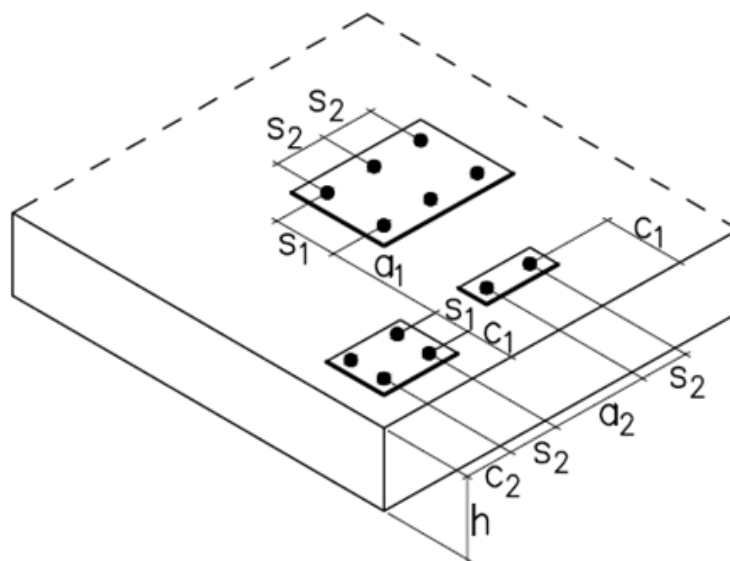
1.3.3 Indexy

cr	=	beton s trhlínami
fi	=	oheň
r	=	referenční zkoušky
t	=	výsledky ze zkoušky
u	=	mezní – situace kdy nastane porušení
ucr	=	beton bez trhlín
20	=	vztaženo k betonu třídy pevnosti C20/25
50	=	vztaženo k betonu třídy pevnosti C50/60

1.3.4 Definice

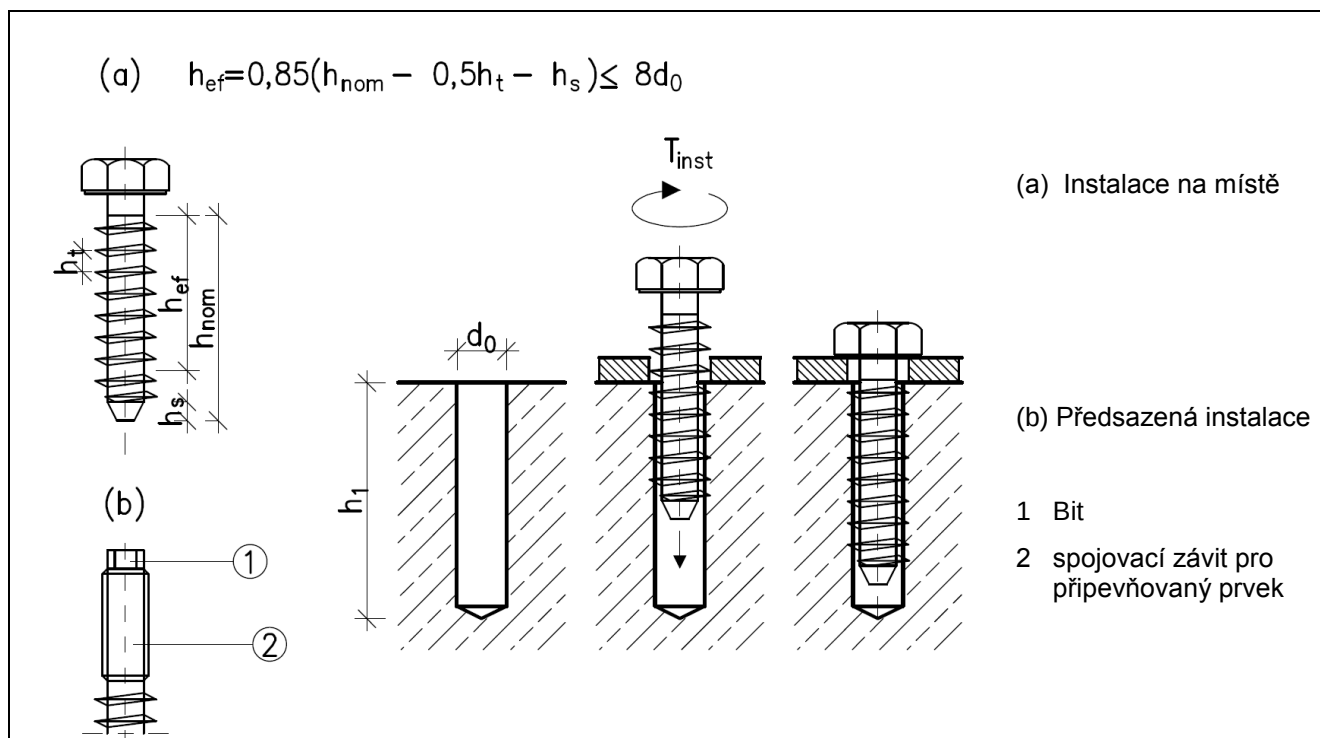
kotvicí prvek	=	součástka vyrobená pro dosažení upevnění mezi podkladním materiálem (beton) a připevňovaným prvkem, může se skládat ze sestavy součástí
skupina kotvicích prvků	=	několik kotvicích prvků (fungujících společně)
upevnění	=	sestava skládající se z podkladního materiálu (betonu), kotvicího prvku nebo skupiny kotvicích prvků a prvku připevňovaného k betonu
připevňovaný prvek	=	součástka připevněná k betonu za použití kotvicích prvků

plné rozeprění	= rozeprění dosažené montáží kotvicího prvku podle návodu k montáži výrobku od výrobce; plné rozeprění se používá při zkouškách pro stanovení podmínek určeného použití
instalační rozeprění	= rozeprění dosažené vynaložením stanoveného množství rozpínací energie, které je redukováno s ohledem na referenční rozeprění (viz. TR 048); instalační rozeprění se používá ve zkouškách pro instalační činitel
referenční rozeprění	= rozeprění dosažené vynaložením stanoveného množství rozpínací energie (viz. TR 048); referenční rozeprění se používá v jakýchkoliv ostatních zkouškách
zkušební těleso	= betonové těleso ve kterém je kotvicí prvek zkoušen



Obrázek 1.13 Definice – betonové těleso, rozteč a vzdálenost od okraje kotvicích prvků

Efektivní hloubka upevnění šroubů do betonu musí být určena podle Obrázku 1.14.



Obrázek 1.14 Instalace zašroubováním šroubu do betonu se samořezným speciálním závitem pomocí klíče nebo rázového šroubováku do předvrtaného válcového otvoru.

2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY A PŘÍSLUŠNÉ METODY POSOUZENÍ A KRITÉRIA

2.1 Základní charakteristiky výrobku

V Tabulce 2.1 je uvedeno, jak jsou vlastnosti mechanických kotvicích prvků stanoveny v souvislosti se základními charakteristikami.

Tabulka 2.1 Základní charakteristiky výrobku a metody a kritéria pro posouzení vlastností výrobku v souvislosti k těmto základním charakteristikám

Č.	Základní charakteristika	Metoda posouzení	Typ vyjádření vlastností výrobku (úroveň, třída, popis)
Základní požadavky na dílo 1: Mechanická únosnost a stabilita			
Charakteristická únosnost při zatížení tahem (statické nebo kvazistatické zatížení)			
1	Únosnost při porušení oceli	2.2.1	$N_{Rk,s}$ [kN], E_s [N/mm ²]
2	Únosnost při porušení vytažením	2.2.2	$N_{Rk,p}$ [N/mm ²], ψ_c
3	Únosnost při vytržení kužele betonu	2.2.3	$k_{cr,N}$, $k_{ucr,N}$ [-], h_{ef} , $C_{cr,N}$ [mm]
4	Robustnost	2.2.4	γ_{inst} [-]
5	Minimální vzdálenost od okraje a rozteč	2.2.5	c_{min} , s_{min} , h_{min} [mm]
6	Vzdálenost od okraje pro zabránění prasknutí při zatížení	2.2.6	$N^0_{Rk,sp}$ [kN], $C_{cr,sp}$ [mm]
Charakteristická únosnost při zatížení smykem (statické nebo kvazistatické zatížení)			
7	Únosnost při porušení oceli při zatížení smykem	2.2.7	$V^0_{Rk,s}$ [kN], $M^0_{Rk,s}$ [Nm], k_7 [-]
8	Únosnost při porušení vylomením	2.2.8	k_8 [-]
9	Únosnost při porušení okraje betonu	2.2.9	d_{nom} , ℓ_f [mm]
10	Posuv při statickém a kvazistatickém zatížení	2.2.10	δ_{N0} , $\delta_{N\infty}$, δ_{V0} , $\delta_{V\infty}$ [mm]
11	Trvanlivost	2.2.12	Popis
Charakteristická únosnost a posuv při seismickém zatížení kategorie C1 nebo C2 (volitelné)			
12	Únosnost při porušení oceli	TR 049	$N_{Rk,s,eq}$, $V_{Rk,s,eq}$ [kN]
13	Únosnost při vytažení		$N_{Rk,p,eq}$ [N/mm ²]
14	Lomové prodloužení		A_5 [%]
15	Činitel pro prstencovou mezeru		α_{gap} [-],
16	Posuvy		$\delta_{N,eq}$, $\delta_{V,eq}$ [mm]
Základní požadavky na dílo 2: Bezpečnost v případě ohně			
17	Reakce na oheň	2.2.4	Třída (A1) podle EN 13501-1 [19]
Požární odolnost (volitelné)			
18	Požární odolnost při porušení oceli (zatížení tahem)	2.2.13	$N_{Rk,s,fi}$ [kN]
19	Požární odolnost při porušení vytažením (zatížení tahem)	2.2.14	$N_{Rk,p,fi}$ [kN]
20	Požární odolnost při porušení oceli (zatížení smykem)	2.2.15	$V_{Rk,s,fi}$ [kN], $M^0_{Rk,s,fi}$ [Nm]

2.2 Metody a kritéria pro posouzení vlastností výrobku ve vztahu k základním charakteristikám výrobku

Přehled zkušebního programu pro posouzení různých základních charakteristik výrobku je uveden v Příloze A.

Ustanovení platná pro všechny zkoušky a obecné aspekty posouzení (stanovení hodnot 5% kvantilu únosnosti, stanovení redukčních činitelů, kritéria pro nekontrolovaný skluz, atd.) jsou uvedena také v Příloze A.

2.2.1 Únosnost při porušení oceli při zatížení tahem

2.2.1.1 Únosnost oceli (série zkoušek N1)

Účel zkoušky

Charakteristická únosnost při porušení oceli může být vypočtena pro ocelové prvky s konstantní pevností po celé délce prvku podle rovnice (2.1). Použije se nejmenší plocha průřezu v oblasti zatížení.

$$N_{Rk,s} = A_s \cdot f_{uk} \quad [N] \quad (2.1)$$

Pokud se pevnost oceli liší podél délky prvku, vypočítá se návrhová únosnost oceli pro určenou pevnost oceli a odpovídající jmenovitou plochu průřezu podle rovnice (2.1) a vezme se přitom v úvahu doporučený dílčí součinitel pro únosnost oceli $\gamma_{M,s}$ podle prEN 1992-4 [16], Tabulka 4.1. Z těchto návrhových únosností oceli se vezme ta nejmenší a určí se charakteristická únosnost při porušení oceli. Charakteristická únosnost a odpovídající dílčí součinitel $\gamma_{M,s}$ musí být uvedena v ETA.

Zkoušky jsou potřeba, pouze pokud výpočet charakteristické únosnosti při porušení oceli není proveditelný, protože rozložení pevnosti oceli konečného výrobku podél délky kotvícího prvku není známo nebo ho nelze jednoduše určit.

Modul pružnosti pro ocel může být převzat jako $E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$.

Podmínky při zkoušce

Provede se alespoň 5 zkoušek oceli tahem s konečným výrobkem.

Posouzení

Určí se 5% kvantil zatížení při porušení. Tato hodnota musí být normalizována na jmenovitou pevnost pro započtení nadměrné pevnosti zkoušeného vzorku podle rovnice (A.6).

2.2.1.2 Maximální krouticí moment (série zkoušek N2)

Účel zkoušky

Zkoušky jsou provedeny, aby se ověřilo, že při vyvození krouticího momentu nedojde u šroubu k porušení oceli (natažení), odpovídající tolerance jsou brány v úvahu.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.5.

Zkoušky jsou provedeny se všemi průměry kotvícího prvku v betonu třídy pevnosti C50/60 bez trhlin.

Otvory musí být vyvrtány s vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy TR 048 [9], Obrázek 3.5. Průměr otvoru v připevňovaném prvku musí odpovídat hodnotě uvedené v Tabulce 2.5.

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC):

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s referenčním rozepřením podle TR 048.

Zařezávací kotvicí prvky (UC):

Válcový otvor a (pokud je vyžadován) rozšířený konec musí být vyvrtán vrtákem se středním řezným průměrem ($d_{cut,m}$). Kotvicí prvek musí být nainstalován podle MPII.

Posouzení

Zatížení při porušení

Určí se průměrná hodnota síly v tahu $N_{1,3T_{fix,m}}$ [kN] a 95% kvantil síly v tahu $N_{1,3T_{fix,95\%}}$ [kN] při $1,3 T_{fix}$.

Kritéria

Všechna následující kritéria musí být splněna.

1. 95% kvantil síly v tahu vytvořený během zkoušek krouticího momentu při $T = 1,3 T_{fix}$ musí být menší než jmenovitá mez kluzu ($A_s \cdot f_{yk}$) svorníku nebo šroubu.
2. Síla v tahu vytvořená během zkoušky krouticího momentu musí být menší než únosnost kužele betonu pro beton C20/25 podle prEN 1992-4 [16].
3. Po ukončení zkoušky musí být možno spoj rozšroubovat.
4. Pro rozpěrné kotvící prvky aktivované deformací (zarážecí kotvící prvky) musí být prokázáno, že šroub není, při použití krouticího momentu $T = 1,3 T_{fix}$ a použití nejdelšího šroubu, v kontaktu s kuzelem.

2.2.1.3 Vodíková křehkost (CS, série zkoušek N3)**Účel zkoušky:**

Zkoušky jsou požadovány pouze pro šrouby do betonu (viz. Obrázek 1.14).

Šrouby o vysoké pevnosti mohou být citlivé na křehký lom díky vodíkové křehkosti způsobené při výrobním postupu nebo při korozi během vystavení vlhkosti (i na krátkou dobu). Zkouška je navržena pro odhalení kotvicích prvků s vysokou citlivostí na křehký lom vyvolaný vodíkem a bude prováděna za podmínek konstantního mechanického zatížení a vývoje vodíku na povrchu šroubu. Pro tento účel se použije elektrolyt podobný roztoku v betonových pórech (nasycený roztok hydroxidu vápenatého), zatímco vzorek je udržován v konstantních a definovaných elektrochemických podmínkách (při konstantním potenciálu -955 mV oproti normální vodíkové elektrodě (NHE)) potenciostatickou kontrolou nebo jinými vhodnými prostředky. Potenciál je řízen pomocí referenční elektrody. Uspořádání zkoušky je schematicky znázorněno na Obrázku 2.1.

Tato zkouška šroubů do betonu může být vynechána pokud

- jsou šrouby do betonu vyrobeny z nerezové oceli
- je řízením výroby zajištěno, že pevnost oceli v oblasti přenášení zatížení je menší než 1000 N/mm² a tvrdost je menší než 350 HV vzhledem k celkovému průřezu jak pro povrchovou tak i pro jádrovou tvrdost podle EN ISO 6507 [21]; <36 HRC podle EN ISO 6508 [22].

Příprava vzorku:

V případě že jsou šrouby s povlakem nebo pozinkované, musí být povlak částečně odstraněn (ve tvaru podélného pruhu), aby se umožnil vývoj vodíku na ocelovém povrchu. Povlak musí být odstraněn bez poškození povrchu šroubu; při odstraňování povlaku je potřeba opatrně zamezit vzniku poškrábání nebo způsobení jiných nepravidlostí povrchu. Pokud je pro odstranění povlaku použit chemický postup, vyžaduje se posudek pro prokázání, že taková metoda během postupu nepřidá nebo neodebere z ocelového předmětu rozptýlené atomy vodíku.

Podmínky při zkoušce:

Zkoušky jsou provedeny se všemi průměry kotvícího prvku v betonu třídy pevnosti C50/60 bez trhlin. Zkoušky musí být provedeny s nejneprůzračnějším tvarem hlavy výrobku. Pokud nejneprůzračnější tvar hlavy není zřejmý, musí být vyzkoušeny všechny tvary hlavy.

Rozsah teplot je mezi 20°C a 25°C.

Zkušební roztok:

Nasycený roztok (v destilované nebo deionizované vodě s vodivostí nejvýše 20 µS/cm při 25°C±2°C) hydroxidu vápenatého s malým přebytkem prášku Ca(OH)₂ k získání mléčného vzhledu.

Hodnota pH pak dosahuje přibližně 12,6 (± 0,1) při 25°C a během zkoušky zůstává téměř konstantní. Prášek hydroxidu vápenatého se uchovává ve vzduchotěsném obalu a nesmí být skladován déle než jeden rok.

Zkušební roztok se naplní do bezedného kontejneru pokrývajícího plochu nejméně 96 cm² o výšce nejméně 25 mm, která se připojí na beton (viz Obrázek 2.1). Při zkoušce musí být hlava betonového šroubu ponořena do kapaliny.

Stálé zatížení:

$$N_{HE} = \min \{0,5 N_{st,m}; 0,7 N_{u,m}\} \quad (2.2)$$

Hodnota $N_{u,m}$ v rovnici (2.2) musí být převzata z referenčních zkoušek v betonu bez trhlin pevnostní třídy C50/60.

Kotvící prvek musí být instalován na zkosené podložce (úhel sklonu $\geq 4^\circ$) jak je zobrazeno na Obrázku 2.1.

Elektrochemické podmínky:

Potenciál: -955 mV proti NHE

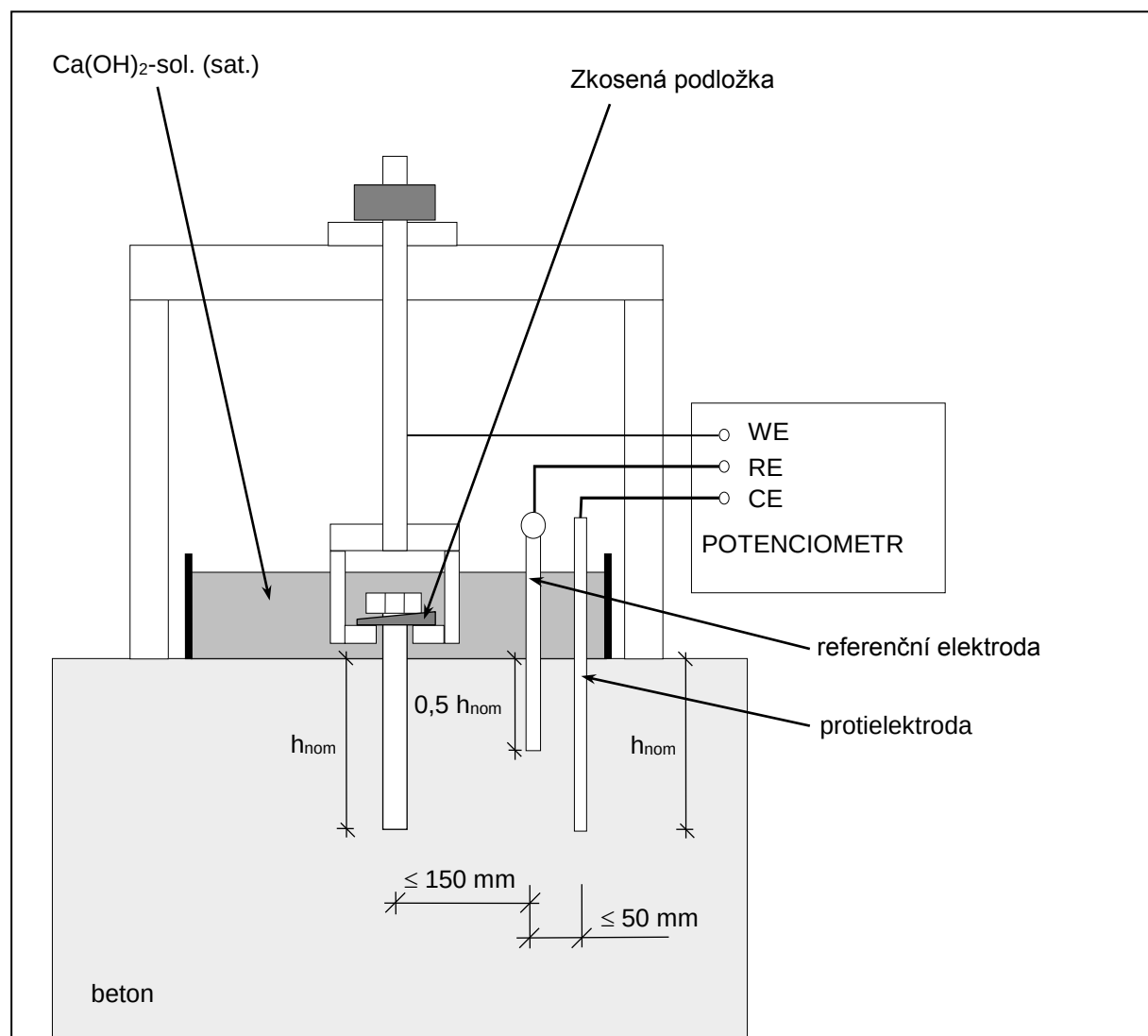
Referenční elektroda: může být použit jakýkoliv druh elektrody "druhého řádu" (kalomel, stříbro/chlorid stříbrný apod.). Hodnota potenciálu se koriguje podle referenční hodnoty uvedené výrobcem, např. pro nasycenou kalomelovou elektrodu s $E_{cal} = +245$ mV proti NHE, správný potenciál bude $E = -955 - 245 = -1200$ mV (± 10 mV).

Protielektroda: nerezová ocel nebo aktivovaný titan (používá se jako anoda pro katodickou ochranu)

Trvání zkoušky:

100 hodin

Po zkoušce, po uvolnění zatížení šroubu, musí následovat zkouška bez zamezení vzniku porušení až do porušení.



Obrázek 2.1 Uspořádání zkoušky (schématické) pro citlivost na křehký lom

Posouzení

Během doby konstantního zatížení (100 hodin) nesmí žádný kotvicí prvek selhat. Pokud dojde k porušení betonu, musí se zkouška opakovat.

Posouzení zbytkového zatížení musí být provedeno následovně:

Zatížení při porušení

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle A2.2.
- Určí se redukční činitel α podle Přílohy A srovnáním výsledků zkoušek s referenční sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A2.
- Použije se redukční činitel α spolu s rqd. $\alpha = 0,9$ v rovnici (2.8).

2.2.2 Únosnost při porušení vytažením

2.2.2.1 Referenční zkoušky (série zkoušek A1 až A4)

Účel zkoušek

Tyto zkoušky jsou provedeny pro stanovení tahové únosnosti jednotlivého kotvicího prvku bez vlivu vzdálenosti od okraje a tím ustanoví základní hodnoty pro posouzení vlastností při zatížení tahem $N_{Rk,0}$. Tyto zkoušky jsou rovněž potřeba pro stanovení posuvu δ_{N0} v 2.2.9.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy 048 [9], 3.3.1.

Zkoušky jsou provedeny v betonu bez trhlin a betonu s trhlinami pevnostní třídy C20/25 a C50/60 jak je uvedeno v Příloze A, Tabulka A.1, řádky A1 až A4.

Pokud výrobce zažádal o určené použití pouze v betonu bez trhlin, série zkoušek v betonu s trhlinami podle Tabulky A.1 řádky A3 a A4 mohou být vynechány.

Pokud výrobce zažádal o pouze jednu únosnost v tahu pro všechny třídy betonu pouze v betonu bez trhlin, zkoušky v betonu vysoké pevnosti podle Tabulky A.1 řádek A2 mohou být vynechány.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s plným rozeptřením podle TR 048.

Posouzení

Následující posouzení musí být provedeno pro všechny velikosti kotvicího prvku a pro každou hloubku zapuštění.

Zatížení při porušení

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se $N_{Rk,0}$ z 5% kvantilu zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 15% ($cv_F > 15\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle Přílohy A2.2.
- Určí se redukční činitel α_1 podle Přílohy A
- Použije se redukční činitel α_1 spolu s rqd. $\alpha_1 = 0,7$ (beton s trhlinami) a rqd. $\alpha_1 = 0,8$ (beton bez trhlin) v rovnici (2.8).

Posuv při zatížení

- Ověří se kritéria pro nekontrolovaný skluz a určí se zatížení N_{sl} [kN] podle A2.5.
- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN] ze série zkoušek.
- Určí se posuv při 50% průměrného zatížení při porušení $\delta_{0,5N_{u,m}}$ [mm] v každé zkoušce.
- Určí se variační součinitel posuvu při 50% průměrného zatížení při porušení cv_δ [%]. Pokud je posuv při 50% zatížení při porušení větší než 0,4 mm, cv_δ nesmí přesáhnout
~~— 40 % ve zkouškách podle Tabulky A.1 řádky F2 až F5, F9 a F10~~
 - 25 % ve zkouškách podle Tabulky A.1 řádky A1 až A4 a V1 až V2.

Poznámka 6: Návrh podle prEN 1992-4 [16] pro skupiny kotvicích prvků je platný pouze pokud rozptyl posuvů při zatížení nepřekročí 40% s ohledem na rozložení zatížení na všechny kotvicí prvky ve skupině. Toto může být zanedbáno u kotvicích prvků s velmi malými posuvy $\delta < 0,4$ mm.

2.2.2.2 Maximální šířka trhliny a velký průměr otvoru (série zkoušek F1)**Účel zkoušek**

Zkoušky jsou provedeny pro vyhodnocení citlivosti na nízkou pevnost betonu a velký průměr otvoru vyvrtaný s $d_{cut,max}$.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.3.1.

Pokud je kotvicí prvek určený pro použití v betonu s trhlínami (varianta 1 – 6), je zkontrolován vliv zvětšené šířky trhliny $\Delta w = 0,50$ mm v kombinaci s vrtákem na horní mezi tolerance (větší průměr otvoru). Pokud je kotvicí prvek určený pro použití pouze v betonu bez trhlin, provedou se podle toho zkoušky v betonu bez trhlin. Zkoušky jsou provedeny v betonu C20/25.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,max}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s referenčním rozepřením podle TR 048.

Posouzení**Zatížení při porušení**

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle A2.2.
- Určí se redukční činitel α a α_1 podle Přílohy A srovnáním výsledků zkoušek s referenční sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A3 (beton s trhlínami) nebo série zkoušek A1 (pouze pro beton bez trhlin) s rqd. $\alpha = 0,8$.

Posuv při zatížení

- Ověří se kritéria pro nekontrolovaný skluz a určí se zatížení N_{sl} [kN] podle A2.5.
- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN] ze série zkoušek.
- Určí se posuv při 50% průměrného zatížení při porušení $\delta_{0,5N_{u,m}}$ [mm] v každé zkoušce.
- Určí se variační součinitel posuvu při 50% průměrného zatížení při porušení cv_δ [%]. Pokud je posuv při 50% zatížení při porušení větší než 0,4 mm, cv_δ nesmí přesáhnout 40 %.

2.2.2.3 Maximální šířka trhliny a malý průměr otvoru (série zkoušek F2)**Účel zkoušek**

Zkoušky jsou provedeny pro vyhodnocení citlivosti na vysokou pevnost betonu a malý průměr otvoru vyvrtaný s $d_{cut,min}$.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.3.1.

Pokud je kotvicí prvek určený pro použití v betonu s trhlínami, je zkontrolován vliv zvětšené šířky trhliny $\Delta w = 0,50$ mm v kombinaci s vrtákem na dolní mezi tolerance (malý průměr otvoru). Pokud je kotvicí prvek určený pro použití pouze v betonu bez trhlin, provedou se podle toho zkoušky v betonu bez trhlin. Zkoušky jsou provedeny v betonu C50/60.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,min}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s referenčním rozepřením podle TR 048.

Posouzení**Zatížení při porušení**

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle A2.2.
- Určí se redukční činitel α a α_1 podle Přílohy A. Následující série zkoušek jsou použity jako odpovídající referenční série zkoušek:
 - Pro kotvicí prvky s určeným použitím v betonu s trhlínami se výsledky porovnávají se sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A4 (beton s trhlínami) s rqd. $\alpha = 0,8$.
 - Pro kotvicí prvky s určeným použitím pouze v betonu bez trhlin se výsledky porovnávají se sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A2 (beton bez trhlin) s rqd. $\alpha = 1,0$.

Posuv při zatížení

- Ověří se kritéria pro nekontrolovaný skluz a určí se zatížení N_{sl} [kN] podle A2.5.
- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN] ze série zkoušek.
- Určí se posuv při 50% průměrného zatížení při porušení $\delta_{0,5N_{u,m}}$ [mm] v každé zkoušce.
- Určí se variační součinitel posuvu při 50% průměrného zatížení při porušení cv_δ [%]. Pokud je posuv při 50% zatížení při porušení větší než 0,4 mm, cv_δ nesmí přesáhnout 40 %.

2.2.2.4 Zkouška se změnou šířky trhliny (série zkoušek F3)**Účel zkoušky**

Kotvicí prvky určené pro použití v betonu s trhlínami musí dlouhodobě účinně fungovat, i když se mění šířka trhliny v rozsahu pokrytém tímto EAD.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.3.3.

Zkoušky jsou provedeny se všemi průměry kotvicího prvku. Zkoušky jsou provedeny v betonu C20/25.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,max}$ (pro kotvicí prvky typu TC a DC) a průměrem $d_{cut,m}$ (pro kotvicí prvky typu CS a UC) podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Zatížení tahem N_p , vyvozené na kotvicím prvku během zkoušky se změnou šířky trhliny, je definováno rovnicí (2.3).

$$N_p = 0,50 N_{Rk} / \gamma_{inst} \quad (2.3)$$

kde

N_{Rk} = charakteristická únosnost v tahu v betonu s trhlínami C20/25, jak byla vyhodnocena pro uvedení v ETA

Tato série zkoušek může být vynechána pro posouzení kotvicích prvků určených pouze do betonu bez trhlin.

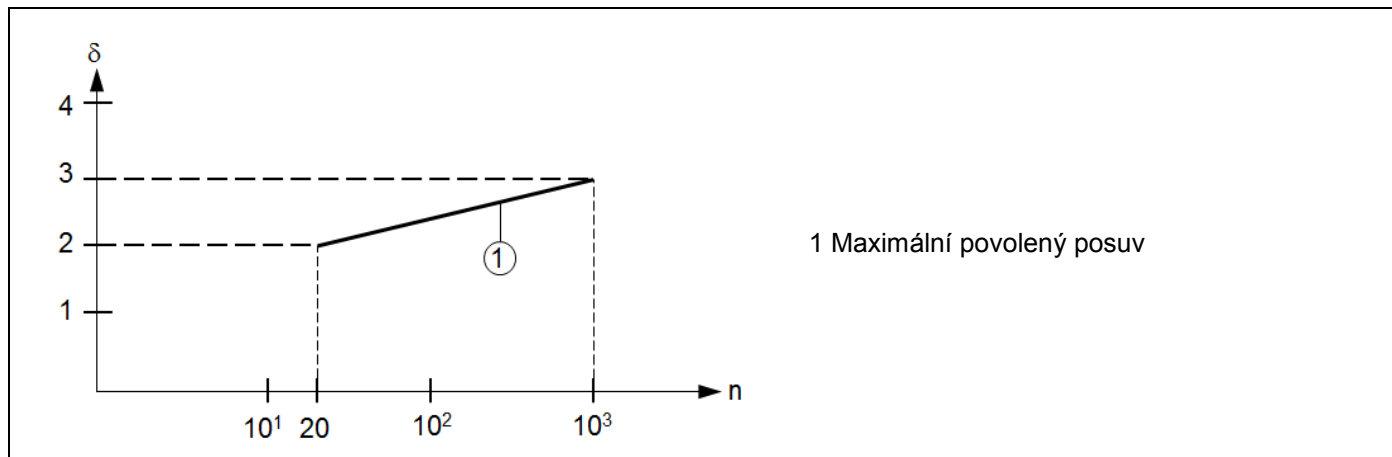
Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s referenčním rozepřením podle TR 048.

PosouzeníPosuv během cyklů změn šířky trhliny

Při každé zkoušce se zvětšování posuvu kotvicího prvku, vynesené v semilogaritmické souřadnicové soustavě (viz. Obrázek 2.2) musí buď zpomalovat, nebo být téměř konstantní: kritéria pro přípustný posuv po 20 (δ_{20}) a 1000 (δ_{1000}) cyklech změn šířky trhliny jsou odstupňovány jako funkce počtu zkoušek, jak je popsáno dále:

5 až 9 zkoušek:	$\delta_{20} \leq 2 \text{ mm}$ a $\delta_{1000} \leq 3 \text{ mm}$
10 až 20 zkoušek:	$\delta_{20} \leq 2 \text{ mm}$; u jedné zkoušky je přípustný posuv do 3 mm $\delta_{1000} \leq 3 \text{ mm}$; u jedné zkoušky je přípustný posuv do 4 mm
> 20 zkoušek:	$\delta_{20} \leq 2 \text{ mm}$; u 5% zkoušek je přípustný posuv do 3 mm $\delta_{1000} \leq 3 \text{ mm}$; u 5% zkoušek je přípustný posuv do 4 mm

Poznámka 7: Posuvy se považují za stabilizované, pokud je nárůst posuvů během cyklů 750 až 1000 menší, než nárůst posuvů během cyklů 500 až 750.



Obrázek 2.2 Kritéria pro výsledky zkoušek s měnící se šířkou trhliny

Pokud nejsou splněny výše uvedené požadavky na posuv, např. poměr nárůstu a povoleného posuvu, musí se série zkoušek opakovat s redukováným tahovým zatížením $N_{p,red}$, dokud nejsou požadavky splněny. Charakteristická únosnost musí být redukována použitím redukčního činitele $\alpha_p = N_{p,red}/N_p$ v rovnici (2.8).

Zatížení při porušení při zkouškách tahem po ukončení změn šířky trhliny (zkoušky na zbytkové zatížení)

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle A2.2.
- Určí se redukční činitel α podle Přílohy A srovnáním výsledků zkoušek s referenční sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A3.
- Použije se redukční činitel α spolu s rqd. $\alpha = 0,9$ v rovnici (2.8).
- Určí se redukční činitel α_1 podle Přílohy A
- Použije se redukční činitel α_1 spolu s rqd. $\alpha_1 = 0,7$ (beton s trhlinami) v rovnici (2.8).

Posuv při zatížení ve zkoušce na zbytkové zatížení

- Ověří se kritéria pro nekontrolovaný skluz a určí se zatížení N_{sl} [kN] podle A2.5.
- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN] ze série zkoušek.
- Určí se posuv při 50% průměrného zatížení při porušení $\delta_{0,5N_{u,m}}$ [mm] v každé zkoušce.
- Určí se variační součinitel posuvu při 50% průměrného zatížení při porušení cv_δ [%]. Pokud je posuv při 50% zatížení při porušení větší než 0,4 mm, cv_δ nesmí přesáhnout 40 %.

2.2.2.5 Opakované zatížení (série zkoušek F4)

Účel zkoušky

Tyto zkoušky jsou provedeny pro stanovení vlastností kotvicího prvku při opakovaném zatížení napodobující provozní zatížení, které se mění v průběhu času.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.3.4.

Zkoušky musí být provedeny s kotvicím prvkem středního průměru v betonu bez trhlin C20/25.

Navíc, pro rozpěrné kotvicí prvky aktivované krouticím momentem (TC) a rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC), které jsou určeny pro použití pouze v betonu bez trhlin, musí být zkoušky provedeny také v betonu bez trhlin vysoké pevnosti C50/60 s kotvicím prvkem středního průměru.

Zkoušky s šrouby do betonu jsou provedeny na zkosené podložce (úhel sklonu $\geq 4^\circ$) se všemi velikostmi kotvicího prvku.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s referenčním rozepřením podle TR 048.

Maximální a minimální zatížení během zatěžovacích cyklů jsou dány jako:

$$\max N = \text{menší hodnota z } 0,6 N_{Rk,ucr} \text{ a } 0,8 \cdot A_s \cdot f_{yk} \text{ [N]} \quad (2.4)$$

$$\min N = \text{větší hodnota z } 0,25 N_{Rk,ucr} \text{ a } \max N - A_s \cdot \Delta\sigma_s \text{ [N]} \quad (2.5)$$

kde

$N_{Rk,ucr}$ = charakteristické zatížení při porušení v tahu v betonu bez trhlin pro danou pevnost betonu zkušebního tělesa. Tato hodnota je určena z výsledků referenčních zkoušek tahem A1 nebo A2 (viz. 2.2.2.1) v závislosti na pevnosti betonu použitého při zkoušce

$$\Delta\sigma_s = 120 \text{ N/mm}^2$$

Posouzení

Během opakovaného zatížení nesmí dojít k porušení a zvětšování posuvu během cyklování se musí stabilizovat způsobem, který naznačuje, že vznik porušení je po několika dodatečných cyklech nepravděpodobný. Pokud nejsou tyto požadavky splněny, zkoušky se opakují se zatížením $\max N$ a $\min N$, určeným na základě redukované hodnoty $N_{max,red}$, dokud nejsou požadavky splněny. Charakteristická únosnost musí být redukována použitím redukčního činitele $\alpha_p = N_{Rk,ucr,red}/N_{Rk,ucr}$ v rovnici (2.8).

Posouzení zbytkového zatížení je provedeno v rámci zatížení při porušení a posuvu při zatížení následovně:

Zatížení při porušení

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle Přílohy A2.2.
- Určí se redukční činitel α podle Přílohy A. Následující série zkoušek jsou použity jako odpovídající referenční série zkoušek:
 - Pro zkoušky provedené v betonu C20/25 se použijí výsledky ze sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A1
 - Pro zkoušky provedené v betonu C50/60 se použijí výsledky ze sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A2
- Použije se redukční činitel α spolu s rqd. $\alpha = 1,0$ v rovnici (2.8).
- Určí se redukční činitel α_1 podle Přílohy A
- Použije se redukční činitel α_1 spolu s rqd. $\alpha_1 = 0,8$ (beton bez trhlin) v rovnici (2.8).

Posuv při zatížení

- Ověří se kritéria pro nekontrolovaný skluz a určí se zatížení N_{sl} [kN] podle A2.5.
- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN] ze série zkoušek.
- Určí se posuv při 50% průměrného zatížení při porušení $\delta_{0,5N_{u,m}}$ [mm] v každé zkoušce.
- Určí se variační součinitel posuvu při 50% průměrného zatížení při porušení cv_δ [%]. Pokud je posuv při 50% zatížení při porušení větší než 0,4 mm, cv_δ nesmí přesáhnout 40 %.

2.2.2.6 Robustnost kotvicího prvku typ zatlačení objímky (DC série zkoušek F5)

Účel zkoušky

Pro kotvicí prvek aktivovaný deformací typu se zatlačením objímky není pozice objímky vzhledem ke kuželu po instalaci viditelná. Tato zkouška určí robustnost kotvicího prvku typu se zatlačením objímky.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky jsou provedeny v betonu bez trhlin nízké pevnosti C20/25 a betonu s trhlami nízké pevnosti C20/25 s trhlinou $\Delta w = 0,5$ mm s kotvicím prvkem aktivovaným deformací typu se zatlačením objímky (viz. Obrázek 1.4 a Obrázek 1.5).

Po dosažení plného rozepření kotvicího prvku se aplikují dva další úderý za pomoci nárazového zařízení podle Technické zprávy TR 048 [9].

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{\text{cut},m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Posouzení

Zatížení při porušení

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle Přílohy A2.2.
- Určí se redukční činitel α podle Přílohy A. Následující série zkoušek jsou použity jako odpovídající referenční série zkoušek:
 - Pro zkoušky provedené v betonu s trhlinami a betonu bez trhlin se použijí výsledky ze sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A3
 - Pro zkoušky provedené pouze v betonu bez trhlin se použijí výsledky ze sérií zkoušek podle Tabulky A.1 řádek A1
- Použije se redukční činitel α spolu s rqd. $\alpha = 0,8$ v rovnici (2.8).
- Určí se redukční činitel α_1 podle Přílohy A.
- Použije se redukční činitel α_1 spolu s rqd. $\alpha_1 = 0,7$ (beton s trhlinami) a $\alpha_1 = 0,8$ (beton bez trhlin) v rovnici (2.8).

2.2.2.7 Krouticí moment v betonu nízké pevnosti (CS série zkoušek F6)

Účel zkoušky

Zkoušky jsou požadovány pouze pro šrouby do betonu podle Obrázku 1.14. Zkoušky jsou provedeny pro kontrolu, zda dojde k porušení během instalace (protočení šroubu do betonu), které by poté redukovalo vlastnosti kotvicího prvku.

Podmínky při zkoušce

Provedte 10 zkoušek s každou velikostí kotvicího prvku v betonu bez trhlin C20/25. Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{\text{cut},\text{max}}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Kotvicí prvek musí být usazen pomocí kalibrovaného momentového klíče do navržené hloubky. Při zkoušce kotvicího prvku typu s předseznamenou instalací se spojovacím závitem se musí kotvicí prvek opírat o dno vyvrtaného otvoru ($h_1 \approx h_{\text{nom}}$ viz. také Obrázek 1.14). Poté musí být krouticí moment navyšován až do porušení. Ze série zkoušek musí být stanoven mezní krouticí moment (T_u) a 5% kvantil mezního krouticího momentu ($T_{u,5\%}$).

Posouzení

Musí být splněny následující podmínky:

- (1) Musí být možné řádně instalovat kotvicí prvek. Maximální krouticí moment pro usazení kotvicího prvku do navržené hloubky usazení a krouticí moment pro utažení připevňovaného prvku musí být $\leq T_{\text{inst}}$. T_{inst} je instalační krouticí moment stanovený výrobcem. Pokud výrobcem není stanoven žádný instalační krouticí moment, T_{inst} musí být určena v betonu vysoké pevnosti, kde T_{inst} je maximální krouticí moment požadovaný pro kompletní usazení kotvicího prvku ve zkoušce podle 2.2.2.8. V případě že je rozptyl větší než $cv = 15\%$, ale ne větší než 30% , činitel β_{cv} musí být určen podle rovnice (A.7). Pro $cv \leq 15\%$ činitel $\beta_{cv} = 1,0$.

- (2) Zkouška s porušením oceli:

$$T_{u,5\%} \geq 1,5 \cdot T_{\text{inst}} (f_{u,t} / f_{u,\text{norm}}) / \beta_{cv} \quad (2.6)$$

- (3) Zkouška s porušením betonu:

$$T_{u,5\%} \geq 2,1 \cdot T_{\text{inst}} (f_{c,t} / f_{c,\text{norm}})^{0,5} / \beta_{cv} \quad (2.7)$$

kde

$f_{c,\text{norm}}$ = jmenovitá pevnost betonu při zkouškách (např. pro beton C20/25 je to 20 N/mm² měřeno na válcích)

Poznámka 8: Činitel 1,5 v rovnici (2.6) byl stanoven, aby se vzal v úvahu rozptyl při porušení oceli způsobené krouticím momentem. Činitel 2,1 v rovnici (2.6) byl stanoven, aby se vzal v úvahu rozptyl při porušení betonu způsobené krouticím momentem.

Pokud je rozptyl větší než 30%, musí se provést víc zkoušek, aby se snížil rozptyl. Pokud rozptyl není snížen na hodnotu menší než 30%, kotvicí prvek nemůže být posuzován podle tohoto EAD.

Pokud dojde ve všech zkouškách k porušení oceli, rovnice (2.7) může být vynechána. Pokud je rovnice (2.7) splněna, rovnice (2.6) může být vynechána.

2.2.2.8 Krouticí moment v betonu vysoké pevnosti (CS série zkoušek F7)

Účel zkoušky

Zkoušky jsou požadovány pouze pro šrouby do betonu podle Obrázku 1.14. Zkoušky jsou provedeny pro kontrolu, zda dojde k porušení oceli díky krutu během instalace.

Podmínky při zkoušce

Provedte 10 zkoušek s každou velikostí kotvicího prvku v betonu bez trhlin C50/60. Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,min}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Kotvicí prvek musí být usazen pomocí kalibrovaného momentového klíče do navržené hloubky. Při zkoušce kotvicího prvku typu s předseznačenou instalací se spojovacím závitem se musí kotvicí prvek opírat o dno vyvrtaného otvoru ($h_1 \approx h_{nom}$ viz. také Obrázek 1.14). Maximální hodnota požadovaného krouticího momentu musí být změřena. Poté musí být krouticí moment navyšován až do porušení. Ze série zkoušek musí být stanoven mezní krouticí moment (T_u) a 5% kvantil mezního krouticího momentu ($T_{u,5\%}$).

Posouzení

Musí být splněny následující podmínky:

- (1) Musí být možné řádně instalovat kotvicí prvek. Maximální krouticí moment pro usazení kotvicího prvku do navržené hloubky usazení a krouticí moment pro utažení připevňovaného prvku musí být $\leq T_{inst}$. T_{inst} je instalační krouticí moment stanovený výrobcem. Pokud výrobcem není stanoven žádný instalační krouticí moment, T_{inst} musí být vzat jako maximální krouticí moment požadovaný pro kompletní usazení kotvicího prvku. V případě že je rozptyl větší než $c_v = 15\%$, ale ne větší než 30%, činitel β_{cv} musí být určen podle rovnice (A.7). Pro $c_v \leq 15\%$ činitel $\beta_{cv} = 1,0$.
- (2) Zkouška s porušením oceli: viz rovnice (2.6)
- (3) Zkouška s porušením betonu: viz. rovnice (2.7)

Pokud je rozptyl větší než 30%, musí se provést víc zkoušek, aby se snížil rozptyl. Pokud rozptyl není snížen na hodnotu menší než 30%, kotvicí prvek nemůže být posuzován podle tohoto EAD.

2.2.2.9 Rázový šroubovák (CS, série zkoušek F8)

Účel zkoušky

Zkoušky jsou požadovány pouze pro šrouby do betonu podle Obrázku 1.14. Zkoušky jsou provedeny pro kontrolu, zda dojde k porušení oceli šroubu do betonu během instalace pomocí rázového šroubováku.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny s nejnepříznivějším tvarem hlavy výrobku. Pokud nejnepříznivější tvar hlavy není zřejmý, musí být vyzkoušeny všechny tvary hlavy.

Musí být dodrženy následující podmínky při zkoušce:

- Beton bez trhlin C20/25;
- Řezný průměr vrtáku $d_{cut} = d_{cut,max}$;
- 15 zkoušek s každou velikostí kotvicího prvku;
- Rázový šroubovák s maximálním výkonem specifikovaným v MPII pro určenou velikost kotvicího prvku. Protože výkon uvedený výrobcem rázového šroubováku nemusí být platný pro nastavení při zkoušce, TAB musí pro toto použití zvolit ze šroubováků dostupných na trhu šroubovák s takovým maximálním výkonem, který splňuje specifikace kotvicího prvku.
- Kotvicí prvek musí být usazen do navržené hloubky. Potom musí být rázový šroubovák s nastaveným maximálním výkonem nasazen na hlavu kotvicího prvku. Šroubovák se musí automaticky vypnout po 5 sekundách.

Posouzení

Ve všech 15 zkouškách nesmí dojít k porušení. Pokud je počet zkoušek zvýšen na $n = 30$, může dojít k jednomu porušení.

2.2.2.10 Charakteristická únosnost při porušení vytažením

Úvodní hodnota $N_{Rk,0}$ je získána jako 5% kvantil zatížení při porušení ze série referenčních zkoušek pro beton bez trhlin podle Tabulky A.1 řádek A1 a A2 a pro beton s trhlínami řádek A3 a A4.

Charakteristická únosnost v tahu se musí snížit, nejsou-li splněny některé požadavky, jak je níže uvedeno:

- (1) Závislost zatížení/posuv, zatížení tahem
Nejsou-li při zkouškách tahem splněny požadavky na nekontrolovaný skluz podle A2.5, musí se charakteristická únosnost snížit podle rovnice (2.8). Použije se nejmenší hodnota α_1 .
- (2) Zkoušky se změnou šířky trhliny a opakované zatížení
Nejsou-li při zkouškách se změnou šířky trhlin a při opakovaném zatížení splněny požadavky týkající se odolnosti proti posuvu uvedené v 2.2.2.4 a 2.2.2.5, musí se charakteristická únosnost snížit a zkoušky se pak musí opakovat, dokud nejsou tyto požadavky splněny.
- (3) Mezní zatížení při jakýchkoliv ostatních zkouškách
Nejsou-li při sérii zkoušek podle Tabulky A.1 řádek N3, F1 až F5, F9 a F10, splněny požadavky týkající se mezního zatížení v jedné nebo více sériích zkoušek, musí se charakteristická únosnost snížit podle rovnice (2.8). Použije se nejmenší hodnota α . Pokud nebyly zkoušeny všechny velikosti kotvicích prvků, musí být použit nejmenší redukční činitel pro všechny sousedící velikosti, které nebyly zkoušeny.

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,0} \cdot \min \alpha_p \cdot \min \left(\frac{\alpha_1}{rqd \cdot \alpha_1} \right) \cdot \min \left(\frac{\alpha}{rqd \cdot \alpha} \right) \cdot \min \beta_{cv} \leq N_{Rk,c}^0 \quad (2.8)$$

Nejsou-li splněny požadavky týkající se odolnosti proti posuvu a mezního zatížení, je určující případ s nejnižší dosaženou hodnotou $N_{Rk,p}$.

Charakteristická únosnost musí být zaokrouhlena dolů s ohledem na přírůstek, jak je uvedeno v Tabulce 2.2.

Tabulka 2.2 Hodnoty charakteristické únosnosti $N_{Rk,p}$

Rozsah $N_{Rk,p}$ [kN]	Přírůstek [kN]	příklad
≤ 10	0,5	3,0 / 3,5 / 4,0 ... 9,5 / 10,0
≤ 20	1,0	11,0 / 12,0 ... 19,0 / 20,0
≤ 50	2,0	22,0 / 24,0 ... 48,0 / 50,0
> 50	5,0	55,0 / 60,0 / 65,0 / ...

Charakteristická únosnost kotvicího prvku v případě porušení vytažením v betonu pevnosti $> C20/25$ je určena vynásobením charakteristické hodnoty pro beton C20/25 činitelem ψ_c podle A2.1.

2.2.3 Únosnost při vytržení kužele betonu

Pro určení charakteristické únosnosti při porušení vytržení kužele betonu, založené na pevnosti válcového vzorku betonu podle prEN 1992-4 [16], jsou potřeba činitelé $k_{ucr,N}$ a $k_{cr,N}$. Následující činitelé a charakteristická vzdálenost od okraje mohou být převzaty bez dalších zkoušek.

$$k_{ucr,N} = 11$$

$$k_{cr,N} = 7,7$$

$$c_{cr,N} = 1,5 h_{ef}$$

$$h_{ef} = \text{efektivní hloubka zapuštění podle EN 1992-4, 3.1.28 a Obrázku 1.14.}$$

2.2.4 Robustnost

2.2.4.1 Robustnost při změnách podmínek použití (série zkoušek F9)

Účel zkoušky

Tyto zkoušky jsou provedeny pro určení citlivosti vlastností na předvídatelné a nevyhnutelné změny podmínek použití.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky tahem jsou provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.3.1.

Rozdílné podmínky při zkoušce pro rozpěrné kotvicí prvky aktivované krouticím momentem (TC), kotvicí prvky aktivované deformací (DC), zařezávací kotvicí prvky (UC) a šrouby do betonu (CS) jsou dány následovně:

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované krouticím momentem (TC)

Zkoušky jsou provedeny v betonu vysoké pevnosti C50/60 pro použití v betonu s trhlinami a betonu bez trhlin a v betonu nízké pevnosti C20/25 pro použití pouze v betonu bez trhlin.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Kotvicí prvek je instalován za použití krouticího momentu $T = 0,5 T_{inst}$.

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC)

Zkoušky jsou provedeny v betonu nízké pevnosti C20/25. Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Kotvicí prvek musí být instalován s instalačním rozepřením podle TR 048 [9], 2.6.1.

Zařezávací kotvicí prvky (UC)

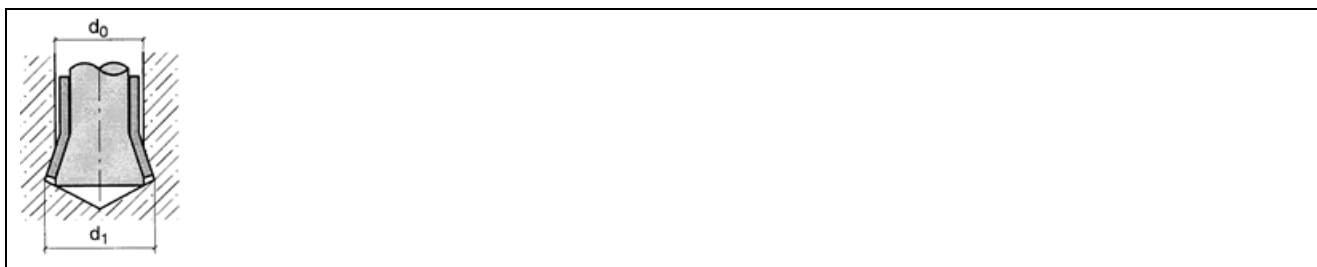
Podmínky při zkoušce musí být zvoleny na základě typu kotvicího prvku a typu instalace (instalace řízená zasunutím nebo instalace aktivovaná krouticím momentem). Při těchto zkouškách musí být kotvicí prvky instalovány tak, aby opěrná plocha byla co nejmenší. Tato podmínka je splněna, jsou-li splněny níže uvedené požadavky.

Instalace řízená zasunutím

Zkouška musí být provedena pouze v betonu nízké pevnosti, protože v případě porušení vytržením kužele betonu při konstantní opěrné ploše se poměr tlaku na beton na opěrné ploše k pevnosti betonu v tlaku zmenšuje s rostoucí pevností betonu.

Instalace kotvicího prvku podle Obrázku 1.6

- Průměr vrtáku pro válcový otvor d_0 : $d_{cut,max}$
- Délka vrtáku pro válcový otvor: maximální délka podle specifikovaných tolerancí
- Průměr vrtáku pro vytvoření rozšířeného konce vyvrtaného otvoru d_1 : $d_{cut,max}$
- Instalace kotvicího prvku tak, aby lícovál s povrchem betonu popřípadě s připevňovaným prvkem



Obrázek 2.3 Průměr vrtáku d_0 a d_1

Instalace kotvicího prvku podle Obrázku 1.7

- Průměr vrtáku pro válcový otvor d_0 : $d_{cut,max}$
 - Průměr vrtáku pro vytvoření rozšířeného konce vyvrtaného otvoru d_1 : $d_{cut,max}$
- Zasunutí rozpínacího prvku musí být definováno v závislosti na konstrukci kotvicího prvku, buď jako funkce požadovaného posunutí, je-li možné plné zasunutí kotvicího prvku snadno rozeznat (např. podle značky vytvořené osazovacím nástrojem na objímce kotvicího prvku), nebo jako funkce požadované spotřeby energie k plnému rozepření kotvicího prvku, nebo kombinace obou.

Instalace kotvicího prvku podle Obrázku 1.8

- Průměr vrtáku pro válcový otvor d_0 : $d_{cut,max}$
- Průměr vrtáku pro vytvoření rozšířeného konce vyvrtaného otvoru d_1 : $d_{cut,max}$
- Zasunutí do rozepření závisí na montážních nástrojích. Je-li možné dosáhnout rozepření pouze pomocí speciálního montážního nástroje a dosažení požadovaného zasunutí do rozepření lze snadno rozeznat, mělo by skutečné zasunutí do rozepření reflektovat možné tolerance.

Instalace kotvicího prvku podle Obrázku 1.9 a Obrázku 1.10

- Průměr vrtáku pro válcový otvor d_0 : $d_{cut,max}$
- Délka vrtáku pro válcový otvor: maximální délka podle specifikovaných tolerancí
- Instalace kotvicího prvku tak, aby lícovал s povrchem betonu popřípadě s připevňovaným prvkem
- Jestliže výrobce požaduje použití definovaného utahovacího momentu, musí být kotvicí prvek utažen momentem $T = 1,0 T_{inst}$ a asi po 10 minutách se utahovací moment musí zmenšit na $T = 0,5 T_{inst}$. Nemá-li být použit definovaný utahovací moment, nesmí se kotvicí prvek před zkoušením utahovat ($T = 0$).

Instalace aktivovaná krouticím momentem

Pro zařezávací kotvicí prvky, které jsou instalovány aktivací krouticího momentu podle Obrázku 1.11 a Obrázku 1.12 jsou podmínky při zkoušce robustnosti definovány následovně:

- Průměr vrtáku pro válcový otvor d_0 : $d_{cut,max}$
- Průměr vrtáku pro vytvoření rozšířeného konce vyvrtaného otvoru d_1 : $d_{cut,max}$ a $d_{cut,min}$ (pouze pro kotvicí prvek podle Obrázku 1.11)
- Krouticí moment $T = 0,5 T_{inst}$
- Beton pevnosti C20/25 a C50/60

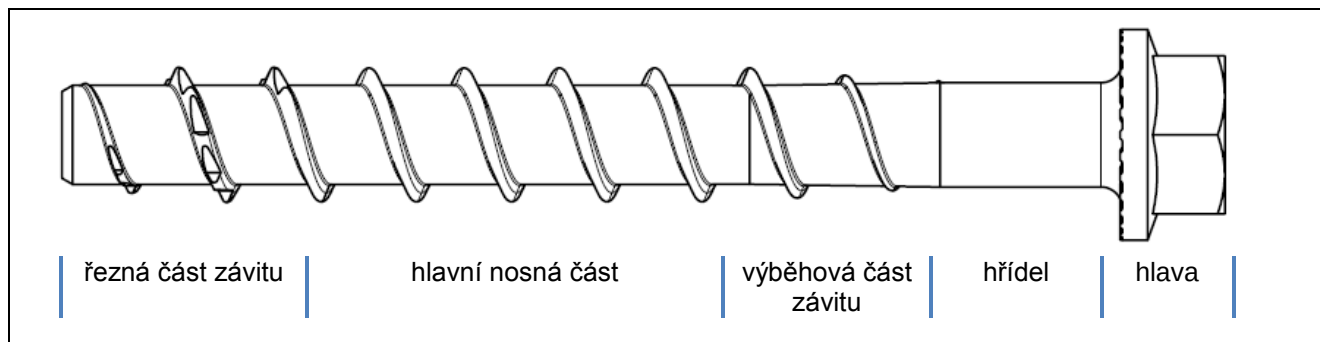
Šrouby do betonu (CS)

Zkoušky jsou provedeny v betonu nízké pevnosti C20/25.

Zkoušky musí být provedeny s minimálním mechanickým uzavřením. Minimální mechanické uzavření se získá určením průměru vrtáku pro válcový otvor d_0 následovně:

- Řezný průměr vrtáku použitého při zkoušce musí být $d_{cut,max}$ podle Technické zprávy 048 [9] zvětšený o rozdíl u hlavní nosné částí kotvicího prvku mezi průměrem závitu při zkoušce a spodní hranicí průměru závitu podle specifikace výrobce, tj.

$$d_0 \geq d_{cut,max} + (d_{th,t} - d_{th,low})$$



Obrázek 2.4 Možné části šroubu do betonu

PosouzeníZatížení při porušení

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle Přílohy A2.2.
- Určí se redukční činitel α podle Přílohy A. Následující série zkoušek jsou použity jako odpovídající referenční série zkoušek:
 - TC pro použití v betonu s trhlinami a betonu bez trhlin: série zkoušek A4
 - TC pro použití pouze v betonu bez trhlin: série zkoušek A1
 - DC, UC a CS pro použití v betonu s trhlinami a betonu bez trhlin: série zkoušek A3
 - DC, UC a CS pro použití pouze v betonu bez trhlin: série zkoušek A1

- Určí se činitel pro započtení citlivosti na instalaci podle Tabulky 2.3. V závislosti na tom jakou úroveň α činitel α splňuje je použita odpovídající hodnota γ_{inst} .
- Pro UC a CS se porovná činitel γ_{inst} s výsledky série zkoušek “robustnost při kontaktu s výztuží”. Určující je větší hodnota.

Posuv při zatížení

- Ověří se kritéria pro nekontrolovaný skluz a určí se zatížení N_{sl} [kN] podle A2.5.
- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN] ze série zkoušek.
- Určí se posuv při 50% průměrného zatížení při porušení $\delta_{0,5N_{u,m}}$ [mm] v každé zkoušce.
- Určí se variační součinitel posuvu při 50% průměrného zatížení při porušení cv_δ [%]. Pokud je posuv při 50% zatížení při porušení větší než 0,4 mm, cv_δ nesmí přesáhnout 40 %.

Tabulka 2.3 Hodnoty α pro robustnost při změnách podmínek použití

Činitel γ_{inst}	α
1,0	$\geq 0,95$
1,2	$\geq 0,80$
1,4	$\geq 0,70$

2.2.4.2 Robustnost při kontaktu s výztuží (UC, CS, série zkoušek F10)

Účel zkoušky

Tyto zkoušky jsou provedeny pro určení řádné instalace a vlastností zařezávacích kotvicích prvků a šroubů do betonu umístěných blízko výztuže a určení činitele γ_{inst} pro citlivost na instalaci.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky jsou provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.3.2.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Tyto zkoušky jsou požadovány pouze pro kotvicí prvky s $h_{ef} < 80$ mm pro použití v betonových prvcích s výztuží o rozteči < 150 mm. Zkoušky jsou provedeny v betonu s trhlinami C20/25 s trhlinou o šířce $\Delta w = 0,30$ mm a výztuží umístěnou vzhledem ke kotvicímu prvku podle Technické zprávy TR 048 [9], 2.2.3.

Zařezávací kotvicí prvky: Řezný průměr vrtáku musí být $d_0 = d_{cut,m}$ a $d_1 = d_{cut,m}$.

Šrouby do betonu: Použije se vrták s průměrem $d_0 = d_{cut,max}$. Rozměry kotvicího prvku musí být okolo minimálního vnějšího průměru závitů a minimálního průměru jádra v uvedeném rozsahu tolerancí. Pokud rozměry kotvicího prvku neodpovídají těmto hranicím, musí být použit vrták s větším řezným průměrem, aby bylo dosaženo minimálního mechanického uzavření.

Zkoušky jsou provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9].

Posouzení

Zatížení při porušení

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN], převedená na jmenovitou pevnost betonu.
- Určí se 5% kvantil zatížení při porušení $N_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost betonu.
- Ověří se variační součinitel zatížení při porušení. Pokud variační součinitel překročí 20% ($cv_F > 20\%$), určí se redukční činitel pro velký rozptyl β_{cv} podle Přílohy A2.5.
- Určí se redukční činitel α podle Přílohy A. Série zkoušek A3 se použije jako odpovídající referenční série zkoušek:
- Určí se činitel pro započtení citlivosti na instalaci γ_{inst} podle Tabulky 2.4. V závislosti na tom jakou úroveň α činitel α splňuje je použita odpovídající hodnota γ_{inst} .
- Porovná se činitel γ_{inst} s výsledky série zkoušek “robustnost při kontaktu s výztuží”. Určující je větší hodnota.

Posuv při zatížení

- Ověří se kritéria pro nekontrolovaný skluz a určí se zatížení N_{sl} [kN] podle A2.5.
- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $N_{u,m}$ [kN] ze série zkoušek.
- Určí se posuv při 50% průměrného zatížení při porušení $\delta_{0,5N_{u,m}}$ [mm] v každé zkoušce.
- Určí se variační součinitel posuvu při 50% průměrného zatížení při porušení cv_{δ} [%]. Pokud je posuv při 50% zatížení při porušení větší než 0,4 mm, cv_{δ} nesmí přesáhnout 40 %.

Tabulka 2.4 Hodnoty γ_{inst} a α pro kontakt s výztuží

Činitel γ_{inst}	α
1,0	$\geq 0,85$
1,2	$\geq 0,70$
1,4	$\geq 0,60$

2.2.5 Minimální vzdálenost od okraje a rozteč (série zkoušek F11)**Účel zkoušky**

Zkoušky jsou provedeny pro kontrolu, že nedojde k prasknutí betonu během instalace kotvicího prvku.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.4.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Zkouška se provede v betonu bez trhlin C20/25. Použije se vrták s průměrem $d_{cut,m}$ pro vyvrtání otvorů, do kterých jsou kotvicí prvky instalovány. Dva kotvicí prvky se instalují s minimální vzdáleností od okraje c_{min} a minimální roztečí s_{min} do zkušební tělesa s minimální tloušťkou h_{min} použitou pro kotvicí prvek.

Minimální vzdálenost od okraje c_{min} a minimální rozteč s_{min} kotvicího prvku jsou určeny výrobcem. Vzdálenost od okraje a rozteč musí být zaokrouhleny nejméně na 5 mm. Nesmí být menší než 4 d_0 a 35 mm.

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací

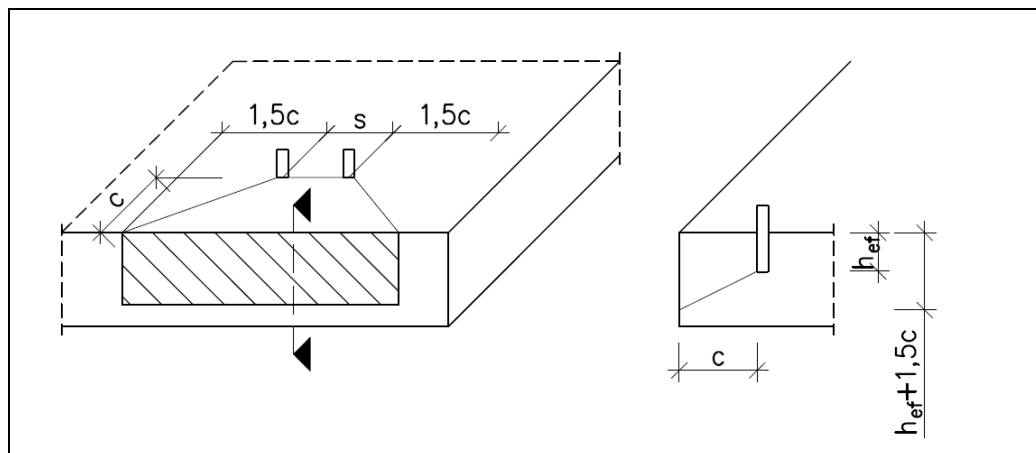
Umístěte skupinu dvou kotvicích prvků s minimální vzdáleností od okraje a minimální roztečí na okraj dílce s minimální tloušťkou prvku ($s = s_{min}$, $c = c_{min}$, $h = h_{min}$). Instalujte kotvicí prvky s plným rozepřením. Pokud se objeví trhлина během instalace, zkoušku opakujte se zvětšenou vzdáleností od okraje a roztečí.

Posouzení:

Po instalaci zvětšete plánovanou oblast prasknutí $A_{sp,t} = (3 c_{min} + s_{min})(1,5 c_{min} + h_{ef})$ o činitel 1,3 (beton s trhlínami) a 1,7 (beton bez trhlin).

Pro použití v betonu s trhlínami: $\alpha_{sp} = 1,3 \cdot A_{sp,t}$

Pro použití pouze v betonu bez trhlin: $\alpha_{sp} = 1,7 \cdot A_{sp,t}$

**Obrázek 2.5** Projekční plocha A_{sp}

Zařezávací kotvicí prvky

Pokud je průměrná předpínací síla při maximální krouticím momentu uvedeném výrobcem menší, než charakteristické zatížení při porušení betonu podle prEN 1992-4 [16], musí být navíc ke zkouškám ke zjištění minimální vzdálenosti od okraje a minimální rozteče provedeny zkoušky tahem podle Technické zprávy TR 048 [9] se skupinou dvou kotvicích prvků rovnoběžně s okrajem ($s = s_{min}$, $c = c_{min}$, $h = h_{min}$).

Pro použití v betonu s trhlinami se předpokládá, že výztuž začne účinkovat, jakmile se objeví první trhлина. V důsledku toho je přijatelné nižší rozpětí mezi aplikovaným krouticím momentem při tvorbě trhliny a určeným krouticím momentem. To může vést k rozdílným hodnotám (s_{min} , c_{min}) pro použití v betonu s trhlinami a bez trhlin.

Minimální rozteč s_{min} a minimální vzdálenost od okraje c_{min} musí být vyhodnoceny z výsledků zkoušek se skupinou dvou kotvicích prvků ($c = c_{min}$, $s = s_{min}$). 5% kvantil krouticího momentu, $T_{5\%}$, vypočtený podle rovnice (A.9), při němž se na jednom kotvicím prvku ze skupiny dvou kotvicích prvků objeví vlasová trhлина, musí splňovat rovnici (2.9).

$$T_{5\%} \geq k \cdot \max T_{fix} (f_c / f_{c,t})^{0,5} \quad (\text{pro porušení betonu}) \quad (2.9)$$

Pro k mohou být převzaty následující hodnoty:

- (a) Rozptyl součinitelů tření určujících velikost síly způsobující prasknutí při požadovaném nebo doporučeném krouticím momentu je během výroby regulován na hodnoty, které odpovídají kotvicím prvkům použitým při zkouškách.

k	=	1,3	kotvení v betonu s trhlinami
	=	1,7	kotvení v betonu bez trhlin

- (b) Rozptyl součinitelů tření určujících velikost síly způsobující prasknutí při požadovaném nebo doporučeném krouticím momentu není během výroby regulován na hodnoty, které odpovídají kotvám použitým při zkouškách.

k	=	1,5	kotvení v betonu s trhlinami
	=	2,1	kotvení v betonu bez trhlin

Výběr (a) nebo (b) v posouzení musí být zohledněn v FPC.

Síly způsobující prasknutí při požadovaném nebo doporučeném krouticím momentu závisejí na předpínací síle vyvozené během utahování a na poměru síly způsobující prasknutí k předpínací síle. Předpínací síla a síla způsobující prasknutí mohou být měřeny v rámci vhodných zkoušek (viz Technická zpráva TR 048 [9]).

Poznámka 9: Pokud dojde v sérii zkoušek k porušení oceli, navýšení vzdálenosti od okraje a rozteče nezmění druh porušení a zkoušená vzdálenost od okraje a rozteč platí.

Zařezávací kotvicí prvky

Pokud jsou provedeny zkoušky tahem, charakteristická únosnost při porušení se musí rovnat nebo být větší než hodnota vypočtená pro porušení vytržením kužele betonu. Největší hodnota pro c_{min} odvozená ze dvou typů zkoušek je rozhodující.

2.2.6 Vzdálenost od okraje pro zabránění prasknutí při zatížení (série zkoušek F12)

Účel zkoušky

Zkoušky jsou provedeny pro stanovení charakteristické vzdálenosti od okraje, při které není prasknutí rozhodující.

Podmínky při zkoušce

Zkouška se provede v betonu bez trhlin C20/25. Použije se vrták s průměrem $d_{\text{cut},m}$ pro vyvrtání otvorů, do kterých jsou kotvicí prvky instalovány. Kotvicí prvek se instaluje do rohu zkušebního tělesa s minimální tloušťkou h_{min} ve vzdálenosti od okraje rovné $c_1 = c_2$. Vzdálenost od okraje a minimální tloušťka betonu jsou navrženy výrobcem. Zkouška tahem se provede podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.3.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{\text{cut},m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s plným rozepřením podle TR 048.

Posouzení

Charakteristická vzdálenost od okraje $c_{\text{cr},sp}$ je vyhodnocena z výsledků zkoušek tahem jednotlivých kotvicích prvků v rohu ($c_1 = c_2 = c_{\text{cr},sp}$). Průměrné zatížení při porušení s kotvicími prvky v rohu musí být statisticky rovnocenné kotvicím prvkům bez účinku okraje a rozteče (Tabulka A.1, řádek A1) při stejné pevnosti betonu. Pokud tato podmínka není splněna, musí být vzdálenost od okraje náležitě navýšena.

Charakteristická únosnost při prasknutí $N_{\text{RK},sp}^0$ musí být určena rovnicí (2.10). Je to nižší hodnota buď z charakteristické únosnosti při porušení vytažením ($N_{\text{RK},p}$ podle rovnice (2.8)) nebo z porušení betonu ($N_{\text{RK},c}^0$ podle prEN 1992-4 [16]).

$$N_{\text{RK},sp}^0 = \min \{N_{\text{RK},c}; N_{\text{RK},p}\} \quad (2.10)$$

2.2.7 Únosnost při porušení oceli při zatížení smykem

2.2.7.1 Jednotlivý kotvicí prvek (série zkoušek V1)

Charakteristická únosnost při porušení oceli může být vypočtena pro ocelové prvky s konstantní pevností po celé délce prvku jak je uvedeno níže. Použije se nejmenší plocha průřezu v oblasti zatížení.

$$V_{\text{RK},S}^0 = \alpha_v \cdot A_s \cdot f_{uk} = 0,5 \cdot A_s \cdot f_{uk} \quad [\text{N}] \quad (2.11)$$

$$M_{\text{RK},S}^0 = 1,2 \cdot W_{el} \cdot f_{uk} \quad [\text{Nm}] \quad (2.12)$$

Poznámka 10: Hodnota $\alpha_v = 0,5$ je doporučena pro uhlíkové oceli s mezí pevnosti v tahu do 1000 N/mm². Pro mez pevnosti menší než 500 N/mm² je tato hodnota považována za konzervativní. Návrhová ustanovení prEN 1992-4 jsou platná pro zapuštěné kovové části se jmenovitou pevností v tahu $f_{uk} \leq 1000 \text{ N/mm}^2$, kromě šroubů do betonu kde tyto limity neplatí.

Pokud nelze použít rovnice (2.11), musí být charakteristická únosnost při porušení oceli $V_{\text{RK},S}$ určena zkouškami.

Účel zkoušky

Tyto zkoušky jsou provedeny pro stanovení únosnosti jednotlivého kotvicího prvku ve smyku bez vlivu okraje a tím ustanovení charakteristické $V_{\text{RK},S}$ a stejně tak i pro stanovení posuvu během zatížení smykem.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.6.1.

Zkoušky jsou požadovány pouze, pokud má kotvicí prvek významně redukovanou část podél oblasti, kde dochází k přenosu zatížení vzhledem ke smykovému zatížení, nebo když je pro přenos smykového zatížení používána víc než jedna část kotvicího prvku (např. pouzdro u objímkového typu kotvicího prvku nebo zašroubované prvky). Pro všechny ostatní kotvicí prvky může být únosnost ve smyku určena pomocí rovnic (2.11) a (2.12).

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{\text{cut},m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Tabulka 2.1 Průměr otvoru v připevňovaném prvku

vnější průměr ¹⁾ d nebo d_{nom} [mm]	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	> 30
průměr d_f otvoru v připevňovaném prvku [mm]	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33	d+3 mm nebo d_{nom} +3 mm

- 1) d pokud připevňovaný prvek zatěžuje šroub
 d_{nom} pokud připevňovaný prvek zatěžuje objímku

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC)

Rozpěrné kotvicí prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s plným rozepřením podle TR 048.

Šrouby do betonu (CS)

Otvor v připevňovaném prvku musí být pro šroub do betonu zvolen tak, aby bylo možno provést instalaci.

Posouzení

Následující posouzení musí být učiněno pro každou velikost kotvicího prvku a pro každou hloubku zapuštění.

Zatížení při porušení

- Určí se průměrná hodnota zatížení při porušení $V_{Ru,m}$.
- Určí se $V_{Rk,s} = V_{u,5\%}$ jako 5% kvantil zatížení při porušení $V_{u,5\%}$ [kN], převedený na jmenovitou pevnost oceli podle A2.3.

Posuvy:

- Série zkoušek je také potřeba pro stanovení posuvů δ_{v0} v části 2.2.9.

2.2.7.2 Skupina kotvicích prvků

Charakteristická únosnost skupiny kotvicích prvků je v případě porušení oceli ovlivněna tažností kotvicích prvků. Činitel k_7 tento vliv zohledňuje a je vyžadován v prEN 1992-4 [16].

Činitel k_7 může být předpokládán následovně:

- $k_7 = 1,0$ pro tažnou ocel charakterizovanou lomovým prodloužením $A_5 > 8\%$;
 $k_7 = 0,8$ pro ocel charakterizovanou lomovým prodloužením $A_5 \leq 8\%$.

2.2.8 Únosnost při porušení vylomením (série zkoušek V2)**Účel zkoušek**

Série zkoušek je provedena pro stanovení činitele k_8 pro návrh podle prEN 1992-4 [16] pro porušení vylomením. Série zkoušek je volitelná. Pokud nejsou zkoušky provedeny, platí výchozí hodnoty pro k_8 podle Tabulky 2.6.

Tabulka 2.2 Výchozí hodnoty pro k_8

Účinná hloubka zapuštění h_{ef} [mm]	k_8 [-]
< 60 mm	1,0
≥ 60 mm	2,0

Podmínky při zkoušce

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.6.2.

Série zkoušek je provedena se skupinou 4 kotvicích prvků v betonu bez trhlin C20/25 podle Technické zprávy TR 048 [9]. Rozteč je zvolena jako $s = s_{cr,N}$ a vzdálenost od okraje $c \geq c_{cr,N}$. Pokud dojde k porušení oceli, může být rozteč zmenšena.

Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5. Rozpěrné kotvici prvky aktivované deformací (DC) musí být instalovány s plným rozepřením podle TR 048.

Posouzení

Vlastnosti při porušení vylomením mohou být volitelně odvozeny ze zkoušek podle Tabulky A.1 řádek V2. 5% kvantil zatížení při porušení $V_{u,5\%}$ v sérii zkoušek je porovnán s charakteristickou únosností skupiny kotvicích prvků při tahovém zatížení v betonu bez trhlin $N_{Rk,ucr}$ podle rovnic (2.13) a (2.14).

$$k_8 = \frac{V_{u,5\%}}{N_{Rk,ucr}} \quad (2.13)$$

$$N_{Rk,ucr} = k_{ucr} \cdot h_{ef}^{1.5} \cdot \sqrt{f_{c,t}} \cdot \frac{(s + 3h_{ef})^2}{9h_{ef}^2} \quad (2.14)$$

2.2.9 Únosnost při porušení okraje betonu

Geometrické hodnoty d_{nom} a ℓ_f použité pro návrh jsou dány následovně:

d_{nom} vnější průměr kotvicího prvku vzhledem k zatížení smykem

ℓ_f účinná délka kotvicího prvku pro přenos smykového zatížení

2.2.10 Charakteristická únosnost pro zjednodušenou návrhovou metodu

2.2.10.1 Metoda B

F_{Rk}^0 a odpovídající γ_M je rozhodující porušení pro všechny směry zatížení:

$$F_{Rk}^0 / \gamma_M = \min (N_{Rk,S} / \gamma_{Ms}; N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}; N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}; V_{Rk,S} / \gamma_{Ms}) \quad (2.15)$$

$$C_{cr} = C_{cr,N} \quad (2.16)$$

$$S_{cr} = S_{cr,N} \quad (2.17)$$

Pokud nejsou k dispozici národní předpisy, jsou doporučené hodnoty pro γ_{Ms} , γ_{Mc} , γ_{Mp} uvedeny v EN 1992-4 Tabulka 4.1.

2.2.10.2 Metoda C

F_{Rk} a odpovídající γ_M je rozhodující porušení pro všechny směry zatížení:

$$F_{Rk} / \gamma_M = \min (N_{Rk,S} / \gamma_{Ms}; N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}; N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}; V_{Rk,S} / \gamma_{Ms}) \quad (2.18)$$

Pokud nejsou k dispozici národní předpisy, jsou doporučené hodnoty pro γ_{Ms} , γ_{Mc} , γ_{Mp} uvedeny v EN 1992-4 Tabulka 4.1.

2.2.11 Posuvy

Posuvy při krátkodobém a dlouhodobém zatížení tahem a smykem musí být uvedeny v ETA pro zatížení F , které odpovídá přibližně hodnotě podle rovnice (2.19).

$$F = \frac{F_{Rk}}{1,4 \cdot \gamma_M} \quad (2.19)$$

Hodnoty posuvu při krátkodobém zatížení tahem a smykem (δ_{NO} a δ_{VO}) se vyhodnocují podle zkoušek na jednotlivých kotvicích prvcích bez účinků okraje nebo rozteče podle Tabulky A.1 řádek A1 až A4 a V1. Odvozená hodnota musí odpovídat maximální hodnotě získané v sérii zkoušek pro danou úroveň zatížení.

Hodnoty posuvu při krátkodobém zatížení tahem a smykem δ_{NO} a δ_{VO} závisí na třídě pevnosti a stavu betonu (bez trhlin, s trhlami). Obecně však postačí, jestliže se pro posuv při zatížení tahem a smykem uvede vždy po jedné hodnotě, která představuje nejnepríznivější stav a platí pro všechny třídy pevnosti betonu a pro beton s trhlami i bez trhlin.

Při zatížení smykem by se posuv mohl zvětšovat vlivem mezery mezi připevňovaným prvkem a kotvicím prvkem. V ETA musí být jasně stanoveno, zda byla tato mezera vzata v úvahu při posouzení.

U kotvicích prvků určených k použití v betonu s trhlinami se posuv při dlouhodobém zatížení tahem $\delta_{N\infty}$ vypočte z výsledků zkoušek se změnou šířky trhlin (viz Tabulka A.1, řádek F3) podle rovnice (2.20).

$$\delta_{N\infty} = \frac{\delta_{m1}}{1,5} \quad (2.20)$$

U kotvicích prvků určených k použití v betonu pouze bez trhlin se posuv při dlouhodobém zatížení tahem $\delta_{N\infty}$ vypočte z výsledků zkoušek stálého zatížení (viz Tabulka A.1, řádek F4) podle rovnice (2.21).

$$\delta_{N\infty} = \frac{\delta_{m2}}{2,0} \quad (2.21)$$

Hodnoty posuvu při dlouhodobém zatížení smykem $\delta_{V\infty}$ lze pokládat přibližně rovné 1,5násobku hodnoty δ_{V0} .

Zatížení, při kterém dojde poprvé ke skluzu, nelze, s výjimkou zvláštních případů, při dlouhodobé zkoušce zjistit vzhledem k účinkům smršťování a dotvarování betonu, tvorby trhlin atd.

2.2.12 Trvanlivost

Vlastnosti kotvicího prvku se nesmí měnit během délky užívání. Z toho důvodu nesmí být mechanické vlastnosti, na kterých závisí funkční a nosné vlastnosti kotvicího prvku (např. materiál, povlak), nepříznivě ovlivněny okolními fyzikálně-chemickými vlivy, jako je koroze a opotřebení způsobené okolními podmínkami (např. zásaditost, vlhkost, znečištění). Navíc, ty části kotvicích prvků, které jsou určeny pro pohyb vůči sobě během instalace (např. matice na závit nebo kužel v objímce) nebo při použití (např. kužel v objímce) se nesmí zadřít, aby nedošlo ke zhoršení vlastností při zatížení kotvicího prvku.

V rámci posouzení trvanlivosti konstrukčních výrobků musí být zvaženo následující:

a) Koroze

Postupy posuzování/zkoušení potřebné v souvislosti s odolností proti korozi, budou záviset na specifikaci kotvicího prvku vzhledem k jeho použití. Není třeba podávat důkaz, že ke korozi nedojde, jsou-li kovové části kotvicích prvků chráněny před korozí, jak se uvádí níže:

(1) Kotvicí prvky určené k použití v konstrukcích vystavených suchému, vnitřnímu prostředí:

Žádná zvláštní ochrana proti korozi ocelových částí není zapotřebí, protože povlak, zabraňující korozi během uskladnění před použitím a zajišťující řádné fungování (pozinkování s minimální tloušťkou povlaku 5 mikronů), je považován za dostatečný.

(2) Kotvicí prvky určené k použití v konstrukcích vystavených venkovnímu prostředí (včetně průmyslového a mořského prostředí) nebo trvale vlhkému vnitřnímu prostředí, pokud nejsou přítomny zvláštní agresivní podmínky podle (3):

Kovové části kotvicího prvku zhotoveny z korozivzdorné oceli jakosti 1.4401, 1.4404, 1.4578, 1.4571, 1.4362, 1.4062, 1.4162, 1.4662, 1.4439, 1.4462 nebo 1.4539 podle EN 10088 a 5:2014 [3] jsou považovány za dostatečně trvanlivé.

(3) Kotvicí prvky určené k použití v konstrukcích vystavených venkovnímu prostředí nebo trvale vlhkému vnitřnímu prostředí nebo agresivním podmínkám jako jsou trvalé nebo střídavé ponoření do mořské vody nebo vystavení účinkům tříště mořské vody, chloridová atmosféra krytých bazénů nebo extrémně chemicky znečištěné prostředí (např. v odsířovacích zařízeních nebo v silničních tunelech, kde se používají prostředky proti námraze):

Kovové části kotvicího prvku zhotoveny z korozivzdorné oceli jakosti 1.4529, 1.4565 a 1.4547 podle EN 10088-3 [3] jsou považovány za dostatečně trvanlivé.

b) Povlak

Musí být prokázána trvanlivost povlaku, který zaručí funkčnost a nosné vlastnosti kotvicího prvku.

Žádné zvláštní podmínky při zkoušce pro kontrolu trvanlivosti jakéhokoliv povlaku nemohou být v EAD uvedeny, protože závisí na typu povlaku. O příslušné zkouškách musí rozhodnout zodpovídající TAB na základě specifického typu povlaku a určeným podmínkám použití (např. suché vnitřní nebo vnější podmínky).

Následující podmínky okolního prostředí musí být vzaty v úvahu při posuzování trvanlivosti povlaku:

suché vnitřní podmínky

- vysoká zásaditost ($\text{pH} \geq 13,2$)
- rozsah teplot -5°C až $+40^{\circ}\text{C}$

ostatní podmínky okolního prostředí

- vysoká zásaditost ($\text{pH} \geq 13,2$)
- rozsah teplot -5°C až $+80^{\circ}\text{C}$
- kondenzovaná voda
- chloridy
- oxid siřičitý
- oxid dusíku
- amoniak

Pozinkování (elektrolytické nebo žárové) není potřeba podrobovat zkouškám, pokud je použito ve vnitřních suchých podmínkách.

c) Zadírání

Žádné zvláštní podmínky při zkouškách nejsou uvedeny pro prokázání shody s požadavky uvedenými v prvním odstavci výše, protože závisí na specifických opatření použitých k zabránění zadření a musí být o nich rozhodnuto zodpovídajícím TAB.

Posouzení nebezpečí zadření v kotvicích prvků z nerezové oceli je postaveno na základě zvážení použitého stupně(ů) a povrchové úpravy oceli vzhledem k existující zkušenosti se zadíráním v odpovídajících případech.

2.2.13 Požární odolnost při porušení oceli (zatížení tahem)

Účel zkoušky

Zkoušky jsou provedeny pro určení odolnosti kotvicího prvku při porušení oceli při zatížení tahem a vystavení požáru. Určení doby trvání požární odolnosti je podle podmínek uvedených v EN 1363-1 [13] za použití „křivky standardní teplota/čas“ (STC).

Podmínky při zkoušce

Zkoušky jsou provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9]. Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{\text{cut},m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Posouzení

Zkoušky musí být provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9], 3.8.1.

Z požárních zkoušek musí být určena dvojice variant [zkušební zatížení F / doba trvání porušení t_u] (pro vyhodnocení musí být vzaty v úvahu existující zkoušky v betonu s trhlinami, pokud porušení nastane po víc než 60 minutách). Zatížení při zkoušce F musí být převedeno na napětí oceli σ_s a pro každý kotvicí prvek zakresleno do diagramu v závislosti na době trvání požární odolnosti t_u (viz. Obrázek 2.6). Vzorec (křivka průměrné hodnoty) musí být určen lineární regresí dvojice variant $\sigma_s / (1/t_u)$ (viz. Obrázek 2.7) podle rovnice (2.22).

Výsledky zkoušky musí představovat regresní křivku podle Obrázku 2.6. Množina podobných výsledků zkoušek nemůže být použita pro určení regresní křivky. Pokud během zkoušky nedojde k selhání kotvicího prvku, výsledky nemohou být použity pro určení regresní křivky podle Obrázku 2.6.

$$\sigma_{s1} = p_1 + p_2 / t_u \quad (2.22)$$

Průměrná hodnota křivky podle rovnice (2.22) musí být snížena dodatečným činitelem $p_3 < 1$ tak, aby křivka probíhala skrz dvojici variant v nejnepříznivější zkoušce. Jako výsledek se získá hodnota na spodní hranici křivky podle rovnice (2.23).

$$\sigma_{s2} = p_3 (p_1 + p_2 / t_u) \quad (2.23)$$

Charakteristické napětí oceli pro dobu trvání požární odolnosti 60 min, 90 min a 120 min musí být vypočteno za použití rovnice (2.23) následovně:

$$\sigma_{Rk,s,fi(60)} = p_3 (p_1 + p_2 / 60 \text{ min})$$

$$\sigma_{Rk,s,fi(90)} = p_3 (p_1 + p_2 / 90 \text{ min})$$

$$\sigma_{Rk,s,fi(120)} = p_3 (p_1 + p_2 / 120 \text{ min})$$

Použitím dvou variant $t_u = 60 \text{ min} / \sigma_{Rk,s,fi(60 \text{ min})}$ a $t_u = 90 \text{ min} / \sigma_{Rk,s,fi(90 \text{ min})}$ musí být odvozena následující rovnice:

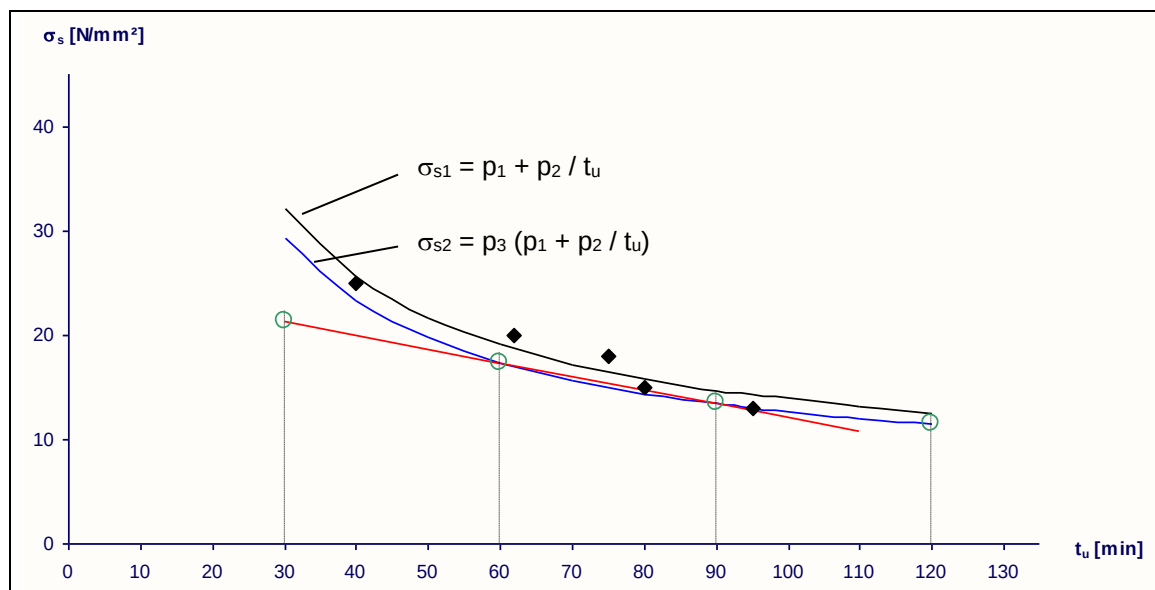
$$\sigma_{s3} = p_4 - p_5 \cdot t_u \quad (2.24)$$

Charakteristické napětí v oceli po dobu požární odolnosti 30 min musí být vypočteno použitím rovnice (2.24) následovně:

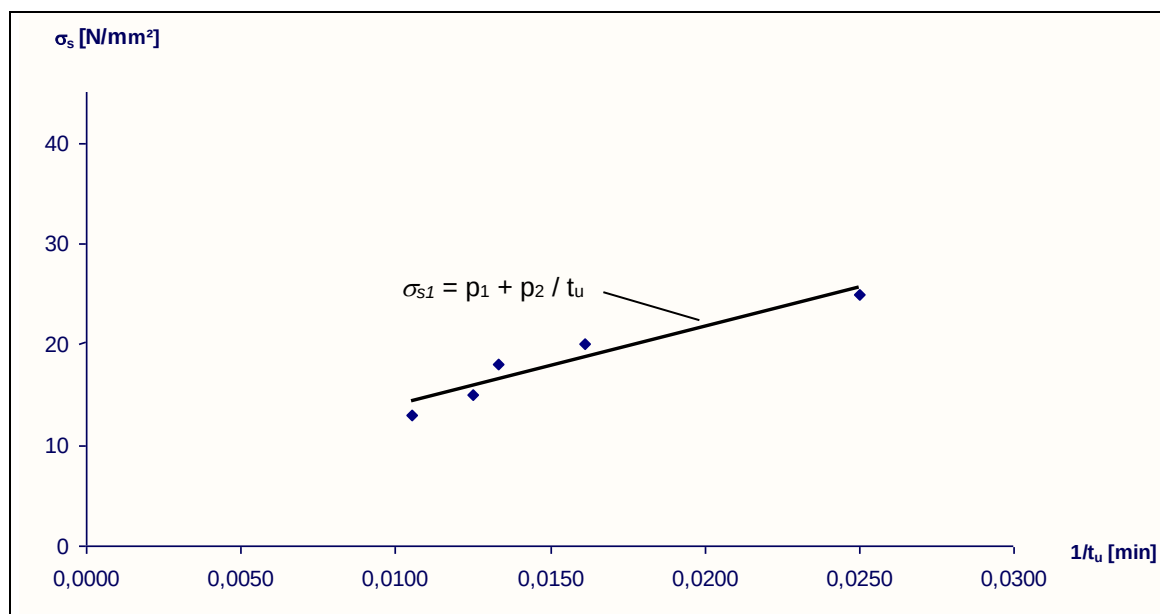
$$\sigma_{Rk,s,fi(30)} = p_4 - p_5 \cdot 30 \text{ min} \quad (2.25)$$

$$N_{Rk,s,fi} = \sigma_{Rk,s,fi} \cdot A_s \quad (2.26)$$

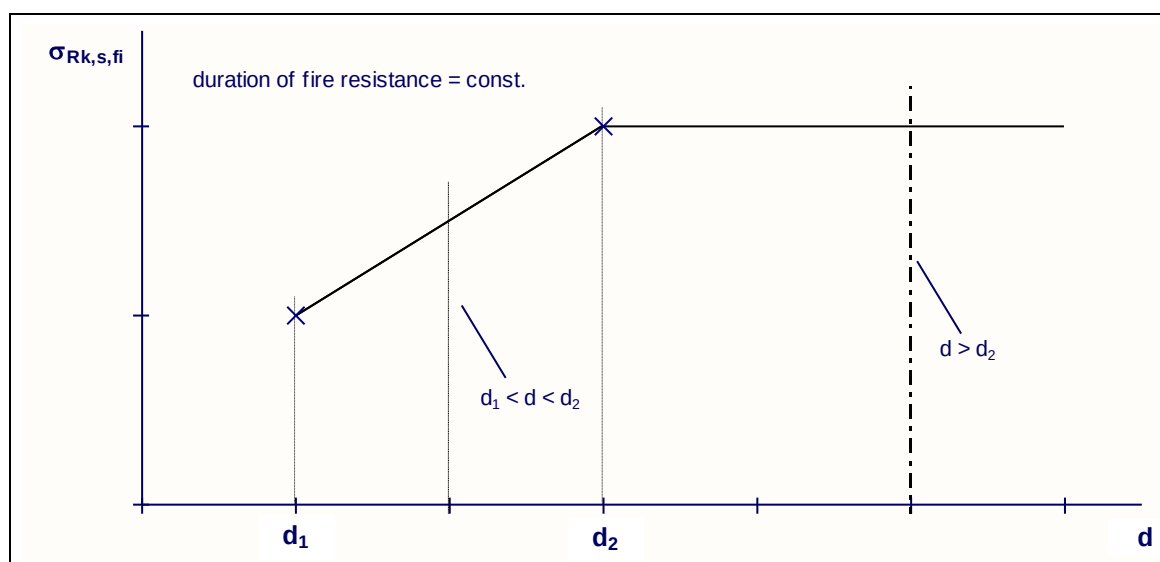
Pokud jsou zkoušky provedeny pouze se dvěma velikostmi kotvicích prvků (d_1 a d_2), může být charakteristické napětí v oceli pro mezilehlé velikosti ($d_1 \leq d \leq d_2$) vypočteno lineární interpolací bez dodatečných zkoušek (viz. Obrázek 2.8) pouze pokud poměr pevnosti oceli $\sigma_{Rk,s,d2}$ není větší než $2 \times \sigma_{Rk,s,d1}$. Pro kotvicí prvky $d > d_2$ může být charakteristické napětí v oceli vypočtené pro d_2 převzato bez dalších zkoušek.



Obrázek 2.6 Určení charakteristického napětí v oceli



Obrázek 2.7 Určení regresní rovnice



Obrázek 2.8 Interpolace mezilehlých velikostí pro konstantní dobu trvání požární odolnosti

2.2.14 Požární odolnost při porušení vytažením (zatížení tahem)

Účel zkoušky

Zkoušky jsou provedeny pro určení odolnosti kotvicího prvku při porušení vytažením při zatížení tahem a vystavení požáru. Určení doby trvání požární odolnosti je podle podmínek uvedených v EN 1363-1 [13] za použití „křivky standardní teplota/čas“ (STC).

Podmínky při zkoušce

Zkoušky jsou provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9] 3.8.2. Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Posouzení

Posouzení musí být provedeno stejným způsobem jako pro porušení oceli při zatížení tahem (viz. 2.2.13). Při vyhodnocování systému může být vztah mezi charakteristickou únosností při vytažení $N_{Rk,p,fi}$ po dobu trvání požární odolnosti 30 min, 60 min, 90 min a 120 min a charakteristickou únosností při vytažení $N_{Rk,p}$ pro beton s trhlinami C20/25 podle 2.2.2 použit pro všechny velikosti kotvicího prvku.

2.2.15 Požární odolnost při porušení oceli (zatížení smykem)**Účel zkoušky**

Zkoušky jsou provedeny pro určení odolnosti kotvicího prvku při porušení oceli při zatížení smykem a vystavení požáru. Určení doby trvání požární odolnosti je podle podmínek uvedených v EN 1363-1 [13] za použití „křivky standardní teplota/čas“ (STC). Mezní pevnost kotvicích prvků při vystavení požáru při zatížení tahem může být použita pro zatížení smykem jako konzervativní předpoklad. V takovém případě mohou být zkoušky vynechány.

Podmínky při zkoušce

Zkoušky jsou provedeny podle Technické zprávy TR 048 [9] 3.8.3. Otvory musí být vyvrtány vrtákem s řezným průměrem $d_{cut,m}$ podle Technické zprávy 048 [9], Obrázek 3.5.

Posouzení

Posouzení musí být provedeno podle 2.2.13

$$V_{Rk,s,fi} = \sigma_{Rk,s,fi} \cdot A_s \quad (2.27)$$

$$M^0_{Rk,s,fi} = 1,2 \sigma_{Rk,s,fi} \cdot W_{el} \quad (2.28)$$

3. POSOUZENÍ A OVĚŘENÍ STÁLOSTI VLASTNOSTÍ

3.1 Systém posouzení a ověření stálosti vlastností, který má být použit

Pro výrobky, na které se vztahuje tento EAD, se použije Evropské právní rozhodnutí: 1996/582/EC.

Systém: 1

3.2 Úkoly výrobce

Základní body činností, které mají být provedeny výrobcem mechanických kotvicích prvků při postupu posouzení a ověření stálosti vlastností jsou stanoveny dole v Tabulce 3.1.

Výrobce musí zajistit, že výrobek uvedený na trh je shodný s posouzeným výrobkem např. prokázáním shodných výsledků při prověře systému řízení výroby.

Tabulka 3.1 Kontrolní plán pro výrobce; základní body

Č.	Předmět/typ kontroly	Zkouška nebo kontrolní metoda	Kritéria, pokud jsou	Minimální počet vzorků	Minimální četnost kontroly
Prověrka systému řízení výroby (FPC) [včetně zkoušení vzorků odebraných v továrně podle předepsaného zkušebního plánu]*					
Kovové části					
1	Rozměry (vnější průměr, vnitřní průměr, délka závitu, atd.)	Kalibr nebo měřidla	Stanoveny v kontrolním plánu	3	Každá vyrobená dávka nebo 100000 prvků nebo když byla změněna surovina **)
2	Zatížení v tahu nebo pevnost v tahu *)	EN ISO 6892-1 [29] EN ISO 898-1 [25] EN ISO 3506-1 [20]		3	
3	Mez kluzu *)	EN ISO 6892-1 [29] EN ISO 898-1 [25] EN ISO 3506-1 [20]		3	
4	Tvrdost jádra a tvrdost povrchu (na určitých bodech výrobku s ohledem na funkčnost) - případně	Zkoušky podle EN ISO 6507 [20] nebo EN ISO 6507 [22]		3	
5	Drsnost kuželu - případně	profilová metoda podle EN ISO 12085 Softwarové měření EN ISO 5436 [31] kalibrace EN ISO 12179 EN ISO 1302 [30]		3	
6	Pozinkování - případně	Rentgenospektrometrické měření podle EN ISO 3497 [32], magnetická metoda podle EN ISO 2178 [33], Metoda vířivých proudů využívající fázových změn podle EN ISO 21968 [34]		3	
7	Lomové prodloužení - případně	EN ISO 6892-1 [29] EN ISO 898-1 [25]		3	
8	Hrot z tvrdého kovu u kotvicího prvku vyrobeného z nerezové oceli - případně	kontrola materiálu, geometrie, pozice a upevnění k nerezové oceli		3	

*) Zkoušky podle norem, nicméně, v případě potřeby provedené na konečném výrobku s odpovídajícím uzpůsobením dohodnuté s TAB (např. geometrické hledisko)

**) Menší kontrolní interval je rozhodující

3.3 Úkoly oznámeného subjektu

Základní body činností, které mají být provedeny oznámeným subjektem při postupu posouzení a ověření stálosti vlastností mechanických kotvicích prvků jsou stanoveny dole v Tabulce 3.2.

Tabulka 3.2 Kontrolní plán pro oznámený subjekt; základní body

Č.	Předmět/typ kontroly	Zkouška nebo kontrolní metoda	Kritéria, pokud jsou	Minimální počet vzorků	Minimální četnost kontroly
Počáteční inspekce ve výrobě a prověrka systému řízení výroby					
1	Je třeba ověřit, že systém řízení výroby s personálem a vybavením jsou schopni zajistit souvislou a řádnou výrobu mechanických kotvicích prvků.	-	Stanoveno v kontrolním plánu	-	1
Průběžný dohled, posouzení a vyhodnocení systému řízení výroby					
2	Ověření, že systém řízení výroby a specifikované automatizované postupy jsou udržovány s ohledem na kontrolní plán.	-	Stanoveno v kontrolním plánu	-	1/rok

4. ODKAZY NA DOKUMENTY

Pokud není v seznamu uvedeno datum vydání normy, vztahuje se odkaz na verzi normy, která byla platná v době vydání Evropského technického posouzení

- [1] ASTM E2935, Standardní postup pro provádění rovnocenných zkoušek v laboratorních podmínkách
- [2] BS 1377-4:1990, Metody zkoušení půd pro účely stavebního inženýrství. Zkoušky související se zhutněním
- [3] DIN 18127:2012, Půda, vyšetřování a zkoušení – Proctorova zkouška
- [4] EAD 330011-00-0601, Stavitelné závrtné šrouby do betonu
- [5] EAD 330076-00-0604, Kovové injektážní kotvy pro použití ve zdivu
- [6] EAD 330087-00-0601, Systémy pro dodatečné vložení výztuže pomocí malty
- [7] EAD 330499-00-0601, Lepené kotvicí prvky do betonu
- [8] EAD 330747-00-0601, Kotvicí prvky do betonu používané v redundantních nenosných systémech
- [9] Technická zpráva 048:2016-08 „Podrobnosti zkoušek dodatečně instalovaných kotvicích prvků do betonu“
- [10] Technická zpráva 049:2016-08 „Posouzení kovových kotvicích prvků při seismickém zatížení“
- [11] EN 197-1, Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
- [12] EN 206:2013, Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [13] EN 1363-1, Zkoušení požární odolnosti - Část 1: Základní požadavky
- [14] EN 1992-1-1, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [15] EN 1992-1-2, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- [16] FprEN 1992-4:2016, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 4: Navrhování kotvení do betonu
- [17] EN 1993-1-1, Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [18] EN 10088-3: Korozivzdorné oceli – Část 3: Technické dodací podmínky pro polotovary, tyče, válcované dráty, profily a lesklé výrobky z ocelí odolných korozi pro obecné použití
- [19] EN 1350, Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň, Část 2: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti kromě vzduchotechnických zařízení
- [20] EN ISO 3506, Mechanické vlastnosti spojovacích součástí z korozivzdorných ocelí - Část 1: Šrouby, Část 2: Matice
- [21] EN ISO 6507, Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Vickerse
- [22] EN ISO 6508, Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Rockwella
- [23] EN ISO/IEC 17025, Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
- [24] ISO 273, Spojovací součásti. Díry pro šrouby
- [25] ISO 898, Mechanické vlastnosti spojovacích součástí z uhlíkové a legované oceli
Část 1: Šrouby se specifikovanými třídami pevnosti - Hrubá a jemná rozteč
Část 2: Matice se specifikovanými třídami pevnosti - Hrubá a jemná rozteč
- [26] ISO 5468, Vrtáky s tvrzeným hrotem pro bezpříklepové a příklepové vrtání ve stavebnictví. Rozměry
- [27] ISO 5922, Temperovaná litina
- [28] ISO 6783, Hrubé kamenivo do betonu. Stanovení objemové hmotnosti a nasákavosti. Metoda vážením na hydrostatických vahách
- [29] EN ISO 6892-1, Kovové materiály - Zkoušení tahem - Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty
- [30] EN ISO 1302, Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Označování struktury povrchu v technické dokumentaci výrobků
- [31] ISO 5436-1, Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda, Měřicí etalony - Část 1: Hmotné míry
- [32] ISO 3497, Kovové povlaky. Měření tloušťky povlaku. Rentgenospektrometrické metody
- [33] ISO 2178, Nemagnetické povlaky na magnetických podkladech. Měření tloušťky povlaku. Magnetická Metoda
- [34] ISO 21968, Nemagnetické kovové povlaky na kovových a nekovových podkladových materiálech – Měření tloušťky povlaku - Metoda vířivých proudů využívající fázových změn
- [35] EN ISO 14638, Geometrické specifikace produktu (GPS) - Maticový model
- [36] EN ISO 4288, Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu

A PŘÍLOHA A PROGRAM ZKOUŠEK A OBECNÉ ASPEKTY POSOUZENÍ**A1 Program zkoušek**

Program zkoušek pro posouzení se skládá z

- Základních zkoušek tahem a základních zkoušek smykem pro posouzení základních hodnot únosnosti a
- Ostatních zkoušek pro posouzení charakteristické únosnosti vzhledem k různým vlivům pro příslušný rozsah použití podle určeného použití.

Tabulka A.1 Program zkoušek

Č.	Účel zkoušky	Beton	Šířka trhliny	Velikost	d _{cut}	n _{min}	r _{qd} . α	Požadováno pro	Část
Únosnost při porušení oceli při zatížení tahem									
N1	Únosnost oceli	-	0	Všechny	-	5	-	Všechny	2.2.1.1
N2	Maximální krouticí moment	C50/60	0	Všechny	d _{cut,m}	5		TC, UC, DC	2.2.1.2
N3	Vodíková křehkost	C50/60	0	Všechny	-	5	0,90	CS	2.2.1.3
Základní zkoušky tahem									
A1	Referenční zkoušky tahem	C20/25	0	Všechny	d _{cut,m}	5	-	Varianta 1-12	2.2.2.1
A2		C50/60	0	Všechny		5	-	CS: všechny varianty jako referenční pro N3 Ostatní: Varianta 7, 9, 11 ¹⁾	
A3		C20/25	0,3	Všechny		5	-	Varianta 1-6	
A4		C50/60	0,3	Všechny		5	-	Varianta 1,3,5 ¹⁾	
Únosnost při porušení vytažením									
F1	Maximální šířka trhliny a velký průměr otvoru	C20/25	0 0,50	s/m/l Všechny	d _{cut,max}	5 ³⁾	0,80	Varianta 7-12 Varianta 1-6	2.2.2.2
F2	Maximální šířka trhliny a malý průměr otvoru	C50/60	0 0,50	s/m/l Všechny	d _{cut,min}	5 ³⁾	1,00 0,80	Varianta 7-12 Varianta 1-6	2.2.2.3
F3	Změna šířky trhliny	C20/25	0,10-0,30	Všechny	d _{cut,max} d _{cut,m}	5 ³⁾	0,90	Varianta 1-6 UC, CS, Varianta 1-6	2.2.2.4
F4	Opakované zatížení	C20/25	0	m	d _{cut,m}	3	1,00	DC, TC, UC Varianta 1-12	2.2.2.5
		C20/25		Všechny		5		CS Varianta 1-12	
		C50/60		m		3		DC, TC Varianta 7-12	
F5	Robustnost kotvicího prvku typu se zatlačením objímky	C20/25	0 0,50	Všechny	d _{cut,m}	5	0,80	DC	2.2.2.6
F6	Krouticí moment v betonu nízké pevnosti	C20/25	0	Všechny	d _{cut,max}	10		CS	2.2.2.7
F7	Krouticí moment v betonu vysoké pevnosti	C50/60	0	Všechny	d _{cut,min}	10		CS	2.2.2.8
F8	Rázový šroubovák	C20/25	0	Všechny	d _{cut,max}	15		CS	2.2.2.9
F9	Robustnost při změně podmínek použití	C20/25	0	s/m/l	d _{cut,m}	5 ³⁾	0,95	Varianta 7-12	2.2.4.1
		C20/25	0,30	Všechny			0,80	UC, DC, CS Varianta 1-6	
		C50/60					0,70	TC Varianta 1-6	
F10	Robustnost při kontaktu s výztuží	C20/25	0,30	s/m ²⁾	d _{cut,m}	5 ³⁾	0,85 0,70 0,60	Varianta 1-6 UC, CS	2.2.4.2
F11	Minimální vzdálenost od okraje a rozteč	C20/25	0	Všechny	d _{cut,m}	5	-	Všechny	2.2.5
F12	Vzdálenost od okraje pro zabránění prasknutí při zatížení	C20/25	0	Všechny	d _{cut,m}	4	-	Varianta 1-12	2.2.6

Č.	Účel zkoušky	Beton	Šířka trhliny	Velikost	d_{cut}	n_{min}	$req. \alpha$	Požadováno pro	Část
Charakteristická únosnost při zatížení smykem									
V1	Charakteristická únosnost při porušení oceli při zatížení smykem	C20/25	0	Všechny	$d_{cut,m}$	5	-	Všechny	2.2.7.1
V2	Charakteristická únosnost při porušení vylomením	C50/60	0	Všechny	$d_{cut,m}$	5		Volitelná zkouška	2.2.8

- ¹⁾ Zkoušky mohou být vynechány, pokud je při referenčních zkouškách tahem v betonu pevnosti C20/25 porušení způsobenou přetržením oceli.
- ²⁾ Nezbytné pouze pro zařezávací kotvicí prvky a šrouby do betonu s $h_{ef} < 80$ mm určených k použití v betonových dílcích s výztuží o rozteči < 150 mm
- ³⁾ Jestliže se společně zkoušejí méně než tři velikosti kotvicího prvku a/nebo různé velikosti kotvicího prvku nejsou podobné, pokud se týká geometrie, tření mezi kuželem a objímkou (vnitřní tření) a tření mezi objímkou a betonem (vnější tření), musí se počet zkoušek zvýšit na 10 pro všechny velikosti kotvicího prvku.

Pro určené série zkoušek podle Tabulky A.1 může být použit snížený rozsah zkoušených velikostí, označený jako „s/m/l“. Počet průměrů, které mají být zkoušeny, v tom případě záleží na počtu požadovaných velikostí a je uveden v Tabulce A.2.

Tabulka A.2 Snížený rozsah zkoušených velikostí s/m/l

Počet požadovaných velikostí	Počet průměrů, které mají být zkoušeny
≤ 5	3
≤ 8	4
≤ 11	5
> 11	6

Ustanovení pro všechny série zkoušek

Pokud je to možné, musí se postupovat podle Technické zprávy TR 048 [9] s ohledem na zkušební dílce, nastavení zkoušek a vlastnosti zkoušek. Úpravy jsou řešeny v následujících částech, které mají vyšší platnost než rozporná ustanovení Technické zprávy TR 048 [9]. Zkoušky tahem jsou provedeny jako zkoušky bez zamezení vzniku porušení.

Doporučuje se, aby řešení zkoušek a kalibrace předmětů byly provedeny v souladu s EN ISO/IEC 17025 [23].

Jsou-li šrouby kotvicího prvku určeny k instalaci s více než jednou hloubkou zapuštění, je zpravidla nutné provést zkoušky ve všech hloubkách. Ve zvláštních případech, např. dochází-li k porušení oceli, může být počet zkoušek snížen.

A2 Obecné metody posuzování**A2.1 Přepočet zatížení při porušení na jmenovitou pevnost**

Přepočet zatížení při porušení musí být proveden podle rovnice (A.1) až (A.6) v závislosti na způsobu porušení.

Porušení betonu	$F_{u,c} = F_{u,t} \cdot \left(\frac{f_c}{f_{c,t}} \right)^{0,5} \quad \text{s} \quad \frac{f_c}{f_{c,t}} \leq 1,0$	(A.1)
Porušení vytažením	$F_{u,p} = F_{u,t} \cdot \left(\frac{f_c}{f_{c,t}} \right)^m \quad \text{s} \quad \frac{f_c}{f_{c,t}} \leq 1,0$	(A.2)
	$\psi_{c,50} = \min \left\{ \frac{N_{u,m,A2}}{N_{u,m,A1}}, \frac{N_{u,m,A4}}{N_{u,m,A3}} \right\} \leq 1,55$	(A.3)
	$n = \log(\psi_{c,50}) / \log(50/20)$	(A.4)
	$\psi_{c,xx} = \left(\frac{f_{ck,xx}}{f_{ck,20}} \right)^n$	(A.5)
Porušení oceli	$F_{u,s} = F_{u,t} \frac{f_u}{f_{u,t}}$	(A.6)

A2.2 Kritéria rozptylu zatížení při porušení

Pokud variační součinitel zatížení při porušení přesáhne 15% v jakékoliv sérii základních zkoušek a není větší než 30%, musí se počítat s následující snížením:

$$\beta_{cv} = \frac{1}{1 + 0,03(cv - 15)} \leq 1,0 \quad (A.7)$$

Pokud variační součinitel zatížení při porušení přesáhne 20% v jakékoliv jiné sérii zkoušek a není větší než 30%, musí se počítat s následující snížením:

$$\beta_{cv} = \frac{1}{1 + 0,03(cv - 20)} \leq 1,0 \quad (A.8)$$

Pokud je přesažena maximální mez 30% pro variační součinitel zatížení při porušení, musí se navýšit počet zkoušek, aby nedošlo k překročení meze. Tento EAD se nevztahuje na kotvicí prvky, u kterých není této meze dosaženo.

Pokud je variační součinitel menší než kritéria zmíněná výše, $\beta_{cv} = 1,0$.

Nejmenší výsledek β_{cv} musí být převzat pro posouzení.

A2.3 Stanovení 5% kvantilu

Hodnota 5% kvantilu mezního zatížení naměřená při zkouškách je vypočtena v souladu se statistickým postupem pro hladinu spolehlivosti 90%. Pokud nedojde k přesnému ověření, předpokládá se normální rozložení a neznámá směrodatná odchylka souboru.

$$F_{u,5\%} = F_{u,m} (1 - k_s \cdot cv_F) \quad (A.9)$$

$$F_{u,95\%} = F_{u,m} (1 + k_s \cdot cv_F) \quad (A.10)$$

např. $n = 5$ zkoušek: $k_s = 3,40$

$n = 10$ zkoušek: $k_s = 2,57$

Poznámka 11: Hladina spolehlivosti 90% je definována pro charakteristickou únosnost kotvicích prvků v prEN 1992-4 a proto je použita pro posouzení v tomto EAD.

A2.4 Určení redukčních činitelů α

Pro všechny série zkoušek musí být průměrné zatížení při porušení a 5% kvantil průměrného zatížení porovnány s odpovídající referenční sérií zkoušek ze základní série zkoušek:

$$\alpha = \min \left\{ \frac{F_{u,m,t}}{F_{u,m,r}}, \frac{F_{u,5\%,t}}{F_{u,5\%,r}} \right\} \quad (\text{A.11})$$

Pokud je počet zkoušek v obou sériích $n \geq 10$, může být provedeno porovnání 5% kvantilu zatížení při porušení za předpokladu, že hodnota k je 1,645, pouze pro určení činitele α .

Porovnání 5% kvantilu může být vynecháno při jakémkoliv počtu zkoušek v sérii zkoušek, jestliže variační součinitel v sérii zkoušek je menší, nebo se rovná variačnímu součiniteli ze série referenčních zkoušek, nebo pokud jsou variační součinitelé z obou zkušebních sérií menší než 15 %.

Pro zkoušky robustnosti při změnách podmínek použití a robustnosti při kontaktu s výztuží je použit redukční činitel α pro stanovení činitele γ_{inst} .

Pro všechny ostatní série zkoušek mohou být použity pro porovnání podle rovnice (A.11) následující odkazy:

- $F_{u,m,r} = N_{Rk,c} / 0,75$
- $F_{u,5\%,r} = N_{Rk}$ (charakteristická únosnost uvedená v ETA)

A2.5 Kritéria pro nekontrolovaný skluz při zatížení tahem

Křivky zatížení/posuv musí vykazovat plynulý růst (viz Obrázek 6.1). Pokles zatížení a/nebo vznik vodorovné nebo téměř vodorovné části křivky, způsobený nekontrolovaným skluzem kotvicího prvku, není přijatelný do zatížení:

$$\text{Zkoušky v betonu s trhlinami: } N_{sl} = 0,7 N_{Ru} \quad (\text{A.12})$$

$$\text{Zkoušky v betonu bez trhlin: } N_{sl} = 0,8 N_{Ru} \quad (\text{A.13})$$

Není-li při zkoušce splněn požadavek uvedený v rovnici (A.12) a (A.13), respektive pokud nastane $N_{sl} < 0,7 N_{Ru}$ a $N_{sl} < 0,8 N_{Ru}$, redukční činitel α_1 musí být určen pomocí rovnice (A.14)

$$\alpha_1 = N_{sl,t} / N_{Ru,t} \quad (\text{A.14})$$

kde

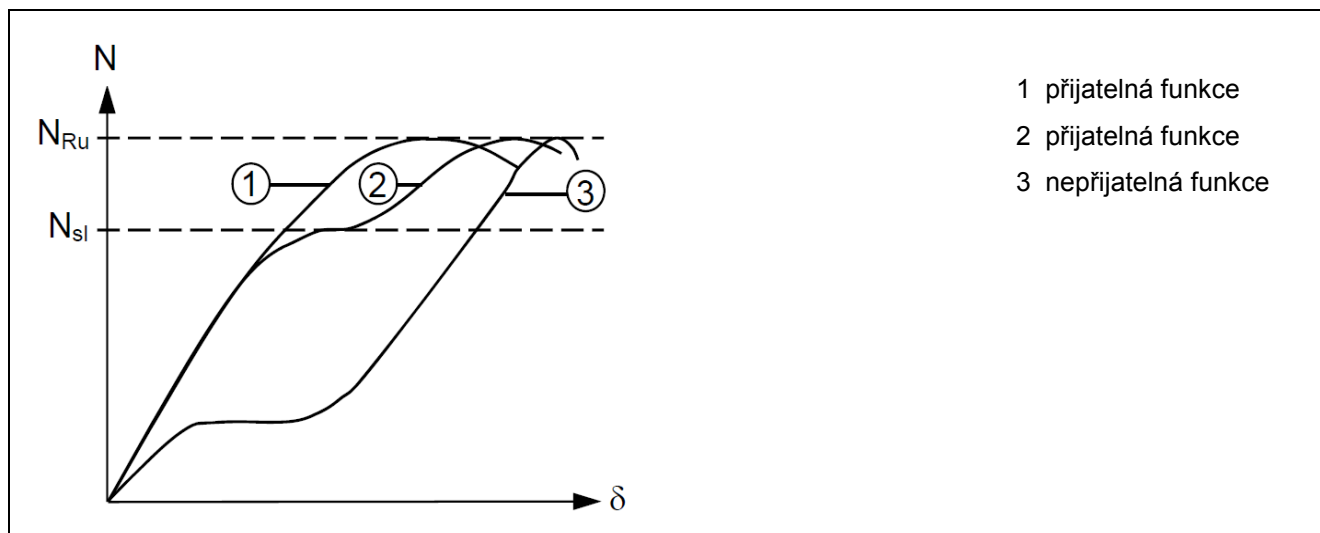
$N_{sl,t}$ = úroveň zatížení při které došlo během zkoušky k nekontrolovanému skluzu

$N_{Ru,t}$ = mezní zatížení při zkoušce

Toto snížení není nutné, jestliže v rámci jednotlivé série zkoušek nanejvýše při jedné zkoušce vykazuje křivka zatížení/posuv malé plato pod hodnotou stanovenou pomocí rovnice (A.12), za předpokladu, že jsou splněna všechna tato kritéria:

- odchylka není významná
- odchylku lze odůvodnit jako necharakteristickou pro chování kotvicího prvku, způsobenou vadou zkoušeného kotvicího prvku, zkušebního postupu apod.
- chování kotvicího prvku splňuje kritérium v dalších sériích 10 zkoušek

Ve všech zkouškách je do rovnice (2.8) vložena nejnižší hodnota pro α_1 / rqd. α_1 , s $\alpha_1 = 0,7$ pro zkoušky v betonu s trhlinami a rqd. $\alpha_1 = 0,8$ pro zkoušky v betonu bez trhlin.



Obrázek A.1 Požadavky na křivku zatížení/posuv

Nekontrolovaný skluz je definován pro různé typy kotvicích prvků následovně:

Kotvicí prvky aktivované krouticím momentem (TC)

K nekontrolovanému skluzu kotvicího prvku dochází, pokud se rozpěrná objímka pohybuje ve vyvrtaném otvoru. To lze rozeznat snížením zatížení a/nebo horizontální nebo skoro horizontální částí křivky zatížení/posuv (porovnání na Obrázku A.1). V případě pochybností o chování kotvicího prvku je nutné vhodným způsobem zaznamenat posuv rozpínací objímky oproti její původní poloze ve vyvrtaném otvoru během zkoušek tahem nebo po nich.

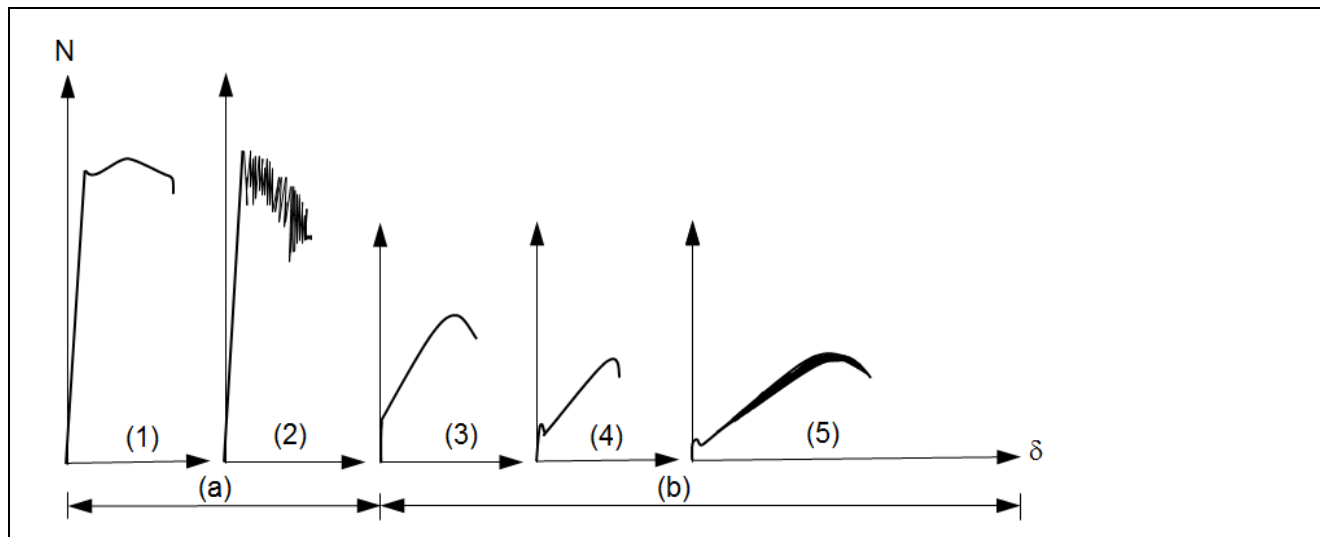
Zařezávací kotvicí prvky (UC) / Šrouby do betonu (CS)

K nekontrolovanému skluzu kotvicího prvku dochází, pokud se rozpěrná objímka nebo rozpěrný prvek významně pohybuje ve vyvrtaném otvoru. To může být způsobeno porušením vysoce zatíženého betonu v oblasti rozšířeného konce otvoru. Skluz lze rozeznat podle poklesu zatížení a/nebo horizontální nebo skoro horizontální částí křivky zatížení/posuv s odpovídajícím posuvem $> 0,5$ mm.

Kotvicí prvky aktivované deformací (DC)

U rozpěrných prvků aktivovaných deformací může dojít ke skluzu objímky v otvoru. Rozdíly mezi statickým třením a kluzným třením mohou vést ke kolísání křivky zatížení/posuv, jak je patrné z křivek (2) a (5) na Obrázku (A.2). Mimoto v betonu s trhlinami po překonání třecího odporu se zatížení tahem přenáší mechanickým uzavřením rozepřeného kotvicího prvku, což výrazně snižuje tuhost kotvicího prvku. Může to také vést ke snížení zatížení neseného kotvou v poměrně úzkých mezích posuvu, jak ukazují křivky (4) a (5) na Obrázku (A.2). Tento jev nelze považovat za nekontrolovaný skluz.

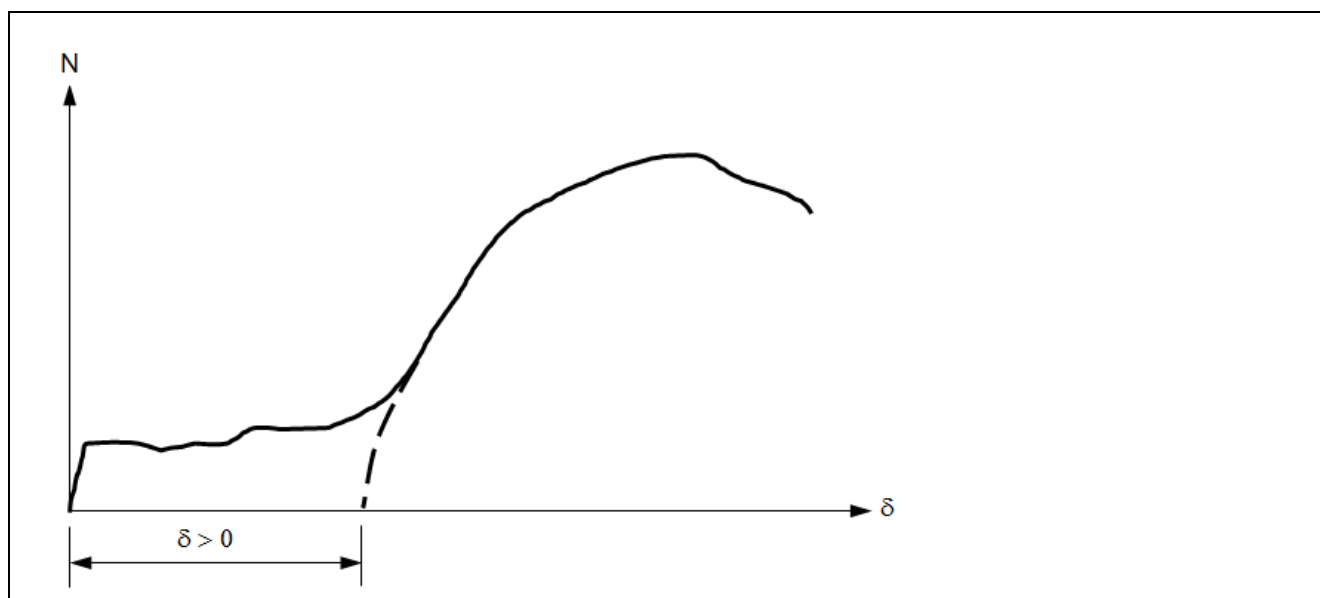
Mezní zatížení je maximální zatížení zaznamenané při zkoušce nezávisle na posuvu.



Obrázek A.2 Typická závislost zatížení/posuv

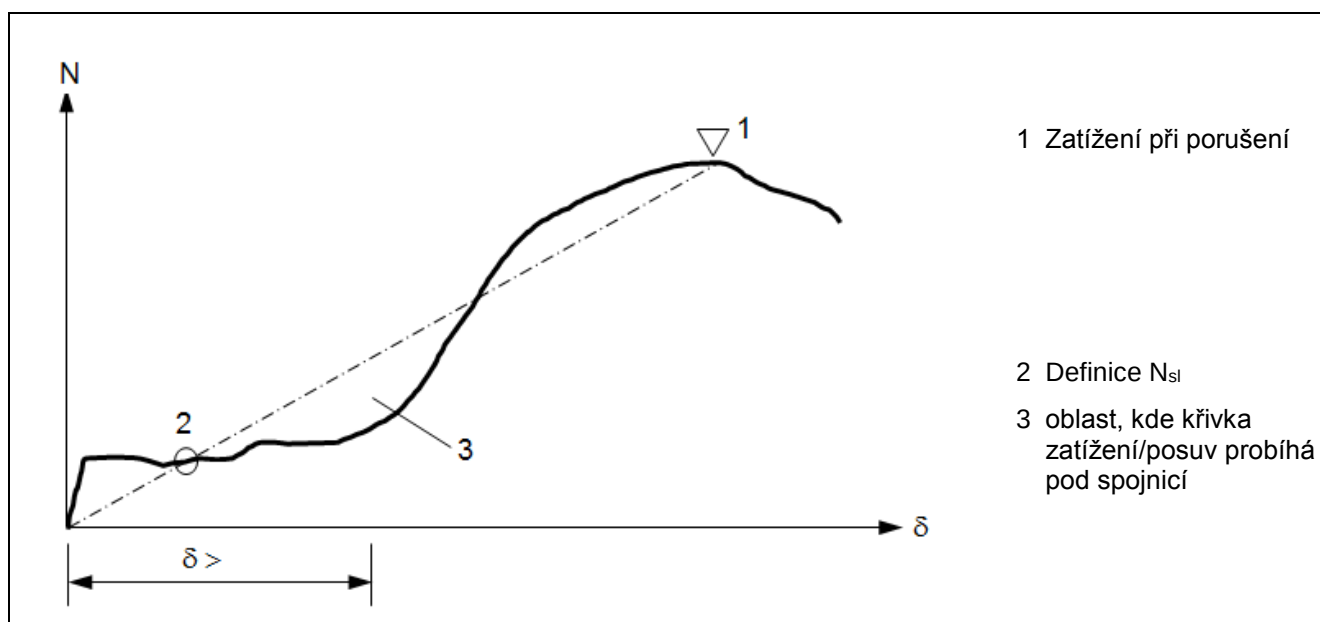
K nekontrolovanému skluzu kotvicího prvku v podmínkách kluzného tření dochází, když vzrůst zatížení je způsobován pouze nepravidelnostmi vyvrtaného otvoru (např. změnou průměru po jeho délce, výstředností po jeho délce).

Tento jev je možné rozeznat podle toho, že protažení křivky zatížení/posuv protíná osu posuvu ve vzdálenosti $\delta \geq 0$ (viz Obrázek A.3). Zatížení N_{sl} je definováno vodorovnou částí křivky zatížení/posuv.



Obrázek A.3 Závislost zatížení/posuv při nekontrolovaném skluzu

Protože protažení zakřivené čáry může být obtížné, lze použít níže uvedené zjednodušení. Známkou nekontrolovaného skluzu je, když křivka zatížení/posuv v kterékoli své části probíhá pod přímkou, která spojuje mezní zatížení s nulovým bodem (viz Obrázek A.4).



Obrázek A.4 Závislost zatížení/posuv při nekontrolovaném skluzu

Zatížení N_{sl} , jak je uvedeno výše, může být definováno spodním průsečíkem uvedené přímky s křivkou zatížení/posuv.

Při porovnávání výsledků vyhodnocování podle Obrázku A.3 a Obrázku A.4 je rozhodující způsob podle Obrázku A.3.

A2.6 Omezení rozptylu posuvů

Chování jednotlivých kotvicích prvků při posuvu (strmost) musí být obdobné, aby se zajistila řádná účinnost všech kotvicích prvků ve skupině.

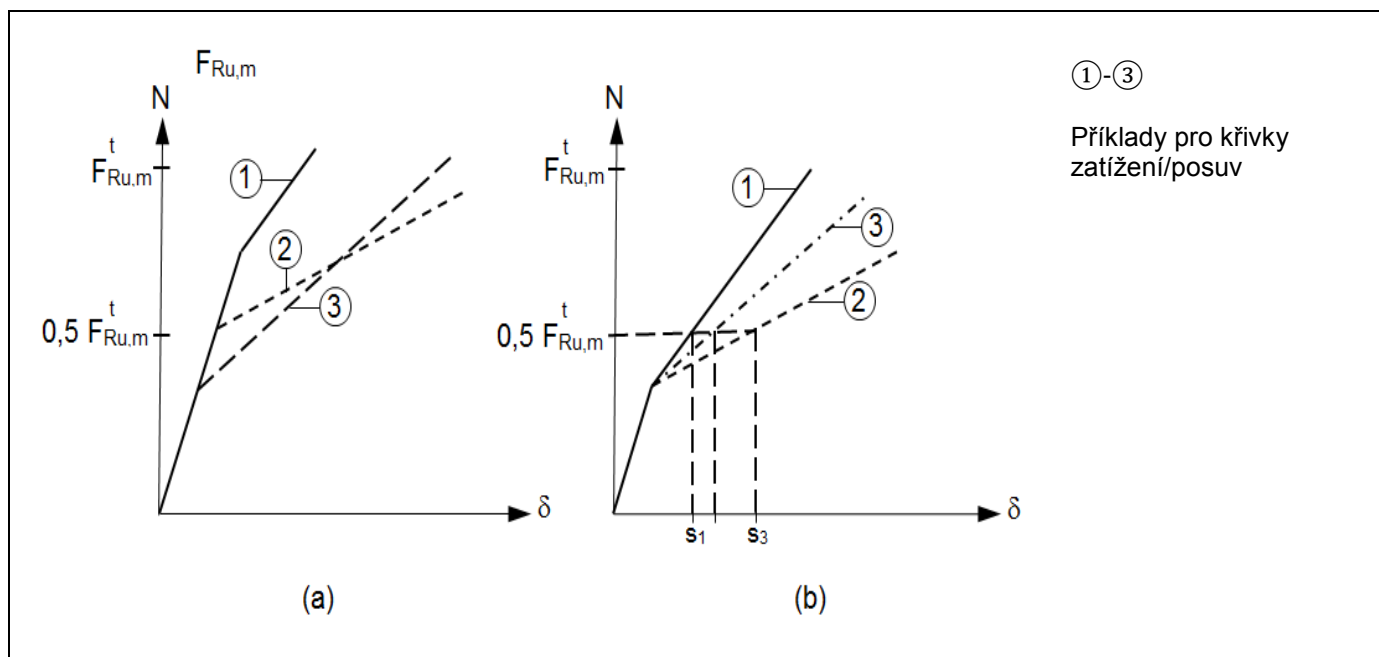
Variační součinitel průměrného posuvu při zatížení $0,5 N_{u,m}$ pro základní zkoušky tahem musí splňovat omezení daná rovnicí (A.15) a pro všechny ostatní zkoušky je omezení dáno rovnicí (A.16).

$$cv_{\delta} \leq 0,25 \text{ (základní zkoušky tahem)} \quad (A.15)$$

$$cv_{\delta} \leq 0,40 \text{ (jakékoliv ostatní zkoušky)} \quad (A.16)$$

Křivky zatížení/posuv mohou být pro stanovení posuvu při $0,5 N_{u,m}$ posunuty podle Obrázku A.5.

Pokud jsou ve zkušební sérii všechny posuvy při zatížení $0,5 N_{u,m}$ menší než nebo rovny $0,4 \text{ mm}$, není nutné v této zkušební sérii sledovat omezení rozptylu křivek zatížení/posuv.



Obrázek A.5 Vliv předpětí na křivky zatížení/posuv

- a) původní křivky
- b) křivky posunuté pro vyhodnocení rozptylu při $N = 0,5 N_{u,m}$