

133PSBZ

Požární spolehlivost betonových a zděných konstrukcí

Přednáška A11

ČVUT v Praze, Fakulta stavební
katedra betonových a zděných konstrukcí

Obsah přednášky

Specifika návrhu prvků z vysokopevnostního betonu (HSC)

- Úvod
- Redukce pevnosti HSC
- Odštěpování HSC
- Teplotní a fyzikální vlastnosti HSC
- Návrh konstrukce z HSC

Informace ke zkoušce

Úvod

- Vysokohodnotné betony (HPC) včetně vysokopevnostních betonů (HSC) jsou náchylnější k porušení při požáru (zejména k odštěpování) než betony běžné.
- Důvody: vysoká hutnost
nízký vodní součinitel
nízká pórovitost
nízká permeabilita

“Pokud vzhledem k dosaženým vlastnostem hovoříme z hlediska chování při běžné teplotě o tzv. vysokohodnotných betonech, měli bychom ty samé betony označit jako „nízkohodnotné“ ve vztahu k jejich požární odolnosti.“ [3,4]

Úvod

- Norma ČSN EN 1992-1-2 udává pro HSC doplňující pravidla a postupy.
- Tato pravidla lze použít pouze v souvislosti s normovým požárem.

Redukce pevnosti HSC

- Norma rozlišuje tři skupiny HSC

Skupina	Beton (pevnostní třída)
skupina 1	C55/67, C60/75
skupina 2	C70/85, C80/95
skupina 3	C90/105

- Pro tyto skupiny jsou uvedeny hodnoty redukčního součinitele pro redukci charakteristické pevnosti v tlaku

Redukce charakteristické hodnoty pevnosti HSC v tlaku při zvýšených teplotách [1,2]

Teplota θ [°C]	$f_{ck,\theta}/f_{ck}$		
	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3
(1)	(2)	(3)	(4)
20	1,00	1,00	1,00
50	1,00	1,00	1,00
100	0,90	0,75	0,75
200	-	-	0,70
250	0,90	-	-
300	0,85	-	0,65
400	0,75	0,75	0,45
500	-	-	0,30
600	-	-	0,25
700	-	-	-
800	0,15	0,15	0,15
900	0,08	-	0,08
1000	0,04	-	0,04
1100	0,01	-	0,01
1200	0,00	0,00	0,00

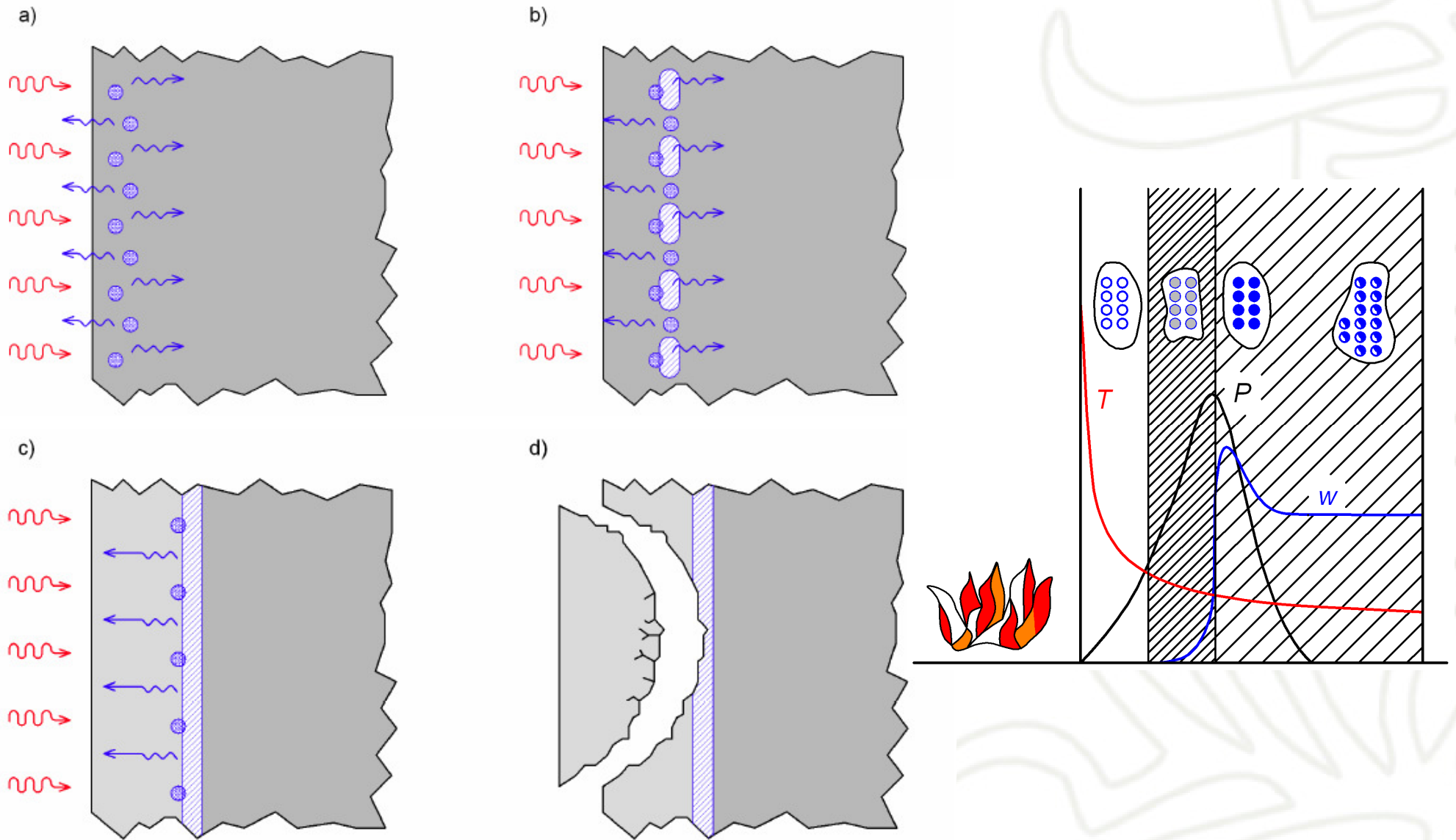
Odštěpování HSC

Odštěpování obecně

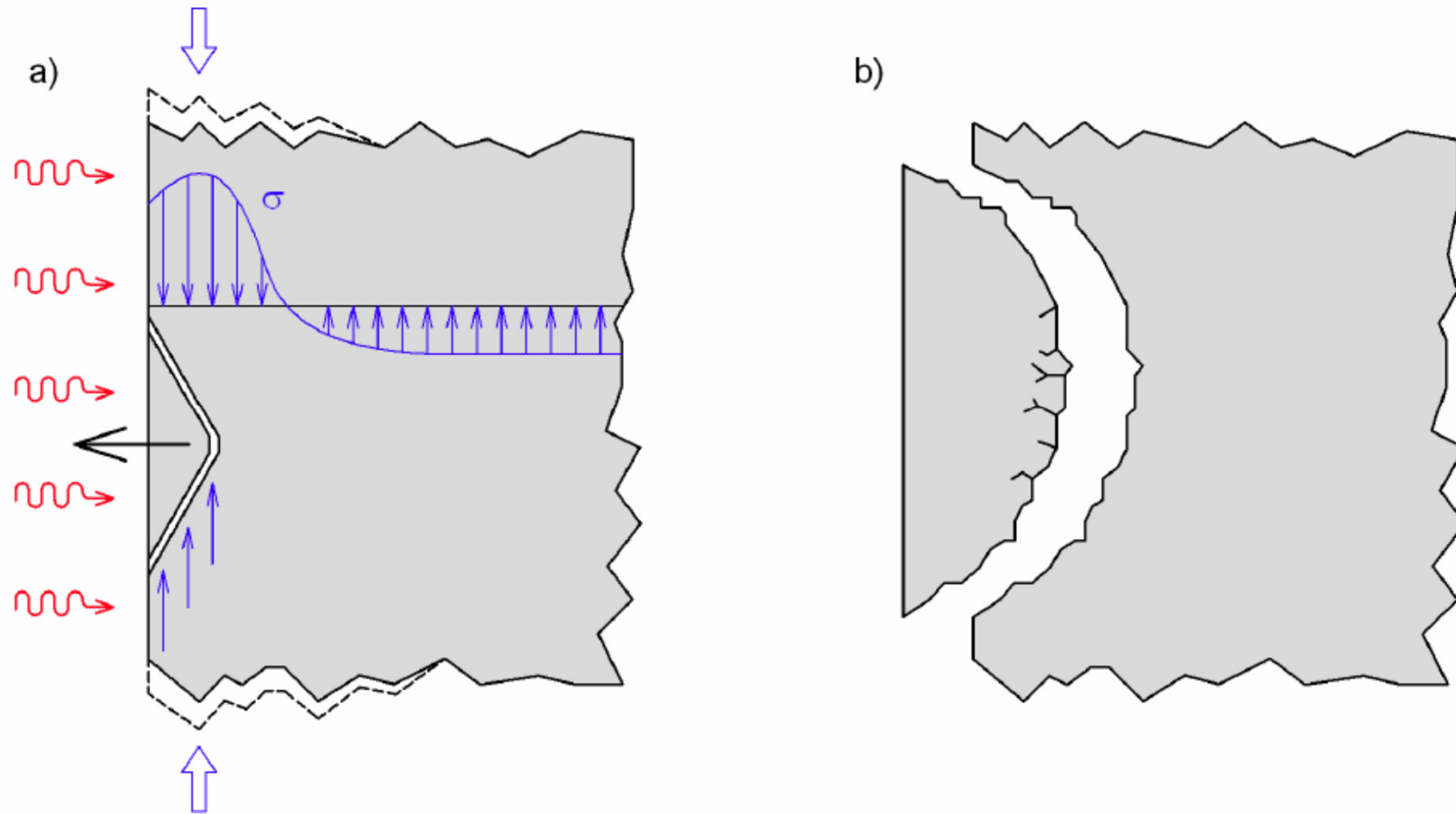
“Oddělování vrstev nebo jednotlivých částí betonu z povrchu konstrukčního prvku při vystavení vysokým a rychle rostoucím teplotám“ [1]



Hypotéza založená na nárůstu pórových tlaků [7,8]



Hypotéza založená na nárůstu teplotních napětí [7,8]



Odštěpování HSC

Opatření pro běžné betony

Explozivní odštěpování

- Při vlhkosti ≤ 3 % hm. betonu - odštěp. nepravděpodobné.
- Při vyšší vlhkosti nutno posoudit.
- Posouzení není nutné, pokud se experimentálně prokáže, že odštěpování nemá vliv na únosnost, nebo pokud jsou navržena ověřená ochranná opatření.
- Pro nosníky, desky a tažené prvky - posouzení nosné funkce s ohledem na ztrátu krycí vrstvy jednoho výztužného prutu.

Odštěpování HSC

Opatření pro běžné betony

Explozivní odštěpování

- Pro prvky s dostatečně velkým počtem výztužných prutů - vzhledem k možnosti redistribuce namáhání nemá případné odštěpování betonu vliv na nosnou funkci prvku.

Odpadávání betonu

- Je-li osová vzdálenost výztuže od líce průřezu ≥ 70 mm a není-li zkouškami prokázáno, že k odpadávání betonu nedojde - nutný návrh povrchové výztužné sítě (průměr prutů min. 4 mm, rozteče max. 100 mm).

Odštěpování HSC

Opatření pro HSC

- Pro betony ze skupin 1 a 2 (C55/67 až C80/95), které mají obsah křemičitého úletu $< 6 \%$ hm. cementu, platí pravidla jako pro běžné betony.
- Pokud je obsah křemičitého úletu $\geq 6 \%$ nebo pokud se použije beton skupiny 3 (C90/105), nutno provést alespoň jeden z následujících postupů:
 - 1) Navrhne se povrchová výztužná síť s krytím 15 mm, pruty o průměru min. 2 mm, rozteče v obou směrech max. 50 mm. Krycí vrstva hlavní výztuže ≥ 40 mm.

Odštěpování HSC

Opatření pro HSC

- 2) Použije se beton, pro který prokazatelně (zkoušky nebo místní zkušenosti) při jeho vystavení účinkům požáru k odštěpování nedojde.
- 3) Navrhnou se ochranné vrstvy, které prokazatelně (zkoušky nebo místní zkušenosti) při požáru zamezují odštěpování betonu.
- 4) Do betonové směsi se použijí propylenová vlákna v množství $> 2 \text{ kg m}^{-3}$.

Teplotní a fyzikální vlastnosti HSC

- Lze použít teplotní a fyzikální vlastnosti uvedené pro běžné betony.
- V některých případech může být tepelná vodivost HSC vyšší, než by odpovídalo vztahům uvedeným pro běžné betony.

Návrh konstrukce z HSC

Návrh s využitím tabulkových hodnot

Lze použít tabulky uvedené v normě, pokud se dodrží následující pravidla:

- Tabulkové hodnoty minimálních rozměrů průřezu uvedené v normě pro prvky z běžného betonu je nutné při použití HSC zvětšit vynásobením výrazem:

$[(k - 1) a_{\min}]$ pro stěny a desky vystavené požáru z jedné strany
 $[2 (k - 1) a_{\min}]$ pro ostatní nosné prvky

Návrh konstrukce z HSC

Návrh s využitím tabulkových hodnot

Skupina	Součinitel k
skupina 1	1,1
skupina 2	1,3
skupina 3	není definován*
*) Při použití betonu skupiny 3 se má požární odolnost posoudit zpřesněnými výpočetními metodami.	

- Tabulkové hodnoty osové vzdálenosti výztuže od nejbližšího líce průřezu vystaveného požáru uvedené v normě pro prvky z běžného betonu je nutné při použití HSC zvětšit vynásobením součinitelem k .

Návrh konstrukce z HSC

Návrh s využitím zjednodušených výpočetních metod

Sloupy a stěny

- Při použití metody izotermy 500 °C se tloušťka vyloučené zóny stanoví ze vztahu

$$a_z = k a_{500}$$

- Při použití zónové metody se moment únosnosti prvku namáhaného kombinací $M + V$ stanoví s uvážením modulu pružnosti betonu

$$E_{c,fi} = k_{c,\theta}^2 E_c$$

Návrh konstrukce z HSC

Návrh s využitím zjednodušených výpočetních metod

Nosníky a desky

- Při použití metody izotermy 500 °C se výsledný moment únosnosti stanoví ze vztahu

$$M_{Rd,fi} = M_{Rd,fi,500} k_m$$

Prvek	Součinitel k_m	
	Skupina 1	Skupina 2
nosník	0,98	0,95
deska vystavená požáru na tlačené straně	0,98	0,95
deska vystavená požáru na tažené straně, $h_1 \geq 120$ mm*	0,98	0,95
deska vystavená požáru na tažené straně, $h_1 = 50$ mm*	0,95	0,85

*) h_1 je tloušťka betonové desky. Pro mezilehlé hodnoty h_1 lze použít lineární interpolaci.

Návrh konstrukce z HSC

Návrh s využitím zpřesněných výpočetních metod

- Platí obecné zásady uvedené v normě.



Děkuji za pozornost!

Seznam použitých zdrojů

- [1] Procházka, J. a kol. Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [2] ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.
- [3] Khoury, G.A. - Anderberg, Y. Fire safety design. Concrete spalling review. Swedish National Road Administration, 2000.
- [4] Procházka, J. - Štefan, R. - Beneš, M. Software pro modelování odštěpování betonu při požáru. Beton TKS, 2011. V tisku.
- [5] Fire damaged concrete tunnel segment [online]. Newkem. [cit. 8. 11. 2011]. URL: http://itscoming.codez.in/newkem/?page_id=678
- [6] Spalling of Reinforced Concrete slabs after severe fire test using catastrophic fire curve [online]. University of Ulster. 2009 [cit. 8. 11. 2011]. URL: <http://www.firesert.ulster.ac.uk/srg.php>
- [7] Zeiml, M. - Lackner, R. - Mang, H.A. Experimental Insight into Spalling Behavior of Concrete Tunnel Linings under Fire Loading. Acta Geotechnica 3 (2008), 295-308.
- [8] Štefan, R. Fire Resistance of Concrete Structures. Prezentace při SDZ. 2010.

© Jaroslav Procházka, Radek Štefan 2011-2016

Poslední úprava: 14.12.2016

Připomínky a návrhy na vylepšení prezentace zasílejte prosím na adresu radek.stefan@fsv.cvut.cz

Upozornění:

Materiál slouží pouze pro studijní a výukové účely v rámci předmětů vyučovaných na Fakultě stavební ČVUT v Praze!