

Európsky hodnotiaci
dokument

European Assessment
Document

EAD 260023-00-0301



Názov

**Uhlíkovými, sklenenými, čadičovými a aramidovými
vláknamí vystužené polymérové tyče na vystužovanie
konštrukčných prvkov**

Názov anglického
originálu

**Carbon, glass, basalt and aramid fibre reinforced polymer
bars as reinforcement of structural elements**

Dátum vydania
anglického originálu

Január 2019

Dátum vydania
slovenského prekladu

November 2024

Preklad

Orgán technického posudzovania (TAB)

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



Tento dokument
obsahuje

45 strán vrátane 5 príloh

Autorské práva

Preklad EAD do slovenského jazyka je duševným vlastníctvom
MD SR a je voľne prístupný všetkým záujemcom na použitie

Obsah

1	Rozsah EAD	3
1.1	Opis stavebného výrobku	3
1.2	Informácie o zamýšľanom použití (použitíach) stavebného výrobku	3
1.2.1	Zamýšľané použitie (použitia)	3
1.2.2	Životnosť/trvanlivosť	3
1.3	Špecifické výrazy použité v tomto EAD	4
1.3.1	Definície	4
1.3.2	Skratky	4
1.3.3	Symbody	4
2	Základné požiadavky a príslušné metódy a kritériá hodnotenia	7
2.1	Základné požiadavky na výrobok	7
2.2	Metódy a kritériá hodnotenia parametrov výrobku vo vzťahu k základným charakteristikám výrobku	9
2.2.1	Prierezové vlastnosti	9
2.2.2	Ťahové vlastnosti	9
2.2.3	Tlakové vlastnosti	11
2.2.4	Súdržnosť s betónom - skúška vytrhnutia	11
2.2.5	Pevnosť v priečnom šmyku	13
2.2.6	Pevnosť v interlaminárnom šmyku	13
2.2.7	Únavová pevnosť v ťahu	14
2.2.8	Zlyhanie v dotvarovaní	15
2.2.9	Koeficient pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti	16
2.2.10	Koeficient priečnej tepelnej rozťažnosti	16
2.2.11	Teplota skleného prechodu alebo teplota tavenia	16
2.2.12	Relaxácia	17
2.2.13	Maximálna prevádzková teplota	18
2.2.14	Súdržnosť pri maximálnej prevádzkovej teplote	19
2.2.15	Pevnosť FRP ohýbaných tyčí	19
2.2.16	Odolnosť voči alkáliám	20
2.2.17	Reakcia na oheň	20
3	Posudzovanie a overovanie nemennosti parametrov	22
3.1	Systém(y) posudzovania a overovania nemennosti parametrov, ktoré sa majú použiť	22
3.2	Úlohy výrobcu	23
3.3	Úlohy notifikovanej osoby	24
4	Citované dokumenty	25
PRÍLOHA A	Súhrn skúšobných vzoriek	26
PRÍLOHA B	Metóda stanovenia pevnosti v interlaminárnom šmyku pre kruhové tyče	27
PRÍLOHA C	Metóda stanovenia maximálnej prevádzkovej teploty	30
PRÍLOHA D	Metóda stanovenia pevnosti FRP ohýbaných tyčí v miestach ohybov	35
PRÍLOHA E	Metóda stanovenia dotvarovania FRP tyčí	40

1 ROZSAH EAD

1.1 Opis stavebného výrobku

Uhlíkové, sklenené, čadičové a aramidové FRP (Fibre Reinforced Polymer – Vláknom vystužený polymér) tyče (ďalej len „FRP tyče“) sú vyrobené z vysoko pevných vlákien (uhlíkové, sklenené, čadičové alebo aramidové) orientovaných v axiálnom smere, impregnovaných špeciálnym termoplastom alebo termosetovou živcou, a sú určené na použitie ako výstuž anorganických matric (ako je betón, malty na báze vápenca, portlandský cement, CSA cement, hydraulický reaktívny prášok, ľahký betón atď.) na stavbu a opravu nosníkov, stĺpov, dosiek a iných konštrukčných prvkov.

Tyče pokryté týmto EAD majú priemery od 5 do 32 mm a bez obmedzenia dĺžky. Metódy hodnotenia (napr. súdržnosť s betónom) boli vyvinuté pre uvedený rozsah priemerov, preto väčší alebo menší priemer nespadá do rozsahu pôsobnosti EAD. Tyče môžu byť rovné alebo ohnuté do rôznych tvarov.

Priame tyče a strmene používané ako výstuže pre betónové konštrukcie môžu byť takmer kruhové alebo ploché s maximálnou šírkou 4 cm, aby sa predišlo interferencii pri odlievaní matrice. Strmene môžu byť vyrobené v jednotlivých tvaroch s vnútorným prekrytím alebo v špirálovom spojitom tvare.

Zlepšenie povrchu môže byť zabezpečené prostredníctvom výčnelkov, vakov, pieskových povlakov, deformácií alebo akýchkoľvek ďalších povrchových úprav, ktoré poskytujú prostriedky na mechanický prenos sily medzi tyčou a anorganickou maticou obklopujúcou tyč. Ploché tyče môžu byť hladké alebo potiahnuté pieskom.

Na výrobok sa nevzťahuje harmonizovaná európska norma (hEN).

Čo sa týka balenia výrobku, prepravy, skladovania, údržby, výmeny a opráv, je zodpovednosťou výrobcu vykonať príslušné opatrenia a oznámiť svojim klientom informácie o preprave, skladovaní, údržbe, výmene a oprave výrobku, ak to považuje za potrebné.

Predpokladá sa, že výrobok bude inštalovaný podľa pokynov výrobcu alebo (ak takéto pokyny neexistujú) podľa bežnej praxe stavebných odborníkov.

Príslušné ustanovenia výrobcu, napríklad s ohľadom na zamýšľané podmienky konečného použitia, ktoré majú vplyv na parametre výrobku na ktorý sa vzťahuje tento európsky hodnotiaci dokument, sa musia vziať do úvahy pri určovaní parametrov výrobku a musia byť podrobne opísané v ETA, za predpokladu že podrobnosti o metódach hodnotenia, ako sú stanovené v tomto EAD sú dodržané.

1.2 Informácie o zamýšľanom použití (použitíach) stavebného výrobku

1.2.1 Zamýšľané použitie (použitia)

FRP tyče sú určené na použitie ako výstuž stavebných diel a prvkov vyrobených z vystuženého betónu (nosníky, stĺpy, panely, dosky a iné konštrukčné prvky) a aj ako dodatočne inštalovaná výstuž.

1.2.2 Životnosť/trvanlivosť

Metódy posudzovania zahrnuté alebo uvedené v tomto EAD boli napísané na základe požiadavky výrobcu, aby sa zohľadnila životnosť FRP tyčí na zamýšľané použitie 100 rokov pri použití v stavbách (za predpokladu, že tyče FRP podliehajú zodpovedajúcemu použitiu). Tieto ustanovenia vychádzajú zo súčasného stavu techniky a dostupných znalostí a skúseností.

Pri posudzovaní výrobku sa berie do úvahy zamýšľané použitie, ktoré predpokladá výrobca. Skutočná životnosť môže byť za normálnych podmienok používania podstatne dlhšia bez toho, aby došlo k výraznej degradácii ovplyvňujúcej základné požiadavky na stavbu ¹.

Údaje o životnosti stavebného výrobku nemožno interpretovať ako záruku poskytnutú výrobcom výrobku alebo jeho zástupcom, ani EOTA pri vypracúvaní tohto EAD, ani orgánom pre technické posudzovanie, ktorý vydáva ETA na základe tohto EAD, ale sú považované len za prostriedok na vyjadrenie očakávanej ekonomicky primeranej životnosti výrobku.

1.3 Špecifické výrazy použité v tomto EAD

1.3.1 Definície

<i>Efektívna prierezová plocha</i>	Nameraná prierezová plocha tyče podľa čl. 2.2.1(ISO 10406-1 ² , kapitola 5)
<i>Menovitý (nominálny) priemer</i>	Deklarovaná hodnota priemeru tyče od výrobcu, zodpovedajúca veľkosti tyče
<i>Menovitá (nominálna) prierezová plocha</i>	Hodnota plochy prierezu vypočítaná z menovitého priemeru
<i>Presnosť</i>	Súčet štvorcov systematickej chyby a rozšírenej neistoty merania.

1.3.2 Skratky

<i>FRP</i>	Polymér vystužený vláknami (Fibre Reinforced Polymer)
<i>DSC</i>	Diferenciálna skenovacia kalorimetria (Differential Scanning Calorimetry)
<i>RH</i>	Relatívna vlhkosť (Relative Humidity)

1.3.3 Symboly

Latinské veľké písmená

A_{nom}	[mm ²]	Nominálna prierezová plocha tyče
A_{eff}	[mm ²]	Efektívna meraná prierezová plocha tyče
B_s	[mm]	Šírka FRP strmeňov
C_c	[-]	Redukčný faktor pre pretrhnutie pri dotvarovaní (EN1992-1-1, článok R.5.3)
C_e	[-]	Redukčný faktor vplyvu prostredia (EN1992-1-1, článok R.5.3)
E_c	[GPa]	Modul pružnosti v tlaku
E_f	[GPa]	Modul pružnosti v ťahu
F	[N]	Zaťaženie pri porušení
F_1	[N]	Znížené zaťaženie pri termomechanickom spracovaní údajov
$F_{1,\alpha}$	[N]	Znížené zaťaženie zodpovedajúce T_α v termomechanickom diagrame
F_{fb}	[N]	Maximálna sila meraná pri skúške ohybom
F_i	[N]	Hodnoty sily v termomechanickom diagrame
F_{rc}	[N]	Kapacita zlyhania v dotvarovaní za milión hodín (iba trvalé zaťaženie, prípad 1)
$F_{rc,a}$	[N]	Kapacita zlyhania v dotvarovaní za milión hodín (alkalické prostredie, prípad 2 alebo prípad 3)

¹ Skutočná životnosť výrobku začleneného do konkrétnej stavby závisí od podmienok prostredia, ktorým je táto stavba vystavená, ako aj od konkrétnych podmienok návrhu, vyhotovenia, používania a údržby stavby. Preto nemožno vylúčiť, že v určitých prípadoch môže byť aj skutočná životnosť výrobku kratšia, ako je uvedené vyššie.

² Všetky nedatované odkazy na normy v tomto EAD treba chápať ako odkazy na datované verzie uvedené v kapitole 4.

H_s	[mm]	Dĺžka FRP strmeňov
L_g	[mm]	Dĺžka kotviacej rúrky pri skúške ťahom
L_t	[mm]	Dĺžka konca ohýbaných FRP tyčí
R	[-]	Pomer zaťaženia (napätia) pri skúške únavy v ťahu
$R_{et,t}$	[%]	Miera zachovania ťahovej kapacity po kondicionovaní v alkalickom prostredí
$R_{et,i}$	[%]	Miera zachovania interlaminárnej kapacity po kondicionovaní v alkalickom prostredí
R_{cb}	[%]	Zníženie súdržnosti s betónom pri centrických a excentrických skúškach
R_{Yc}	[N/N]	Pomer zaťaženia pri porušení pri dotvarovaní
$R_{Yc,a}$	[N/N]	Pomer zaťaženia pri porušení pri dotvarovaní pre skúšku v alkalickom roztoku (prípád 2) alebo s betónovým valcom (prípád 3)
$R_{\Delta m}$	[%]	Miera percentuálnej straty hmotnosti po kondicionovaní v alkalickom prostredí
T_c	[°C]	Teplota, pri ktorej má prvá derivácia funkcie $F_1(T)$ minimálnu hodnotu
T_g	[°C]	Teplota skleného prechodu
$T_{g,I}$	[°C]	Teplota skleného prechodu získaná v prvom zahrievacom cykle (DSC)
$T_{g,II}$	[°C]	Teplota skleného prechodu získaná v druhom zahrievacom cykle (DSC)
T_i	[°C]	Hodnoty teploty v termomechanickom diagrame
T_{max}	[°C]	Maximálna prevádzková teplota
T_{pm}	[°C]	Teplota tavenia (termoplastické a semikryštalické materiály)
$T_{\alpha 1}$	[°C]	Teplota, pri ktorej má druhá derivácia funkcie $F_1(T)$ maximálnu hodnotu
T_{α}	[°C]	Teplota, pri ktorej má druhá derivácia funkcie $F_1(T)$ minimálnu hodnotu
V_x	[-]	Variačný koeficient
Y_c	[%]	Pomer zaťaženia pri skúške dotvarovania
Y_r	[%]	Miera relaxácie
$Y_{10,}$		
$Y_{120,}$	[%]	Miera relaxácie pri 10 h, 120 h a 1 000 h
Y_{1000}		
$Y_{million}$	[%]	Milión-hodinová miera relaxácie

Latinské symboly s malými písmenami

b	[mm]	Nominálna šírka tyče (ploché tyče)
b_{eff}	[mm]	Efektívna šírka tyče (ploché tyče)
b_s	[mm]	Šírka vzorky pri skúške interlaminárnej pevnosti v šmyku
c_b	[mm]	Krytie betónom pre skúšky excentrickej súdržnosti
d	[mm]	Menovitý priemer tyče (kruhové tyče)
d_c	[mm]	Priemer betónového valca pri skúške dotvarovania (prípád 3)
d_{eff}	[mm]	Efektívny priemer tyče (kruhové tyče)
d_{sh}	[mm]	Vonkajší priemer špirálovej výstuže
f_b	[MPa]	Pevnosť v ťahu za ohybu
f_c	[MPa]	Pevnosť v tlaku
$f_{fatigue}$	[MPa]	Únavová pevnosť v ťahu získaná pri 2×10^6 cykloch
f_{ft}	[MPa]	Pevnosť v ťahu FRP tyčí
$f_{ft,c}$	[MPa]	Pevnosť pri porušení pri dotvarovaní za milión hodín (iba stále zaťaženie, prípád 1)
$f_{ft,ca}$	[MPa]	Pevnosť pri porušení pri dotvarovaní za milión hodín (alkalické prostredie, prípád 2 alebo prípád 3)
f_{ft0}	[MPa]	Priemerná krátkodobá pevnosť v ťahu FRP tyčí
f_{ftk0}	[MPa]	Charakteristická krátkodobá pevnosť v ťahu FRP tyčí
$f_{ftk,c}$	[MPa]	Charakteristická dlhodobá pevnosť FRP tyčí (iba stále zaťaženie, prípád 1)
$f_{ftk,ca}$	[MPa]	Charakteristická dlhodobá pevnosť FRP tyčí (alkalické prostredie, prípád 2 alebo prípád 3)

$f_{tk,100a}$	[MPa]	Charakteristická dlhodobá pevnosť FRP tyčí berúc do úvahy účinky času, teploty a vplyvu prostredia (EN 1992-1-1, článok 3.7.2 a článok R.5.3)
f_{ub}	[MPa]	Kapacita v ohybe
k_a, k_b	[-]	Empirické konštanty trendovej línie dotvarovania - porušenie
k_n	[-]	Koeficient pre hodnotenie charakteristickej hodnoty
l_c	[mm]	Dĺžka betónového valca pri skúške dotvarovania (prípád 3)
l_p	[mm]	Dĺžka pracovnej časti vzorky (vzdialenosť medzi podperami) pri skúške trojbodového priečného ohybu pri teplote
l_i	[mm]	Dĺžka rozpätia pri skúške interlaminárnej pevnosti v šmyku
l_s	[mm]	Dĺžka vzorky pri skúške interlaminárnej pevnosti v šmyku
r^2	[-]	Koeficient determinácie v lineárnej regresii
r_t	[mm]	Polomer ohybu FRP ohýbaných tyčí
t	[h]	Čas
w	[mm ³]	Modul prierezu alebo moment odolnosti (kruhový prierez)

grécke symboly s malými písmenami

$\alpha_{sp,L}$	[°C ⁻¹]	Koeficient pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti
$\alpha_{sp,T}$	[°C ⁻¹]	Koeficient priečnej tepelnej rozťažnosti
ϵ_{ft}	[mm/mm]	Pomerné pretvorenie pri porušení ťahom
ϵ_{ft0}	[mm/mm]	Priemerná hodnota pomerného pretvorenia pri porušení ťahom
ϵ_{ftk0}	[mm/mm]	Charakteristická hodnota pomerného pretvorenia pri porušení ťahom
θ	[rad]	Uhol vypočítaný podľa rovnice C6.2
τ_b	[MPa]	Súdržnosť s betónom pri skúške vytiahnutím
$\tau_{b,cb}$	[MPa]	Excentrická súdržnosť v nízkopevnostnom betóne C20/25 pre skúšané krytie c_b
τ_{Tmax}	[MPa]	Súdržnosť pri maximálnej prevádzkovej teplote
τ_i	[MPa]	Pevnosť v interlaminárnom šmyku
τ_{ret}	[MPa]	Miera zachovania pevnosti po skúške súdržnosti pri maximálnej prevádzkovej teplote
τ_s	[MPa]	Pevnosť v priečnom šmyku
χ	[%]	Faktor zníženia pevnosti ohýbaných FRP tyčí

2 ZÁKLADNÉ POŽIADAVKY A PRÍSLUŠNÉ METÓDY A KRITÉRIÁ HODNOTENIA

2.1 Základné požiadavky na výrobok

Tabuľka sa hodnotia parametre FRP týčí vo vzťahu k základným požiadavkám.

Tabuľka 2.1.1 – Základné požiadavky výrobku a metódy a kritériá hodnotenia parametrov výrobku vo vzťahu k týmto základným charakteristikám

Č.	Základná požiadavka	Metóda hodnotenia	Typ vyjadrenia parametra výrobku
Základná požiadavka na stavby 1: Mechanická odolnosť a stabilita			
1	Prierezové vlastnosti	2.2.1	Úroveň Efektívna prierezová plocha, A_{eff} [mm ²] Efektívny priemer, d_{eff} [mm] <i>a/alebo</i> Efektívna šírka, b_{eff} [mm]
2	Pevnosť v ťahu	2.2.2	Úroveň a opis f_{ft0} [MPa], f_{ftk0} [MPa]
3	Modul pružnosti v ťahu	2.2.2	Úroveň a opis E_f [GPa]
4	Napätie pri porušení ťahom	2.2.2	Úroveň a opis ε_{ft0} [mm/mm], ε_{ftk0} [mm/mm]
5	Pevnosť v tlaku	2.2.3	Úroveň a opis f_c [MPa]
6	Modul pružnosti v tlaku	2.2.3	Úroveň a opis E_c [GPa]
7	Súdržnosť s betónom - skúška vytrhnutia	2.2.4	Úroveň a opis τ_b [MPa] a spôsob porušenia (pred a po expozícii v alkáliách) Zníženie súdržnosti R_{cb} [%]
8	Pevnosť v priečnom šmyku	2.2.5	Úroveň a opis τ_s [MPa] a spôsob porušenia
9	Pevnosť v Interlaminárnom šmyku	2.2.6	Úroveň a opis Pomer rozpätia k priemeru, l/d [-] τ_i [MPa] a spôsob porušenia
10	Únavová pevnosť v ťahu	2.2.7	Úroveň a opis S-N krivka Únavová pevnosť po $2,10^6$ cyklov, $f_{fatigue}$ [MPa]
11	Zlyhanie v dotvarovaní	2.2.8	Úroveň a opis Krivka pomeru zaťaženia/zlyhanie dotvarovaním Pomer zaťaženia pri zlyhaní dotvarovaním R_{Yc} <i>a/alebo</i> $R_{Yc, a}$ [-] (skúška v alkalickom roztoku/betónovom valci) Kapacita zlyhania dotvarovaním v čase milión hodín, F_{rc} [N] <i>a/alebo</i> $F_{rc, a}$ [N] (skúška v alkalickom roztoku/betónovom valci) Napätie pri zlyhaní dotvarovaním v čase milión hodín, $f_{ftk, c}$ [MPa] <i>a/alebo</i> $f_{ftk, ca}$ [MPa] (skúška v alkalickom roztoku/betónovom valci)

Č.	Základná požiadavka	Metóda hodnotenia	Typ vyjadrenia parametra výrobku
12	Koeficient pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti	2.2.9	Úroveň $\alpha_{sp,L}$ [°C ⁻¹]
13	Koeficient priečnej tepelnej rozťažnosti	2.2.10	Úroveň $\alpha_{sp,T}$ [°C ⁻¹]
14	Teplota skleného prechodu alebo teplota tavenia	2.2.11	Úroveň T_g [°C] alebo T_{pm} [°C] Pomer vytvrdzovania [°C]
15	Relaxácia	2.2.12	Úroveň a opis Miery relaxácie Y_{10} , Y_{120} , Y_{1000} [%] Priemerná relaxačná krivka Milión-hodinová miera relaxácie $Y_{million}$ [%]
16	Maximálna prevádzková teplota	2.2.13	Úroveň T_{max} [°C]
17	Súdržnosť pri maximálnej prevádzkovej teplote	2.2.14	Úroveň a opis τ_{Tmax} [MPa] Miera zachovania súdržnosti τ_{ret} [%]
18	Pevnosť FRP ohýbaných tyčí	2.2.15	Úroveň a opis Kapacita v ohybe, f_{ub} [MPa] (pred a po alkalickej expozícii) Faktor zníženia pevnosti, χ (pred a po alkalickej expozícii)
Základná požiadavka na stavby 2: Bezpečnosť v prípade požiaru			
19	Reakcia na oheň	2.2.17	Trieda
Aspekty trvanlivosti			
20	Odolnosť voči alkáliám(*)	2.2.16	Úroveň a opis Miera straty hmotnosti v percentách, $R_{\Delta m}$ [%] Miera zachovania kapacity v ťahu $R_{et,t}$ [%] a interlaminárnej kapacity $R_{et,i}$ [%]
Poznámka: (*) Hľadisko trvanlivosti, ako je opísané v 2.2.16, je špecificky spojené so základnými charakteristikami č. 2 a č. 9. Kondicionovanie v alkalickej prostredí sa však predpokladá aj v ustanoveniach 2.2.4, 2.2.8 a 2.2.15.			

2.2 Metódy a kritériá hodnotenia parametrov výrobku vo vzťahu k základným charakteristikám výrobku

Táto kapitola je určená na poskytnutie pokynov pre karty TAB. Preto použitie výrazov ako „musí byť určené v ETA“ alebo „musí byť uvedené v ETA“ treba chápať len ako pokyny pre orgány technického posudzovania o tom, ako majú byť výsledky posúdení prezentované v ETA. Takéto znenie neukladá výrobcovi žiadne povinnosti a orgán technického posudzovania nevykoná posúdenie parametrov vo vzťahu k danej základnej charakteristike, ak si výrobca neželá tieto úžitkové vlastnosti uviesť vo Vyhlásení o parametroch.

Musia byť splnené všeobecné zásady pre štatistické vyhodnocovanie podľa EN 1990, príloha D, D.6.

Ak to nie je výslovne uvedené, veľkosť tyče je tu myslená ako efektívny priemer tyče pre kruhové tyče a efektívna šírka tyče pre ploché tyče. Rôzne hrúbky plochých tyčí definujú novú typológiu produktov.

Efektívna (namieraná) prierezová plocha A_{eff} [mm²], ako je hodnotená v časti 2.2.1 sa použije na posúdenie všetkých základných charakteristík, ktoré sa jej priamo týkajú.

Pre všetky metódy posudzovania je počet vzoriek, ktoré sa majú testovať, zhrnutý v 0V porovnaní s normou ISO 10406-1, na ktorú sa odvolávajú mnohé metódy hodnotenia, sa počet skúšobných vzoriek zvýšil a rozšíril na niekoľko výrobných sérií, aby sa zistilo kolísanie homogenity výrobku.

2.2.1 Prierezové vlastnosti

Účel hodnotenia

Posúdenie sa vykonáva na určenie efektívnych prierezových vlastností FRP tyčí.

Metóda hodnotenia

Vlastnosti prierezu sa musia určiť podľa skúšobnej metódy špecifikovanej v ISO 10406-1, kapitola 5 pre kruhové tyče, a podľa EN ISO 527-1, článok 9.2 pre ploché tyče.

Vzorky sa získajú z rovnakej šarže vzoriek na skúšanie ťahom podľa článku 2.2.2.

Vyjadrenie výsledkov

Priemerná hodnota a variačný koeficient efektívnej plochy prierezu A_{eff} [mm²] a zodpovedajúci efektívny priemer d_{eff} [mm] (kruhové tyče) alebo efektívna šírka b_{eff} [mm] (ploché tyče) musia byť určené a uvedené v ETA.

2.2.2 Ťahové vlastnosti

Účel hodnotenia

Na vyhodnotenie pevnosti v ťahu, modulu pružnosti a pomerného pretvorenia pri porušení ťahom FRP tyčí sa vykonávajú ťahové skúšky.

Metóda hodnotenia

Mechanické vlastnosti vzoriek v ťahu sa stanovujú podľa ISO 10406-1, kapitola 6.

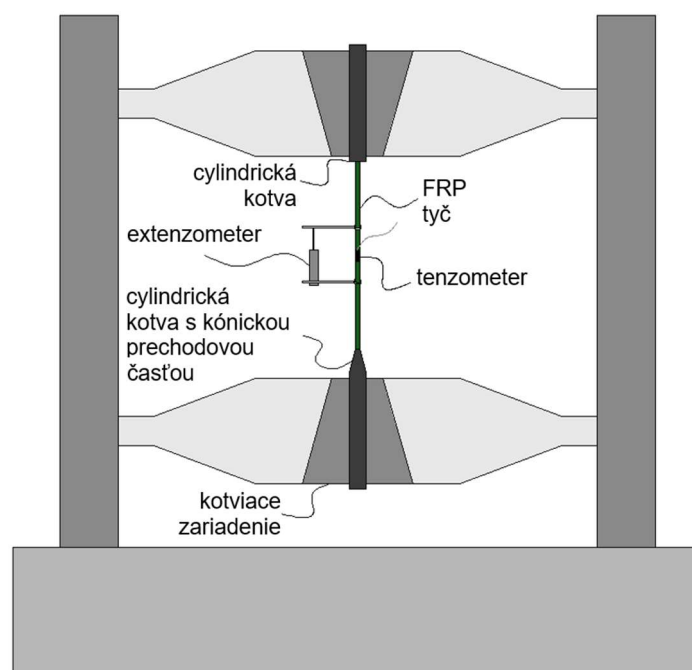
Pre ploché tyče platia ustanovenia ISO 10406-1 bod 6.1.2, kde sa namiesto efektívneho priemeru použije efektívna šírka tyče. Prístroj na skúšanie ťahom na plochých tyčiach musí vyhovovať údajom uvedeným v norme EN ISO 527-1 článok 5, pričom jeho upínací systém musí vyhovovať údajom uvedeným v článku 9.3 normy EN ISO 527-1.

Porušenie zvyčajne začína štiepením (delamináciou vlákien) a končí pretrhnutím tyče v dôsledku pretrhnutia vlákien ťahom. Zlyhanie podobné metle je všeobecne známe.

Špecifikácie pre ukotvenie k skúšobnému stroju pre kruhové tyče

V prípade kruhových tyčí je potrebné venovať osobitnú pozornosť centrovaniu tyče vzhľadom na ukotvenie k skúšobnému stroju. V nasledujúcom texte sú uvedené niektoré pokyny na prípravu ukotvenia v skúšobnom stroji. Tu použité výrazy sú v súlade s výrazmi zaznamenanými na obrázku 1 v ISO 10406-1. Iné typy kotvenia v skúšobnom stroji sa môžu použiť za predpokladu, že (a) dôjde k porušeniu tyče mimo ukotvenia, (b) ukotvenia zabraňujú pokľznutiu tyče pred porušením ťahom (nesmie byť pozorovaná žiadna trhlina v živici viditeľnej pri okraj rúrky) a (c) prenáša sa iba axiálne zaťaženie.

Kuželové ukotvenie (cylindrické s kuželovým prechodovým úsekom, ako je znázornené na obrázku 2.2.2.1) môže byť uprednostňované, aby sa zabránilo predčasným prasknutiam v kotve pre tyče s menovitým priemerom do 10 mm. Pre väčšie priemery je možné použiť oceľové závitové valcové rúry. Odporúčané rozmery oceľových rúr sú uvedené v tabuľke 2.2.2.1. Dĺžky rúrok kratšie ako sú odporúčané v tabuľke 2.2.2.1 sa môžu použiť, ak nie je pozorovaný žiadny sklz a vzorka zlyhá v rámci požadovanej meranej dĺžky.



Obrázok 2.2.2.1 – Náčrt skúšky ťahom

Tabuľka 2.2.2.1 – Rozmery kotevnej oceľovej rúry

Menovitý priemer tyče FRP, d [mm]	Minimálny vonkajší priemer oceľovej rúry [mm]	Minimálna dĺžka oceľovej rúry, L _g [mm]
5 < d < 10	21 (*)	125
12 < d < 18	27	400
20 < d < 24	35	600
25 < d < 30	50	800
32	72	1000

(*) priemer valcovej časti

Rúrka môže byť naplnená buď polymérovou živicom alebo zmesou živice a čistého piesku v pomere 1:1 podľa hmotnosti, alebo expanzívna cementová malta. Použije sa výplňový materiál kompatibilný so živicom, z ktorej je vzorka vyrobená. Oceľové rúry a FRP tyč musia byť axiálne vyrovnané pred aplikáciou injektážnej malty alebo živice. Kotviaca rúrka sa odlieva vo zvislej polohe a musí uplynúť aspoň 12 hodín, kým sa preklopí prvá kotviaca rúrka na odlievanie druhej kotviacej rúrky.

Vyjadrenie výsledkov

Opis spôsobu porušenia, alebo kombinácie spôsobov porušení sa uvedie v ETA.

Priemerná hodnota (aritmetický priemer) (f_{ft0}) a charakteristická hodnota (f_{ftk0}) pevnosti v ťahu f_{ft} [MPa], priemerná hodnota modulu pružnosti E_f [GPa] a priemerná (ε_{ft0}) a charakteristická hodnota (ε_{ftk0}) pomerného pretvorenia pri porušení ťahom ε_{ft} [mm/mm] sa stanoví a uvedie v ETA.

Charakteristická hodnota sa stanoví použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

2.2.3 Tlakové vlastnosti

Účel hodnotenia

Skúšky v tlaku sa vykonávajú na vyhodnotenie pevnosti v tlaku a modulu pružnosti v tlaku FRP tyčí.

Metóda hodnotenia

Vlastnosti vzoriek v tlaku sa určia podľa metódy uvedenej v EN ISO 604 nahradením blokov z kalenej ocele skúšobnej zostavy plochými a rovnobežnými oceľovými platňami vysokej pevnosti. Vzorky sa musia odrezať z tyčí na požadovanú dĺžku, pričom treba dbať na to, aby sa materiál počas operácie neprehrial (ustanovenie 6.2.1 EN ISO 604 sa neuplatňuje). Dĺžka vzoriek je definovaná na základe predpisov uvedených v § 6.1.1 normy EN ISO 604, pričom skúšobná rýchlosť je stanovená v súlade s článkom 9.5 normy EN ISO 604.

Spôsobom porušenia môže byť metličkovanie, priečny šmyk alebo šmyk cez hrúbku, pozdĺžne štiepenie alebo delaminácia, prípadne inými formami.

Vyjadrenie výsledkov

Opis spôsobu porušenia alebo kombinácie spôsobov porušení sa uvedie v ETA.

Priemerná hodnota (aritmetický priemer) a charakteristická hodnota pevnosti v tlaku f_c [MPa] a priemerný modul pružnosti v tlaku E_c [GPa] sa stanoví a uvedie v ETA.

Charakteristická hodnota sa stanoví použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

2.2.4 Súdržnosť s betónom - skúška vytrhnutia

Účel hodnotenia

Skúška vytrhnutím sa vykonáva na určenie súdržnosti FRP tyčí používaných ako výstužné tyče v betóne.

Metóda hodnotenia

1. Centrická skúška

Súdržnosť sa stanoví podľa metódy uvedenej v ISO 10406-1, kapitola 7, s týmito odchýlkami:

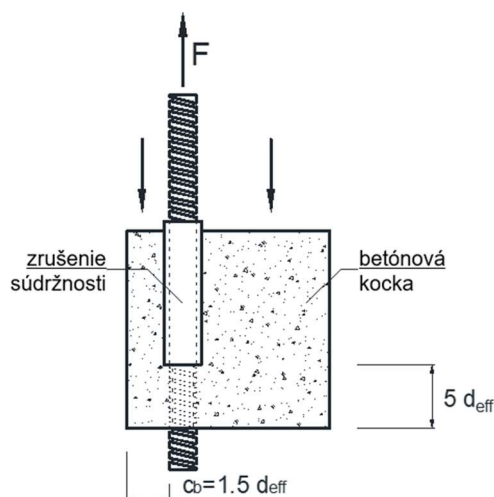
- lepená dĺžka tyče FRP musí byť päťnásobkom efektívneho priemeru alebo efektívnej šírky FRP tyče;
- použijú sa dve triedy pevnosti betónu: „nízka C20/25“ a „vysoká C50/60“ podľa EN 206;
- betónová kocka musí mať veľkosť 200 mm pre všetky priemery;
- vonkajší priemer špirálovej výstuže d_{sh} [mm] musí byť v rozsahu 160-200 mm.
- betónové prvky musia byť zvolené tak, aby sa zabránilo rozštípeniu betónu (pozri kapitolu 7.1.5 ISO 10406-1);
- pre ploché tyče musí uchopovací systém spĺňať ustanovenia uvedené v norme EN ISO 527-1, odsek 5.

Centrické skúšky súdržnosti s betónom s nízkou pevnosťou C20/25 sa musia vykonať aj s tyčami vopred kondicionovanými v alkalickom prostredí podľa ustanovenia 2.2.16 a konkrétne v alkalickom roztoku s počiatočným pH ≥ 13 , teplotou na ponorenie $60 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ na 3 000 hodín bez trvalého ťahového napätia.

Spôsob porušenia bude charakterizovaný vysunutím tyče z betónovej vzorky (vytrhnutím). Ak sa vzorka roztrhne v ťahu alebo sklzne na kotviacej časti alebo oddelí kryciu vrstvu betónu, musí sa vykonať dodatočná skúška na samostatnej vzorke odobranej z rovnakej šarže ako vzorka, ktorá porušila (pozri tiež článok 7.4 normy ISO 10406-1).

2. Excentrická skúška

Excentrická skúška súdržnosti sa musí určiť podľa všeobecnej metódy uvedenej v ISO 10406-1, kapitola 7, s ohľadom na odchýlky uvedené v predchádzajúcom odseku a s nasledujúcimi ďalšími údajmi. Skúšky excentrickej súdržnosti sa vykonávajú iba v betóne s nízkou pevnosťou C20/25, pričom sa krycia vrstva betónu c_b rovná $1,5 d_{eff}$ (pozri obrázok 2.2.4.1). Okrem toho sa môžu uvažovať aj iné hodnoty krytia betónu podľa údajov výrobcu. Pri tomto type skúšky sa vo vzorke betónovej kocky nesmie použiť žiadna dodatočná výstuž.



Obrázok 2.2.4.1 – Príklad nastavenia skúšky pre skúšku excentrickej súdržnosti

Vyjadrenie výsledkov

Zaznamená sa opis spôsobu porušenia alebo kombinácie spôsobov porušení.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

1. Centrická skúška

Priemerná hodnota (aritmetický priemer) a charakteristická hodnota súdržnosti τ_b [MPa] sa stanoví a uvedie v ETA spolu s pevnosťou podkladu v tlaku pred a po vystavení alkáliám. V ETA musí byť uvedený aj spôsob porušenia. Charakteristická hodnota sa stanoví použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

2. Excentrická skúška

Zníženie súdržnosti s betónom R_{cb} [%] z centrických skúšok na excentrické skúšky sa musí uviesť v ETA pre skúšané hodnoty krytia betónu c_b podľa nasledujúceho:

$$R_{cb} = \left(1 - \frac{\tau_{b,cb}}{\tau_b}\right) \cdot 100 \quad (2.2.4.1)$$

kde

$\tau_{b,cb}$ excentrická súdržnosť v nízkopevnostnom betóne C20/25 pre skúšané krytie c_b , MPa;

τ_b centrická súdržnosť v nízkopevnostnom betóne C20/25, MPa.

V ETA musí byť uvedený aj spôsob porušenia.

2.2.5 Pevnosť v priečnom šmyku

Účel hodnotenia

FRP tyče sú často zaťažované v priečnom šmyku, keď sa tieto prvky používajú napríklad ako strmene v betónových nosníkoch. Táto skúšobná metóda špecifikuje skúšobné požiadavky na stanovenie priečnej pevnosti v šmyku FRP tyčí prostredníctvom upínacieho prípravku s dvojitém strihom.

Metóda hodnotenia

Pevnosť v priečnom šmyku sa musí určiť podľa metódy uvedenej v ISO 10406-1, kapitola 13. Všetky možnosti tvarov kontaktných plôch uvedené na obrázku 8 v ISO 10406-1 sú ekvivalentné.

Spôsob porušenia je charakterizovaný rozštípením skúšanej tyče (priečnym šmykom) na tri kusy.

Vyjadrenie výsledkov

Opis spôsobu porušenia alebo kombinácie spôsobov porušení sa uvedie v ETA.

Priemerná hodnota (aritmetický priemer) a charakteristická hodnota pevnosti v priečnom šmyku τ_s [MPa] sa stanoví a uvedie v ETA.

Charakteristická hodnota sa stanoví použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

2.2.6 Pevnosť v interlaminárnom šmyku

Účel hodnotenia

Tu uvedená skúšobná metóda zahŕňa stanovenie zdanlivej horizontálnej (interlaminárnej) pevnosti v šmyku FRP tyčí. Vzorka je krátky nosník vo forme dĺžok FRP tyčí.

Metóda hodnotenia

Pre kruhové tyče sa pevnosť v interlaminárnom šmyku určí podľa metódy uvedenej v P0B.

Pre ploché tyče sa pevnosť v interlaminárnom šmyku určí podľa EN ISO 14130. Rozmery vzorky musia byť v súlade s § 6.1.2 normy EN ISO 14130, t. j. dĺžka vzorky l_s musí byť desaťnásobkom hrúbky, s výnimkou, že šírka vzorky b_s sa musí rovnať menovitej šírke b [mm] namiesto päťnásobku hrúbky.

Spôsob porušenia je charakterizovaný porušením šmykom v strednej rovine vodorovne podoprenej tyče (zdanlivý horizontálny šmyk). V prípade plochých tyčí pozri časť 9.7 normy EN ISO 14130, kde sú uvedené prijateľné spôsoby zlyhania.

Vyjadrenie výsledkov

Pomer rozpätia k priemeru l/d použitý na skúšku a opis spôsobu porušenia alebo kombinácie spôsobov porušení sa uvedie v ETA.

Priemerná hodnota (aritmetický priemer) a charakteristická hodnota interlaminárnej pevnosti v šmyku τ_i [MPa] sa stanoví a uvedie v ETA.

Charakteristická hodnota sa stanoví použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

2.2.7 Únavová pevnosť v ťahu

Účel hodnotenia

Tu uvedená skúšobná metóda zahŕňa určenie krivky S-N a únavovej pevnosti FRP tyčí.

Metóda hodnotenia

Únava tyčí v ťahu sa stanoví podľa všeobecnej metódy uvedenej v ISO 10406-1, kapitola 10, a podľa údajov uvedených v časti 2.2.2 pre ploché tyče.

Zvláštna pozornosť sa musí venovať centrovaniu tyče vzhľadom na ukotvenie k skúšobnému stroju. Ďalšie podrobnosti sú v časti 2.2.2

Porucha zvyčajne začína štiepením (delamináciou vlákien) a končí pretrhnutím tyče v dôsledku pretrhnutia vlákien ťahom. Zlyhanie podobné metle je všeobecne známe.

1. Stanovenie S-N krivky

Na účely určenia krivky S-N fixujte pomer zaťaženia (napätia) $R=0,1$ a nastavte maximálne a minimálne zaťaženie podľa metódy c) článku 10.4.2 normy ISO 10406-1.

Najmenej tri úrovne zaťaženia sa nastavujú tak, aby počet cyklov do zlyhania bol medzi 10^3 a 2×10^6 .

Pri výbere prvého stupňa zaťaženia je možné použiť nasledujúci postup:

a) zvoliť vhodné maximálne napätie v rozsahu 20 až 60 percent kvázi-statickej pevnosti v ťahu a začať únavovú skúšku s touto hodnotou ako opakovaným maximálnym zaťažením;

b) Ak vzorka nezlyhá po 10^4 cykloch pri tomto opakovanom maximálnom namáhaní, pridajte 5 percent kvázi-statickej pevnosti v ťahu a vykonajte skúšku bez prerušenia s použitím tej istej vzorky;

c) Ak nedôjde k poruche po 10^4 cykloch po kroku b, k opakovanému maximálnemu zaťaženiu by sa malo pridať ďalších 5 percent;

d) Opakujte krok c, kým vzorka zlyhá;

e) Počiatočné maximálne napätie aplikované na netestovanú vzorku možno nastaviť na predtým zistené maximálne zaťaženie mínus 5 percent kvázi-statickej pevnosti v ťahu.

Ostatné úrovne zaťaženia sa môžu navzájom líšiť o približne 10 percent kvázi-statickej pevnosti v ťahu.

Je možné dodržať ďalšie postupy, ktoré zaručujú splnenie vyššie uvedenej požiadavky (počet cyklov do zlyhania medzi 10^3 a 2×10^6).

Krivka S-N musí byť vyjadrená maximálnym opakovaným napätím, rozsahom napätia alebo amplitúdou napätia na vertikálnej osi a počtom cyklov na logaritmickú stupnicu na horizontálnej osi.

2. Experimentálne stanovenie únavovej pevnosti

Na účely stanovenia únavovej pevnosti sa vykoná najmenej 6 skúšok do minimálne 2×10^6 cyklov s pomerom napätia $R=0,1$ pri maximálnej úrovni namáhania. Ako hodnota prvého pokusu sa stanoví maximálna úroveň napätia $0,2 f_{tk0}$. Ak sa dosiahne 2×10^6 cyklov bez zlyhania, možno na bezpečnej strane považovať hodnotu experimentálneho pokusu za únavovú pevnosť pre skúšaný priemer. V opačnom prípade možno skúšku zopakovať s novou vzorkou (vzorkami) s maximálnou úrovňou napätia zvýšenou o $0,1 f_{tk0}$ (môžu sa použiť akékoľvek iné primerané kroky).

Ak sa porušenie zistí pred dosiahnutím 2×10^6 cyklov, potom maximálne napätie o jeden stupeň nižšie, ktoré dosiahlo 2×10^6 cyklov, je uvedené v ETA ako parameter výrobku.

Vyjadrenie výsledkov

Opis spôsobu porušenia alebo kombinácie spôsobov porušenia sa uvedie v ETA.

Krivka S-N musí byť uvedená v ETA.

V ETA sa musí uviesť únavová pevnosť $f_{fatigue}$ [MPa] získaná experimentálne pri 2×10^6 cykloch.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia byť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.8 Zlyhanie v dotvarovaní

Účel hodnotenia

Tento odsek špecifikuje postupy na určenie vplyvu trvalého zaťaženia na vlastnosti FRP tyčí bežne používaných ako ťahané prvky vo vystuženom betóne.

Metóda hodnotenia

Porušenie prútov pri dotvarovaní sa stanoví podľa metódy uvedenej v 0 a údaje uvedené v časti 2.2.2 pre ploché tyče. Opredpisuje viacero úrovní sily a daný súbor kontrolovaných podmienok prostredia (prípady 1, 2 a 3), aby bolo možné odvodiť vzťah medzi zaťažením a časom do zlyhania.

Prípady 2 a 3 sú alternatívne metódy. Prípady 2 a 3 sa použijú ako referenčná metóda na určenie hodnôt porúch v dotvarovaní.

V prípadoch 1 a 2 (pozri 0) zvyčajne porucha začína rozštiepením (delamináciou vlákien) a končí pretrhnutím tyče v dôsledku pretrhnutia vlákien ťahom (zlyhanie podobné metle). Pre prípady 2 a 3 a dlhší čas do zlyhania je zlyhanie podobné metle menej rozvinuté.

Vyjadrenie výsledkov

Typ porušenia alebo kombinácia spôsobov porušení sa zaznamená a uvedie v ETA.

Prípady 1

Pomer zaťaženia pri porušení v dotvarovaní R_{Yc} sa musí uviesť v ETA spolu s kapacitou pri porušení v dotvarovaní za milión hodín F_{rc} [N] a charakteristickou hodnotou pevnosti pri porušení v dotvarovaní za milión hodín $f_{ftk,c}$ [MPa].

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

Prípady 2 alebo 3

Pomer zaťaženia pri porušení v dotvarovaní $R_{Yc,a}$ sa musí uviesť v ETA spolu s kapacitou pri porušení v dotvarovaní za milión hodín $F_{rc,a}$ [N] a charakteristickou hodnotou pevnosti pri porušení v dotvarovaní za milión hodín, $f_{ftk,ca}$ [MPa]. K hodnotám sa pripojí odkaz na použitú skúšobnú metódu.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.9 Koeficient pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti

Účel hodnotenia

Táto skúšobná metóda zahŕňa postup hodnotenia koeficientu pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti FRP tyčí.

Metóda hodnotenia

Koeficient pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti tyčí sa stanoví podľa metódy uvedenej v ISO 10406-1, kapitola 15. Pri kalibrácii merača teploty sa odkazuje na ISO 11359-1 ustanovenie 7.1.1.

Vyjadrenie výsledkov

Priemerný koeficient pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti, $\alpha_{sp,L}$ [$^{\circ}\text{C}^{-1}$], sa musí uviesť v ETA.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.10 Koeficient priečnej tepelnej rozťažnosti

Účel hodnotenia

Táto skúšobná metóda zahŕňa postup hodnotenia koeficientu priečnej tepelnej rozťažnosti FRP tyčí.

Metóda hodnotenia

Koeficient priečnej tepelnej rozťažnosti tyčí sa stanoví podľa metódy uvedenej v ISO 10406-1, kapitola 15, v smere kolmom na os vlákna. V tomto prípade bude tenzometer umiestnený na povrchu tyče v priečnom smere.

Pri kalibrácii merača teploty sa odkazuje na ISO 11359-1 ustanovenie 7.1.1.

Vyjadrenie výsledkov

Priemerný koeficient priečnej tepelnej rozťažnosti, $\alpha_{sp,T}$ [$^{\circ}\text{C}^{-1}$], sa musí uviesť v ETA.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.11 Teplota skleného prechodu alebo teplota tavenia

Účel hodnotenia

Tu uvedené skúšobné metódy pokrývajú postupy hodnotenia teploty skleného prechodu termosetových a termoplastických FRP tyčí. Okrem toho je poskytnutý aj postup na stanovenie teploty tavenia pre termoplastické a semikryštalické FRP tyče a pomer vytvrdzovania pre termosetové produkty.

Metóda hodnotenia

Pre termosetové výrobky sa teplota skleného prechodu FRP tyčí určí podľa EN ISO 11357-2.

Skúška sa vykoná na vzorkách - vo forme vložiek alebo úlomkov - odobratých z tyčí mechanickým rezaním alebo odstránením, pričom treba dávať pozor, aby sa materiál počas operácie neprehrial. Hmotnosť vzoriek musí byť čo najbližšie k 20 mg a odoberú sa z jadra kompozitného materiálu.

Skúšky sa vykonajú v štandardných podmienkach a po predpísanom kondicionovaní podľa postupu opísaného nižšie.

DSC v štandardných podmienkach

Postup sa zopakuje aspoň na troch rôznych vzorkách:

1. každá vzorka sa podrobí prvému cyklu kondicionovania - trvajúcemu 48 hodín - v štandardných atmosférických podmienkach ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50 \pm 5\%$ relatívnej vlhkosti);
2. vzorka sa potom podrobí prvému cyklu ohrevu (I) s rýchlosťou ohrevu $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Týmto spôsobom sa stanoví prvá hodnota teploty skleného prechodu $T_{g,I}^s$ cyklu I použitím „metódy rovnakých plôch“ v súlade s EN ISO 11357-2, článok 10.1.2;
3. tá istá vzorka sa potom ochladí pri rovnakých podmienkach ohrievacieho cyklu (teplota a rýchlosť);
4. druhý cyklus ohrevu (II) sa vykoná na tej istej vzorke, opäť s použitím rýchlosti ohrevu $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ a použitím metódy rovnakých plôch v súlade s EN ISO 11357-2, čím sa stanoví druhá hodnota teploty skleného prechodu $T_{g,II}^s$ cyklu II.

DSC po kondicionovaní

Druhá skupina troch vzoriek sa zahreje na teplotu približne o $30 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyššiu, ako je teplota skleného prechodu dosiahnutá v prvom cykle (min $T_{g,I}^s$) za štandardných podmienok, pričom sa teplota udržiava najmenej 30 minút. Potom sa znova vykoná postup opísaný v štandardných podmienkach od 2. do 4. na posúdenie $T_{g,I}^c$ cyklu I a $T_{g,II}^c$ cyklu II po novom kondicionovaní.

Rozdiel medzi min $T_{g,I}^s$ pri štandardných podmienkach a min $T_{g,I}^c$ po kondicionovaní udáva pomer vytvrdzovania.

Pre *termoplastické* výrobky možno teplotu skleného prechodu určiť rovnakým postupom ako pre *termosetové* výrobky (bod 1-4). Okrem toho sa teplota tavenia určí podľa EN ISO 11357-3 na 3 vzorkách, len ak je termoplastický výrobok semikryštalický.

Vyjadrenie výsledkov

Pre *termosetové* výrobky sú minimálne hodnoty teploty skleného prechodu získané v dvoch cykloch zahrievania za štandardných podmienok ($T_{g,I}^s$ a $T_{g,II}^s$ [$^{\circ}\text{C}$]) a po kondicionovaní ($T_{g,I}^c$ a $T_{g,II}^c$ [$^{\circ}\text{C}$]) a pomer vytvrdzovania (rozdiel medzi min. $T_{g,I}^s$ pri štandardných podmienkach a min $T_{g,I}^c$ po kondicionovaní) [$^{\circ}\text{C}$] sa uvedie v ETA.

Pre *termoplastické* výrobky sú minimálne hodnoty teploty skleného prechodu získané v dvoch cykloch zahrievania za štandardných podmienok $T_{g,I}^s$ a $T_{g,II}^s$ [$^{\circ}\text{C}$] a teplota tavenia T_{pm} [$^{\circ}\text{C}$] (pre semikryštalické produkty) sa musia uviesť v ETA.

2.2.12 Relaxácia

Účel hodnotenia

Tu uvedená skúšobná metóda zahŕňa postup hodnotenia dlhodobej relaxácie FRP tyčí.

Metóda hodnotenia

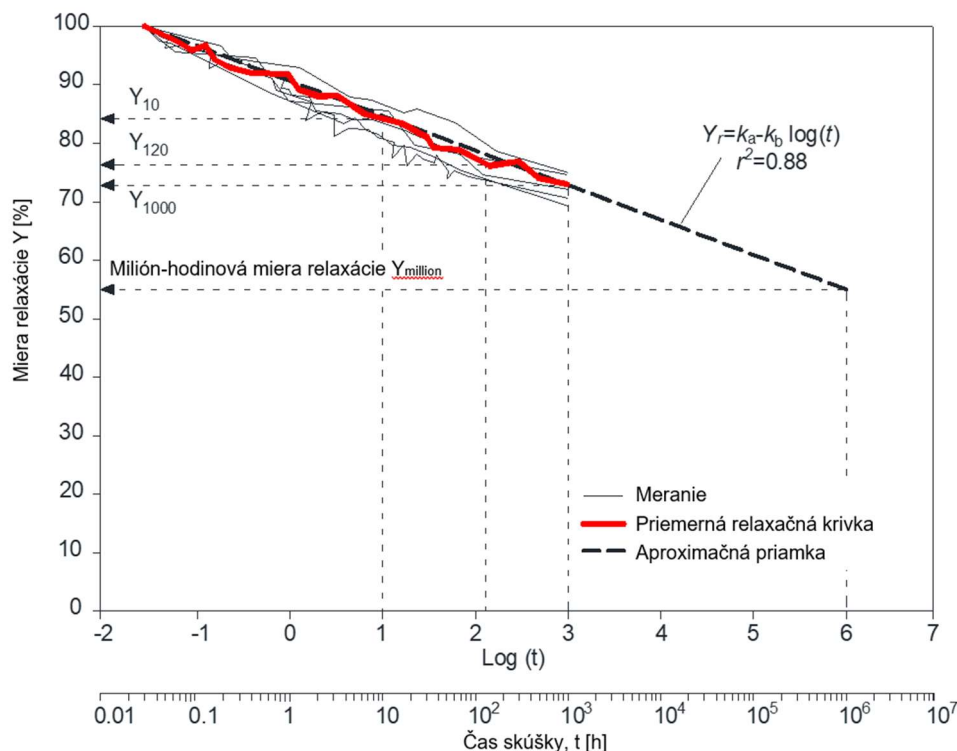
Dlhodobá relaxácia skúšobných vzoriek sa stanoví podľa metódy uvedenej v ISO 10406-1, kapitola 9, a podľa údajov uvedených v časti 2.2.2 pre ploché tyče. Na skúšobnú vzorku sa osadí extenzometer. Skúšobná teplota musí byť v rozsahu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Iné teploty sa môžu skúšať podľa ISO 10406-1 článok 9.3; v tomto prípade musia byť výsledky uvedené v ETA doplnené o skúšobnú teplotu.

Zaručená únosnosť v ťahu uvedená v článku 9.4.3 normy ISO 10406-1 sa považuje za charakteristickú hodnotu pevnosti v ťahu podľa bodu 2.2.2.

Vyjadrenie výsledkov

Stanovia sa priemerné pomery relaxácie Y_{10} , Y_{120} , Y_{1000} [%] po 10 h, 120 h a 1 000 h a priemerná relaxačná krivka sa uvedie v ETA spolu so skúšobnou teplotou.

Miera relaxácie po 1 miliónu hodín (približne 114 rokov) sa vyhodnotí z aproximačnej čiary; táto hodnota predstavuje miliónovú relaxáciu Y_{million} [%] a označuje sa aj ako *storočná miera relaxácie*. Hodnoty, ktoré sa majú určiť, sú znázornené na obrázku 2.2.12.1.



Obrázok 2.2.12.1 – Príklad relaxačnej krivky v semilogaritmicknej mierke pre jeden priemer

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.13 Maximálna prevádzková teplota

Účel hodnotenia

Táto metóda stanovuje postup stanovenia teploty na začiatku mäknutia FRP tyče na základe termomechanických testov. Alternatívne navrhuje hodnotu, ktorá sa má nastaviť ako funkcia teploty skleného prechodu.

Metóda hodnotenia

Maximálna prevádzková teplota T_{max} [°C] sa stanoví v súlade s metódou uvedenou v OC.

Teplota T_{max} môže byť tiež určená ako $T_{\text{max}} = T_{g,I}^s - 30$ °C, kde $T_{g,I}^s$ je teplota skleného prechodu v prvom cykle ohrevu pri štandardných podmienkach (pozri časť 2.2.11).

Experimentálna metóda uvedená v prílohe C sa použije ako referenčná metóda na určenie maximálnej prevádzkovej teploty.

Vyjadrenie výsledkov

Najnižšia hodnota maximálnej prevádzkovej teploty T_{max} [°C] získaná zo skúšok musí byť uvedená v ETA spolu s použitou metódou hodnotenia.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.14 Súdržnosť pri maximálnej prevádzkovej teplote

Účel hodnotenia

Skúška vytrhnutím pri maximálnej prevádzkovej teplote sa vykonáva na určenie vplyvu teploty na súdržnosť FRP tyčí používaných ako výstužné tyče do betónu.

Metóda hodnotenia

Súdržnosť pri maximálnej prevádzkovej teplote sa stanoví na vzorkách pripravených podľa bodu 2.2.4.

Ak je k dispozícii maximálna prevádzková teplota podľa 2.2.13, skúška sa vykoná pri takejto teplote, inak sa použije hodnota medzi 80 °C, 100 °C, 120 °C alebo 140 °C.

Poznámka: Odporúča sa použiť hodnotu teploty medzi uvedenými hodnotami bližšie k $T_g - 30$ °C, kde T_g je teplota skleného prechodu živice tvoriacej FRP prvok (pozri technický odkaz, fib Bulletin 40, FRP výstuž vo vystužených betónových konštrukciách Lausanne Fédération internationale du béton 2007).

Skúška sa vykoná v betóne bez trhlín C20/25. Musí sa zabrániť štiepeniu betónu. Počas zahrievania nesmie dochádzať k odlupovaniu betónu.

Skúšky sa vykonajú zahriatím vzoriek na zvolenú cieľovú teplotu a potom vykonaním skúšky vytrhnutím pri konštantnej rýchlosti posunu podľa časti 2.2.4. Na ohrev vzorky je možné použiť špeciálny ohrievací plášť s rýchlosťou ohrevu 5 °C/min.

Vyjadrenie výsledkov

Priemerná hodnota (aritmetický priemer) súdržnosti τ_{Tmax} [MPa] sa stanoví a uvedie v ETA spolu s pevnosťou podkladu v tlaku a hodnotou teploty použitej pri skúške (zvolená cieľová teplota). Charakteristická hodnota sa stanoví použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

V ETA sa musí uviesť aj percento zachovania súdržnosti (τ_{ret} [%]) vzhľadom na okolité vzorky (ods. 2.2.4

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.15 Pevnosť FRP ohýbaných tyčí

Účel hodnotenia

Táto skúšobná metóda určuje kvázistaickú pevnosť pri porušení FRP ohýbaných tyčí bežne používaných ako ukotvenie pre strmene vo vystužených betónových konštrukciách.

Metóda hodnotenia

Pevnosť ohnutej časti tyče f_{ub} [MPa] sa stanoví v súlade s metódou uvedenou v 0, kde veľkosť tyče je buď efektívny priemer alebo efektívna šírka.

Stanoví sa aj pevnosť ohnutej časti tyče po vystavení alkalickému prostrediu podľa článku 2.2.16 v alkalickom roztoku s počiatočným pH ≥ 13 , teplotou ponorenia 60°C $\pm$ 3°C na 3 000 hodín bez trvalého ťahového napätia.

Vyjadrenie výsledkov

Opis spôsobu porušenia alebo kombinácie spôsobov porušenia musí byť uvedený v ETA (pozri prílohu D pre prijateľné spôsoby porušenia).

Priemerná hodnota (aritmetický priemer) a charakteristická hodnota ohybovej kapacity f_{ub} [MPa] a faktor zníženia pevnosti χ (percento pevnosti v ťahu rovnej časti tyče, ktorá je zadržaná v mieste ohybu) pred a po expozícii v alkáliách, musí byť uvedená v ETA spolu s pevnosťou podkladu v tlaku a hodnotou polomeru ohybu r_t [mm] skúšanej ohýbanej tyče.

Charakteristické hodnoty budú určené použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.16 Odolnosť voči alkáliám

Účel hodnotenia

Táto skúšobná metóda zahŕňa postup hodnotenia odolnosti FRP tyčí voči alkáliám používaných ako výstužné tyče do betónu. Odolnosť voči alkáliám sa meria tak, že sa tyče FRP vystavia vodnému alkalickému prostrediu a potom sa testujú na porušenie v ťahu alebo interlaminárnom šmyku.

Metóda hodnotenia

Odolnosť FRP tyčí voči alkáliám sa vykoná na vzorkách v ťahu aj interlaminárnom šmyku (*podľa časti 2.2.2a Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.*) a určí sa podľa metódy uvedenej v norme ISO 10406-1, kapitola 11 počas expozície 1 000 hodín a 3 000 hodín. Pre ťahové vzorky po 1 000 h sa na skúšobnú vzorku aplikuje trvalé ťahové napätie nastavené tak, aby vyvolalo počiatočné ťahové napätie rovnajúce sa 3 000 microstrainom ($1\mu\epsilon = 10^{-6} \epsilon$). V tomto prípade sa skúšobná časť vzorky ponorí do alkalického roztoku vo vnútri environmentálnej skrine alebo nádoby, v ktorej sa nachádzajú alkalické roztoky a ktorá má konštantnú teplotu $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzorka musí byť držaná v zaťažovacom zariadení, pričom tyč sa vystaví uvedenému konštantnému trvalému zaťaženiu. Po 1 000 hodinách sa vzorky vyložia a vyberú z alkalického roztoku.

Kondicionované vzorky sa potom skúšajú v priamom ťahu podľa ISO 10406-1, článok 11.4 a na pevnosť v interlaminárnom šmyku podľa postupu opísaného v **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

Vyjadrenie výsledkov

Upravené vzorky sa pred testovaním vizuálne skúmajú s použitím 5-násobného zväčšenia, aby sa opísali povrchové zmeny, ako je erózia, trhliny, mozaikovanie, rozpad a kriedovanie.

Miera percentuálneho úbytku hmotnosti $R_{\Delta m}$ [%] a miera zachovania pevnosti v ťahu $R_{et,t}$ [%] a v interlaminárnom šmyku $R_{et,i}$ [%] sa musia určiť a uviesť v ETA pre vzorky v ťahu aj interlaminárnom šmyku, spolu s podmienkami expozície.

Poznámka: Miera zachovania ťahovej kapacity po kondicionovaní v alkalickom prostredí $R_{et,t}$ [%] po 3 000 h zodpovedá faktoru ovplyvňujúcemu vplyv prostredia C_e podľa EN 1992-1-1, článok R.5.3.

Hodnoty, ktoré sa majú uviesť v ETA pre netestované veľkosti tyčí, sa musia uviesť rovnaké ako najnižšie výsledky spomedzi skúšaných, ktoré sú najbližšie k netestovaným veľkostiam. Rozšírenie výsledkov nie je možné, ak sa experimentálne výsledky vzťahujú len na jeden priemer.

2.2.17 Reakcia na oheň

FRP tyče sa skúšajú pomocou skúšobnej metódy (metód) relevantnej(-ých) pre príslušnú triedu reakcie na oheň podľa EN 13501-1. FRP tyče sa klasifikuje podľa delegovaného nariadenia Komisie (EÚ) č. 2016/364 v spojení s EN 13501-1.

V ETA musí byť uvedený parameter získaný zo skúšok.

Príprava vzoriek

Okrem EN 13501-1 sa pri príprave skúšobných telies musia brať do úvahy tieto parametre týčí:

- typ výrobku (typ vlákien, typ živice, pomer vlákna/matrice);
- povrchová štruktúra;
- aspoň výrobok s najvyšším a najnižším priemerom.

Pokyny pre montáž a upevnenie

- EN ISO 11925-2 (test jedným zdrojom plameňa)

Pre príslušné triedy sa musí vykonať skúška jedným plameňom s prihliadnutím na nasledujúce pokyny na prípravu skúšobnej vzorky. Tyče sa narežú na požadovanú dĺžku (250 ± 2 mm) a umiestnia sa na držiak vzorky zvisle blízko seba. Tam, kde je to potrebné, pripevnia nepotiahnutým oceľovým drôtom, aby sa udržali na mieste počas fázy inštalácie.

- EN 13823 (test SBI)

Pre príslušné triedy sa skúška SBI vykoná s prihliadnutím na nasledujúce pokyny na prípravu skúšobnej vzorky. Tyče sa umiestnia vertikálne blízko seba. V prípade potreby sa previažu nepotiahnutým oceľovým drôtom, aby sa počas fázy inštalácie udržali vo vertikálnej polohe. V súlade s EN 13823 musí byť vzdialenosť medzi nosnou doskou z kremičitanu vápenatého a tyčami 80 mm. Odporúča sa použiť ochranný kryt horáka.

Rozšírená aplikácia výsledkov testov

Výsledky testov zohľadňujúce v plnom rozsahu vyššie uvedené parametre platia aj pre produkty:

- z rovnakej definovanej skupiny typov výrobkov;
- s rovnakou štruktúrou povrchu;
- so všetkými priermi medzi hodnotenými, pričom sa berie do úvahy najhoršia získaná trieda medzi susednými priermi.

3 POSUDZOVANIE A OVEROVANIE NEMENNOSTI PARAMETROV

3.1 Systém(y) posudzovania a overovania nemennosti parametrov, ktoré sa majú použiť

Pre výrobky, na ktoré sa vzťahuje tento EAD, je platný európsky právny akt: **Rozhodnutie Komisie 97/597/ES**.

Poznámka: Aj keď sa uvedené rozhodnutie odvoláva na „výstužnú a predpínaciu oceľ do betónu“, funkcia „karbónových, sklenených, čadičových a aramidových FRP tyčí“ v stavebných prácach je presne taká, akú sleduje rozhodnutie 1997/597/ES, dokonca aj ak je základný materiál odlišný. Okrem toho komplexná výroba „karbónových, sklenených, čadičových a aramidových FRP tyčí“ zahŕňa systém AVCP zahŕňajúci neustály dohľad, posudzovanie a vyhodnocovanie vnútropodnikovej kontroly výroby výrobcu a kontrolné testovanie vzoriek odobratých notifikovaným certifikačným orgánom výrobkov pri výrobe, v prevádzke alebo v skladoch výrobcu, a to je v súlade s uvedeným rozhodnutím.

Systém je: **1+**.

3.2 Úlohy výrobcu

Základné body opatrení, ktoré má vykonať výrobca výrobku v procese posudzovania a overovania nemennosti parametrov, sú uvedené v tabuľke 3.2.1.

Tabuľka 3.2.1 – Kontrolný plán pre výrobcu; základné opatrenia

Č.	Predmet/typ kontroly	Skúšobná alebo kontrolná metóda	Kritériá, ak existujú	Minimálny počet vzoriek	Minimálna frekvencia kontroly
Vnútropodniková kontrola (FPC) [vrátane skúšania vzoriek odobratých vo výrobe v súlade s predpísaným plánom skúšok]					
1	Prichádzajúci materiál	Kontrola údajov dodávateľa	Kontrolný plán	-	100% dávka ⁽¹⁾
2	Efektívna prierezová plocha	2.2.1	Kontrolný plán	3	100% dávka ⁽¹⁾
3	Pevnosť v ťahu	2.2.2	Kontrolný plán	3	100% dávka ⁽¹⁾
4	Modul pružnosti v ťahu (priemerná hodnota)	2.2.2	Kontrolný plán	3	100% dávka ⁽¹⁾
5	Hustota	Kontrolný plán	Kontrolný plán	3	100% dávka ⁽¹⁾
6	Teplota skleného prechodu	2.2.11	Kontrolný plán	3 vzorky jedného náhodného priemeru	Každých šesť mesiacov
7	Pomer vytvrdzovania	2.2.11	Kontrolný plán	3 vzorky jedného náhodného priemeru	Každých šesť mesiacov
8	Pomer vlákna/matrice	Kontrolný plán	Kontrolný plán	3	Každých šesť mesiacov
9	Absorpcia vody	Kontrolný plán	Kontrolný plán	3	100% dávka ⁽¹⁾
10	Kapilárne dutiny (alebo obsah dutín)	Kontrolný plán	Kontrolný plán	3	100% dávka ⁽¹⁾
11	Pevnosť v interlaminárnom šmyku	Kontrolný plán	Kontrolný plán	3 vzorky jedného náhodného priemeru	Každý rok
12	Odolnosť voči alkáliám	Kontrolný plán	Kontrolný plán	3 vzorky jedného náhodného priemeru	Každý rok
13	Súdržnosť (centrické skúšky na betóne s nízkou pevnosťou)	2.2.4	Kontrolný plán	priemerom s/m/l ⁽²⁾	Každý rok
14	Pevnosť FRP ohýbaných tyčí	2.2.15	Kontrolný plán	3 vzorky jedného náhodného priemeru	Každý rok
(1) Akákoľvek séria tyčí vyrobená od začiatku do konca s rovnakými základnými materiálmi použitými v rovnakých pomeroch bez zmeny akéhokoľvek výrobného parametra, ako je teplota vytvrdzovania alebo rýchlosť linky pre maximálne 60 000 lineárnych metrov rovnakého priemeru, a to aj vo viaczmennej výrobe a aspoň raz ročne pre každý priemer. (2) Vzorky vyrobené v priebehu roka.					

3.3 Úlohy notifikovanej osoby

Základné body opatrení, ktoré má vykonať notifikovaný orgán v procese posudzovania a overovania nemennosti parametrov FRP tyčí, sú uvedené v tabuľke 3.3.1.

Tabuľka 3.3.1 – Plán kontrol pre notifikovanú osobu; základné opatrenia

Č.	Predmet/typ kontroly	Skúšobná alebo kontrolná metóda	Kritériá, ak existujú	Minimálny počet vzoriek	Minimálna frekvencia kontroly
Počiatočná inšpekcia výrobného závodu a vnútropodniková kontrola výroby					
1	Notifikovaný orgán sa presvedčí, že vnútropodniková kontrola výroby s personálom a vybavením je vhodná na zabezpečenie nepretržitej a riadnej výroby FRP tyčí.	Overenie úplného FPC, ako je opísané v pláne kontroly dohodnutom medzi TAB a výrobcom	Ako je definované v pláne kontroly	Ako je definované v pláne kontroly	Pri spustení výroby alebo novej linky
Priebežný dohľad, posudzovanie a vyhodnocovanie vnútropodnikovej kontroly výroby					
2	Notifikovaný orgán sa uistí, že systém vnútropodnikovej kontroly výroby a špecifikovaný výrobný proces sú udržiavané s ohľadom na plán kontroly.	Overenie kontrol vykonaných výrobcom, ako je opísané v pláne kontrol dohodnutom medzi orgánom technického posudzovania a výrobcom s odkazom na suroviny, proces a výrobok, ako je uvedené v tabuľke 3.2.1	Ako je definované v pláne kontroly	Ako je definované v pláne kontroly	1/rok
Kontrolné skúšanie vzoriek odobratých notifikovaným orgánom na certifikáciu výrobkov vo výrobnom závode alebo v skladoch výrobcu					
1	Efektívne prierezové vlastnosti	2.2.1	Ako je definované v pláne kontroly	3 vzorky s jedným priemerom tyče a výrobným postupom	Každá inšpekcia alebo 2/rok
2	Ťahové vlastnosti	2.2.2	Ako je definované v pláne kontroly	3 vzorky s jedným priemerom tyče a výrobným postupom	Každá inšpekcia alebo 2/rok
3	Teplota skleného prechodu	2.2.11	Ako je definované v pláne kontroly	3 vzorky s jedným priemerom tyče ⁽¹⁾ a výrobným postupom	Každá inšpekcia alebo 2/rok
4	Pomer vytvrdzovania	2.2.11	Ako je definované v pláne kontroly	3 vzorky s jedným priemerom tyče ⁽¹⁾ a výrobným postupom	Každá inšpekcia alebo 2/rok
5	Pevnosť v ťahu po alkalickej úprave	2.2.16	Ako je definované v pláne kontroly	3 vzorky s jedným priemerom tyče a výrobným postupom	Každá inšpekcia alebo 2/rok

4 CITOVANÉ DOKUMENTY

EN 206:2013+A2:2021	Betón - špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
EN 705:1994/AC:1995	Potrubné systémy z plastov. Rúry a tvarovky z termosetov vystužených sklom (GRP). Metódy regresnej analýzy a ich použitie
EN 1990:2023	Eurokód 0: Zásady konštrukčného a geotechnického návrhu
EN 1992-1-1:2023	Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií - Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy, mosty a inžinierske stavby.
EN 13501-1:2018	Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň
EN 13823:2020 + A1:2022	Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. Stavebné výrobky okrem podlahových krytín, vystavené tepelnému pôsobeniu osamelo horiaceho predmetu
EN ISO 527-1:2019	Plasty. Stanovenie ťahových vlastností. Časť 1: Všeobecné zásady (ISO 527-1: 2019)
EN ISO 604:2003	Plasty - Stanovenie tlakových vlastností (ISO 604: 2002)
EN ISO 7500-1:2018	Kovové materiály. Kalibrácia a overovanie skúšobných strojov na jednoosovú statickú skúšku. Časť 1: Trhacie stroje a lisy. Kalibrácia a overovanie systému merania sily
EN ISO 11357-2:2020	Plasty. Diferenčná snímacia kalorimetria (DSC). Časť 2: Stanovenie teploty skleného prechodu a skokovej zmeny tepelnej kapacity (ISO 11357-2: 2020)
EN ISO 11357-3:2018	Plasty. Diferenčná snímacia kalorimetria (DSC). Časť 3: Stanovenie teploty a entalpie tavenia a kryštalizácie (ISO 11357-3: 2018)
EN ISO 11925-2:2020	Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňa. Časť 2: Skúška jednoplameňovým zdrojom (ISO 11925-2: 2020)
EN ISO 14130:1997	Vláknami vystužené plastové kompozity. Stanovenie zdanlivej medzilaminárnej pevnosti v šmyku metódou krátkeho nosníka (ISO 14130:1997)
EN ISO/IEC 17025:2017	Všeobecné požiadavky na kompetentnosť skúšobných a kalibračných laboratórií
ISO 10406-1:2015	Vláknami vystužené polymérové (FRP) výstuže betónu – Skúšobné metódy. Časť 1: FRP tyče a siete
ISO 11359-1:2023	Plasty - Termomechanická analýza (TMA) - Časť 1: Základné princípy

PRÍLOHA A SÚHRN SKÚŠOBNÝCH VZORIEK

	Základná požiadavka		Článok v EAD	Minimálny počet vzoriek	
MECHANICKÉ	Pevnosť v ťahu		2.2.2	Pre každú veľkosť tyče: celkom 25 (5 z 5 samostatných šarží)	
	Modul pružnosti v ťahu				
	Pomerné pretvorenie pri porušení ťahom				
	Pevnosť v tlaku		2.2.3	Pre každú veľkosť tyče: celkom 15 (3 z 5 samostatných šarží)	
	Modul pružnosti v tlaku				
	Súdržnosť s betónom - skúška vytrhnutia	Centrický test	2.2.4	Pevnosť betónu C20/25	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)
			2.2.4	Pevnosť betónu C50/60	Celkom 5 (maximálna veľkosť tyče)
		Excentrický test	2.2.4	Pevnosť betónu C20/25	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)
	Súdržnosť pri maximálnej prevádzkovej teplote		2.2.14	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)	
	Pevnosť v priečnom šmyku		2.2.5	Pre každú veľkosť tyče: celkom 25 (5 z 5 samostatných šarží)	
	Pevnosť v interlaminárnom šmyku		Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.	Pre každú veľkosť tyče: celkom 25 (5 z 5 samostatných šarží)	
	Únava v ťahu		Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.	SN krivka	Aspoň 6 pre každú z troch úrovní testu (18 od najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče).
				Sila únavy	Najmenej 6 pri maximálnej úrovni napätia (6 od najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče).
	Zlyhanie v dotvarovaní		2.2.8	Pre každý prípad aspoň 3 pre každú z 5 úrovní testu (pre najmenšiu, strednú a najväčšiu veľkosť tyče).	
Relaxácia		2.2.12	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)		
Pevnosť ohýbaných FRP tyčí		2.2.15	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)		
FYZIKÁLNE	Efektívne prierezové vlastnosti		2.2.1	Pre každú veľkosť tyče: celkom 15 (5 z 3 samostatných šarží)	
	Koeficient pozdĺžnej tepelnej rozťažnosti		0	Celkom 9 (3 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)	
	Koeficient priečnej tepelnej rozťažnosti		2.2.10	Celkom 9 (3 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)	
	Teplota skleného prechodu <i>alebo</i> teplota topenia		2.2.11	Celkom 6 vzoriek (3 vzorky pre T _{g1} <i>alebo</i> T _{pm} a 3 vzorky pre pomer vytvrdzovania)	
	Maximálna prevádzková teplota		2.2.13	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)	
STARNUTIE	Odolnosť voči alkáliám		2.2.16	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)	
	Súdržnosť s betónom skúškou vytrhnutia (po alkalickom vystavení tyčí)		2.2.16a 2.2.4	Pevnosť betónu C20/25	Celkom 15 (po 5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)
	Pevnosť ohýbaných FRP tyčí (po alkalickom vystavení tyčí)		2.2.16a 2.2.15	Celkom 15 (5 z najmenej, strednej a najväčšej veľkosti tyče)	
OHŇ	Reakcia na oheň		2.2.17	Podľa príslušných noriem v súlade s delegovaným nariadením Komisie (EÚ) 2016/364.	

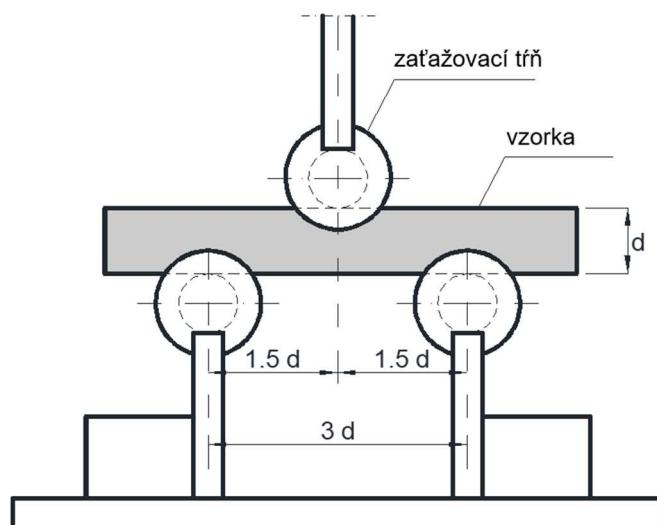
PRÍLOHA B METÓDA STANOVENIA PEVNOSTI V INTERLAMINÁRNOM ŠMYKU PRE KRUHOVÉ TYČE

B1. Všeobecné požiadavky

Skúšobná metóda zahŕňa stanovenie zdanlivej horizontálnej (interlaminárnej) pevnosti v šmyku FRP tyčí metódou krátkych nosníkov.

B2. Zhrnutie skúšobnej metódy

Skúšobná vzorka je zaťažovaná v strede, ako je znázornené na obrázku B2.1. Konce vzorky spočívajú na dvoch podperách, ktoré umožňujú vzorku ohýbať sa, pričom zaťaženie pôsobí pomocou tŕňa v strede pozdĺž rozpätia podpery, ako je znázornené na obrázku B2.1. Vzorka sa vychyluje, kým nedôjde k porušeniu šmyku v strednej rovine vodorovne podoprenej kruhovej tyče.



Obrázok B2.1 – Skúšobné nastavenie a konfigurácia rozpätia pre 3d rozpätie (rozpätie môže byť tiež 4d, 5d alebo 6d, podľa potreby na dosiahnutie šmykového spôsobu porušenia)

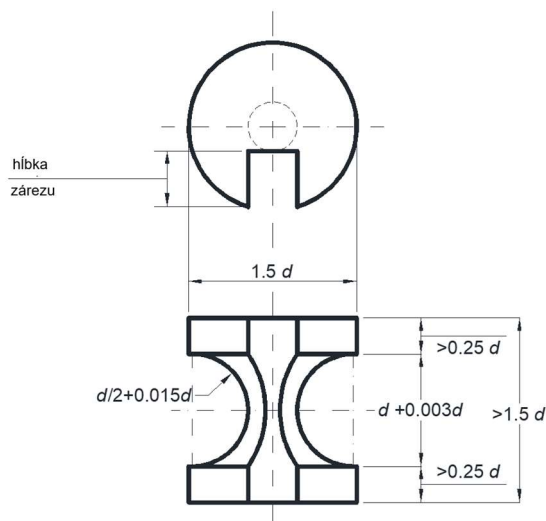
B3. Skúšobné vzorky

Vzorka sa odreže z tyčí na dĺžku o jeden priemer väčšiu ako je skúšobné rozpätie a s toleranciou plus alebo mínus 0,1 násobku priemeru. Navrhované pomery rozpätia k priemeru sú od 3:1 až do 6:1. Získanie šmykových lomov počas skúšky je hlavným faktorom pri určovaní dĺžky rozpätia.

B4. Skúšobné zariadenie

Skúšobný stroj – Správne kalibrovaný skúšobný stroj, ktorý možno prevádzkovať pri konštantnej rýchlosti pohybu priečnika a v ktorom presnosť (pozri článok 1.3.1) v systéme merania zaťaženia nesmie presiahnuť $\pm 1 \%$ maximálneho očakávaného zaťaženia.

Zaťažovací tŕň a podpery - Zaťažovací tŕň musí byť vhodná oceľová tyč s drážkou v priemere pultrudovanej tyče opracovanej na jej spodnom konci (obrázok B4.1). Spodná podpera musí byť nastaviteľná, aby sa umožnilo skúšanie pri rôznych pomeroch rozpätia/priemeru. Povrch drážky musí byť bez vrúbkov a otrepov, a bez ostrých hrán.



Obrázok B4.1 – Rozmer zaťažovacieho trňa

B5. Kondicionovanie

Kondicionovanie - Skúšobné vzorky kondicionujte pri teplote $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relatívnej vlhkosti $50 \pm 5\%$ počas najmenej 40 hodín pred skúškou.

Skúšobné podmienky - Skúšky vykonávajte v štandardných laboratórnych podmienkach pri teplote $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relatívnej vlhkosti $50 \pm 5\%$.

B6. Skúšanie vzoriek

1. Pred kondicionovaním alebo skúšaním zmerajte priemer každej vzorky s presnosťou na $0,025\text{ mm}$ v strede.
2. Umiestnite skúšobnú vzorku do skúšobného prípravku, ako je znázornené na obrázku B2.1. Zarovnajte vzorku tak, aby jej stred bol vycentrovaný a jej dlhá os bola kolmá na zaťažovací trň. Nastavte bočné podpery na predtým určené rozpätie.
3. Aplikujte zaťaženie na vzorku pri rýchlosti pohybu priečnika $1,3\text{ mm/min}$.
4. Pre každú vzorku zaznamenajte zaťaženie, pri porušení (maximálne zaťaženie mechanizmu indukujúceho zaťaženie). Niekedy pri skúšaní FRP tyčí v rôznych prostrediach vzorky neustále nezlyhávajú v šmyku, najmä ak je zvolený nesprávny pomer rozpätia k hĺbke. Je preto veľmi dôležité zaznamenať typ porušenia (šmyk alebo ťah), ku ktorému dôjde.
5. Ak by vzorka zlyhala iným spôsobom ako vodorovným šmykom, hodnota sa zahodí a vykoná sa opakovaná skúška.

B7. Spracovanie výsledkov skúšok

Zdanlivú horizontálnu (interlaminárnu) pevnosť v šmyku vypočítajte nasledovne:

$$\tau_i = 0.849 \frac{F}{d_{\text{eff}}^2} \quad (\text{B7.1})$$

kde:

τ_i zdanlivá horizontálna (interlaminárna) pevnosť v šmyku [N/mm^2]

F medzné zaťaženie [N]

d_{eff} efektívny priemer vzorky [mm].

B8. Protokol o skúške

Protokol musí obsahovať aspoň tieto informácie:

- Kompletná identifikácia testovaného materiálu vrátane typu, zdroja, formy, základných rozmerov
- Postup výroby
- Priemer vzorky
- Použitý postup kondicionovania
- Atmosférické podmienky v skúšobnej miestnosti
- Počet skúšaných vzoriek
- Rýchlosť pohybu priečnika
- Rozpätie
- Dĺžka vzoriek
- Typ porušenia
- Zdanlivá horizontálna pevnosť v šmyku každej vzorky, priemerná hodnota a štandardná odchýlka
- Miesto porušenia alebo spôsob určenia porušenia z krivky
- Priemerný obsah vlákniiny, hmotnostné percentá
- Dátum skúšky.

C1. Všeobecné požiadavky

Táto metóda stanovuje postup stanovenia teploty na začiatku mäknutia FRP tyče na základe termomechanických testov.

C2. Zhrnutie skúšobnej metódy

Metóda je založená na grafe termomechanickej analýzy získanom z trojbodovej skúšky priečného ohybu na cieľovú hodnotu ohybu pri zahrievaní zakrivenej vzorky v ohrievacej komore, pričom sa zaznamenávajú zmeny zaťaženia s nárastom teploty. So zvyšujúcou sa teplotou sa odolnosť vzorky v ohybe znižuje. Stáva sa to preto, že šmykové napätie, ktoré existuje krátky čas v ohnutej vzorke, znižuje odolnosť kompozitu s polymérnou maticou.

Rýchlosť poklesu odolnosti vzorky v ohybe má maximálnu hodnotu v momente, v ktorom sa zahriata polymérna matica vo vzorke začne meniť zo sklovitého do flexibilného stavu, teda mäkne.

Následná diferenciálna termická analýza diagramu získaného počas testu, ktorý opisuje závislosť odolnosti vzorky v ohybe od teploty, určuje teplotu, pri ktorej začal proces mäknutia matrice.

C3. Skúšobné vzorky

Skúšobné vzorky sa náhodne vyberú z kontrolovanej šarže tyčí FRP.

Pri výbere a príprave vzoriek na skúšanie, deformácii a zahrievaniu sa musí zabrániť vystaveniu ultrafialovému svetlu a iným vplyvom prostredia, ktoré môžu viesť k zmenám vlastností materiálu.

Dĺžka skúšobných vzoriek musí byť 12-násobok veľkosti tyče (účinný priemer alebo efektívna šírka). Rozpätie (vzdialenosť medzi podperami) týchto vzoriek musí byť v rozmedzí 9-násobku veľkosti tyče ± 2 mm.

Kondicionovanie — teplota musí byť v rozsahu $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (štandardné laboratórne podmienky) .

C4. Skúšobné zariadenia a materiály

Skúšobné zariadenie musí :

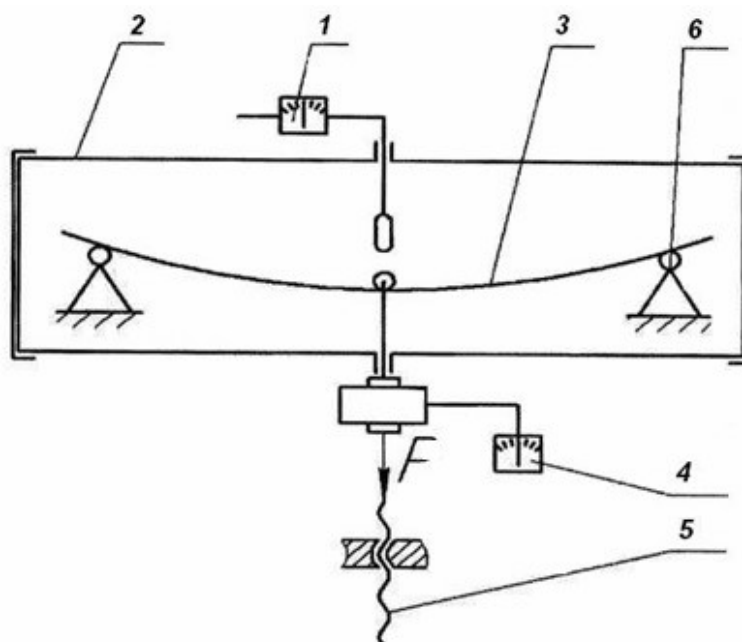
- poskytnúť napätie väčšie ako je pevnosť skúšobnej vzorky.
- byť zaradené do triedy 0,5 s odkazom na EN ISO 7500-1.
- zabezpečiť meranie vzdialenosti medzi priečnikmi s presnosťou (pozri článok 1.3.1) najviac 0,5 %.
- poskytujú rýchlosť posuvu priečnika v rozsahu 5 až 100 mm/min.

Príklad skúšobného usporiadania je znázornený na obrázku C4.1.

Zariadenie pozostáva z:

- ohrievacia komora (2) namontovaná na ráme, ktorá umožňuje ohrev vzorky (3) na teplotu 200°C .
- nakladací mechanizmus (5).
- podpery (6) a zaťažovací trň, ktorú tvoria valčeky s priemerom minimálne 1,5 veľkosti tyče (pozri obrázok B4.1).
- snímače sily s presnosťou (pozri článok 1.3.1) najviac 0,5 % (4).
- snímač teploty s presnosťou (pozri článok 1.3.1) najviac 1 % (1).

Zariadenie musí byť vybavené regulátorom rýchlosti ohrevu, ktorý zabezpečuje zvýšenie teploty v ohrievacej komore v rozmedzí $(1,0 \pm 0,2)^{\circ}\text{C/min}$, a softvérovým systémom na zaznamenávanie a spracovanie výsledkov skúšky.



Obrázok C4.1 – Skúšobná schéma na určenie teploty mäknutia skúšobnej vzorky
 (1 – snímač teploty; 2 – ohrievacia komora; 3 – skúšobná vzorka;
 4 – snímač sily; 5 – zaťažovací mechanizmus; 6 – podpera)

Postup na stanovenie teploty mäknutia vzorky (pozri obrázok C4.1):

1. Vopred vychladená vzorka (3) na podperách (6) sa umiestni do ohrievacej komory (2) nastavenej na izbovú teplotu;
2. Vzorka je ohnutá cez hrot zaťažovacieho tŕňa (5) na vopred stanovenú hodnotu vychýlenia spojenú s cieľovým zaťažením (pozri odsek C5);
3. Teplota v ohrievacej komore sa zaznamenáva snímačom (1). Zodpovedajúca hodnota pevnosti v ohybe vzorky sa zaznamenáva snímačom (4) počas cele doby skúšky;
4. Zapnite ohrievaciu komoru do prevádzkového režimu s rýchlosťou ohrevu $(1,0 \pm 0,2) ^\circ\text{C}/\text{min}$ a postupne zahrievajte na vopred stanovenú teplotu vyššiu, ako je teplota v druhom α -prechodovom bode;
5. Počas zahrievania komory sa tiež zaznamenáva teplota v komore a zodpovedajúce hodnoty pevnosti v ohybe vzorky s frekvenciou medzi 1 a 3 Hz.

C5. Skúšanie vzoriek

Aplikované zaťaženie na vzorku musí byť 10 % zaťaženia pri porušení pre danú skúšobnú základňu (vzdialenosť medzi podperami).

Očakávaná hodnota zaťaženia pri porušení F [N] sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$F \approx \frac{4f_b w}{l_p} \quad (\text{C5.1})$$

kde l_p je dĺžka rozpätia vzorky [mm] (vzdialenosť medzi podperami) a f_b je pevnosť v ťahu za ohybu [MPa].

Pre vzorky s kruhovým prierezom je hodnota modulu prierezu w [mm³] daná vzťahom:

$$w = \frac{\pi d^3}{32} \quad (\text{C5.2})$$

Skúšobné zariadenie je nastavené na hodnotu skúšobnej základne, ktorá zodpovedá hodnote l_p .

Snímače sily a teploty sú nastavené.

Vzorka sa vloží do zariadenia tak, aby hrot zaťažovacieho tŕňa vyvíjal tlak v strede pracovnej časti vzorky umiestnenej medzi podperami.

Pomocou zaťažovacieho mechanizmu sa vzorka ohýba, kým sa aplikované zaťaženie nerovná zaťaženiu potrebnému podľa rovnice C5.1. Závaž je monitorovaná indikáciami snímača merania sily.

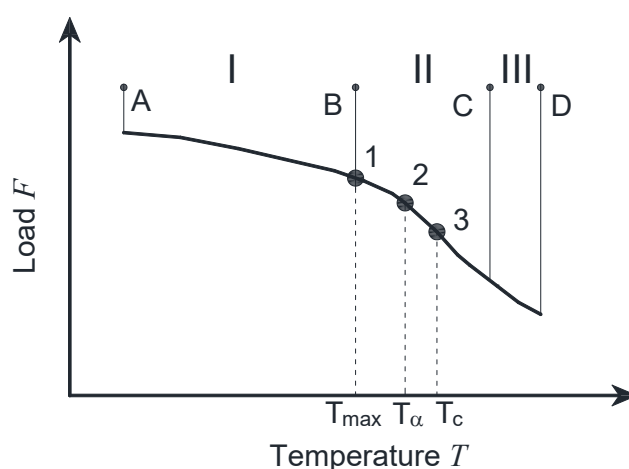
Udržujte vzorku vo vopred určenej polohe po dobu najmenej 5 minút. Potom prepnite vykurovaciu komoru do prevádzkového režimu a sledujte zmeny teploty.

Keď teplota v komore stúpne o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, zaznamenaná sa termomechanický diagram – pole hodnôt teploty a sily (T_i , F_i). Pole zaznamenáva prírastky teploty nie väčšie ako $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Po skúške sa vzorka vyberie z komory a komora sa ochladí na teplotu miestnosti.

C6. Spracovanie výsledkov testov

Počas spracovania výsledkov skúšok sa musí analyzovať termomechanický diagram každej vzorky. Pomocou správne overeného (v súlade so zásadami EN ISO/IEC 17025) experimentálneho softvéru na spracovanie údajov zostrojíte graf termomechanického diagramu $F(T)$ pomocou poľa (T_i , F_i), kde F_i sú hodnoty pre nameraný mechanický parameter (zaťaženie), T_i sú zodpovedajúce hodnoty rovnovážnej teploty (obrázok C6.1).



Obrázok C6.1 – Príklad termomechanickej krivky

Na termomechanickej krivke znázornenej na obrázku C6.1 je možné rozlíšiť tri zóny:

- zóna (I), umiestnená medzi bodmi A a B;
- zóna (II), ktorá sa nachádza medzi bodmi B a C, a
- zóna (III), ktorá sa nachádza medzi bodmi C a D.

V rámci zóny I termomechanická funkcia (t. j. odolnosť proti ohybu F) mierne klesá. Je to spôsobené tým, že so zvyšujúcou sa teplotou dochádza k miernemu poklesu tuhosti polymérnej matrice, ktorá je v sklovitom stave, pri absencii segmentovej pohyblivosti makromolekúl sieťovaného epoxidového spojiva.

V zóne II pri zvyšovaní teploty dochádza k postupnému „mäknutiu“ vzorky v dôsledku „rozmrazovania“ pohyblivosti segmentov makromolekúl, čo spôsobuje prechod polymérnej matrice zo sklovitého stavu do vysoko elastického stavu.

V zóne III je výrazný pokles odolnosti vzorky proti priečnemu ohybu spôsobený silnejšou závislosťou tuhosti polymérnej matrice, ktorá je vo vysoko elastickom stave, od teploty.

V hornej časti termomechanickej krivky vyberte tri body: 1, 2 a 3.

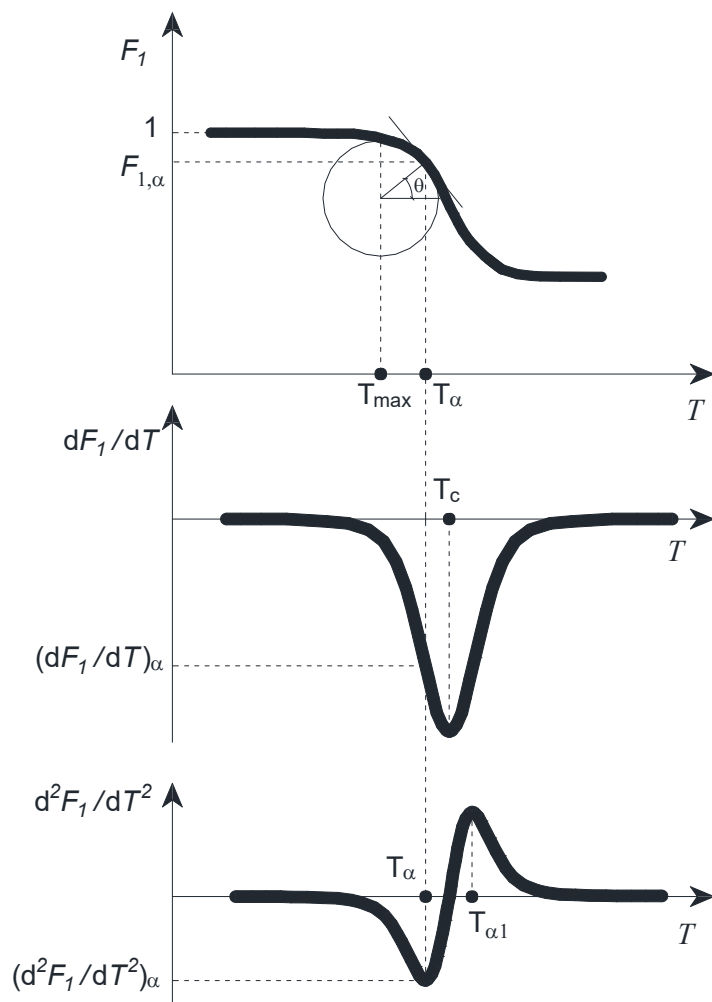
Bod 1 je na konci počiatočnej lineárnej časti termomechanickej krivky a ukazuje začiatok odchýlky od linearity spôsobenej prechodnými procesmi v matrici. Vodorovná os ($T_{\max}$) tohto bodu určuje teplotu začiatku procesu prechodu polyméru zo sklovitého stavu do vysoko elastického stavu.

Bod 2 ukazuje hranicu α -prechodu a určuje zodpovedajúcu teplotu (T_{α}).

V bode 3 prebieha proces prechodu najintenzívnejšie (T_c).

Približná poloha hraníc počiatočného úseku (lineárna zmena zaťaženia s teplotou) a pracovného úseku (fáza mäknutia) sa vizuálne odhadne na grafe. Ak je to potrebné, takéto hranice počiatočnej a pracovnej časti diagramu možno spresniť v druhej fáze spracovania údajov.

Na určenie takýchto charakteristických bodov sa použije vhodný matematický model (napríklad sigmoid alebo polynóm), aby sa našli hodnoty prvej a druhej derivácie (obrázok C6.2) tejto redukovanej funkcie $F_1(T)$.



Obrázok C6.2 – Transformovaná termomechanická krivka $F_1(T)$ a závislosť prvej derivácie dF_1/dT a druhej derivácie d^2F_1/dT^2 od teploty

Teplota, pri ktorej má prvá derivácia funkcie $F_1(T)$ minimálnu hodnotu, sa berie ako teplota T_c [°C] (obrázok C6.2, stredný graf).

Teplota, pri ktorej má druhá derivácia funkcie $F_1(T)$ minimálnu hodnotu, sa berie ako teplota T_α (obrázok C6.2, spodný graf), pre ktorú platí špecifická číselná hodnota $F_{1,\alpha}$, jej prvá derivácia $(dF_1/dT)_\alpha$ a druhá derivácia $(d^2F_1/dT^2)_\alpha$ sa nachádzajú na relatívnych krivkách.

Teplota, pri ktorej má druhá derivácia funkcie $F_1(T)$ maximálnu hodnotu, sa berie ako teplota $T_{\alpha1}$ (obrázok C6.2, spodný graf).

Na základe získaných hodnôt T_α , $T_{\alpha1}$ a c sa stanoví správnosť predbežného odhadu počiatočných hraníc a pracovných oblastí termomechanického diagramu a rozhodne sa o nutnosti prepracovania diagramu.

Maximálna prevádzková teplota $T_{\max}$ [°C] sa vypočíta ako hodnota úsečky stredu kruhu dotýčnice k termomechanickej krivke v bode úsečky T_α (obrázok C6.2, horný graf), to znamená:

$$T_{\max} = T_{\alpha} - \frac{(1 - F_{1,\alpha}) \cos \theta}{1 - \sin \theta} \quad (\text{C6.1})$$

kde:

$$\theta = \frac{\pi}{2} + \arctan \left(\frac{dF_1}{dT} \right)_{\alpha} \quad (\text{C6.2})$$

a predstavuje teplotu prechodu polymérnej matrice zo sklovitého do vysoko elastického stavu.

C7. Presnosť skúšok

Odolnosť vzorky proti priečnemu ohybu sa musí merať s presnosťou (pozri článok 1.3.1) nie viac ako 0,5 % maximálnej hodnoty sily vyvolanej počas skúšky.

Hodnoty, ktoré určujú charakteristiky iných konštánt a premenných, ktoré sa používajú v medzivýpočtoch, sa určia s rozlíšením do 0,001.

C8. Protokol o skúške

Protokol o skúške musí obsahovať aspoň tieto informácie:

- Informácie o vzorkách
- Dátum skúšky
- Informácie o podmienkach, za ktorých sa skúšky vykonali
- Výsledky skúšok
- Hodnoty nameraných charakteristík pre každú testovanú vzorku
- Hodnoty zistených charakteristík každej vzorky získané spracovaním výsledkov skúšok
- Teplota zodpovedajúca extrémom 1. a 2. derivácie (T_{α} , $T_{\alpha 1}$, T_c) pre každú vzorku
- Počiatočný termomechanický diagram každej skúšanej vzorky
- Redukovaný termomechanický diagram každej skúšanej vzorky.

PRÍLOHA D METÓDA STANOVENIA PEVNOSTI FRP OHÝBANÝCH TYČÍ V MIESTACH OHYBOV

D1. Všeobecné požiadavky

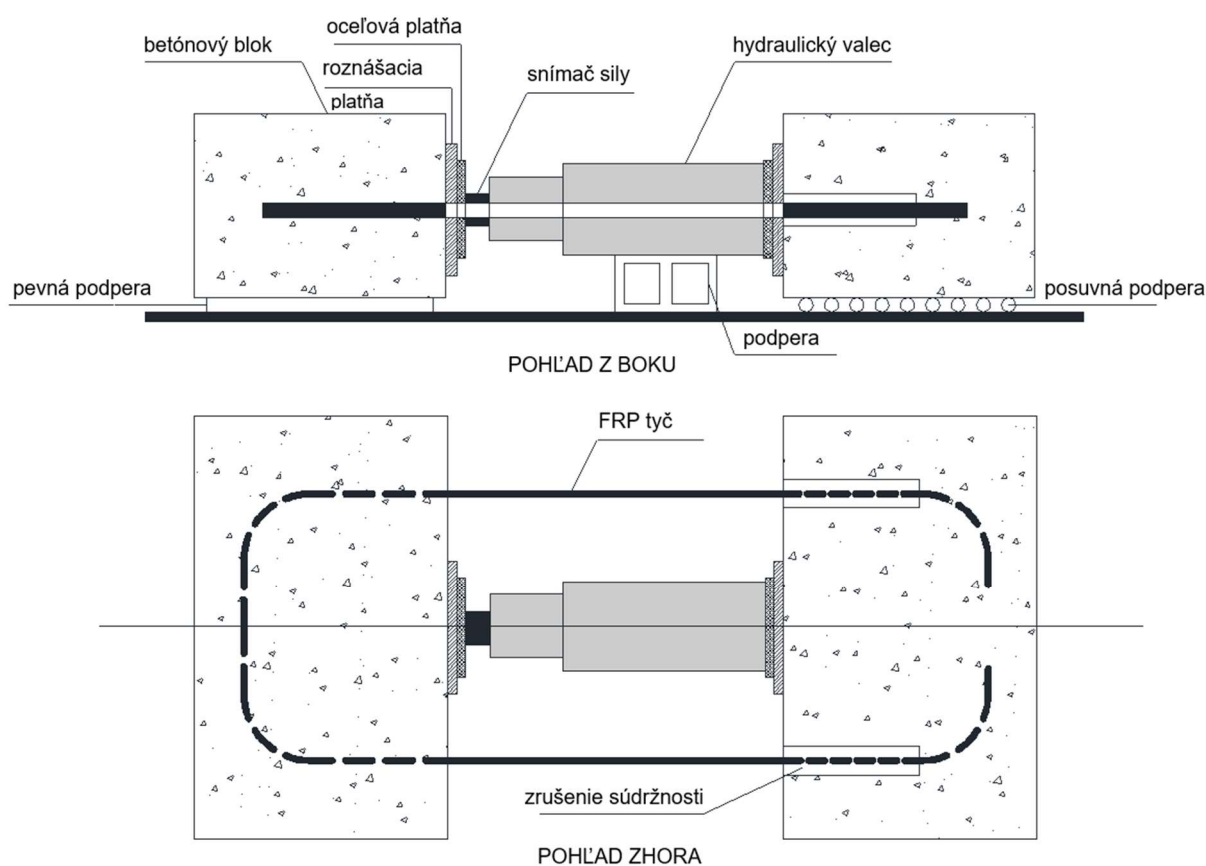
Táto skúšobná metóda určuje kvázistaickú pevnosť pri porušení FRP ohýbaných tyčí bežne používaných ako strmene vo vystužených betónových konštrukciách.

D2. Zhrnutie skúšobnej metódy

Jedna alebo viac ohnutých tyčí z FRP odliatych do dvoch blokov betónu sa zaťažuje ťahom, až kým nedôjde k porušeniu v ohnutej časti tyče. Ovládacie zariadenie je umiestnené medzi dvoma betónovými blokmi tak, že bloky sú od seba odtláčané, čím sa vyvoláva napätie v FRP ohnutej tyči.

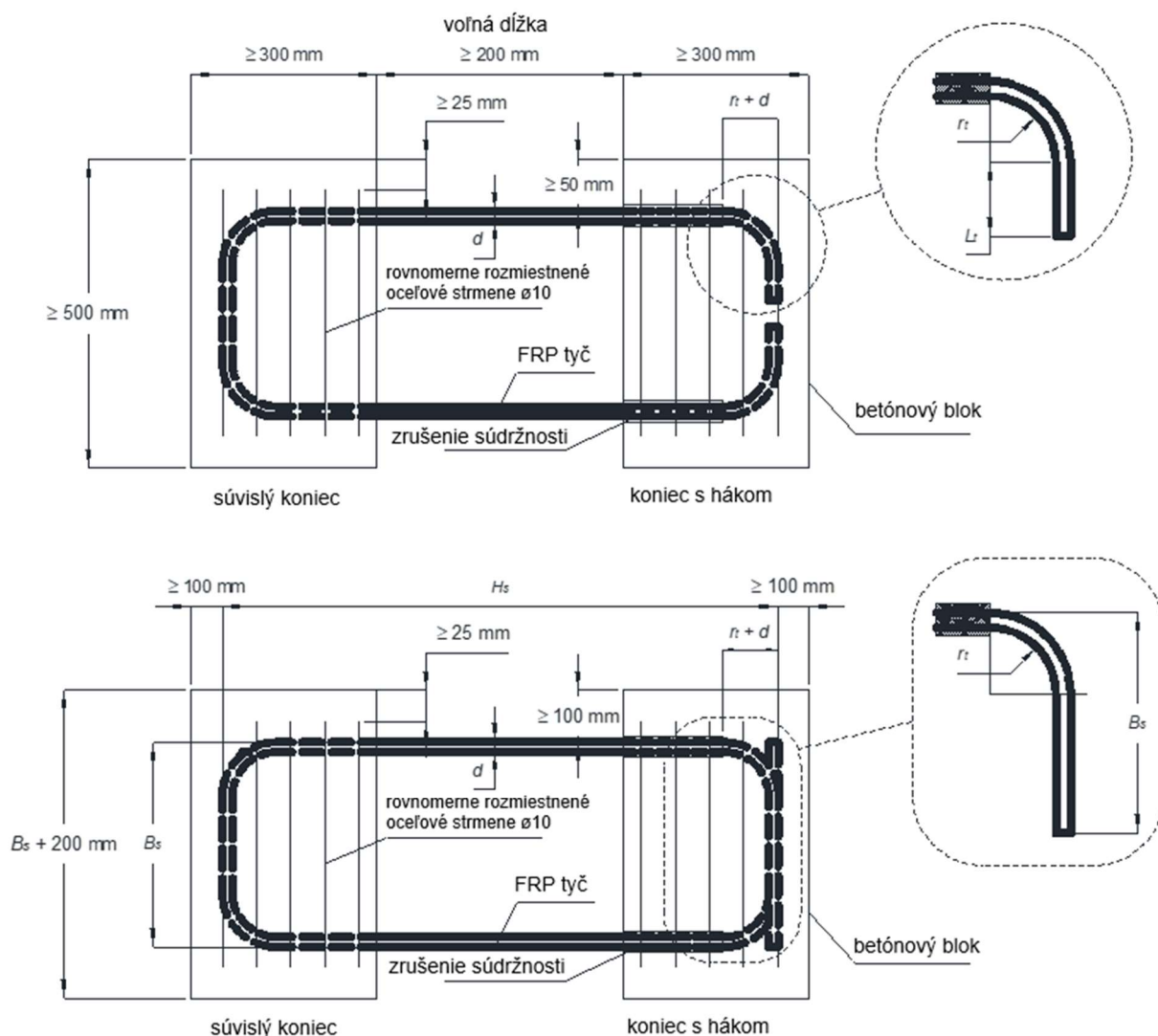
D3. Skúšobné vzorky

Geometria – Konfigurácia typickej vzorky je znázornená na obrázku D3.1.



Obrázok D3.1 – Usporiadanie skúšky

Rozmery každého betónového bloku použitého na ukotvenie FRP tyče sú uvedené na obrázku D3.2.



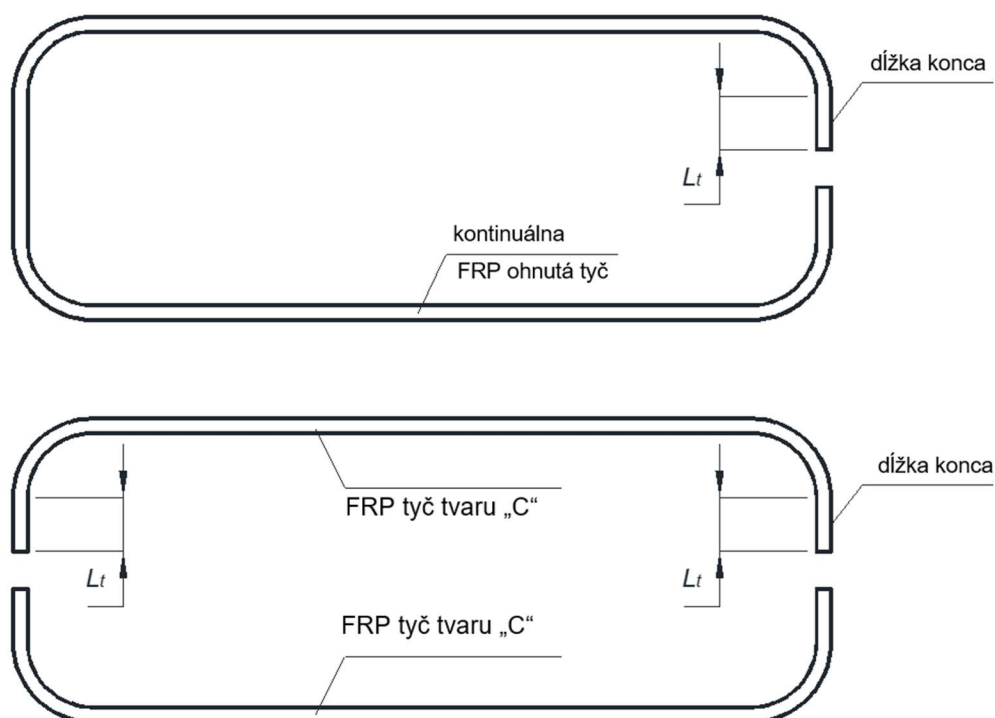
Obrázok D3.2 – Konfigurácia vzorky

Betónový blok môže byť vystužený pomocou oceľových strmeňov, ako je znázornené na obrázku D3.2, aby sa zabránilo rozštípeniu betónového bloku pred prasknutím FRP strmeňa v ohybe. Oceľové strmeňe sú voliteľné, ale ich použitie sa musí uviesť.

Uhol ohybu tyče FRP musí byť $90 \pm 5^\circ$ mimo priamej. Priemer ohybu ($2 r_t$) musí byť najmenej 7 x priemer tyče.

Voľná dĺžka strmeňa medzi dvoma blokmi nesmie byť menšia ako 200 mm, pričom sa odporúča 400 mm.

Rozmery ohnutej tyče z FRP sú variabilné, ale musí mať dĺžku konca (L_t) 12 ± 1 priemer tyče na ohyb, aby sa minimalizoval poklz a aby sa zabezpečil platný spôsob porušenia v prípade tyčí s kotviacou dĺžkou. Aby sa umožnila jednoduchšia výroba ohýbaných FRP tyčí, namiesto jednej tyče FRP sa môžu použiť dve tyče v tvare „C“ usporiadané a používané rovnakým spôsobom ako jedna tyč FRP znázornená na obrázku D3.2 (pozri obrázok D3.3).



Obrázok D3.3 – Príklad konfigurácie ohnutej tyče vo vnútri betónového bloku

V prípade FRP tyčí používaných ako strmene nesmie byť dĺžka konca L_t menšia ako šírka B_s samotného strmeňa. V tomto poslednom prípade sa dĺžky L_t budú jednoducho prekryvať (obrázok D3.2 – dole).

Na zrušenie súdržnosti rovnej časti ohnutej tyče sa používa separačná trubica. Separačná trubica sa musí navliecť cez výstužnú tyč a zakryť rovnú dĺžku FRP tyče až po ohnutú časť a jej konce sa uzatvoria alebo upchajú, aby sa zabránilo naplneniu rúrok betónom počas zalievania.

Vlastnosti čerstvého betónu - Betón musí byť štandardná zmes s hrubým kamenivom s maximálnym rozmerom 20 až 25 mm. Betón musí mať sadnutie zodpovedajúce triede S3 v súlade s EN 206 a pevnosť v tlaku vo valci po 28 dňoch musí byť 30 ± 3 MPa (trieda C30/37 v súlade s EN 206). Na stanovenie pevnosti v tlaku z každej dávky betónu sa musí vyrobiť minimálne päť štandardných kontrolných valcov.

D4. Skúšobné zariadenia a materiály

Hydraulický valec - Hydraulický valec musí mať silovú kapacitu presahujúcu kapacitu vzorky. Môžu sa použiť ručne ovládané skúšobné stroje, elektromechanické valce alebo motorizované čerpadlá s dostatočným objemom v jednom alebo viacerých zdvihoch na dokončenie testu.

Indikátor sily – Skúšobné zariadenie na snímanie sily (snímač zaťaženia alebo podobné zariadenie) musí byť schopné indikovať celkovú silu, ktorou vzorka pôsobí. Toto zariadenie musí byť v podstate bez zotrvačného oneskorenia pri špecifikovanej skúšobnej rýchlosti a musí indikovať silu s presnosťou (pozri článok 1.3.1) v rozsahu(-och) záujmu v rozmedzí ± 1 % indikovanej hodnoty.

Environmentálna skúšobná komora – Environmentálna komora je potrebná na kondicionovanie a skúšobné prostredie iné ako okolité laboratórne podmienky. Tieto komory musia byť schopné udržiavať požadovanú relatívnu teplotu v rozmedzí ± 2 °C a požadovanú úroveň relatívnej vlhkosti v rozmedzí 65 % relatívnej vlhkosti. Okrem toho musia byť komory schopné udržiavať podmienky prostredia, ako je vystavenie kvapaline alebo relatívna vlhkosť počas kondicionovania a testovania.

Skúšobná zostava znázornená na obrázku D3.1 pozostáva z hydraulického zdviháka na rozloženie aplikovanej sily na povrch betónu. Hydraulický zdvihák musí vyvolať relatívny posun medzi blokmi špecifikovanou rýchlosťou a silomer musí merať zodpovedajúcu silu, vhodne rozloženú na kontaktných plochách. Preglejková nosná podložka 200 mm štvorcová a najmenej 6 mm hrubá v spojení s oceľovými rozpernými doskami s hrúbkou 100 mm a 6 mm alebo podobné prostriedky sa musia použiť na konci pohonu na rozloženie sily na betónové bloky a minimalizáciu ohybu sily na ohnuté tyče. Hydraulický valec

musí byť umiestnený v rovnakej rovine ako tyče FRP a musí byť umiestnený v strede medzi tyčami (± 6 mm). Blok obsahujúci skúšobnú časť tyče sa umiestni na vrch oceľových valcov, aby sa minimalizovali trecie sily medzi blokom a skúšobným lôžkom. Pri premiestňovaní vzoriek je potrebné venovať osobitnú pozornosť tomu, aby sa predišlo poškodeniu alebo posunutiu odliatych FRP tyčí.

D5. Skúšanie vzoriek

1. Pokiaľ nie je v rámci experimentu špecifikované inak, testy sa vykonávajú v štandardných laboratórnych podmienkach, $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50 \pm 5\%$ relatívnej vlhkosti.
2. Zvyšujte silu vo valci, kým vzorka nezlyhá, a to tak, že nebudete vystavovať vzorky nárazom, ohybom, vibráciám alebo krúteniu. Rýchlosť deformácie sa vyberie tak, aby vzorky zlyhali medzi 1 a 10 minútami od začiatku skúšky. Navrhovaná rýchlosť deformácie je 0,01 za minútu [mm/mm min]. Ak na testovacom stroji nie je k dispozícii kontrola napätia, použije sa nominálna rýchlosť piesta 0,01 za minútu krát voľná dĺžka vzorky.
3. Platné zlyhanie sa dosiahne vtedy, keď sa v aspoň jednej ohnutej časti ohnutých FRP tyčí spozoruje pretrhnutie FRP alebo pokľz tyče FRP. Vzorky, ktoré zlyhali v dôsledku rozštípenia betónového bloku, sa vyradia a vykoná sa dodatočná skúška na samostatnej vzorke tej istej série. Ak dôjde k rozštípeniu, rozmery bloku sa môžu zväčšiť a podľa potreby môžu byť do blokov zahrnuté oceľové strmene.
4. Zaznamenajte aplikovanú silu pri porušení a spôsob porušenia vzorky. Ak je potrebné určiť spôsob porušenia, blok sa po skúške rozdelí.

D6. Spracovanie výsledkov testov

Pevnosť v ohybe ohýbanej tyče FRP sa vypočíta podľa rovnice D6.1 a zaokrúhli na tri platné číslice:

$$f_{ub} = \frac{F_{fb}}{2A} \quad (\text{D6.1})$$

kde:

f_{ub} ohybová pevnosť FRP ohnutej tyče [MPa]

F_{fb} maximálna sila nameraná pri skúške ohybom [N]

A Plocha prierezu jednej tyče ohnutej FRP výstuže [mm²].

Percento (faktor) zníženia pevnosti ohýbaných tyčí FRP sa vypočíta podľa rovnice D6.2 a zaokrúhli sa na tri platné číslice:

$$\chi = \frac{f_{ub}}{f_{ft0}} \quad (\text{D6.2})$$

kde:

χ percento (faktor) zníženia pevnosti ohýbaných tyčí FRP;

f_{ft0} priemerná pevnosť v ťahu pri porušení paralelne s vláknami podľa časti 2.2.2. Hodnota sa vypočíta s použitím rovnakej plochy prierezu, aká bola predtým použitá v rovnici D6.1 .

D7. Protokol o skúške

Protokol o skúške musí obsahovať aspoň tieto položky.

Všeobecné položky

1. Obchodný názov, tvar, číslo šarže a, ak je k dispozícii, dátum výroby skúšaných ohýbaných FRP tyčí.
2. Opis povrchových charakteristík FRP ohýbanej tyče.
3. Ak sú k dispozícii u výrobcu tyče, výrobcu vlákna, opis vlákna, číslo šarže vlákna, výrobca živicového systému, opis živicového systému a číslo šarže živicového systému.

4. Na požiadanie merná hmotnosť, hustota a frakcie objemu vlákien a dutín FRP ohýbaných tyčí a metódy ich stanovenia.
5. Ak je k dispozícii u výrobcu tyče, proces použitý na výrobu ohýbaných tyčí.
6. Označenie FRP ohýbanej tyče, priemer a prierezová plocha.
7. Polomer ohybu r_t , uhol ohybu a dĺžka konca L_t ohnutej tyče FRP pre každú vzorku.
8. Rozmery betónového bloku, konfigurácia (priemer a rozstup) uchytenia ocelového strmeňa (ak sa používa), dĺžka zrušenia súdržnosti.

Položky súvisiace s vlastnosťami betónu:

1. Pomery zmesi cementu, jemného kameniva, hrubého kameniva, prísady (ak sa používa) a pomer vody k betónu.
2. Konzistencia čerstvo namiešaného betónu.
3. 28-dňová pevnosť kontrolných valcov.
4. Akákoľvek odchýlka od stanovených noriem v takých aspektoch, ako je miešanie, vytvrdzovanie, dátumy vyberania z formy a skúšanie kontrolných valcov.

Položky súvisiace s testovaním pevnosti v ohybe:

1. Akékoľvek variácie tejto skúšobnej metódy, anomálie zaznamenané počas testovania alebo problémy so zariadením, ktoré sa vyskytli počas testovania.
2. Predpríprava vykonaná na vzorkách.
3. Dátum testovania.
4. Dátumy a metódy kalibrácie pre všetky meracie a skúšobné zariadenia.
5. Skúšobná teplota a relatívna vlhkosť počas skúšania.
6. Typ a kapacita indikátora sily.
7. Typ a kapacita silového pohonu.
8. Opis opatrení vykonaných na: rozloženie sily z valca na betónový blok, minimalizáciu ohýbania vzorky počas zaťažovania a elimináciu ťahu na bloku, ktorý obsahuje skúšobnú časť.
9. Výsledky hodnotení vyrovnania zaťažovacieho systému, ak sa takéto hodnotenia vykonali.
10. Trvanie skúšky, pevnosť v ohybe a faktor zníženia pevnosti pre každú skúšobnú vzorku.
11. Veľkosť súboru, priemerná pevnosť v ohybe a faktor zníženia priemernej pevnosti pre vzorky, ktoré zlyhali v ohybe podľa plánu. Zahrňte štandardnú odchýlku a variačný koeficient.
12. Režim porušenia a miesto porušenia pre každú vzorku.

PRÍLOHA E METÓDA STANOVENIA DOTVAROVANIA FRP TYČÍ

E1. Všeobecné požiadavky

Táto metóda stanovuje postupy na určenie vplyvu trvalého zaťaženia na vlastnosti FRP tyčí bežne používaných ako ťahané prvky vo vystuženom betóne, ako aj v rôznych podmienkach prostredia.

E2. Zhrnutie skúšobnej metódy

Táto skúšobná metóda pozostáva z merania času do zlyhania tyče vystavenej konštantnej ťahovej sile. Viacnásobné úrovne zaťaženia a daný súbor kontrolovaných podmienok prostredia sú špecifikované metódou tak, aby bolo možné odvodiť vzťah medzi zaťažením a časom do porušenia.

Musia sa dodržiavať všeobecné postupy normy ISO 10406-1 článok 12 s výnimkami a integráciami uvedenými v tejto prílohe.

Metóda zahŕňa tri prípady, ktoré sú definované rôznymi podmienkami prostredia:

- Prípad 1: FRP tyč vo vzduchu pri teplote $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ a relatívnej vlhkosti $(50 \pm 10)\%$.
- Prípad 2: FRP tyč v alkalickom roztoku s $\text{pH} \geq 13$ pri $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Musí sa vykonať druhá séria skúšok pri teplote $60\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, aby sa umožnila extrapolácia skúšobných údajov (pozri časť E6.3).
- Prípad 3: FRP tyč uzavretá v betónovom valci uložená v temperovanom vodnom kúpeli (pozri obrázok E3.1) pri $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Musí sa vykonať druhá séria skúšok pri teplote $60\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, aby sa umožnila extrapolácia skúšobných údajov (pozri časť E6.3).

Prípad 1 umožňuje určiť pomer zaťaženia pri porušení pri dotvarovaní R_{Yc} , ktorý predstavuje pomer zaťaženia pri 1 miliónu hodín (približne 114 rokov) určený z čiarového grafu porušenia pri dotvarovaní, ktorý je výsledkom testovania tyče na vzduchu, a relatívnej pevnosti $f_{ftk,c}$ [MPa] pri porušení dotvarovaním za milión hodín.

Prípad 2 a Prípad 3 umožňujú určiť pomer zaťaženia pri porušení dotvarovaním $R_{Yc,a}$, ktorý predstavuje pomer zaťaženia pri 1 miliónu hodín (približne 114 rokov) určený z čiarového diagramu porušenia pri dotvarovaní, ktorý je výsledkom testovania tyče v alkalickom prostredí (alkalický roztok alebo betónový valec) a relatívnu miliónovú pevnosť v dotvarovaní $f_{ftk,ca}$ [MPa]. Prípad 3 sa použije ako referenčná metóda na určenie pomeru zaťaženia pri porušení v dotvarovaní $R_{Yc,a}$ a relatívnej pevnosti pri porušení v dotvarovaní $f_{ftk,ca}$ [MPa] za milión hodín.

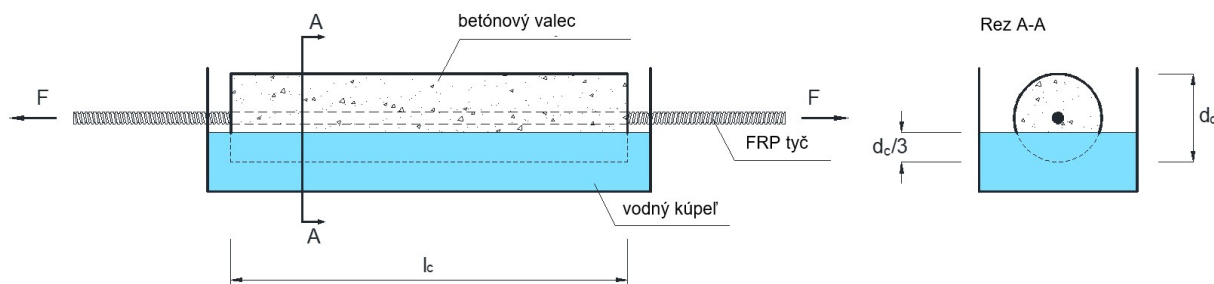
E3. Skúšobné vzorky

Skúšobné vzorky sa náhodne vyberú z kontrolovanej šarže tyčí FRP.

Pri výbere a príprave vzoriek na skúšanie, deformácii a zahrievaní sa musí zabrániť vystaveniu ultrafialovému svetlu a iným vplyvom prostredia, ktoré môžu viesť k zmenám vlastností materiálu.

Prípad 1 a/alebo prípad 2 – Skúšobné vzorky sa musia pripraviť podľa článku 2.2.2.

Prípad 3 – Skúšobné vzorky musia byť uzavreté v betónovom valci, ako je znázornené na obrázku E3.1.



Obrázok E3.1 – Schematické znázornenie experimentálneho usporiadania podľa prípadu 3 s

l_c dĺžka betónového valca
 d_c priemer betónového valca

Betónový valec musí byť vyrobený v súlade s EN 206 s rozmermi uvedenými v tabuľke E3.1. Nesmú sa pridávať žiadne prísady, ktoré môžu zmeniť vlastnosti betónu (napr. popolček, kremičitý úlet, vápencový prášok alebo iné prímiesy).

Alkalické prostredie betónového valca musí mať na začiatku skúšky $\text{pH} \geq 13$ (toto sa môže považovať za zaručené, ak má cement Na_2O ekvivalent $1 \% \pm 0,1 \%$).

Tabuľka E3.1 – Rozmery betónového valca podľa prípadu 3

Minimálna dĺžka betónového valca l_c [mm]	$180 + 2 \times d$
Minimálny priemer betónového valca v d_c [mm]	Najmenej 60 pre $d > 15$ mm odporúčaný priemer $4d < d_c < 8d$

E4. Skúšobné zariadenia a prístroje

Skúšobné zariadenie – Použite skúšobné zariadenie so silovou kapacitou presahujúcou ťahovú kapacitu vzorky. Skúšobné zariadenie musí byť schopné pôsobiť a udržiavať silu na vzorku v rozmedzí $\pm 1 \%$ požadovanej trvalej sily. V prípade rámov, ktoré na zaťaženie vzorky používajú závažia, aby sa predišlo nárazovým silám na vzorky, závažia musia byť dočasne podopreté hydraulickým zdvíhačom alebo pneumatickým vakom a potom sa zaťaženie preniesie lineárne na vzorku pomalým uvoľňovaním tlaku na zdvíhač alebo vak.

Ukotvenia – Ukotvenia musia byť v súlade s článkom 2.2.2.

Extenzometer a tenzometer – Extenzometre a tenzometre musia byť v súlade s ustanoveniami ustanovenia 2.2.2.

Meranie času – Priebeh času počas skúšky sa musí merať pomocou vhodného zariadenia (časovač atď.) s presnosťou (pozri článok 1.3.1) do 5 sekúnd za 1 hodinu.

Kontrola teploty – Teplota skúšobného prostredia sa počas skúšobného obdobia musí udržiavať na špecifikovanej teplote $\pm 2^\circ\text{C}$.

Environmentálna skúšobná komora – Environmentálna skúšobná komora môže byť potrebná pre skúšobné prostredie iné ako okolité skúšobné laboratórne podmienky.

E5. Skúšanie vzoriek

E5.1 Výber trvalého zaťaženia, ktoré sa má použiť

Kvázistatická pevnosť v ťahu prútov je určená v článku 2.2.2a používa sa ako základ pre výber aplikovaných ťahových síl pre skúšky porušenia v dotvarovaní. Pri každom danom pomere zaťaženia - napríklad 80 %, 70 %, 60 % pevnosti v ťahu – aplikované zaťaženie alebo hmotnosť sa musia udržiavať konštantné, kým nedôjde k porušeniu, pričom sa zaznamenáva čas, ktorý uplynul do pretrhnutia každej skúšobnej vzorky.

Poznámka: Výber pomerov zaťaženia závisí od usporiadania vlákna a objemového podielu vlákna pre tyč. Materiálové systémy s vysokou odolnosťou proti pretrhnutiu v dotvarovaní (napríklad uhlíkový FRP kompozit) si budú vyžadovať výber blízko seba umiestnených pomerov zaťaženia pri úrovniach namáhania, ktoré sa

blížia k 100 % kvázistatickej pevnosti v ťahu. Materiálové systémy s menšou odolnosťou proti pretrhnutiu v dotvarovaní (napríklad sklenený FRP kompozit) si budú vyžadovať výber široko rozmiestnených pomerov zaťaženia.

Skúšky dotvarovania sa musia vykonať pre najmenej päť súborov pomerov zaťaženia. Pre každý pomer zaťaženia sa vyžadujú minimálne tri platné výsledky skúšok. Odporúča sa testovať ďalšie vzorky pri každom zaťažovacom pomere, najmä pri tých pomeroch, ktoré vyžadujú dlhý čas do porušenia.

Najvyšší pomer zaťaženia sa vyberie tak, aby sa aspoň tri vzorky v tejto skupine zlomili v čase medzi 1 h a 10 h.

Najnižší pomer zaťaženia sa vyberie tak, aby sa aspoň jedna vzorka v tejto skupine zlomila v čase vyššom ako 4 000 h.

Zostávajúce pomery zaťaženia musia byť približne rovnako vzdialené vo vzťahu k najvyššiemu a najnižšiemu určenému pomeru zaťaženia.

E5.2 Kondicionovanie

Prípád 1

Skúška sa vykoná vo vzduchu pri teplote $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relatívnej vlhkosti $(50 \pm 10)\%$.

Prípád 2

Skúška sa vykoná v alkalickom roztoku s $\text{pH} \geq 13$ pri teplote $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Použije sa alkalický roztok podľa ISO 10406-1 článok 11.2.1.

Prípád 3 :

Vzorky musia byť vložené do betónového valca a uložené v temperovanom vodnom kúpeli (pozri obrázok E3.1) pri $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

E5.3 Postup

Pozri článok 12.5.2 normy ISO 10406-1 pre postup zaťažovania a článok 12.5.4 pre meranie deformácií v dotvarovaní.

E6. Spracovanie výsledkov skúšok

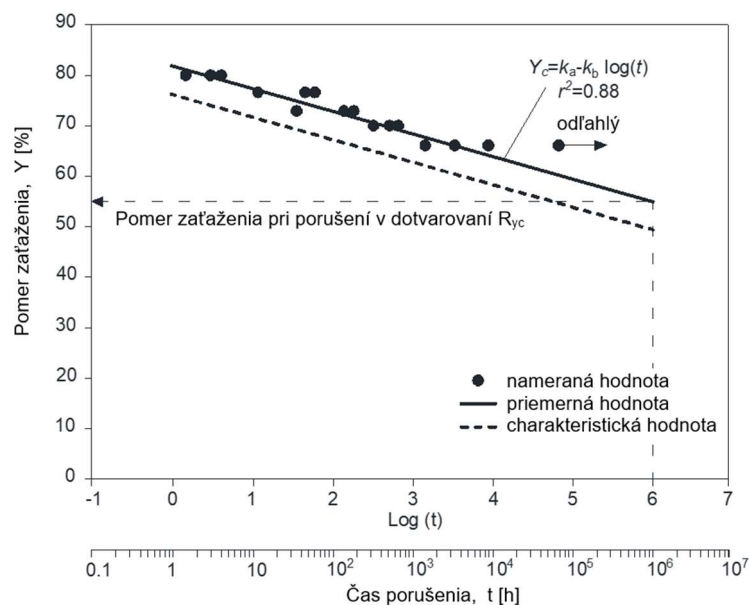
E6.1 Zaobchádzanie s údajmi

Pozri článok 12.6.1 normy ISO 10406-1.

E6.2 Krivka pomeru zaťaženia/porušenie dotvarovaním

Prípád 1

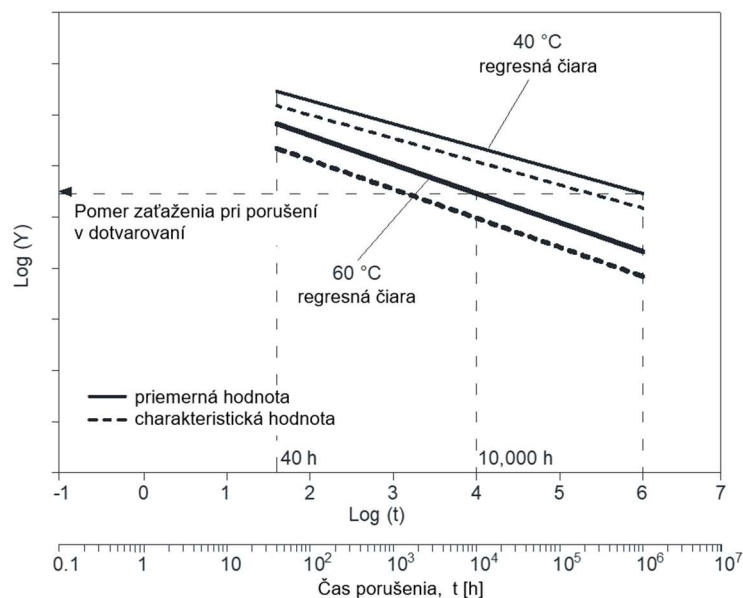
Krivka pomeru zaťaženia verzus čas porušenia dotvarovaním sa vynesie do semilogaritmickeho grafu, kde pomer zaťaženia je znázornený na aritmetickej stupnici pozdĺž zvislej osi a čas zlyhania pri dotvarovaní vyjadrený v hodinách je znázornený na logaritmickej stupnici pozdĺž horizontálnej osi (pozri obrázok E6.2.1). Skúšky, pri ktorých nedochádza k poruche (odľahlé), sa zahrnú do tohto grafu, ale nemali by sa zahrnúť do výpočtu trendovej čiary porušenia dotvarovania. Mali byť jasne označené na grafe.



Obrázok E6.2.1 – Príklad logaritmickkej krivky času a porušenia (prípád 1) pre jeden priemer

Prípád 2 alebo 3

Krivka pomeru zaťaženia verzus čas porušenia dotvarovania sa vynesie do dvojitého logaritmického grafu, kde pomer zaťaženia je znázornený na logaritmickej stupnici pozdĺž vertikálnej osi a čas zlyhania dotvarovania vyjadrený v hodinách je znázornený na logaritmickej stupnici pozdĺž horizontálnej osi (pozri obrázok E6.2.2). Skúšky, pri ktorých nedochádza k porušeniu (odľahlé), sa zahrnú do tohto grafu, ale nemali by sa zahrnúť do výpočtu trendovej čiary porušenia dotvarovaním. Mali byť jasne označené na grafe.



Obrázok E6.2.2 – Príklad logaritmickkej krivky času a porušenia (prípád 2 alebo prípad 3). Pomer zaťaženia pri porušení v dotvarovaní pri 10^6 h na regresnej priamke 40 °C zodpovedá pomeru zaťaženia pri porušení v dotvarovaní pri 10^4 h na regresnej priamke 60 °C (princíp časového posunu teploty, pozri článok E6.3)

E6.3 Výpočty

Prípád 1

Pomer zaťaženia pri skúške dotvarovania sa vypočíta z lineárnej regresie údajov pomocou metódy najmenších štvorcov podľa

$$Y_c = k_a - k_b \log t \quad (\text{E6.3.1})$$

kde:

Y_c pomer zaťaženia vyjadrený ako percento kvázistatickej pevnosti v ťahu;

t čas porušenia vyjadrený v hodinách;

k_a, k_b empirické konštanty. Hodnota takýchto konštánt sa môže určiť podľa rovníc (8) a (9) EN 705 za predpokladu, že sa v rovnici (1) uvažuje $x = \log(t)$ a $y = Y_c$.

Koeficient determinácie r^2 regresnej priamky sa stanoví podľa rovnice (12) normy ISO 10406-1.

Pomer zaťaženia pri 1 miliónu hodín (10^6 hodín, približne 114 rokov), určený z lineárnej extrapolácie trendovej čiary (pozri obrázok E6.2.1), sa berie ako pomer zaťaženia pri porušení dotvarovaním R_{Yc} ; zaťaženie a napätie zodpovedajúce tomuto pomeru zaťaženia pri porušení v dotvarovaní sú milión-hodinová kapacita porušenia v dotvarovaní F_{rc} [N] a pevnosť pri porušení v dotvarovaní $f_{ft,c}$ [MPa] po milión hodinách.

Pevnosť pri porušení v dotvarovaní v čase milión hodín $f_{ft,c}$ [MPa] sa vypočíta podľa rovnice E6.3.2:

$$f_{ft,c} = \frac{F_{rc}}{A_{eff}} \quad (\text{E6.3.2})$$

kde:

F_{rc} schopnosť zlyhania v dotvarovaní za milión hodín [N];

A_{eff} efektívna prierezová plocha skúšobnej vzorky [mm²], pozri článok 2.2.1.

Odkaz na milión hodín nie je v žiadnom prípade zamýšľaný ako odkaz na životnosť výrobku, ale predstavuje len spôsob hodnotenia základnej charakteristiky „porušenia dotvarovaním“.

Poznámka: V tomto prípade, keď sa skúša len pri trvalom zaťažení (bez alkalického roztoku – prípad 1), pomer zaťaženia pri porušení v dotvarovaní R_{Yc} zodpovedá faktoru ovplyvňujúcemu životnosť C_c podľa EN 1992-1-1, odsek R.5.3.

Charakteristická hodnota pevnosti pri porušení dotvarovaním za milión hodín $f_{ftk,c}$ [MPa] zaokrúhlená na tri platné číslice sa vypočíta ako

$$f_{ftk,c} = \frac{F_{rc,k}}{A_{eff}} \quad (\text{E6.3.3})$$

kde $F_{rc,k}$ je charakteristická hodnota porušenia dotvarovaním, určená z charakteristickej regresnej priamky (pozri obrázok E6.2.2) a A_{eff} [mm²] je efektívna prierezová plocha skúšobného kusa. Charakteristická hodnota sa stanoví použitím vhodnej hodnoty k_n pre neznáme V_x uvedené v EN 1990, príloha D, tabuľka D1.

Prípád 2 alebo 3

Pri zvažovaní testu podľa Prípádu 2 alebo Prípádu 3 sa vykreslí trendová čiara dotvarovania-porušenia z lineárnej regresie údajov podľa EN 705 – Metóda A. Extrapolácia sa musí vykonať v časovom rozsahu porušenia medzi 40 h a viac ako 4 000 h pre rôzne úrovne zaťaženia.

Extrapolácia na 1 milión hodín je povolená, ak pre jeden skúšaný priemer druhej série pri 60 °C vykazuje linearitu pre rovnaký časový rozsah v grafe logaritmického napätia pri porušení dotvarovaním/log času.

Linearita sa považuje za dostatočnú, ak koeficient determinácie r^2 , vypočítaný podľa EN 705 rovnica (5), je väčšia ako 0,85.

Skúšky pri 40 °C možno vynechať pre tri skupiny priemerov predpokladané v prílohe A (najmenší, stredný, najväčší), ak sú v týchto troch skupinách výsledky sérií skúšok pri 60 °C porovnateľné. Skúšobné série sa považujú za porovnateľné, ak r^2 regresnej priamky pre tri priemery v grafe logaritmického napätia pri porušení dotvarovaním/log času je väčšie ako 0,85 a extrapolovaná hodnota pri 10 000 h, reprezentujúca hodnotu 1 milióna hodín pre 60 °C Regresnú čiaru (princíp posunu teploty v čase, pozri obrázok E6.2.2) sa líši o menej ako 15 % od troch hodnôt extrapolovaných pre regresné čiary jednotlivých priemerov (najmenší, stredný, najväčší).

Pomer zaťaženia pri 1 miliónu hodín, ako je určený z lineárnej extrapolácie trendovej čiary pri 40 °C (alebo po 10 000 h pre regresnú čiaru pri 60 °C), sa berie ako pomer zaťaženia pri porušení dotvarovaním $R_{Yc,a}$; zaťaženie a napätie zodpovedajúce tomuto pomeru zaťaženia pri porušení v dotvarovaní sú milión-hodinová kapacita porušenia v dotvarovaní $F_{rc,a}$ [N] a pevnosť pri porušení v dotvarovaní $f_{ft,ca}$ [MPa] po milión hodinách. Pevnosť pri porušení v dotvarovaní v čase milión hodín $f_{ft,ca}$ [MPa] sa vypočíta podľa rovnice E6.3.2 $F_{rc,a}$ ako kapacita pri porušení v dotvarovaní v čase milión hodín.

Charakteristická hodnota pevnosti pri porušení v dotvarovaní za milión hodín $f_{ftk,ca}$ [MPa] zaokrúhlená na tri platné číslice sa vypočíta podľa rov. E6.3.3 pomocou charakteristickej hodnoty kapacity porušenia v dotvarovaní $F_{rc,ka}$, ktorá je určená z charakteristickej regresnej priamky (pozri obrázok E6.2.2).

Poznámka: Keď skúšanie prebieha v alkalickom prostredí (prípád 2 alebo 3), hodnota $f_{ftk,ca}$ získané podľa rov. E6.3.3 zodpovedá dlhodobej pevnosti v ťahu $f_{ftk,100a}$ podľa EN 1992-1-1, príloha R, berúc do úvahy vplyv času, teploty a vplyvu prostredia.

E7. Protokol o skúške

Protokol o skúške musí obsahovať aspoň tieto informácie:

- Názov, tvar, dátum výroby a číslo šarže testovaných FRP tyčí
- Typ vlákna a materiálu viažuceho vlákna
- Označenie, menovitý priemer, menovitá prierezová plocha
- Dátum skúšky
- Použitý postup kondicionovania
- Typ a názov skúšobného rámu a zariadení
- Typ ukotvenia
- Priemerná pevnosť v ťahu a pevnosť v ťahu pre každú vzorku
- Počiatočný čas načítania
- Režim porušenia a miesto porušenia pre každú vzorku
- Krivka dotvarovania/času pre každú vzorku
- Krivka pomeru zaťaženia/porušenie dotvarovaním
- Vzorec na odvodenie aproximačnej priamky (empirické konštanty k_a a k_b) a jej koeficient determinácie r^2
- Pomer zaťaženia v dotvarovaní, kapacita dotvarovania v čase milión hodín a pevnosť v dotvarovaní v čase milión hodín