

Pilares mistos esbeltos em aço preenchidos com concreto, de seção quadrada, em situação de incêndio

Sant'Anna, Matheus Sarcedo¹; Moreno Jr, Armando Lopes²

Resumo

Esta pesquisa faz parte de extensa linha em desenvolvimento no Laboratório de Estruturas da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, sobre o comportamento de pilares em situação de incêndio. Neste trabalho, resultados experimentais sobre o comportamento de pilares quadrados de aço, esbeltos, vazios ou preenchidos com concreto usual e de alta resistência, em situação de incêndio, são apresentados.

Palavras-chave: Incêndios. Pilares mistos. Aço. Concreto.

¹ Autor correspondente – Departamento de Estruturas da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Rua Saturnino de Brito, 175 – Barão Geraldo - CEP 13083-852 – Campinas – SP – tel. +55 19 35212363. Eng. Civil, Doutorando em Estruturas, Departamento de Estruturas – FEC-UNICAMP. -E-mail: mss_pira@yahoo.com.br

² Professor Livre-Docente, Departamento de Estruturas – FEC-UNICAMP. E-mail: almoreno@fec.unicamp.br

1 Introdução

O desenvolvimento técnico-científico fez surgir sistemas estruturais mistos, entre eles os pilares mistos preenchidos, com grande aplicação em edifícios altos. Como a estrutura mista tem um bom comportamento estrutural aliado a uma redução de custos com materiais, mão-de-obra e tempo de execução, ela tem tido um crescente avanço na utilização em países europeus, americanos e asiáticos.

Além das vantagens citadas anteriormente, trabalhos experimentais de pesquisas, desenvolvidos internacionalmente, apontam para um melhor comportamento de pilares mistos preenchidos em situação de incêndio, quando comparados aos sem preenchimento, Han et al. (2003), Sant'anna (2009).

Nesse contexto, a Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp, desde 2005, vem desenvolvendo pesquisa experimental, em laboratório, sobre o comportamento de pilares em situação de incêndio. No caso deste trabalho, os resultados apresentados dizem respeito a pilares de aço, esbeltos e de seção quadrada, preenchidos com concreto de resistência usual e de alta resistência, em situação de incêndio. Esses resultados, ao final do trabalho, são comparados com aqueles previstos pelo Eurocode 3 (2002), Eurocode 4 (2003) e de acordo com procedimento proposto por Kodur (1999), no caso dos pilares preenchidos com concreto.

2 Dimensionamento em situação de incêndio

O dimensionamento de pilares em situação de incêndio passa pelo estabelecimento de uma resistência ao fogo de projeto. A resistência ao fogo, no caso de pilares carregados, muitas vezes é tomada como o tempo desde o início de exposição ao incêndio padrão até o instante de ruptura deste pilar, quando ele não suporta mais a carga de serviço imposta. Este tempo é obtido em normatização específica e, geralmente, é função, dentre outros fatores, da utilização prevista para aquela edificação.

Estabelecido o tempo requerido de resistência ao fogo para o pilar, os códigos normativos nacionais e internacionais apresentam métodos simplificados, e outros mais complexos, para o seu dimensionamento em situação de incêndio. Os simplificados baseiam-se na observância de valores mínimos para alguma dimensão característica do pilar, já nos mais complexos existe a necessidade de determinação da distribuição de temperatura na seção transversal do elemento. Procedimentos

analíticos, baseados em fórmulas empíricas, ou métodos numéricos auxiliados por computador podem ser empregados nessa determinação.

Alguns autores, amparados em resultados experimentais obtidos em laboratório, propõem expressões empíricas de maneira a simplificar a verificação de um pilar em situação de incêndio. Este foi o caso de Kodur (1999).

A partir de estudos paramétricos da influência de variáveis sobre a resistência ao fogo dos pilares mistos preenchidos, Kodur (1999) propôs uma fórmula simplificada, Eq. 1, para determinação do tempo de resistência ao fogo. A partir de comparação com resultados experimentais obtidos por vários outros pesquisadores, Kodur (1999) afirma que os resultados obtidos pela equação proposta são, na maioria dos casos, favoráveis à segurança.

$$R = f \cdot \frac{(f_c + 20)}{(kL - 1000)} \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{D}{C}} \quad \text{Eq. 1}$$

onde:

R: tempo de resistência ao fogo [minutos];

f: parâmetro obtido a partir de variáveis de influência na resistência ao fogo;

f_c : resistência característica à compressão do concreto [MPa];

kL: comprimento efetivo do pilar [mm];

D: diâmetro da seção circular ou lado da seção quadrada [mm];

C: carga solicitante, em situação de incêndio [kN].

3 Programa experimental

Este trabalho analisou o comportamento, em laboratório, de pilares de aço vazios, assim como preenchidos com concreto. Oito pilares vazios e dezesseis preenchidos, todos com seção quadrada de lado 140 mm, foram axialmente comprimidos e submetidos ao incêndio padrão, ISO 834-1 (1999), até a ruptura.

Os pilares eram compostos por perfis de aço, sem costura, laminados a quente e conformados a frio, com espessura de 6,4 mm, resistência característica ao escoamento de 445 MPa e módulo de elasticidade igual a 205.000 MPa.

O concreto usado para o preenchimento dos pilares teve resistência à compressão usual (30 MPa) e alta resistência (75 MPa), constituído por cimento Portland e agregados silicosos.

Os pilares foram submetidos a níveis de carregamentos correspondentes a 30, 50 e 70% da carga última de ruptura de pilar semelhante, obtida em temperatura ambiente. O carregamento foi introduzido por meio de uma estrutura de reação e um cilindro hidráulico com capacidade de 2500 kN.

O índice de esbeltez relativo dos pilares foi mantido constante (0,87) para que o modo de ruptura das amostras fosse semelhante. Deste modo, houve a necessidade de se alterar a altura das amostras em cada uma das três séries de ensaio, para cada um dos níveis de carregamento considerado.

O incêndio foi simulado por forno vertical elétrico para pilares, em funcionamento na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Fec-Unicamp, Figura 1. Esse forno é composto por três módulos de 1,20 metro de altura e diâmetro útil de 70 centímetros. A temperatura é controlada eletronicamente, em função do tempo de exposição.



Figura 1: Forno vertical FEC-UNICAMP e detalhe do interior de um de seus 3 módulos.

Os pilares foram carregados antes de expostos ao incêndio padrão. Quando aquecidos, os pilares dilatavam-se axialmente, sendo necessário um alívio da carga aplicada pelo cilindro hidráulico para que não houvesse aumento no carregamento inicialmente aplicado. O tempo

transcorrido até a ruptura do pilar, submetido ao incêndio padrão (a chamada resistência ao fogo) foi a variável de interesse desta pesquisa.

A evolução da temperatura com o tempo, de maneira que a curva ISO 834-1 (1999) fosse obedecida durante cada ensaio, foi monitorada por termopares de haste dispostos ao longo da altura do pilar e distantes 10 cm (+5 cm ou -5 cm) da face do tubo de aço, conforme Figura 2.

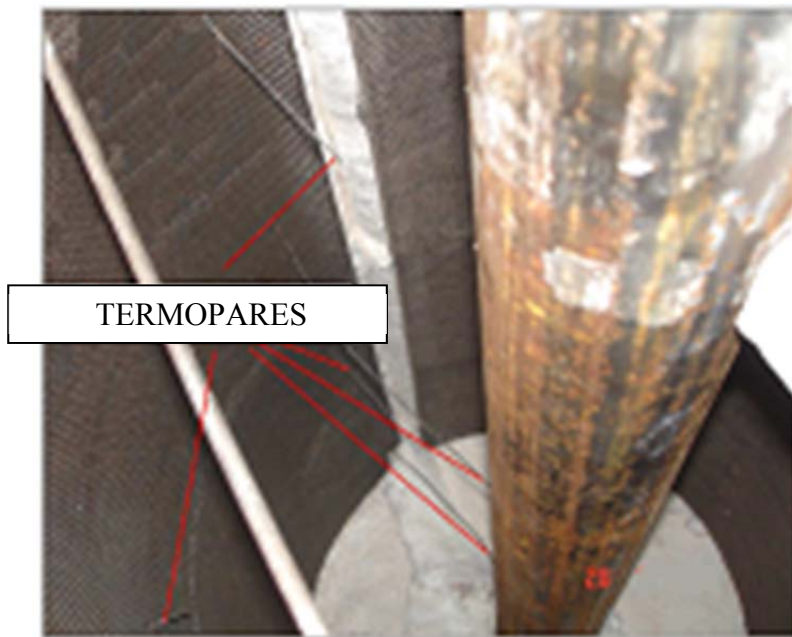


Figura 2: Instrumentação das amostras com termopares de haste.

A Tabela 1 detalha as séries de ensaios executadas. Cada pilar foi designado por nomenclatura especificada abaixo.

RT-TQ140-Cxx-j;

FC-TQ140-Cxx- η -j,

onde:

-RT: série Room Temperature, ensaios a temperatura ambiente;

-FC: série Fire Condition, ensaios em situação de incêndio;

-TQ140: seção tubular quadrada com lado medindo 140mm;

-Cxx: Resistência à compressão do concreto de preenchimento, “xx” tomou o valor de 0, 30 ou 75MPa (“00” representa tubos vazios, sem preenchimento).

- η : nível de carga utilizado; 30, 50 ou 70%;

-j: número da amostra, 1 ou 2.

Tabela 1: Pilares ensaiados.

Pilares	Lateral do tubo (mm)	Espes. (mm)	Altura (mm)	fc do concreto de preenchimento (MPa)	Nível de carga (%)
RT-TQ140-C00-1	140	6,4	2520	-	-
RT-TQ140-C00-2	140	6,4	2520	-	-
RT-TQ140-C30-1	140	6,4	2340	30	-
RT-TQ140-C30-2	140	6,4	2340	30	-
RT-TQ140-C75-1	140	6,4	2000	75	-
RT-TQ140-C75-2	140	6,4	2000	75	-
FC-TQ140-C00-30-1	140	6,4	2520	-	30
FC-TQ140-C00-30-2	140	6,4	2520	-	30
FC-TQ140-C00-50-1	140	6,4	2520	-	50
FC-TQ140-C00-50-2	140	6,4	2520	-	50
FC-TQ140-C00-70-1	140	6,4	2520	-	70
FC-TQ140-C00-70-2	140	6,4	2520	-	70
FC-TQ140-C30-30-1	140	6,4	2340	30	30
FC-TQ140-C30-30-2	140	6,4	2340	30	30
FC-TQ140-C30-50-1	140	6,4	2340	30	50
FC-TQ140-C30-50-2	140	6,4	2340	30	50
FC-TQ140-C30-70-1	140	6,4	2340	30	70
FC-TQ140-C30-70-2	140	6,4	2340	30	70
FC-TQ140-C75-30-1	140	6,4	2000	75	30
FC-TQ140-C75-30-2	140	6,4	2000	75	30
FC-TQ140-C75-50-1	140	6,4	2000	75	50
FC-TQ140-C75-50-2	140	6,4	2000	75	50
FC-TQ140-C75-70-1	140	6,4	2000	75	70
FC-TQ140-C75-70-2	140	6,4	2000	75	70

4 Resultados

A ruptura dos pilares ocorreu por instabilidade global ou local. A Figura 3 ilustra as duas rupturas típicas observadas.

Os pilares ensaiados em temperatura ambiente foram carregados até a ruptura. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos. Deve ser observado, nessa tabela um aumento considerável de resistência última dos pilares com o preenchimento com concreto quando comparada à de pilares semelhantes, porém vazios.



Figura 3: Rupturas típicas dos pilares, instabilidade global e local

Tabela 2: Carga de ruptura em situação ambiente – Série RT.

Amostras RT	Concreto de preenchimento (MPa)	Carga de Ruptura (kN)	Carga Média de Ruptura (kN)
RT-TQ140-C00-1	-	1550,30	1571,90
RT-TQ140-C00-2	-	1593,50	
RT-TQ140-C30-1	31,39	2039,00	2000,40
RT-TQ140-C30-2	31,39	1961,77	
RT-TQ140-C75-1	74,78	2004,10	2083,53
RT-TQ140-C75-2	74,48	2162,95	

Os pilares ensaiados em situação de incêndio foram carregados, como já explicado anteriormente, com parte deste carregamento de ruptura obtido em temperatura ambiente (30%, 50% e 70%). A Tabela 3 apresenta os tempos de resistência ao fogo obtidos.

Pode-se observar, pelos resultados apresentados na Tabela 3, que o preenchimento dos tubos com concreto aumentou, consideravelmente, os tempos de resistência ao fogo de pilares vazios semelhantes. No caso de níveis de carregamento correspondentes a 30% esse incremento quase alcançou 300%.

Tabela 3: Resultados Obtidos – Série FC.

Amostras	Carga (kN)	Resistência ao fogo (min)		Tipo de ruptura
		amostra	Média	
FC-TQ140-C00-30-1	471,57	16,5	16,5	Local
FC-TQ140-C00-50-1	785,95	13,5	14,1	Local
FC-TQ140-C00-50-2		14,6		Global
FC-TQ140-C00-70-1		11,9		Global
FC-TQ140-C00-70-2	1100,33	-----	12,4	-----
FC-TQ140-C00-70-3		12,8		Global
FC-TQ140-C30-30-1		41,3	43,4	Global
FC-TQ140-C30-30-2	600,12	45,5		Global
FC-TQ140-C30-50-1		35,9	36,5	Global
FC-TQ140-C30-50-2		37,1		Global
FC-TQ140-C30-70-1	1400,27	-----	24,7	-----
FC-TQ140-C30-70-2		24,7		Global
FC-TQ140-C75-30-1		-----	39,3	-----
FC-TQ140-C75-30-2	625,06	39,3		Local
FC-TQ140-C75-50-1		29,3	26,8	Global
FC-TQ140-C75-50-2		24,2		Local
FC-TQ140-C75-70-1	1458,47	21,6	24,1	Global
FC-TQ140-C75-70-2		26,5		Global

Da mesma forma, pode-se observar na Tabela 3 uma diminuição da resistência ao fogo com o incremento do nível de carregamento, como esperado.

No caso da influência da resistência à compressão do concreto, observa-se que ela não teve grande influência nos valores de resistência ao fogo. Para os níveis de carregamento correspondentes a 30% e 70%, os tempos observados de resistência ao fogo foram bem próximos para resistência à compressão do concreto de preenchimento de 30 MPa e de 75 MPa. Para o nível de carga de 50%, os tempos de resistência ao fogo dos pilares preenchidos com concreto de 30 MPa foram até maiores do que os obtidos para pilares semelhantes preenchidos com concreto de 75 MPa. Este fato pode estar relacionado a um maior nível de fissuração interna de concretos de alta resistência com a temperatura.

5 Análise comparativa dos resultados de ensaio

A seguir os resultados obtidos são comparados aos previstos pelo Eurocode 3 (2002), Eurocode 4 (2003) e de acordo com o procedimento proposto por Kodur (1999), no caso dos pilares preenchidos com concreto. As Tabelas 4 a 6, apresentam esta análise comparativa.

Os procedimentos do Eurocode 3 (2002) e Eurocode 4 (2003) foram aplicados considerando-se a temperatura no interior dos pilares avaliada por meio do software ANSYS, para o

tempo correspondente ao instante de ruptura observado durante o ensaio (Tabela 4), com respectivos índices de redução das propriedades do aço e do concreto.

Os resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5, indicam uma adequação dos resultados experimentais obtidos ao modelo proposto, respectivamente, pelo Eurocode 3 (2002) e Eurocode 4 (2003). É válido observar que o concreto de preenchimento com 75 MPa está além do limite de aplicabilidade do Eurocode 4 (2003) para a resistência à compressão, que é de 50MPa.

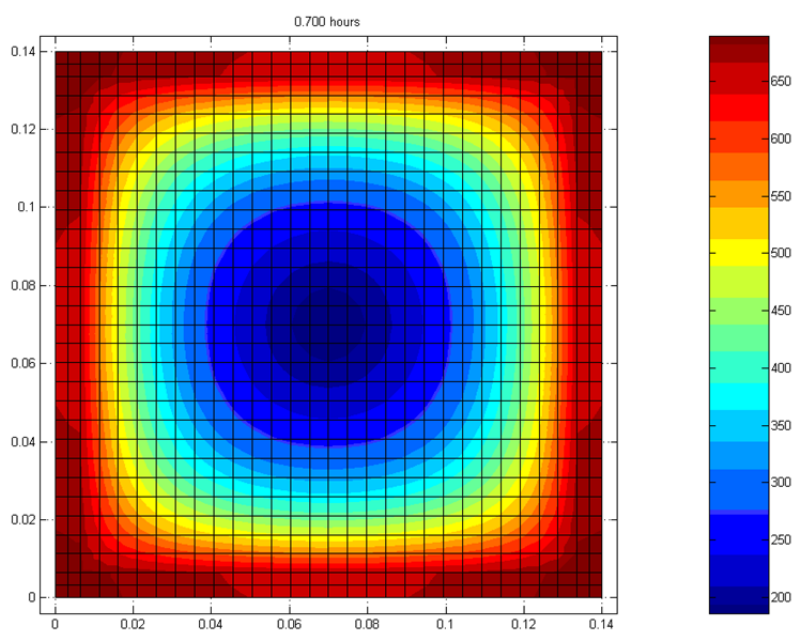


Figura 4: Resultados do ANSYS: temperaturas na amostra FC-TQ140-C30-30-1.

Tabela 4: Pilares sem preenchimento: Experimental x Eurocode 3 1-2

Amostra	Tempo (min)	Carga Ensaio (kN)	Carga EC3 1-2 (kN)	NR,exp/NR, Eurocode
FC-TQ140-C00-30-1	16,5	471,57	464,76	1,01
FC-TQ140-C00-50-1	13,5	785,95	767,60	1,02
FC-TQ140-C00-50-2	14,6	785,95	859,58	0,91
FC-TQ140-C00-70-1	10,9	1100,33	1111,48	0,99
FC-TQ140-C00-70-3	12,8	1100,33	1138,80	0,97

Tabela 5: Pilares com preenchimento: Experimental x Eurocode 4 1-2

Amostra	Tempo (min)	Carga Ensaio (kN)	Carga EC4 1-2 (kN)	NR,exp/NR, EUROCODE
FC-TQ140-C30-30-1	41,3	600,12	386,56	1,55
FC-TQ140-C30-30-2	45,5	600,12	284,75	2,10
FC-TQ140-C30-50-1	35,9	1000,19	975,99	1,02
FC-TQ140-C30-50-2	37,1	1000,19	946,79	1,05
FC-TQ140-C30-70-2	24,7	1400,27	1212,83	1,15
FC-TQ140-C75-30-2	39,3	625,06	329,03	1,89
FC-TQ140-C75-50-1	29,3	1041,76	425,75	2,44
FC-TQ140-C75-50-2	24,2	1041,76	523,09	1,99
FC-TQ140-C75-70-1	21,6	1458,47	875,14	1,66
FC-TQ140-C75-70-2	26,5	1458,47	599,65	2,43

Na Tabela 6, ao confrontar os tempos de resistência ao fogo experimentais, para o concreto de resistência usual, com aqueles previstos de acordo com formulário proposto por Kodur (1999), nota-se que estes são sempre menores e, portanto, a favor da segurança.

O mesmo não pode ser dito com relação aos tempos de resistência ao fogo dos pilares preenchidos com concreto de alta resistência; onde, ainda pela Tabela 6, percebe-se tempos de resistência ao fogo experimentais sempre inferiores aos previstos por Kodur (1999). Cabe salientar que as equações propostas não contemplam essa resistência à compressão do concreto.

Tabela 6: Pilares com preenchimento: Experimental x Kodur (1999).

Pilares	Carga Ensaio (kN)	Tempo Experimental (min)	Tempo Kodur (min)	Texp/Tkodur
FC-TQ140-C30-30-1	600,12	41,3	21,78	1,90
FC-TQ140-C30-30-2	600,12	45,5	21,78	2,09
FC-TQ140-C30-50-1	1000,19	35,9	16,87	2,13
FC-TQ140-C30-50-2	1000,19	37,1	16,87	2,20
FC-TQ140-C30-70-2	1400,27	24,7	14,26	1,73
FC-TQ140-C75-30-2	625,06	39,3	52,75	0,75
FC-TQ140-C75-50-1	1041,76	29,3	40,86	0,72
FC-TQ140-C75-50-2	1041,76	24,2	40,86	0,59
FC-TQ140-C75-70-1	1458,47	21,6	34,53	0,63
FC-TQ140-C75-70-2	1458,47	26,5	34,53	0,77

Da mesma forma, comparando-se os resultados apresentados nas Tabelas 5 e 6, deve-se observar que a previsão de resultados de acordo com o formulário proposto por Kodur (1999), apresenta margem de segurança, em sua grande maioria, bem superior à obtida aplicando-se os procedimentos previstos pelo Eurocode 4 1-2.

6 Conclusões

Este trabalho abordou o comportamento de pilares mistos esbeltos, de seção quadrada, vazios ou preenchidos com concreto de resistência à compressão usual e alta, formados por perfis laminados, em situação de incêndio. Dois parâmetros foram analisados: concreto de preenchimento e nível de carregamento.

Os resultados obtidos permitiram concluir que o preenchimento com concreto dos pilares formados por perfis tubulares de seção quadrada, pode proporcionar uma melhora significativa na segurança contra incêndio das estruturas, incrementando muito o seu tempo de resistência ao fogo. Entre outros benefícios, este fato pode significar, uma economia considerável na aplicação de materiais de revestimento contra fogo, geralmente de elevado custo.

Entretanto, neste trabalho, a melhora da resistência ao fogo não foi proporcional ao aumento na resistência à compressão do concreto. Os tempos de resistência ao fogo obtidos foram bem próximos, ou até inferiores, quando se elevou a resistência do concreto de preenchimento de 30 MPa para 75 MPa. Este fato pode estar relacionado a um maior nível de fissuração interna de concretos de alta resistência com a temperatura e deve ser melhor estudado em trabalhos futuros nesta linha de pesquisa.

Com relação ao nível de carregamento, comprovando-se resultados já observados por outros pesquisadores em trabalhos internacionais sobre o assunto, observou-se que o incremento no nível de carregamento leva a menores tempos de resistência ao fogo.

Já em situação ambiente, os resultados deste trabalho comprovaram que o preenchimento de pilares de aço com concreto pode aumentar consideravelmente sua capacidade resistente, além de aumentar sua rigidez; motivo da grande utilização dos pilares mistos em países sujeitos à ação sísmica.

Os resultados previstos de acordo com os procedimentos do Eurocode 3 (2002) e Eurocode 4 (2003), quando comparados aos experimentais obtidos neste trabalho, sempre foram a favor da segurança, mesmo para o concreto de preenchimento com resistência à compressão além do limite normativo de 50 MPa.

Nesta linha de avaliação de previsões analíticas de tempos de resistência ao fogo, os resultados deste trabalho indicaram que a formulação proposta por Kodur (1999) não deve ser empregada para pilares mistos de aço preenchidos com concreto de alta resistência à compressão.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pelo constante apoio a esta linha de pesquisa.

8 Referências bibliográficas

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN) (2002). EUROCODE 3 – Design of steel structures – Part 1.2: General Rules – Structural fire design. prEN 1993-1-2. Brussels.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN) (2003). EUROCODE 4 – Design of composite steel and concrete structures – Part 1.2: General Rules – Structural fire design. prEN 1994-1-2. Brussels.

HAN, L.; ZHAO, X.; YANG, Y.; FENG, J. – Experimental study and calculation of Fire Resistance of Concrete-Filled Hollow Steel Columns. Journal of Structural Engineering 129 n.3 – ASCE, 2003. p. 346-356.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (ISO 834-1)(1999) – Fire resistance tests - Elements of building construction - Part 1: General requirements. Switzerland.

KODUR, V. K. R. – Performance-based fire resistance design of concrete-filled steel columns. Journal of Constructional Steel Research 51 – Elsevier, 1999. P. 21-36.

SANT'ANNA, M. S. – Pilares mistos esbeltos em aço preenchidos com concreto, de seção quadrada, em situação de incêndio. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP. Campinas, 2009. 178p.

Slender composite concrete filled steel columns, square section, in fire condition

Abstract

This research is part of an extensive developing line at the Laboratory of Structures at Faculty of Civil Engineering in State University of Campinas, UNICAMP, about the behavior of columns in fire situation. In this paper, experimental results on the behavior of square steel columns, slender, filled or unfilled with usual and high strength concrete in fire situation, are presented.

Keywords: Fire. Composite columns. Steel. Concrete.

1 Introduction

The scientific and technical development has given origin to composite structural systems, among them the composite columns, widely used in high-rise buildings. Internationally developed experimental research tend to a better behavior of filled composite columns when compared to the unfilled ones, in a fire condition, Han et al. (2003), Sant'anna (2009).

In this context, the State University of Campinas, Brazil, has been developing experimental research on the behavior of columns in fire situation since 2005. In this paper, the results which were presented are related to the steel columns, both slender and square section, filled with normal and high compressive strength concrete, in fire situation. These results, at the end of the paper, are compared to those ones foreseen by Eurocode 3 (2002), Eurocode 4 (2003), and according to the procedure proposed by Kodur (1999) for the columns filled with concrete.

2 Dimension in a fire condition

The dimension of columns in a fire condition passes through a fire-resistance project. For the case of loaded columns, the fire resistance is taken as the time from the start of fire exposure until the instant of failure of such a column, when it no longer supports the load imposed. This time is obtained on international and national Standard Codes and generally it depends, among other factors, on the proposed use for that building.

By setting the time required for fire resistance for the column, the national and international standard codes present simplified methods and more complex, for its dimension in a fire situation. The simplified methods are based on the observance of minimum values for any characteristic dimension of the column. In the most complex ones there is a need for determining the temperature

distribution in the cross section of the element. Analytical procedures, based either on empirical formulae or computer-aided numerical methods can be employed in this determination.

3 Experimental program

This paper analyzed the behavior of steel columns, filled and unfilled with concrete. Eight unfilled columns and sixteen filled ones. All of them with square section measuring 140 mm on the side were axially compressed and subjected to standard ISO 834-1 (1999) fire up to its rupture. Table 1 shows details about the series of tests were performed.

The fire was simulated by vertical electric furnace for columns (Figure 1). This furnace consists of three modules of 1.20 meter in height by diameter of 70 cm. The temperature is electronically controlled as a function of exposure time.

4 Results

The failure of columns occurred due to global or local instability. Figure 3 illustrates the two typical failure were observed.

The tested columns in room temperature were loaded until the rupture. Table 2 shows the results. In Table 2 it may be observed a considerable increase of ultimate strength of the columns filled with concrete, compared to the similar ones, but unfilled. Table 3, shows the time of fire resistance achieved. By the results presented in Table 3 it can be observed that the filling of the tubes with concrete increased considerably the time of fire resistance compared to similar columns, but unfilled. In the case of loading levels corresponding to 30% this increase reached almost 300%.

Likewise, it can be seen in Table 3, a decrease in fire resistance with the increase of loading level, as expected. In the case of compressive strength influence of concrete, it is observed that it had no great influence on the values of fire resistance.

5 Comparative analysis of test results

The Eurocode 3 (2002) and Eurocode 4 (2003) procedures were applied, considering the temperature inside the columns evaluated through ANSYS software, for the time corresponding to the instant of failure observed during the test.

Results shown in Tables 4 and 5 indicate an adaptation of experimental results for the proposed model, respectively, by Eurocode 3 (2002) and Eurocode 4 (prEN 1994-1-2:2002) [2]. It is worth noting that the concrete filling with 75 MPa is beyond the limit of applicability of Eurocode 4 (2003) for the compressive strength concrete, which is 50 MPa.

6 Conclusions

This work discussed the behavior of slender mixed columns. Two parameters were analyzed: concrete filling and loading level.

It was observed that concrete filling of columns made of square section tubular profiles may provide significant improvement in structures fire safety, extremely increasing their long-time fire resistance. Among other benefits this may mean a considerable economy in the use of fire-proof coating material, usually of high cost.

Regarding the level of loading, confirming results previously observed by other researchers in international studies on the subject, it was observed that the increase in load level leads to less time of fire resistance.

For room temperature, the results of this study confirmed that concrete filled steel columns can substantially increase its load capacity, as well as its rigidity, and it explains the reason for the widespread use of composite columns in countries subject to seismic action.

7 Acknowledgements

The authors thank FAPESP for its continuous support to this line of research.