

ZAVÁDĚNÍ EN 1992-1-2: „NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ - ČÁST 1-2: NAVRHOVÁNÍ NA ÚČINKY POŽÁRU“ DO PRAXE - ÚVOD, MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

INTRODUCTION OF EN 1992 - 1-1 "DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES - PART 1-2: FIRE DESIGN" TO PRACTICE - INTRODUCTION, MATERIAL PROPERTIES

SERIÁL
EN 1992

JAROSLAV PROCHÁZKA

Tento příspěvek je věnován problematice navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru podle zaváděných evropských norem – viz [1] až [5]. Článek pojednává o zásadách navrhování, předpokladech vyšetřování a zatížení konstrukcí a o mechanických, teplotních a fyzikálních vlastnostech betonu a oceli za zvýšených teplot.

This paper is devoted to fire design of concrete structures – see [1] až [5]. The paper deals with the basis of design, assumptions of analysis and actions of structures and mechanical, thermal and physical properties of concrete and steel at elevated temperatures.

Požáry stavebních objektů způsobují rozsáhlé ztráty na majetku a představují velké riziko pro zdraví a životy lidí. Proto každá konstrukce, která může být vystavena účinkům požáru, musí být navržena jak na účinky zatížení za běžné teploty, tak na účinky zatížení při požáru.

Požár v objektech vzniká, rozvíjí se a dohořívá podle uvolňování energie při hoření a charakteru požárního úseku, jak je patrné z obr. 1 (podle [6]). Celkové vzplanutí nastává při překročení 400 °C až 600 °C. Osoby, kterým se před celkovým vzplanutím nepodařilo uniknout, mají malou naději na přežití. Po celkovém vzplanutí

se celý objekt octne v plamenech, teplota prudce roste a dosáhne nejvyšší hodnoty. Stavební objekty bývají poškozeny a vzniká riziko rozšíření požáru. Při dohořívání teplota klesá.

Pro zajištění požární bezpečnosti staveb se volí pasivní a/nebo aktivní požární ochrana, jak je znázorněno na obr. 2 (podle [6]). Z konstrukčního hlediska je nutné zabývat se pasivní ochranou, neboť významnou částí pasivní ochrany je odolnost konstrukce při požáru. Správně navržená nosná konstrukce z hlediska pasivní ochrany neztratí po požáru stabilitu a nosnou funkci.

Požární bezpečnost představuje souhrn opatření, která musí zajistit, aby v případě požáru byla pro požadovanou dobu zachována nosná funkce konstrukce, byl omezen rozvoj a šíření ohně a kouře ve stavebním objektu a bylo zamezeno šíření požáru na sousední objekty. Nosná funkce konstrukce se prokazuje pomocí její požární odolnosti. Za účelem omezení rozvoje a šíření ohně a kouře ve stavebním objektu se objekt dělí na požární úseky. Šíření požáru na okolní objekty se zamezuje vytvářením odstupů mezi objekty.

METODIKA NAVRHOVÁNÍ

Obecná část, definice

U konstrukce, která může být vystavena účinkům požáru, se vyžaduje **požár-**

ní odolnost, což je schopnost konstrukce, části konstrukce nebo prvku splňovat požadované funkce (nosnou a/nebo požárně dělicí) při daném účinku požáru po stanovenou dobu. **Normová požární odolnost** požaduje plnit požadované funkce pro normovou požární expozici a stanovenou dobu (obvykle 30, 60 nebo více minut).

Nosná funkce znamená v podstatě zajištění únosnosti konstrukce za požáru po požadovanou stanovenou dobu.

Při požadované **požárně dělicí funkci** musí požárně dělicí prvky ohraničující požární úsek (stěny, stropy) zabránit šíření požáru pronikáním plamenů a horkých plynů (celistvost) a vznícení na odvrácené straně (tepelná izolace) během příslušného požárního zatížení.

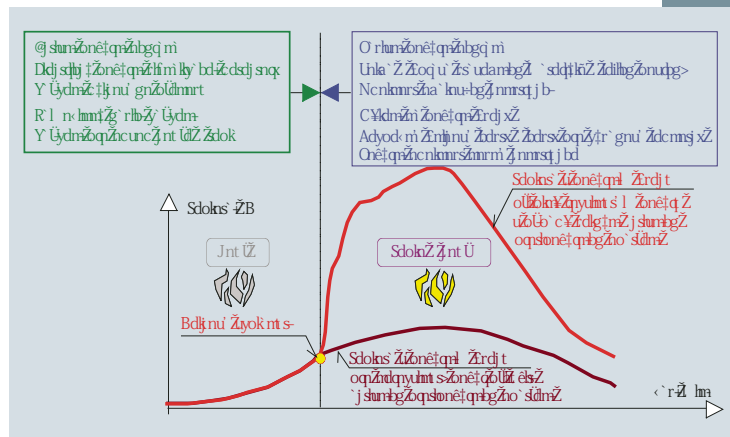
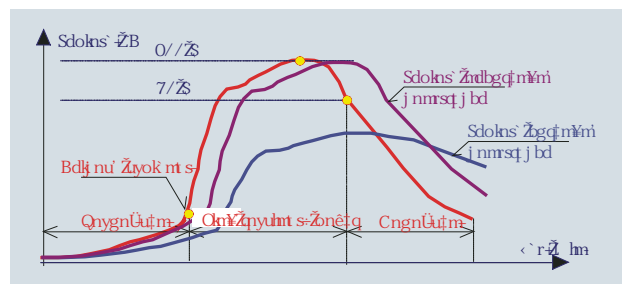
Požární úsek budovy je prostor ohraničený požárně dělicími prvky (obvykle prostor uvnitř budovy zahrnující jedno nebo více podlaží).

Stanovený vývoj požáru předpokládaný při návrhu, se nazývá **normový požár**. Je udáván **teplotní křivkou vnějšího požáru**, což je křivka závislosti teploty na čase určená pro prostor ohraničený obvodovými stěnami, které mohou být namáhány požárem z různých částí, např. přímo zevnitř příslušného požární-

Obr. 2 Aktivní a pasivní požární ochrana
Fig. 2 Active and passive fire protection

Obr. 1 Tři fáze rozvoje požáru: rozhořívání, plně rozvinutý požár a dohořívání

Fig. 1 Three phases of fire development – igniting, fully developed fire, and burning out



ho úseku, z požárního úseku nad nebo pod ním, nebo úseku přilehlého k obvodové stěně. **Teplotní křivky** udávají teploty plynů v okolí povrchu prvků v závislosti na čase; mohou být:

- **nominální**, vyjádřené konvenčními křivkami přijatými pro klasifikaci nebo ověření požární odolnosti (křivky nemají klesající větev), např. normová teplotní křivka (odpovídá zejména celulózovému typu požárního zatížení), uhlovodíková křivka apod.,
- **parametrické**, určené na základě požárních modelů a daných fyzikálních parametrů popisujících podmínky v požárním úseku.

Z hlediska požární odolnosti se uvažují tyto **základní typy požadavků**:

- „R“ mechanická odolnost (únosnost),
- „E“ dělící funkce (celistvost),
- „I“ tepelně izolační funkce.

Pokud je **požadována mechanická odolnost** (únosnost – kritérium R), musí být betonová konstrukce navržena a provedena tak, aby po dobu vystavení příslušnému požáru byla zachována její nosná funkce.

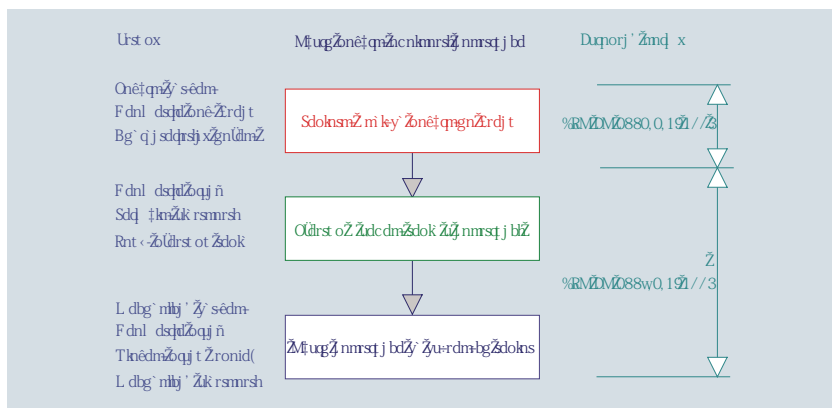
Pokud je **požadována požárně dělící funkce**, pak prvky tvořící ohraničení požárně dělícího úseku musí být navrženy a provedeny tak, aby si udržely svou oddělující funkci po dobu vystavení příslušnému požáru. Musí být tedy zajištěno, že nenastane porušení dělící funkce (celistvosti – kritérium E) a bude omezena tepelná radiace na povrchu přímo nevystaveném požáru (tepelně izolační funkce – kritérium I), tzn., že nesmí dojít na povrchu nevystaveném požáru ke vznícení přilehajících prvků, např. podlahy horního podlaží.

Předpoklady vyšetřování konstrukcí

Evropské normy EN 199X-1-2 umožňují návrh požární odolnosti konstrukcí. Hlavní části návrhu konstrukce za požární situace, vstupy do výpočtu a podpora evropskými normami jsou znázorněny v obr. 3 (podle [6]).

Teplotní analýzu požárního úseku lze podle EN 1991-1-2 [3] řešit dynamickou analýzou kapalin a plynů; norma však připouští i zjednodušený odhad teploty v požárním úseku z nominální teplotní křivky na základě ekvivalentní doby vystavení účinkům požáru.

Přestup tepla a vedení tepla v konstrukci závisí na materiálu. Řeší se zjednodušeně pomocí grafů a tabulek, přírůstko-



Obr. 3 Návrh konstrukce za požáru
Fig. 3 Fire design of a structure

vými metodami a metodou konečných prvků.

Při návrhu konstrukce za zvýšených teplot má výpočetní model vystihovat chování konstrukce při požáru. Místo návrhu celé konstrukce lze pro některé požární situace řešit konstrukci po částech. Pro ověření požadavků požární odolnosti často postačuje i návrh prvků. Při návrhu konstrukce na účinky požáru se zohledňují rozdíly nebo dodatky k návrhu konstrukce za normální teploty.

Alternativou k návrhu výpočtem může být návrh provedený na základě zkoušky požární odolnosti, popř. lze použít kombinace výpočtu a zkoušky, viz EN 1990 [1].

Teplotní a mechanická zatížení se stanoví podle EN 1991-1-2 [3]. Při zatížení požárem se uvažuje mimořádná návrhová situace.

Návrhové hodnoty mechanických materiálových vlastností $X_{d,fi}$ při požáru se stanoví ze vztahu

$$W_{c,th} \frac{j_k W}{t_{L,th}}, \quad (1)$$

- kde X_k je charakteristická hodnota za normální teploty,
- $\gamma_{M,fi}$ součinitel spolehlivosti při požární situaci,
- k_{θ} redukční součinitel závislý na teplotě materiálu.

Návrhové hodnoty teplotních vlastností se stanoví s přihlédnutím k jejich vlivu z hlediska bezpečnosti ze vztahu

$$W_{c,th} \frac{W_k}{t_{L,th}} \text{ nebo } W_{c,th} t_{L,th} W_{j,k} \quad (2)$$

- kde $X_{k,\theta}$ je charakteristická hodnota – obecně závislá na teplotě,

$\gamma_{M,fi}$ součinitel spolehlivosti při požární situaci.

Hodnoty $\gamma_{M,fi}$ mohou být upraveny národní přílohou. Pro mechanické a teplotní vlastnosti jsou doporučeny hodnoty $\gamma_{M,fi} = 1,0$.

Podmínku spolehlivosti pro příslušnou dobu požárního vystavení t lze psát ve tvaru

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi}, \quad (3)$$

kde $E_{d,fi}$ je návrhový účinek zatížení včetně vlivu teplotní roztažnosti a deformace,

$R_{d,fi}$ odpovídající návrhová únosnost při požární situaci.

Výpočet účinků zatížení má být proveden pro čas $t = 0$, při použití součinitelů $\psi_{1,1}$ nebo $\psi_{2,1}$, uvedených v kapitole 4 EN 1991-1-1 [2] (v národní příloze je doporučeno používat u halových objektů $\psi_{1,1}$, jinak $\psi_{2,1}$).

Zjednodušeně lze stanovit účinek zatížení při požáru $E_{d,fi}$ z výpočtu při běžné teplotě ze vztahu

$$D_{c,th} \kappa_{dr} D_c, \quad (4)$$

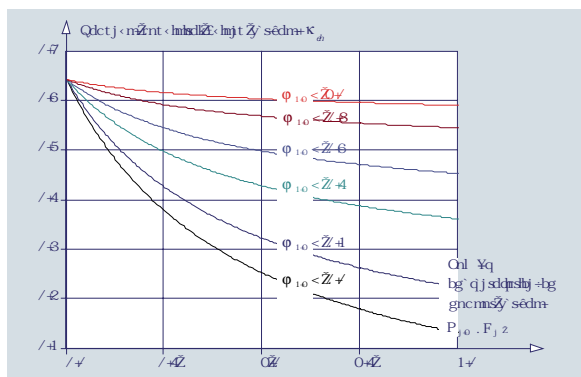
kde E_d je návrhová hodnota síly nebo momentu při běžné teplotě (20°C),

η_{fi} redukční součinitel pro úroveň zatížení při požární situaci.

Redukční součinitel η_{fi} se stanoví pro kombinaci zatížení podle vztahu (6.10) v EN 1990 [1] ze vztahu

$$\kappa_{d,th} \frac{F_j / \phi_{dr} F_{j,0}}{t_F F_j / t_{P,0} P_{j,0}} \quad (5)$$

nebo při použití vztahů (6.10a) a (6.10b)



Obr. 4 Hodnoty redukčního součinitele η_{fi} v závislosti na poměru Q_{k1}/G_k
Fig. 4 Values of reduction coefficient η_{fi} depending on Q_{k1}/G_k ratio

v EN 1990 jako menší z následujících dvou hodnot vyčíslených ze vztahů

$$\kappa_{dh} = \frac{F_j / \varphi_{dr} P_{j,0}}{\gamma_F F_j / \gamma_{P,0} \varphi_{P,0} P_{j,0}} \quad (5a)$$

$$\kappa_{dh} = \frac{F_j / \varphi_{dr} P_{j,0}}{\gamma_F F_j / \gamma_{P,0} P_{j,0}} \quad (5b)$$

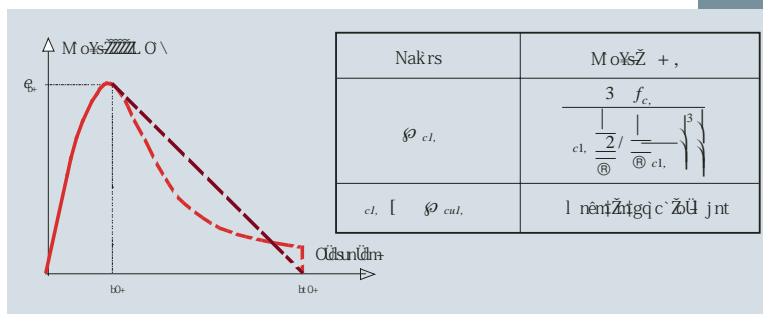
kde Q_{k1} je hlavní proměnné zatížení, G_k charakteristická hodnota stálého zatížení, γ_G součinitel spolehlivosti stálého zatížení, γ_{Q1} součinitel spolehlivosti pro hlavní proměnné zatížení, ψ_{fi} kombinační součinitel uvažovaný hodnotou $\psi_{1,1}$ nebo $\psi_{2,1}$ podle EN 1991-1-2, ξ redukční součinitel nepříznivého stálého zatížení $\xi=0,85$.

Hodnoty redukčního součinitele η_{fi} stanovené s přihlédnutím ke vztahu (5) jsou uvedeny v závislosti na poměru Q_{k1}/G_k pro různé hodnoty kombinačního součinitele $\psi_{1,1}$ v obr. 4; hodnoty byly stanoveny pro $\gamma_{GA}=1,0$, $\gamma_G=1,35$, $\gamma_Q=1,5$. Hodnoty stanovené ze vztahů (5a) a (5b) mohou být nepatrně vyšší. Jako zjednodušení se dovoluje použít $\eta_{fi}=0,7$.

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

Silikátové kamenivo

Mechanické, teplotní a fyzikální vlastnosti betonu, betonářské a předpínací výztuže jsou uvedeny v EN 1992-1-1 [4] pro teplotu 20 °C. V případě požáru je třeba uvážit jejich teplotní závislost vyjadřující degradaci těchto vlastností se vzrůstající teplotou, jak je uvedeno v EN 1992-1-2 [5].



Obr. 5 Matematický model pro pracovní diagram betonu v tlaku při zvýšené teplotě

Fig. 5 Mathematical model for stress-strain relationship of concrete under compression at elevated temperatures

Mechanické vlastnosti betonu

Pevnostní a deformační vlastnosti jednoose tlačného betonu při zvýšené teplotě lze stanovit z pracovního diagramu uvedeného na obr. 5. Diagram je charakterizovaný pevností betonu v tlaku $f_{c\theta}$ a přetvořením $\epsilon_{c1,\theta}$ odpovídajícím $f_{c\theta}$. Hodnoty pro každý z těchto parametrů jsou uvedeny v tabulce 1. Hodnoty $f_{c\theta}$ jsou vztaženy k charakteristické pevnosti betonu v tlaku, uvedené v EN 1992-1-1 [4]. Klesající větev pracovního diagramu lze vhodně matematicky formulovat, je však možná náhrada přímkou. Možné zvýšení pevnosti betonu při ochlazování nelze uvažovat. Pevnost betonu v tahu lze zanedbat (bezpečně – konzervativní). Pokud je třeba uvažovat pevnost betonu v tahu, uvažuje se snížená charakteristická tahová pevnost podle vztahu

$$f_{ct,\theta} = k_{ct,\theta} f_{ct} \quad (6)$$

kde $k_{ct,\theta}$ je redukční součinitel, jehož hodnotu lze uvažovat

$$k_{ct,\theta} = 1,0 \text{ pro } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C}$$

$$k_{ct,\theta} = 1,0 - 1,0(\theta - 100)/500 \text{ pro } 100^\circ\text{C} < \theta \leq 600^\circ\text{C}$$

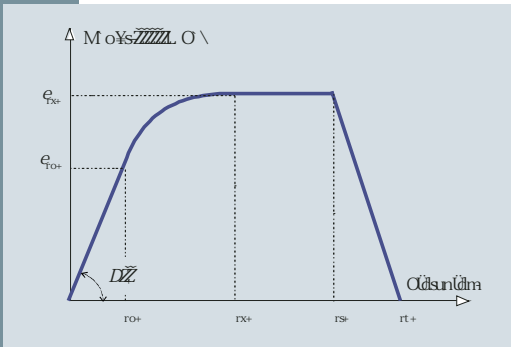
Mechanické vlastnosti výztuže

Pevnostní a deformační vlastnosti betonářské a předpínací oceli při zvýšené teplotě lze stanovit z pracovního dia-

Tab. 1 Hodnoty hlavních parametrů pracovního diagramu normálního betonu se silikátovým a vápencovým kamenivem při zvýšené teplotě

Tab. 1 Values of the main parameters of the stress-strain relationship of common concrete with silicate and calcite aggregate at elevation temperatures

Teplota betonu [°C]	Silikátové kamenivo			Vápencové kamenivo		
	$f_{c\theta}/f_{c0}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu\theta}$	$f_{c\theta}/f_{c0}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu\theta}$
20	1,00	0,0025	0,0200	1,00	0,0025	0,0200
100	1,00	0,0040	0,0225	1,00	0,0040	0,0225
200	0,95	0,0055	0,0250	0,97	0,0055	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0275	0,91	0,0070	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0300	0,85	0,0100	0,0300
500	0,60	0,0500	0,0325	0,74	0,0500	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0350	0,60	0,0250	0,0350
700	0,30	0,0250	0,0375	0,43	0,0250	0,0375
800	0,15	0,0250	0,0400	0,27	0,0250	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0425	0,15	0,0250	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0450	0,06	0,0250	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0475	0,02	0,0250	0,0475
1200	0,00	-	-	0,00	-	-



Obr. 6 Matematický model pro pracovní diagram betonářské a předpínací oceli při zvýšené teplotě (pro předpínací ocel se zamění index „s“ indexem „p“)

Fig. 6 Mathematical model of the stress-strain relationship of reinforcing bars and prestressing steel at increased temperature (for prestressing steel, index „s“ is replaced by index „p“)

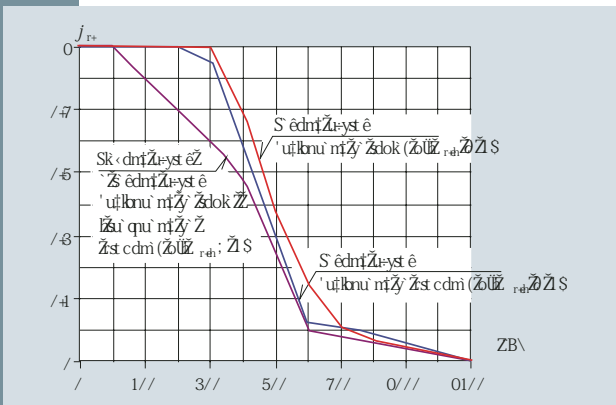
gramu uvedeného na obr. 6 a tabulek 2 a, b. Hodnoty maximálních napětí $f_{sp,\theta}$ resp. $f_{p,\theta}$ jsou vztaženy k charakteristickým hodnotám výztuže f_{yk} resp. f_{pk} . Pro mezilehlé hodnoty se doporučuje v tabulkách interpolovat. Norma EN 1992-1-2 [5] uvádí ještě jednu tabulku pro betonářskou výztuž, kterou lze však použít pouze pokud se zkouší pevnost výztuže při zvýšené teplotě.

Pracovní diagram betonářské oceli je charakterizovaný sklonem v lineární pružné oblasti, mezi úměrností $f_{sp,\theta}$ a největším napětím $f_{sy,\theta}$ při teplotě θ . Diagram lze použít i pro ocel namáhanou tlakem.

Pro stanovení redukované charakteris-

Obr. 6a Součinitel $k_{s,\theta}$ pro snížení charakteristické pevnosti f_{yk} tažené i tlačené výztuže (třída N)

Fig. 6a Coefficient $k_{s,\theta}$ for characteristic strength reduction f_{yk} of both tension and compression reinforcement (class N)



Oblast	Napětí σ	Modul pružnosti
$\epsilon_{sp,\theta}$	$\epsilon E_{s,\theta}$	$E_{s,\theta}$
$\epsilon_{sp,\theta} \leq \epsilon \leq \epsilon_{sy,\theta}$	$f_{s,p,\theta} - c + (b/a) \left[a^2 - (\epsilon_{sy,\theta} - \epsilon)^2 \right]^{0,5}$	$\frac{b(\epsilon_{sy,\theta} - \epsilon)}{a \left[a^2 - (\epsilon - \epsilon_{sy,\theta})^2 \right]^{0,5}}$
$\epsilon_{sy,\theta} \leq \epsilon \leq \epsilon_{st,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	0
$\epsilon_{st,\theta} \leq \epsilon \leq \epsilon_{su,\theta}$	$f_{sy,\theta} [1 - (\epsilon - \epsilon_{st,\theta}) / (\epsilon_{su,\theta} - \epsilon_{st,\theta})]$	-
$\epsilon = \epsilon_{u,\theta}$	0	-
Parametry	$\epsilon_{sp,\theta} = f_{sp,\theta} / E_{s,\theta} / E_{s,\theta} = 0,02$; Výztuž třídy A: $a^2 = (\epsilon_{sy,\theta} - \epsilon_{sp,\theta})(\epsilon_{sy,\theta} - \epsilon_{sp,\theta} + c/E_{s,\theta})$; $b^2 = c(\epsilon_{sy,\theta} - \epsilon_{sp,\theta})E_{s,\theta} + c^2$	$\epsilon_{st,\theta} = 0,15$; $\epsilon_{su,\theta} = 0,20$ $\epsilon_{st,\theta} = 0,05$; $\epsilon_{su,\theta} = 0,10$
Funkce	$c = \frac{(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})^2}{(\epsilon_{sy,\theta} - \epsilon_{sp,\theta})E_{s,\theta} - 2(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})}$	

tické pevnosti betonářské výztuže v závislosti na teplotě θ lze použít redukční součinitele.

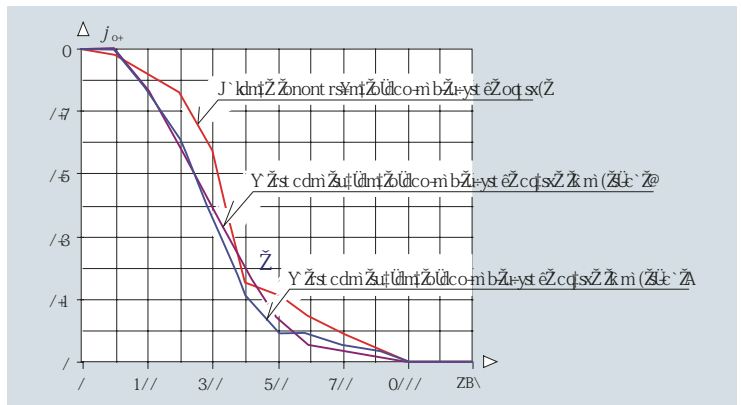
Redukční součinitele pro taženou betonářskou výztuž třídy N při $\epsilon_{s,fi} \geq 2 \%$ v trámech a deskách, jsou uvedeny v tab. 2a. Grafické zobrazení těchto redukčních součinitelů pro taženou výztuž válcovanou za tepla a tvářenou za studena při $\epsilon_{s,fi} \geq 2 \%$ je uvedeno na obr. 6a.

Redukční součinitele pro tlačенou betonářskou výztuž třídy N ve sloupech, tlačенých oblastech nosníků a pro taženou betonářskou výztuž třídy N při $\epsilon_{s,fi} < 2 \%$, používané při výpočtech příčných průřezů s použitím zjednodušených metod posouzení požární odolnosti, se stanoví ze vztahů:

pro $20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C}$
 $k_{s,\theta} = 1,00$

Obr. 6b Součinitel $k_{s,\theta}$ pro snížení charakteristické pevnosti (β_{pk}) předpínací výztuže

Fig. 6b Coefficient $k_{s,\theta}$ for characteristic strength reduction (β_{pk}) of tendon



pro $100^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C}$
 $k_{s,\theta} = 0,70 - 0,30 (\theta - 400) / 300$

pro $400^\circ\text{C} < \theta \leq 500^\circ\text{C}$
 $k_{s,\theta} = 0,57 - 0,13 (\theta - 500) / 100$

pro $500^\circ\text{C} < \theta \leq 700^\circ\text{C}$
 $k_{s,\theta} = 0,10 - 0,47 (\theta - 700) / 200$

pro $700^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}$
 $k_{s,\theta} = 0,10 (1200 - \theta) / 500$

grafické znázornění je patrné na obr. 6a.

Pro předpínací oceli lze použít stejný matematický model jako pro betonářské oceli – viz obr. 6. Hodnoty parametrů pracovního diagramu za studena tvářených (zst) (dráty a lana), kalených a popouštěných (k & p) (pruty) předpínacích výztuží při zvýšených teplotách, jsou uvedeny v tab. 2b. Hodnota β závisí na volbě třídy A nebo B.

Pro třídu A hodnota β je dána vztahem

$$\delta] \frac{\left[\frac{\eta_{lc} \cdot 1 \cdot e_{o,qj} \cdot D_o}{\eta_{lj} \cdot 1 \cdot e_{o,qj} \cdot D_o} \right] \left| \frac{e_j \cdot 1 \cdot e_{o,qj}}{e_j} \right| \frac{e_{o,qj}}{e_j} \left. \right\}$$

pro třídu B je β rovno 0,9 (viz tab. 2b).

Tab. 2a Hodnoty parametrů pracovního diagramu betonářské výztuže válcované za tepla a tvářené za studena třídy N při zvýšených teplotách

Tab. 2a Values for the parameters of the stress-strain relationships of hot rolled and cold worked reinforcing steel Class N at elevated temperatures

Teplota oceli [°C]	$f_{s\theta}/f_{yk}$		$f_{sp\theta}/f_{yk}$		$E_{s\theta}/E_s$	
	Válcované za tepla	Tvářené za studena	Válcované za tepla	Tvářené za studena	Válcované za tepla	Tvářené za studena
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,81	0,92	0,90	0,87
300	1,00	1,00	0,61	0,81	0,80	0,72
400	1,00	0,94	0,42	0,63	0,70	0,56
500	0,78	0,67	0,36	0,44	0,60	0,40
600	0,47	0,40	0,18	0,26	0,31	0,24
700	0,23	0,12	0,08	0,08	0,13	0,08
800	0,11	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06
900	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05
1000	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03
1100	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Volba třídy A nebo B bude uvedena v Národní příloze.

Grafické znázornění redukčních součinitelů je patrné z obr. 6b.

TEPLOTNÍ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI BETONU A VÝZTUŽE

Teplotní poměrné přetvoření betonu $\varepsilon_{c\theta}$ je stanoveno ve vztahu k délce při 20 °C. Grafické znázornění je patrné z obr. 7, kde θ je teplota betonu.

Specifické teplo suchého betonu ($u = 0\%$) se silikátovým i vápencovým kamenivem v závislosti na teplotě betonu je θ , je znázorněno na obr. 8. Při teplotě 100 °C se začíná měnit skupenství obsa-

žené vody, proto tvar grafu závisí na vlhkosti betonu u . Na obr. 8 je vyznačena špička grafu při vlhkosti betonu $u = 1,5\%$, popř. $u = 3\%$ váhy betonu; mezi-
lehlé hodnoty lze interpolovat.

Teplotní vodivost betonu λ_c pro normální betony v závislosti na teplotě betonu θ je vyznačena na obr. 9.

Teplotní roztažnost betonářské a předpínací oceli $\varepsilon(\theta)$ je stanovena ve vztahu k délce při 20 °C. Teplotní roztažnost v závislosti na teplotě betonářské a předpínací výztuže je vyznačena na obr. 10.

NÁVRHOVÉ METODY

EN 1991-1-2 uvádí v zásadě tři možnosti návrhu s přihlednutím k požární odolnosti:

- návrh s využitím tabulek,
- zjednodušenou metodu návrhu pro určité typy prvků,

MERCEDES-BENZ MUZEUM VE STUTTARTU

Na konec května 2006 je ve Stuttgartu pro návštěvníky z celého světa připravováno otevření nového muzea automobilů značky Mercedes-Benz. Termín zvolila společnost Daimler Chrysler tak, aby těsně předcházel zahájení mistrovství světa ve fotbale, které se uskuteční v německém Mnichově. Budova výšky 48 m bude stát na malém umělém návrší proti vstupu do hlavního výrobního závodu společnosti ve Stuttgartu-Untertürkheim. Návštěvníci tak budou mít možnost seznámit se s legendární značkou přímo v centru jejího světa.

V roce 2001 bylo vyzváno deset architektonických kanceláří k vypracování návrhu projektu nového muzea. Nejúspěšnějším se stal a kontrakt nakonec získal tým nizozemského UN Studia van Berkel & Bos.

Konstrukce je navržena bez rohů a hran ve tvaru dvojité šroubovice z monolitického betonu. Muzeum bude zabírat plochu pouhých 3 500 m² z celkové plochy pozemků 60 000 m², které budou po dokončení stavby architektonicky upraveny. Citlivě a osobitě navržena budova nabídne až 17 000 m² výstavních ploch - dostatek prostoru pro „cestu“ z minulosti přes přítomnost do budoucnosti automobilu s charakteristickým symbolem hvězdy. Poté co se návštěvník dostane vnitřními výtahy k vrcholu budovy, bude mít možnost vybrat si ze dvou spirálovitých galerií a sestupovat expozicemi sbírek legendární značky, jež budou v devíti úrovních zahrnovat až 180 modelů aut v různých úpravách prezentace s využitím nových médií za podpory klasických výstavních technik i nejmodernější elektroniky. Sta-

vební práce na této unikátní budově probíhají nepřetržitě od položení základního kamene 17. září 2003. Hrubá stavba všech částí muzea, výstavního objektu, technického zázemí, služeb, arény a patrových garáží, byla dokončena v lednu 2005.

Dle odborníků leží návrh a zejména realizace projektu nového muzea na hranici současných technických možností. Je výzvou pro betonové stavebnictví a zejména pro dodavatele bednicí techniky.

Hlavní dodavatel stavby DaimlerChrysler Immobiliengesellschaft in Berlin úzce spolupracuje s konsorciem „Nové muzeum Mercedes-Benz“, které za účelem realizace tohoto projektu vytvořily společnosti Ed. Züblin AG a Wolff & Müller GmbH & Co. KG, Stuttgart.

jm

Z časopisů: BETON 12/2004, Verlag Bau+Technik, str. 598–602, Beton- und Stahlbetonbau April 2005, Ernst & Sohn W. Co., Heft 4, str. 325–331



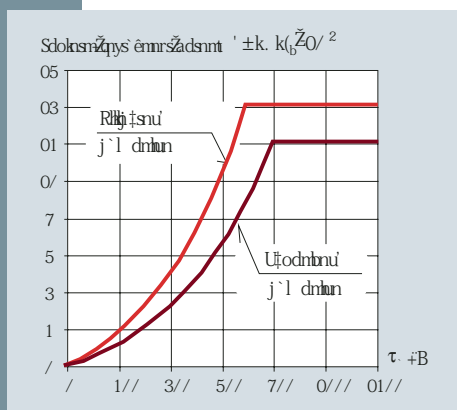
Teplota oceli θ [°C]	$f_{p,\theta} / (\beta f_{pk})$			$f_{pp,\theta} / (\beta f_{pk})$		$E_{p,\theta} / E_p$		$\epsilon_{p1,\theta}$	$\epsilon_{p2,\theta}$
	zst		k & p	zst	k & p	zst	k & p	zst, k & p	zst, k & p
	Třída A	Třída B							
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,050	0,100
100	1,00	0,99	0,98	0,68	0,77	0,98	0,76	0,050	0,100
200	0,87	0,87	0,92	0,51	0,62	0,95	0,61	0,050	0,100
300	0,70	0,72	0,86	0,32	0,58	0,88	0,52	0,055	0,105
400	0,50	0,46	0,69	0,13	0,52	0,81	0,41	0,060	0,110
500	0,30	0,22	0,26	0,07	0,14	0,54	0,20	0,065	0,115
600	0,14	0,10	0,21	0,05	0,11	0,41	0,15	0,070	0,120
700	0,06	0,08	0,15	0,03	0,09	0,10	0,10	0,075	0,125
800	0,04	0,05	0,09	0,02	0,06	0,07	0,06	0,080	0,130
900	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,085	0,135
1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,090	0,140
1100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,095	0,145
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,100	0,150

Tab. 2b Hodnoty pro parametry pracovního diagramu za studena tvářených (zst) (dráty a lana), kalených a popouštěných (k & p) (pruty) předpínacích výztuží při zvýšených teplotách

Tab. 2b Values for the parameters of the stress-strain relationships of cold worked (zst) (wires and strands) and quenched and tempered (k & p) (bars) prestressing steel at elevated temperatures

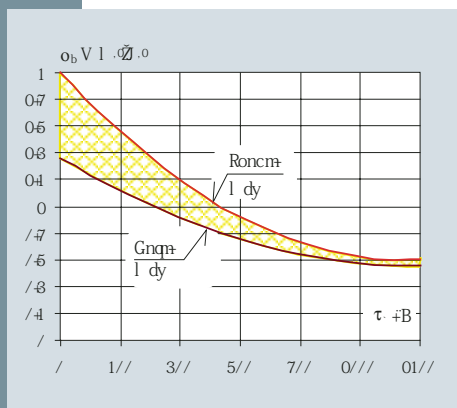
Obr. 7 Teplotní roztažnost betonu $(\Delta l/l)_c \cdot 10^3$

Fig. 7 Thermal expansivity of concrete $(\Delta l/l)_c \cdot 10^3$



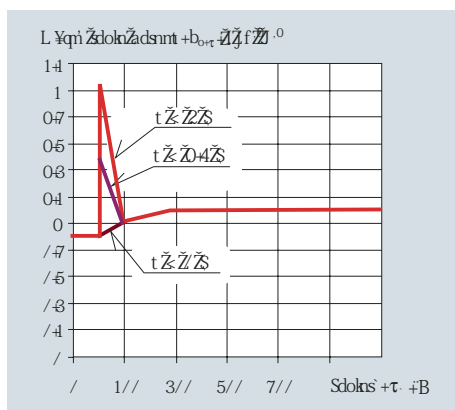
Obr. 9 Teplotní vodivost betonu λ_c

Fig. 9 Thermal conductivity of concrete λ_c



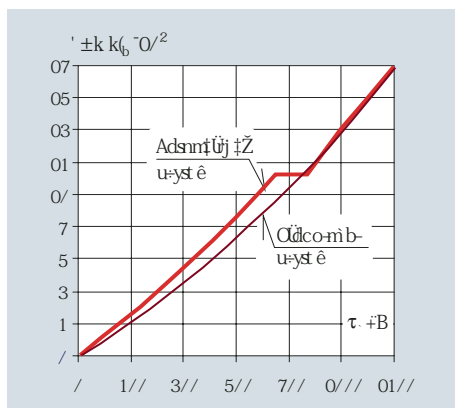
Obr. 8 Specifické teplo betonu $c_{p,\theta}$ pro 3 různé vlhkosti

Fig. 8 Specific heat of concrete $c_{p,\theta}$ for 3 different moisture levels



Obr. 10 Teplotní roztažnost oceli $(\Delta l/l)_s \cdot 10^{-3}$

Fig. 10 Thermal elongation of steel $(\Delta l/l)_s \cdot 10^{-3}$



• obecnou metodu návrhu pro modelování konstrukčních prvků, částí nebo celé konstrukce.

Vysvětlení návrhových metod s příklady výpočtu bude uvedeno v dalších číslech časopisu.

Tento příspěvek byl vypracován za přispění grantu MSM 6840770001.

Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.
katedra betonových konstrukcí a mostů
ČVUT FSv, Tháškova 7, 166 29 Praha 6
tel.: 224 354 633
e-mail: proch@beton.fsv.cvut.cz

Literatura:

- [1] EN 1990: Basis of Design. European CEN 04/2002. Zavedená v ČR jako ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ČSN 03/2004
- [2] EN 1991-1-1: Actions on structures – General actions – Densities, self-weight and imposed loads. European CEN 04/2002. Zavedená v ČR jako ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení budov, ČSN 03/2004
- [3] EN 1991-1-2: Actions on structures – General actions – Actions on structures exposed to fire. European CEN 04/2002. Zavedená v ČR jako ČSN EN 1991-1-2: Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Část 1-2: Zatížení konstrukcí při požáru, ČSN 08/2004
- [4] prEN 1992-1-1: Design of concrete structures – General – Common rules for building and civil engineering structures. Bude zavedena v ČR jako ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí – Obecně – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní a inženýrské stavby, bude vydána ČSN v r. 2006
- [5] prEN 1992-1-2: Design of concrete structures – General – Structural fire design. Bude zavedena v ČR jako ČSN EN 1992-1-2: Navrhování betonových konstrukcí – Obecně – Část 1-2: Navrhování na účinky požáru, bude vydána ČSN v r. 2006
- [6] Wald F. a kol.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, ISBN 80-0103157-8, Vydavatelství ČVUT Praha 2005