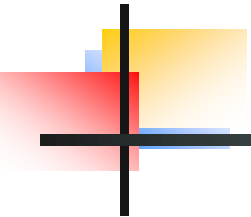


ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КРИТИЧНА ТЕМПЕРАТУРА НА СТОМАНЕНИ ЕЛЕМЕНТИ ПРИ ПОЖАРНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ С ОТЧИТАНЕ НА ОСОВИТЕ СИЛИ ПОРОДЕНИ ОТ ТЕМПЕРАТУРНО РАЗШИРЕНИЕ



Защита на темата на дисертационния труд

инж. Станислав Иванов

научен р-л проф. д-р. инж. Димитър Даков

Кратко съдържание на дисертацията

1. УВОД

2. ВЪЗДЕЙСТВИЯ ВЪРХУ КОНСТРУКЦИИТЕ,
ИЗЛОЖЕНИ НА ПОЖАР

3. ОСОБЕННОСТИ ПРИ РАБОТА НА
КОНСТРУКТИВНАТА СТОМАНА В УСЛОВИЯ НА
ПОЖАРНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ

4. ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТОМАНЕНИ КОЛОНИ С
ОГРАНИЧЕНИ ОСОВИ ДЕФОРМАЦИИ

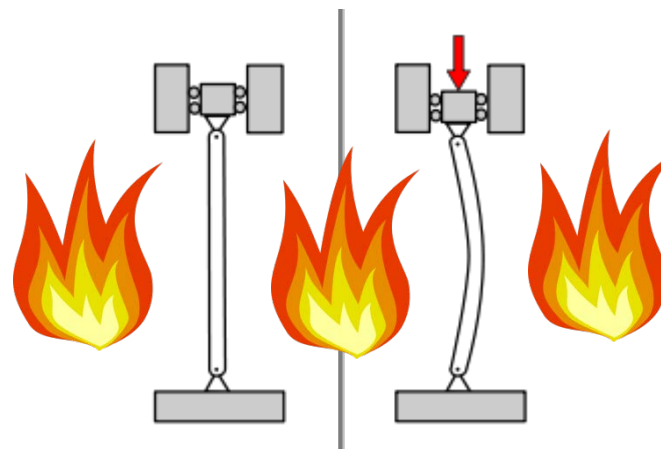
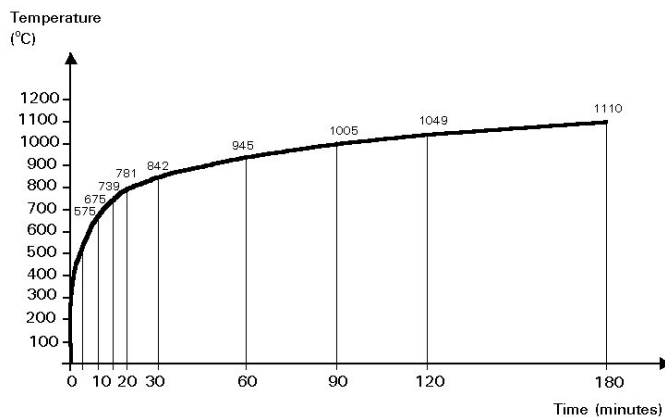
5. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Съдържание на презентацията за защита на темата на дисертационния труд

1. Общи положения за определяне на огнеустойчивостта на стоманени колони
2. Пожари доказали значимостта на проблема
3. Кратък преглед на литературата по проблема
4. Състояние на проблема в Евркодовете
5. Цели на дисертационния труд

1. Общи положения за определяне на огнеустойчивостта на стоманени колони

Традиционно огнеустойчивостта на колона се определя чрез изпитване със симулиране на пожар чрез температурно нарастване по кривата ISO834 на просто подпрени натиснати елементи.



Този начин на определяне на огнеустойчивостта е удобен за определяне на ориентировъчната огнеустойчивост, но по редица причини е неефективен за установяването на реалното поведение на пожар при строителни конструкции.

1. Общи положения за определяне на огнеустойчивостта на стоманени колони

- Развитието на температурата е по стандартната крива симулираща пожар, като тя в доста случаи е нереалистична за конкретен пожарен сектор в конкретна строителна конструкция.
- Тъй като стандартната крива температура-време в почти всички ситуации е в полза на сигурността, за целта на изследването на отделни стоманени елементи е с достатъчна точност и достоверност.
- Основен недостатък е, че изпитванията се правят на отделни конструктивни елементи, като не се отчита взаимодействието между отделните конструктивни елементи в цялостна строителна конструкция.

2. Пожари доказали значимостта на проблема

Пожар в село Рупите 08.2012г.



2. Пожари доказали значимостта на проблема

Пожар в село Рупите 08.2012г.

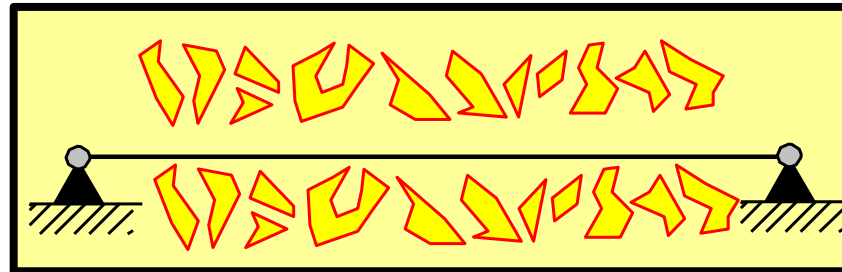


- Складова база с двукорабна стоманена конструкция
- Пожарът тръгва от съседните незастроени имоти и обхваща оградащата конструкция.
- Установени температури на пожар до 500°C.
- Няма сериозни повреди по основната носеща конструкция – двуотворни стоманени рамки.
- Всички столици са повредени и за подмяна.

2. Пожари доказали значимостта на проблема

Установи се:

- Поради коравината на рамките извън тяхната равнина – столиците са с ефективна статическа схема – проста греда на две неподвижни опори;
- Получиха се големи допълнителни натискови усилия от повишената температура;
- Столиците загубват обща устойчивост при много ниска температура



- Показа се голямото значение на взаимодействието между отделните конструктивни елементи – колони, греди и плочи.
- Даден основен тласък в развитието на дисертационния труд.

2. Пожари доказали значимостта на проблема

Пожар в Broadgate Phase 8 – 1990г.



2. Пожари доказали значимостта на проблема

Пожар в Broadgate Phase 8 – 1990г.

- 14 етажна офис сграда във фаза на строеж
- Пожарът тръгва от фоаето на първото ниво на конструкцията
- Установени температури на пожар над 1000°C
- Няма паднали конструктивни елементи
- Подменени са стоманени елементи в зона 40/20м.
- Финансови загуби изчислени на 25млн, от които само 2млн от подмяна на конструктивни елементи, останалите повреди породени от пожарния дим.
- Показва голямо значение на взаимодействието между отделните конструктивни елементи – колони, греди и плочи.
- Подтиква към по точно изследване на гореспепенатите взаимодействия.

2. Пожари доказали значимостта на проблема

Пожарни тестове в Cardington



2. Пожари доказали значимостта на проблема

Пожарни тестове в Cardington

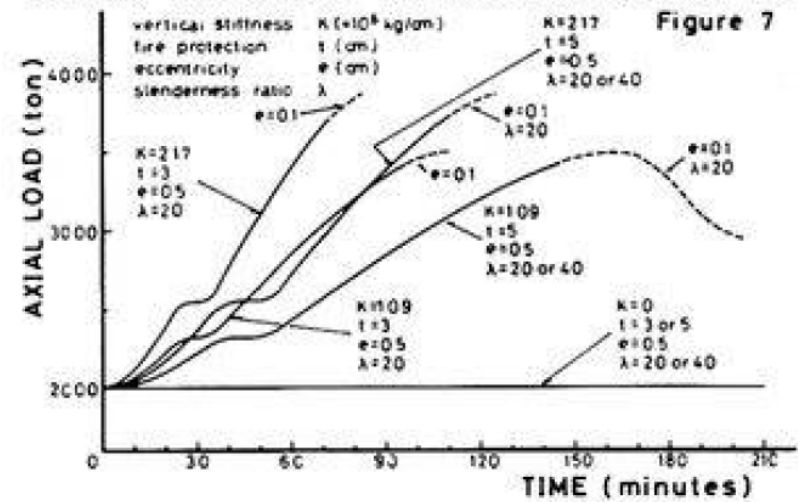
- 33м височина, 21х45м размери в план
- Осови разстояние между колоните 6 и 9м
- Номинално ставни възли колона-греда.
- Отново показва голямо значение на взаимодействието между отделните конструктивни елементи – колони, греди и плочи.

И при сградата Broadgate Phase 8 и при тестовата постановка в Cardington възлите колона-греда са номинално ставни, а в сеизмични райони като България в повечето случаи са рамкови – следователно се очаква още по-голямо влияние на взаимодействието между отделните конструктивни елементи.

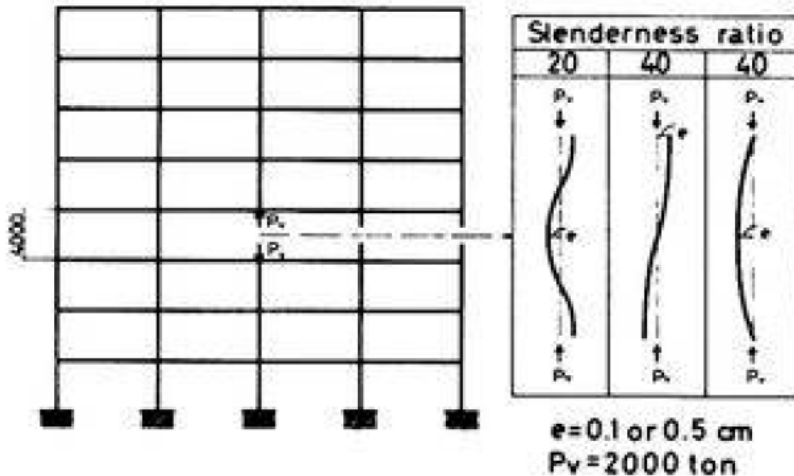
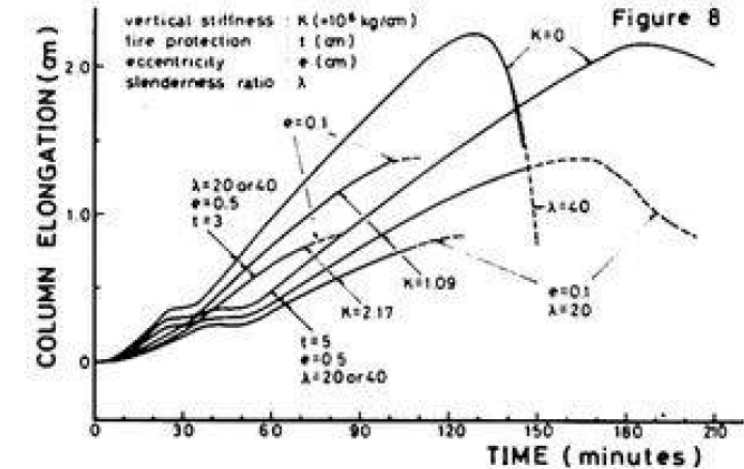
3. Кратък преглед на литературата по проблема

Forumura, Shinohara –
Inelastic behavior of
protected steel columns in
fire - IABSE congress report
1976 Tokyo.

COLUMN-STRUCTURE INTERACTION DURING FIRE Figure 7



COLUMN-STRUCTURE INTERACTION DURING FIRE Figure 8



3. Кратък преглед на литературата по проблема

Cabrita I. Neves
The Critical Temperature of Steel Columns with Restrained Thermal Elongation,
1995 Lisbon, Portugal

The critical temperature of steel columns

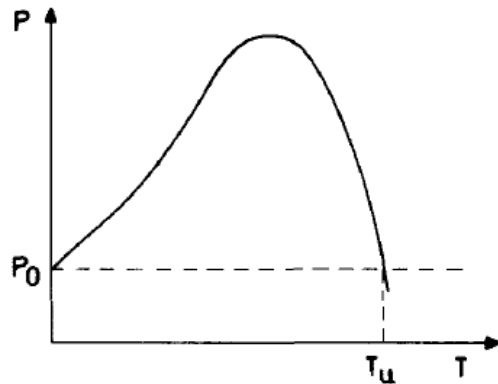


Fig. 2. Typical development of the restraining forces.



The critical temperature of steel columns

221

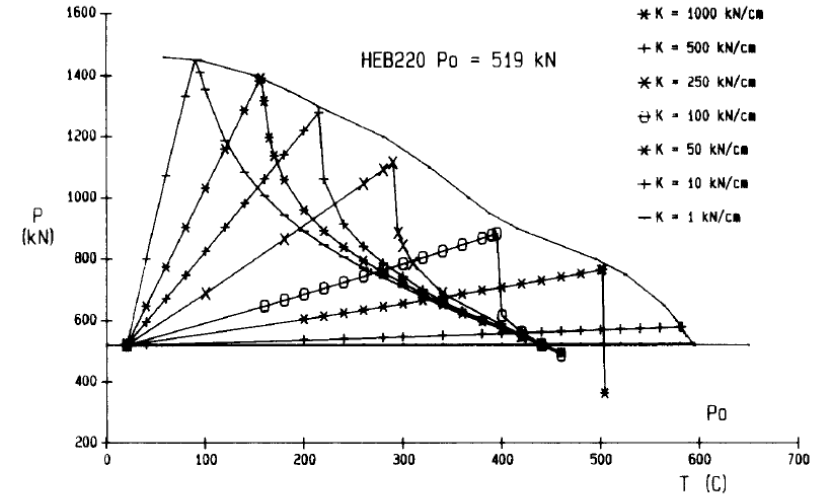


Fig. 7. Slenderness 80, $e = e^* = 1.89$ cm.

I. C. Neves

224

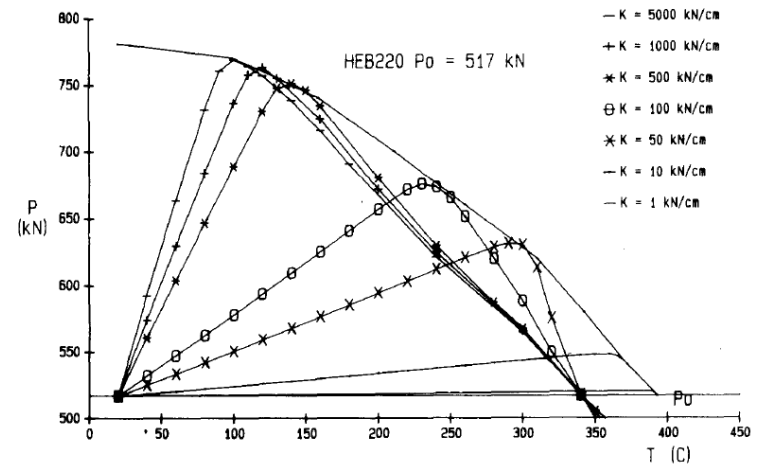


Fig. 13. Slenderness 80, $e = h/2 = 11$ cm.

3.Кратък преглед на литературата по проблема

Faris Ali, Simms, O'Connor

The Effects Of Axial Restrain on Steel Columns
in Fire Resistance of Steel Columns, 1996

Ulster, Northern Ireland, UK

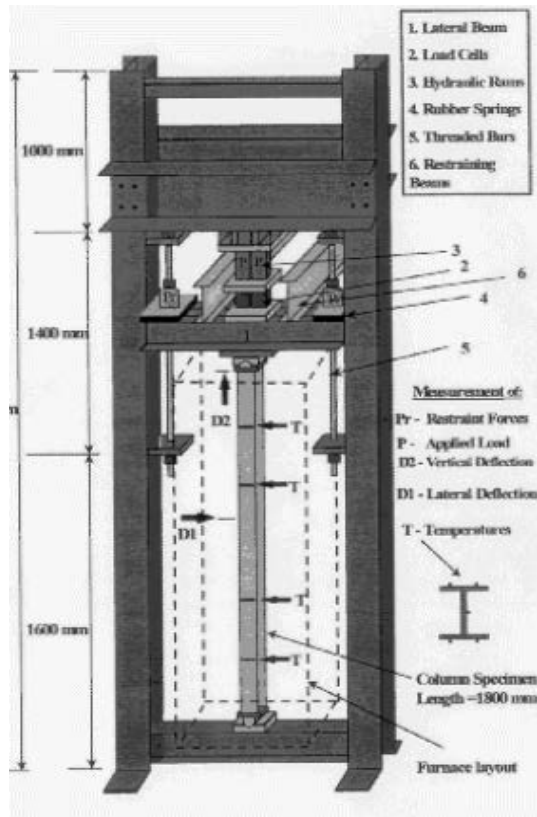


Figure 2 Axial Restraint Test Rig

$$P_T = \Delta_{TOTAL} \cdot K_S$$

$$\Delta_{TOTAL} = \Delta_{THERM} - \Delta_{DET} - \Delta_{REST}$$

$$\alpha_K = \frac{K_S}{K_C(T)} \quad \alpha_L = \frac{P}{P_{cy}}$$

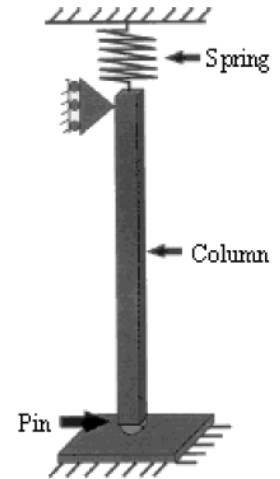


Figure 1 Idealisation of Test Column

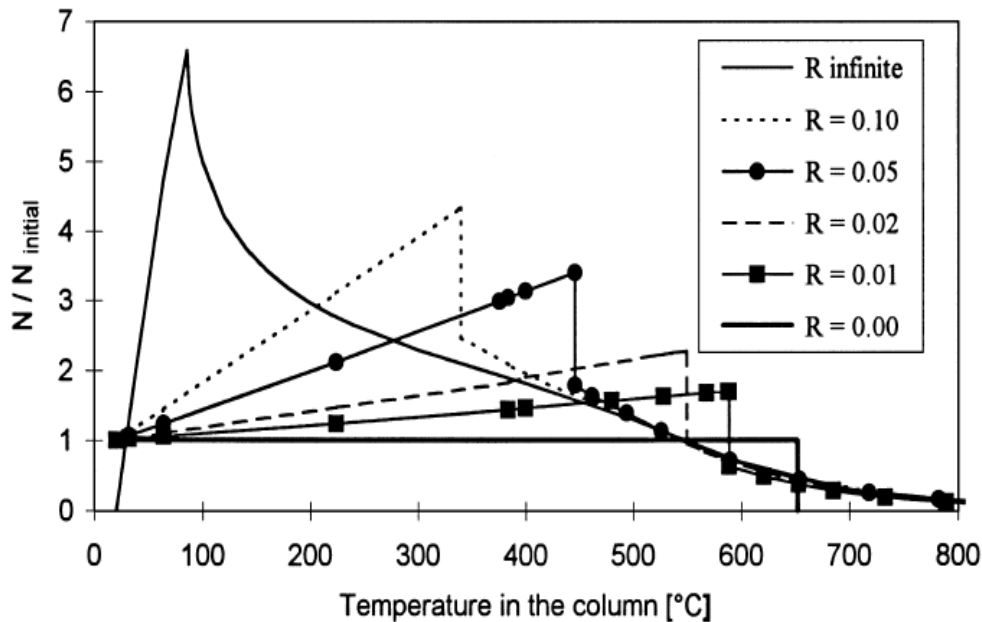
Table.1 Experimental test program and results

SECTION	α_L	$\alpha_K = 0$		$\alpha_K = 0.1$		$\alpha_K = 0.2$	
		Max. Force	Collapse Temp.	Max. Force	Collapse Temp.	Max. Force	Collapse Temp.
UC23 $\lambda = 49$	0	0		355	N/A	465	N/A
	0.2	0	701	326	640	452	583
	0.4	0	626	285	598	377	517
	0.6	0	557	189	547	236	363
UB19 $\lambda = 75$	0	0		325	552	381	507
	0.2	0	644	299	555	333	455
	0.4	0	629	249	466	254	432
	0.6	0	539	153	364	201	408
UB13 $\lambda = 98$	0	0		209	445	268	530
	0.2	0	717	201	536	228	441
	0.4	0	658	155	333	209	410
	0.6	0	567	112	386	158	336

3. Кратък преглед на литературата по проблема

Jean Marc Franssen

Failure temperature of a system comprising
a restrained column submitted to fire
2000 Liege, Belgium



- length of the column 4 m,
- section HEA 100,
- buckling major axis,
- yield strength 235 MPa,
- Young modulus 210 000 MPa,
- material model Eurocode 3,
- initial axial force in the column 50 kN,
- stiffness of the structure varying from case to case.

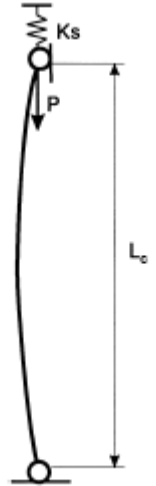


Fig. 3. Simple model of a restrained column.

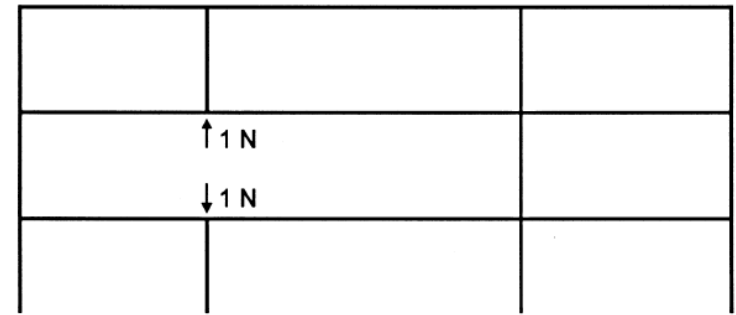


Fig. 4. Calculation of the stiffness of the structure.

3. Кратък преглед на литературата по проблема

Cabrita I. Neves

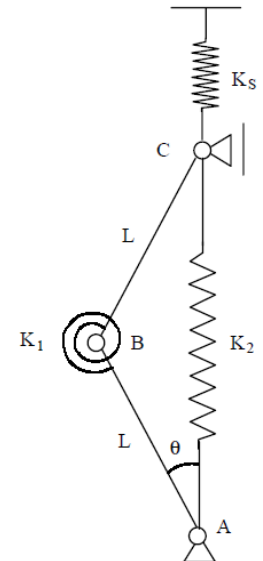
Thermal restraint and fire resistance of columns

2002 Lisbon, Portugal

Table 2

Proposal for the calculation of the reduction in critical temperature

$T_{crit} = T_{crit}^{free} - C_b \Delta T_{crit}$		$R = \frac{K_s L}{EA}$
$C_b =$	0.9 1.25	Bending about strong axis Bending about weak axis
$\Delta T_{crit} =$	$\frac{\Delta T}{0.03} R$ ΔT	$R \leq 0.03$ $R > 0.03$
$\Delta T =$	0 $85 C_\eta \frac{\lambda - 20}{20}$ $\left[85 + \frac{140}{40} (\lambda - 40) \right] C_\eta$ $(260 - 0.44 \lambda) C_\eta$	$\lambda < 20$ $20 \leq \lambda \leq 40$ $40 < \lambda \leq 80$ $80 < \lambda \leq 200$
$C_\eta =$	$0.3 + \eta_{fi}$	$0.3 \leq \eta_{fi} \leq 0.7$



3. Кратък преглед на литературата по проблема

Y.C. Wang,
Postbuckling Behavior of
Axially Restrained and Axially
Loaded Steel Columns under
Fire Conditions,
2004 Manchester, UK

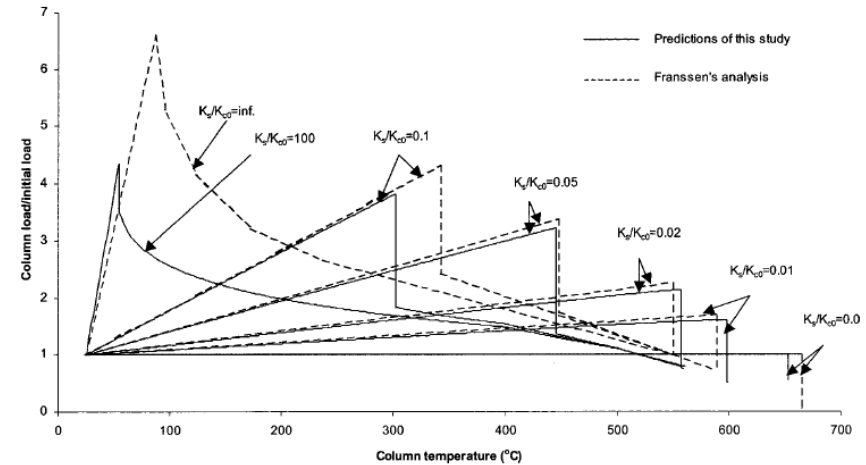


Fig. 3. Comparison between Franssen's analysis and this study

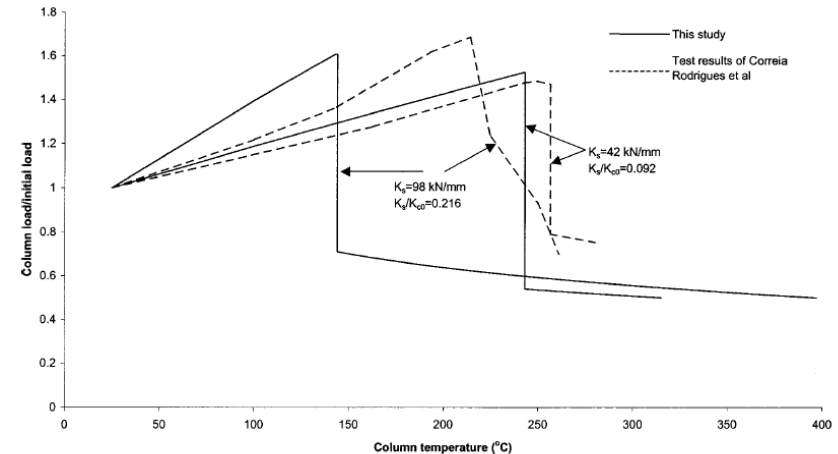


Fig. 2. Comparison between test results of Correia Rodrigues et al. (2000) and predictions of this study

$$\frac{P}{P_c} + \frac{M_{\max}}{M_p} = 1 \quad M_{\max} = P \cdot \Delta_h$$

$$\Delta P = \frac{K_s K_c}{K_s + K_c} (\Delta \varepsilon_{\text{th}} L - \Delta \varepsilon_{\text{mec}} L - \delta \Delta_v)$$

$$P = P_0 + \beta_1 - \beta_2 \delta \Delta_h$$

$$\beta_1 = \frac{K_s K_c}{K_s + K_c} (\Delta \varepsilon_{\text{th}} - \Delta \varepsilon_{\text{mec}}) L; \quad \beta_2 = 2 \phi \frac{K_s K_c}{K_s + K_c} \frac{\Delta}{L}$$

3. Кратък преглед на литературата по проблема

Peijun Wang, Guo-Qiang Li, Yongchang Wang
Behaviour and design of restrained steel
column in fire, 2009, China

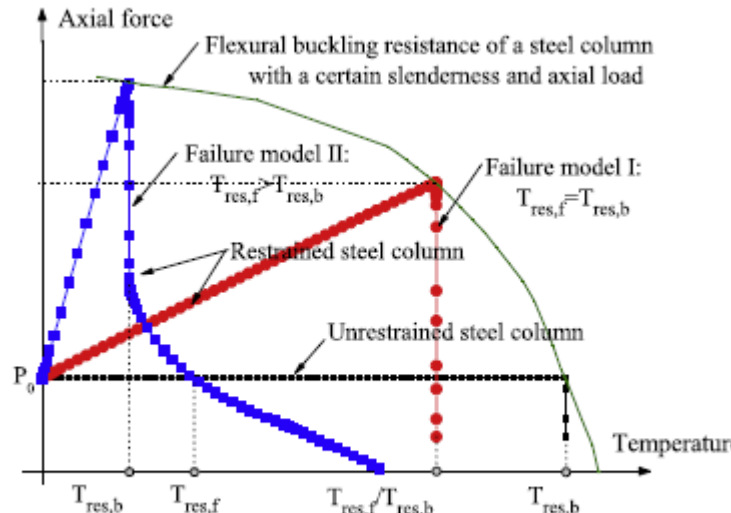


Fig. 1. Failure models of restrained steel column in fire.

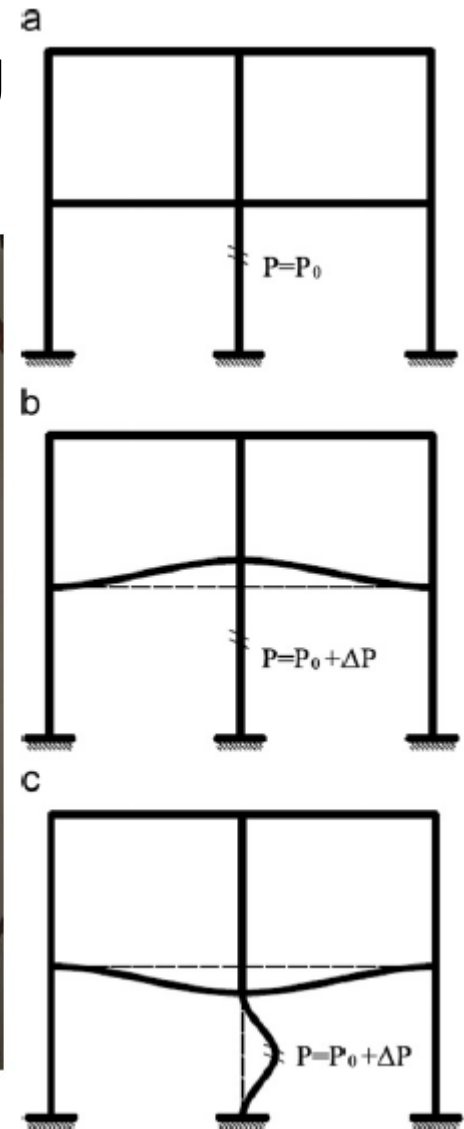
$$T_f = T_0 - \Delta T_f$$

$$\Delta T_f = F_{\rho_N} F_{\lambda} F_{\beta_l}$$

$$F_{\beta_l} = 12.432 - 12.796 e^{-\beta_l/0.081}$$

$$F_{\rho_N} = 0.042 + 0.849 \rho_N - 0.689 \rho_N^2 + 0.204 \rho_N^3$$

$$F_{\lambda} = 28.624 + 1.053 \lambda - 0.004 \lambda^2$$



3. Кратък преглед на литературата по проблема

J.P. Moura Correia , Rodrigues, C.T. Gomes
A simplified calculation method for fire design
of steel columns with restrained thermal
elongation, 2012 Combrria, Portugal

Table 5
Analytical formulae for the calculation of critical temperatures and times of HEA columns.

(a) $35 < \lambda < 50$	
T_{cr}	t_{cr}
$LL = 0.3$	$t_{cr} = 12.6 - 0.077(\lambda - 35.1)$
$T_{cr} = 599 - 1.16(\lambda - 35.1)$	
$LL = 0.5$	$t_{cr} = 10.1 - 0.045(\lambda - 35.1)$
$T_{cr} = 528 - 1.03(\lambda - 35.1)$	
$LL = 0.7$	$t_{cr} = 8.2 - 0.045(\lambda - 35.1)$
$T_{cr} = 462 - 1.93(\lambda - 35.1)$	
(b) $50 < \lambda < 90$	
T_{cr}	t_{cr}
$LL = 0.3$	$t_{cr} = 0.0012(\lambda - 50.6)^2 - 0.10(\lambda - 50.6) + 11.4$
$T_{cr} = 0.025(\lambda - 50.6)^2 - 2.61(\lambda - 50.6) + 582$	
$LL = 0.5$	$t_{cr} = 0.0013(\lambda - 50.6)^2 - 0.11(\lambda - 50.6) + 9.4$
$T_{cr} = 0.035(\lambda - 50.6)^2 - 3.87(\lambda - 50.6) + 515$	
$LL = 0.7$	$t_{cr} = 0.0014(\lambda - 50.6)^2 - 0.13(\lambda - 50.6) + 7.5$
$T_{cr} = 0.066(\lambda - 50.6)^2 - 6.79(\lambda - 50.6) + 436$	

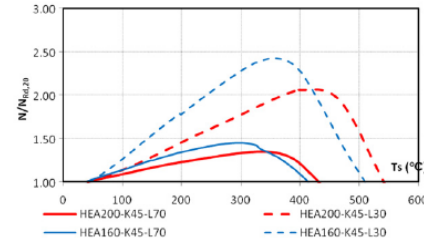
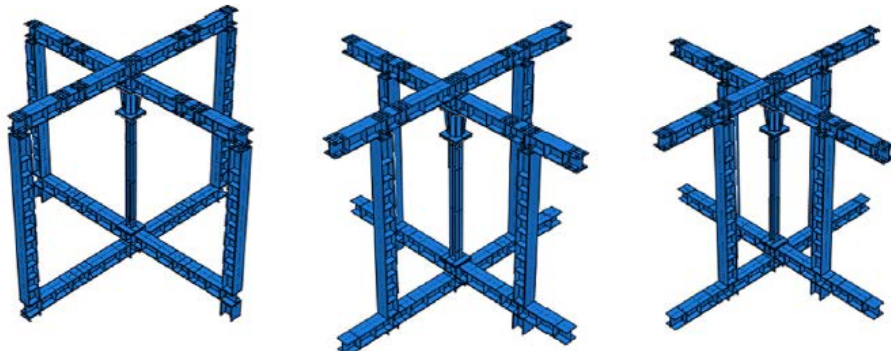
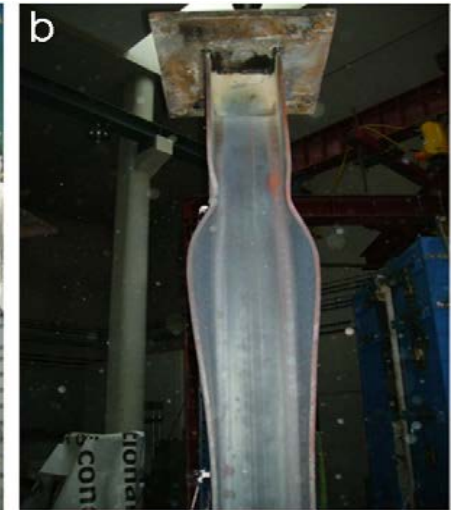


Fig. 17. Restraining forces— $K_{A,S} = 45$ kN/mm.



4. Състояние на проблема в Еврокодовете

Обща дефиниция за **огнеустойчивост** при пожар – времето след което елемент подложен на въздействие от пожар не може да изпълнява функциите за които е бил проектиран.

Тъй като конструктивните елементи имат основна функция **носимоспособност** – времето за огнеустойчивост би било това при, което елементът няма да може да понесе въздействията от извънредна изчислителна ситуация съгл. БДС EN 1990.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + p + A_d + (\psi_{1,1} \text{ или } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

4. Състояние на проблема в Еврокодовете

БДС EN 1990, т.6.4.3.3 (4)

При пожарни ситуации, освен температурния ефект върху характеристиките от материала, A_d би трябвало да представлява и изчислителна стойност на непряко топлинно въздействие, причинено от пожара.

БДС EN 1991-1-2, т. 4.1

(1)Р Принудени и стеснени разширения и деформации, причинени от температурни промени вследствие излагане на въздействие от пожар, водят до ефекти от въздействия, напр. сили и моменти, които трябва да се отчитат, с изключение на случаите, в които те:

- по принцип могат да бъдат приети за пренебрежимо малки или благоприятни;
- се отчитат чрез избрани в полза на сигурността статически схеми и гранични условия и/или чрез зададени по-строги изисквания за пожарна безопасност.

4. Състояние на проблема в Еврокодовете

(2) За оценяване на непреки въздействия трябва да се отчита следното:

- стеснено топлинно разширение на самите елементи, напр. колони в многоетажни рамкови конструкции с корави стени;

....

(4) Когато изискванията за пожарна безопасност се отнасят до елементи, проектирани за условията на стандартния пожар, се отчитат непреки пожарни въздействия от прилежащи елементи.

БДС EN 1993-1-2, т.2.4.1 Изчисляване по елементи:

(4) Необходимо е да се отчитат само следствията от температурни деформации, резултат от топлинни градиенти в напречно сечение. Следствията от температурни разширения по оста или в равнината на елементите могат да се пренебрегнат.

(5) Може да се приеме, че граничните условия в опорите и краищата на елемента остават постоянни по време на пожарното въздействие.

5. Цел на дисертационния труд

- Числено изследване на 36 на брой стоманени колони с кутиобразни затворени сечения, с вариращи параметри:
 - Четири вида стройност на колоните;
 - Три вида степен на натоварване на колоните;
 - Три вида стойност на осовата коравина на съседните конструкции;
- Определяне на температури на изкълчване;
- Определяне на критични температурите изследваните колони.
- Извеждане на математически зависимости за критичните температури в зависимост от различните променливи;

5. Цел на дисертационния труд

Таблицы с предвидените за изследване колони:

Стоманен профил	Височина на колоната H[mm]	Стройност	Степен на натоварване	Осова коравина на съседна конструкция	Начално натоварване P ₀ [kN]
SHS 70x4	3000	111.9	0.3	13	73.3
				45	
				128	
			0.5	13	122.2
				45	
				128	
			0.7	13	171.1
				45	
				128	

5. Цел на дисертационния труд

Таблицы с предвидените за изследване колони:

Стоманен профил	Височина на колоната H[mm]	Стройност	Степен на натоварване	Осова коравина на съседна конструкция	Начално натоварване P_0 [kN]
SHS 100x4	3000	76.7	0.3	13	107.2
				45	
				128	
			0.5	13	178.6
				45	
				128	
			0.7	13	250.0
				45	
				128	

5. Цел на дисертационния труд

Таблицы с предвидените за изследване колони:

Стоманен профил	Височина на колоната H[mm]	Стройност	Степен на натоварване	Осова коравина на съседна конструкция	Начално натоварване P ₀ [kN]
SHS 150x5	3000	50.8	0.3	13	202.3
				45	
				128	
			0.5	13	337.2
				45	
				128	
			0.7	13	472.1
				45	
				128	

5. Цел на дисертационния труд

Таблицы с предвидените за изследване колони:

Стоманен профил	Височина на колоната H[mm]	Стройност	Степен на натоварване	Осова коравина на съседна конструкция	Начално натоварване P_0 [kN]
SHS 200x6.3	3000	38.0	0.3	13	341.2
				45	
				128	
			0.5	13	568.7
				45	
				128	
			0.7	13	796.2
				45	
				128	

5. Цел на дисертационния труд

Първоначални резултати от числени модели с софтуерен продукт Abaqus v 6.13 – модел с обемни крайни елементи

Благодаря за вниманието!