ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/332470731

Ultimate load for composite column subjected to ISO 834 fire

Article · April 2016

CITATIONS
3

READS
141

2 authors:

Ihssan Tarsha
Al-Baath University
30 PUBLICATIONS **25** CITATIONS

SEE PROFILE

Manar Takla
Al-Baath University
8 PUBLICATIONS **9** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project Theory of elasticity View project

Project Effect of fire on confined concrete columns under axial loading View project

All content following this page was uploaded by Ihssan Tarsha on 22 April 2019.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Ultimate load for composite column subjected to ISO 834 fire

[1]Eng. Manar Takla **[2]Dr. Ihssan Tarsha**

1–PhD student at Structural Engineering Depart. Engineering Faculty of AL–Baath University.

Email: m.takla2015@hotmail.com

2–Professor at Structural Engineering Depart. Engineering Faculty of AL–Baath University.

Email: imtarsha@hotmail.com

Abstract

To evaluate the ultimate load of composite columns " steel – concrete " having square or circular steel tubes filled hollow section with concrete and Longitudinal reinforcing steel bars and subjected to centrically load and Exposed to the standard fire in accordance with ISO 834curve along and from all sides, The fire duration , the buckling length of the column , geometrical and mechanical properties of each material for structural and reinforcing steels and concrete are in the base of the method given in the French National Annex of EN 1994-1-2.

The thermal and mathematical analyses to evaluate the ultimate centrically load according to French National Annex of EN 1994-1-2 and comparing it with Euro code 4 Part 1.2 is the purpose of this research .

Keywords :Ultimate load, Composite Columns , Thermal Analyses , filled Columns.

الحمولة الحدية لعمود مركب معرض لحريق ISO 834

م. منار تقلا [1] د. إحسان الطرشة [2]

1 – طالبة دكتوراه في قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة البعث.
Email: m.takla2015@hotmail.com
2 – أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة البعث.
Email: imtarsha@hotmail.com

ملخص البحث :

يتعرض البحث لحساب الحمولة الحدية التي يتحملها عمود مركب مؤلف من مقطع معدني عرضي مربع أو دائري مفرغ ، مملوء بالبيتون ومسلح بقضبان تسليح طولية ومعرض لحمولة ضاغطة مركزية أو غير مركزية تحت تأثير حريق قياسي ISO 834، على كامل طوله من كافة جهاته آخذين بعين الاعتبار طول التحنيب والخواص الهندسية والفيزيائية والميكانيكية للفولاذ والبيتون المستخدمين ومدة مقاومته للحريق القياسي. وذلك وفقاً للملحق الفرنسي للكود الأوربي2-1-1994 EN .

إن التحليل الحراري والرياضي في تحديد الحمولة الحدية المركزية وفقاً للملحق الفرنسي للكود الأوربي 2-1-1994 EN ومقارنتها بالكود الأوربي EU 4 Part 1-2هو هدف هذا البحث.

الكلمات المفتاحية : الحمولة الحدية ، الأعمدة المركبة ، التحليل الحراري ، الأعمدة المملوءة .

مقدمة :

إن استخدام الأعمدة المركبة " بيتون – فولاذ " في المنشآت الهندسية قد تزايد بسبب قدرة تحمله للحمولات من جهة ، ومقاومته للحريق من جهة ثانية ، خاصة عندما يكون البيتون مغلفاً للمقطع الفولاذي ، والتي تسمى بالأعمدة المغلفة بالبيتون Concrete Cased Columns ، ومعظم الدراسات الإنشائية تُعطي الأعمدة أهميةً خاصة دوناً عن بقية العناصر الإنشائية ، وذلك لما تشكله من خطورة إذ بانهيار أحدها يمكن أن ينهار منشأ بكامله ، ويمكن أن يكون تعرض العمود لحريق هو أحد الأسباب المؤدية لذلك الانهيار حيث يوجد العديد من الحرائق القياسية والمتعارف عليها عالميا في كودات البناء و يتم التعريف عن الحريق بعلاقات بسيطة تربط بين الحرارة والزمن .

هدف البحث:

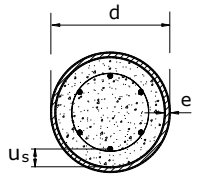
تعيين القوة الحدية التي يتحملها عمود مركب مؤلف من مقطع عرضـــي مربع أو دائري مفرغ ومملوء بالبيتون concrete filled square or circular steel tubes مسلح بقضبان تسليح طولية ، ومعرض لحمولة ضاغطة مركزية أو غير مركزية ، تحت تأثير حريق قياسي على كامل طوله ومن كافة جهاته آخذين بعين الاعتبار طول التحنيب ومدة الحريق والخواص الهندســـية والفيزيائية والميكانيكية للفولاذ والبيتون المســـتخدمين ومدة التعرض لحريق قياسي ISO 834 ، معادلته [2] :

$$T = 345.\,\mathrm{Log}_{10}(8.t + 1) + T_0$$

حيث :

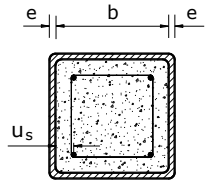
t – الزمن مقدراً بالدقيقة .

T_0 – درجة حرارة الوسط المحيط مقدرة بالدرجة المئوية Celsius (C^o) .



(a)

الشكل (2)



(b)

الشكل (1)

الاشتراطات والفرضيات المستخدمة :

أثناء التحليل الحراري وحساب الحمولة الحرجة تم الأخذ بعين الاعتبار الشروط والفرضيات التالية [6] :

1- العمود بكامله معرض لحريق قياسي وفقاً لـ ISO 380 .

2- الحرارة موزعة بشكل منتظم على كامل ارتفاع العمود .

3- التلاحم التام بين المقطع الفولاذي المفرغ والنواة البيتونية بداخله .

4- درجة حرارة فولاذ التسليح تساوي لدرجة حرارة البيتون في نفس الموقع .

5- عرض المقطع العرضي b للعمود المركب إذا كان مربعاً ، والقطر d إذا كان دائرياً ، ضمن المجال : $100mm \le (b \text{ أو } d) \le 610mm$.

6- طول التحنيب ($\le 30\times$b or $30\times$d) وذلك بعد حسابه وفقاً للعلاقات التي يحددها الكود EN 1994-1-1 و EN 1994-1-2 .

7- تحسب الحمولة الحدية عند تعرض العمود لحريق مدته fire duration لا تتجاوز 120 دقيقة ، أي R120 .

8- نسبة حديد التسليح الطولي المستخدم $1\% \le A \le 6\%$.

9- لا تقل المسافة بين مركز أي قضيب التسليح الطولي والسطح الخارجي للبيتون عن $U_S \ge 30mm$.

10- اللامركزية المطبقة δ يجب أن تكون ضمن المجال :

$$0{,}125(b \text{ or } d) \le \delta \le (b \text{ or } d)$$

11- حد الخضوع للفولاذ المستخدم " المقطع المجوف والتسليح الطولي " يعين حسب الصنف المحدد في الكود EN 10210 أو EN 10219 ، بينما درجة جودة البيتون على عمر 28 يوماً ينبغي أن تكون ضمن الحدود C20/25 و C60/75.

الخواص الحرارية للمواد المستخدمة :

إن الاستجابة الحرارية للعمود المدروس تحت تأثير حريق قياسي تختلف تبعاً للمادة الإنشائية المصنوع منها ، وذلك وفقاً لخواصها الميكانيكية والحرارية التي تتغير بتغير

درجات الحرارة وما يرافق ذلك من تغير في حمولته الحدية تبعاً لارتفاع درجات الحرارة مع الزمن [4] .

- **فولاذ التسليح الطولي والفولاذ الإنشائي للمقطع المعدني المجوف .**

– **الناقلية الحرارية** λ_a (W/m°K) لقضبان التسليح والفولاذ الإنشائي يمكن اعتبارها واحدة ويمكن تحديدها بالعلاقات [4] :

- $20\,°C \le \theta_a < 800\,°C \quad \Rightarrow \quad \lambda_a = 54 - 3.33 \times 10^{-2}\,\theta_a$ (W/mK)
- $800\,°C \le \theta_a \le 1200\,°C \quad \Rightarrow \quad \lambda_a = 27.3$ (W/mK)

حيث :

θ_a – درجة حرارة الفولاذ .

– **الحرارة النوعية** c_a (J/kg°K) للفولاذ يمكن تحديدها بالعلاقات التالية [4] :

- $20\,°C \le \theta_a < 600\,°C \quad \Rightarrow \quad c_a = 425 + 7.73 \times 10^{-1}\,\theta_a - 1.69 \times 10^{-3}\,\theta_a^2 + 2.22 \times 10^{-6}\,\theta_a^3$
- $600\,°C \le \theta_a < 735\,°C \quad \Rightarrow \quad c_a = 666 + 13002 / (738 - \theta_a)$
- $735\,°C \le \theta_a < 900\,°C \quad \Rightarrow \quad c_a = 545 + 17820 / (\theta_a - 731)$
- $900\,°C \le \theta_a \le 1200\,°C \quad \Rightarrow \quad c_a = 650$

- **الخواص الحرارية للبيتون :**

– **الناقلية الحرارية** λ_c (W/m°K) للبيتون العادي normal weight غير الخفيف تعين من العلاقة التالية [4] ، وذلك من أجل : $0\,°C \le \theta_c \le 1200\,°C$

$$\lambda_c = 2 - 0{,}2451\left(\frac{\theta_c}{100}\right) + 0{,}0107\left(\frac{\theta_C}{100}\right)^2$$

حيث :

θ_c – درجة حرارة الفولاذ .

– **الحرارة النوعية** C_b(J/kg°K) للبيتون يمكن تحديدها بالعلاقات التالية [4] :

- $20\,°C \le \theta c \le 100\,°C \quad \Rightarrow \quad C_b = 900$
- $100\,°C < \theta c \le 200\,°C \quad \Rightarrow \quad C_b = 900 + (\theta_C - 100)$
- $200\,°C < \theta c \le 400\,°C \quad \Rightarrow \quad C_b = 1000 + (\theta_C - 200)/2$
- $400\,°C < \theta c \le 1200\,°C \quad \Rightarrow \quad C_b = 1100$

الكثافة [4] :

– للبيتون يمكن تحديدها بالعلاقة التالية :

$$\rho_b = 2354 - 23{,}47.(\theta/100) \qquad (kg/m^3)$$

– للفولاذ الإنشائي وقضبان التسليح نفرضها ثابتة مع تغير درجة الحرارة :

$$\rho_a = \rho_s = 7850 \qquad (kg/m^3)$$

الخواص الميكانيكية للمواد :

لحساب مقاومة العمود للحريق " الحمولة الحدية " يلزمنا لكل مادة من المواد المستخدمة تعيين متغيرين اثنين فقط ، يتغيران حسب تغير درجة الحرارة هما : معامل المرونة الطولي $E_{i,\theta}$ والمقاومة المميزة $f_{i,\theta}$ لكل من البيتون على الضغط وحد الخضوع لفولاذ التسليح والفولاذ الإنشائي وقد تم أخذها وفق Euro code 4 Part 1-2 وهي مدرجة في الجدولين (1) و(2) ، اللذين يوضحان مباشرة معامل تخفيض معامل المرونة وإجهاد الخضوع مع ارتفاع درجة الحرارة [6] .

حيث يتم الحصول على معامل المرونة للبيتون من العلاقة : $E_{c,\theta} = \frac{3}{2}\frac{f_{c,\theta}}{\varepsilon_{c,\theta}}$

الجدول (1) : عوامل تخفيض معامل المرونة وإجهاد الخضوع للفولاذ مع الحرارة [6] .

درجة حرارة الفولاذ θ[°C]	الفولاذ الإنشائي		حديد التسليح	
	$k_{E,\theta} = E_{a,\theta}/E_{a,20°C}$	$k_{y,\theta} = f_{ay,\theta}/f_{ay,20°C}$	$k_{E,\theta} = E_{s,\theta}/E_{s,20°C}$	$k_{y,\theta} = f_{sy,\theta}/f_{sy,20°C}$
20	1.00	1.00	1.00	1.00
100	1.00	1.00	1.00	1.00
200	0.90	1.00	0.87	1.00
300	0.80	1.00	0.72	1.00
400	0.70	1.00	0.56	0.94
500	0.60	0.78	0.40	0.67
600	0.31	0.47	0.24	0.40
700	0.13	0.23	0.08	0.12
800	0.09	0.11	0.06	0.11
900	0.0675	0.06	0.05	0.08
1000	0.0450	0.04	0.03	0.05
1100	0.0225	0.02	0.02	0.03
1200	0	0	0	0

الجدول (2) : عوامل تخفيض المقاومة المميزة للبيتون مع الحرارة [6] .

درجة حرارة الفولاذ θ_C [°C]	$K_{c,\theta} = f_{c,\theta}/f_{c,20°C}$	$\varepsilon_{cu,\theta}$ ($\times 10^3$)
20	1	2.5
100	1	4.0
200	0.95	5.5
300	0.85	7.0
400	0.75	10.0
500	0.60	15.0
600	0.45	25.0
700	0.30	25.0
800	0.15	25.0
900	0.08	25.0
1000	0.04	25.0
1100	0.01	25.0
1200	0	-

التحليل الحراري [7-8]:

إن انتقال الحرارة Heat transfer داخل النواة البيتونية يعطى بالعلاقة [5] :

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_c \frac{\partial \theta_c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_c \frac{\partial \theta_c}{\partial y}\right) = \rho_c C_c \frac{\partial \theta_c}{\partial t} \qquad (1)$$

حيث :

ρ_c – كثافة البيتون concrete density .

C_c – الحرارة النوعية specific heat .

λ_c – التوصيل الحراري أو الناقلية الحرارية thermal conductivity .

إن جريان الحرارة الصافي net heat flux من حرارة الغاز المحيط هي عبارة عن مجموع انتقال الحرارة بالحمل convective heat flux وانتقالها بالإشعاع radiative heat flux ، أي :

$$\dot{h}_{net,d} = \dot{h}_{net,r} + \dot{h}_{net,c}$$

حيث :

$\dot{h}_{net,r}$ – التدفق الحراري بالإشعاع لواحدة مساحة السطح ، ويعطى بالعلاقة :

$$\dot{h}_{net,r} = \phi . \sigma_0 . \varepsilon_m . ((\theta_f + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4)$$

ϕ – معامل الشكل أو المقطع section factor ويأخذ بعين الاعتبار شكل المقطع وهو أصغر من الواحد .

ε_m – معامل الإطلاق Emissivity Coefficient أو إشعاع سطح العنصر .

θ_f – درجة حرارة الإشعاع الفعالة للنار المحيطة مقدرة بـ (°C) .

θ_m – درجة حرارة سطح العنصر مقدرة بـ (°C) .

σ_0 – ثابت ستيفان بولتزمان Stephan Boltzmann وقيمته تساوي : $(5.67\ 10^{-8}\ W/m^2\ K^4)$.

وفقاً للكود الأوربي EN 1991-1-2 ، فإن معامل الشكل $\phi=1$. ومعامل الإطلاق للفولاذ $\varepsilon_m = 0.7$.

ويعطى انتقال الحرارة بالحمل بالعلاقة : $\dot{h}_{net,c} = \alpha_c(\theta_g - \theta_m)$

حيث :

α_c – معامل انتقال الحرارة بالحمل Convection Coefficient وقيمته 25 W/m²/K حسب EN 1991-1-2 .

θ_g – درجة حرارة الغاز المحيط بالعنصر تحدد من منحني (الوقت – الحرارة) الخاصة بالحريق القياسي المطبق ISO 380 ، المدروس مقدرة بـ (°C) .

θ_m – درجة حرارة سطح العنصر مقدرة بـ (°C) .

حساب الحمولة الحدية أوالتصميمية ($N_{fi,Rd}$) للعمود تحت تأثير درجة الحرارة [11]:

تعطى الحمولة التصميمية للعمود المركب في حال تعرضه للحريق بالعلاقة التالية :

$$N_{fi,Rd} = \chi^*(\bar{\lambda}_\theta).N_{fi,pl,Rd} \qquad (2)$$

حيث :

χ^* – عامل تخفيض يأخذ بعين الاعتبار منحني التحنيب المناسب كتابع للنحافة النسبية للعمود وحجم المقطع العرضي ، ونسبة التسليح الطولي فيه ، ومدة تعرضه للحريق .

$N_{fi,pl,Rd}$ – المقاومة التصميمية اللدنة للعمود على الضغط تحت تأثير الحريق ، وتعطى بالعلاقة :

$$N_{fi,pl,Rd} = \sum_j \frac{A_{a,j}.f_{ay,\theta_j}}{\gamma_{M,fi,a}} + \sum_k \frac{A_{s,k}f_{sy,\theta_k}}{\gamma_{M,fi,s}} + \sum_m \frac{A_{c,m}.f_{c,\theta_m}}{\gamma_{M,fi,c}} \qquad (3)$$

حيث :

A_i – مساحة العنصر i في المقطع العرضي للعمود .

$f_{ay,\theta}$, $f_{sy,\theta}$, $f_{c,\theta}$ – المقاومة المميزة لكل من الفولاذ الإنشائي وفولاذ التسليح والبيتون على التوالي وفقاً لارتفاع درجة الحرارة θ .

$\gamma_{M,fi,a}$, $\gamma_{M,fi,s}$, $\gamma_{M,fi,c}$ – معاملات أمان safety factors لكل من الفولاذ الإنشائي وفولاذ التسليح والبيتون على التوالي .

$\bar{\lambda}_\theta$ – النحافة النسبية للعمود تحت تأثير الحريق ، وتعطى بالعلاقة التالية :

$$\bar{\lambda}_\theta = \sqrt{N_{fi,pl,R} / N_{fi,cr}} \qquad (4)$$

حيث :

$N_{fi,pl,R}$ – هي قيمة $N_{fi,pl,Rd}$ المعطاة بالعلاقة (2) ولكن بعد التعويض فيها :

$$\gamma_{M,fi,a} = \gamma_{M,fi,s} = \gamma_{M,fi,c} = 1$$

$N_{fi,cr}$ – وهي الحمولة المرنة الحرجة (حمولة إيلر Euler) للعمود تحت تأثير الحريق ، وتعطى بالعلاقة :

$$N_{fi,cr} = \Pi^2 (EI)_{fi,eff} / L_\theta^2 \qquad (5)$$

حيث :

L_θ – طول تحنيب العمود buckling length في حالة الحريق .

$(EI)_{fi,eff}$ – الصلابة الفعالة على الانعطاف للمقطع العرضي للعمود المركب وفقاً لتغير درجة حرارة الحريق ، وتعطى بالعلاقة التالية :

$$(EI)_{fi,eff} = \sum_j (\varphi_{a,\theta} E_{a,\theta_j} . I_{a,j}) + \sum_k (\varphi_{s,\theta} E_{s,\theta_k} I_{s,k}) + \sum_m (\varphi_{c,\theta} . E_{c,\theta_m} . I_{c,m}) \qquad (6)$$

حيث :

$E_{i,\theta}$ – معامل المرونة لكل مادة i وفقاً لدرجة الحرارة θ .

I_i – عزم العطالة لكل مادة i حول المحاور المركزية للمقطع العرضي للعمود .

$\varphi_{i,\theta}$ – معامل تخفيض يأخذ بعين الاعتبار التأثير المتباين للإجهادات الحرارية ضمن العمود ، ويأخذ للبيتون القيمة التالية $\varphi_{c,\theta} = 0.8$ ، أما بالنسبة للمقطع الفولاذي المفرغ فيعين $\varphi_{i,\theta}$ كتابع للبعد b (طول ضلع العمود المربع) أو d (قطر العمود الدائري) وطول مدة الحريق fire duration [مدة مقاومة العنصر للحريق fire resistance] ويعطى بالجدول التالي :

جدول (3) : قيمة $\varphi_{a,\theta}$.

مدة مقاومة الحريق	قيمة b or d (mm)					
	100	150	200	250	350	500
R30	0.3	0.23	0.15	0.15	0.15	0.15
R60	-	0.3	0.23	0.15	0.15	0.15
R90	-	-	0.30	0.20	0.15	0.15
R120	-	-	0.3	0.20	0.20	0.20

أما بالنسبة لحديد التسليح الطولي فإن المعامل $\varphi_{s,\theta}$ يتعلق بقيمة بسماكة بيتون التغطية u_s ويعطى بالجدول (4) التالي :

جدول (4) : قيمة $\varphi_{s,\theta}$.

u_s (mm)	30	40	50	60
$\varphi_{s,\theta}$	0.8	0.9	1.0	1.0

إن معامل خفض التحنيب $\chi * (\bar{\lambda}_\theta)$ للحمولة اللدنة التصميمية $N_{fi,Pl,Rd}$ " الحمولة الحدية " للعمود تحت تأثير حمولة محورية وحريق قياســـي يعين من منحنيات التحنيب وفقاً لقيمة النحافة النســـبية $\bar{\lambda}_\theta$ [العلاقة 4] التي تقارن بدورها بمعامل النحافة النسبية المتحولة $\bar{\lambda}_{\theta,transition}$ والتي تأخذ القيم التالية :

- في حالة عمود غير مسلح :

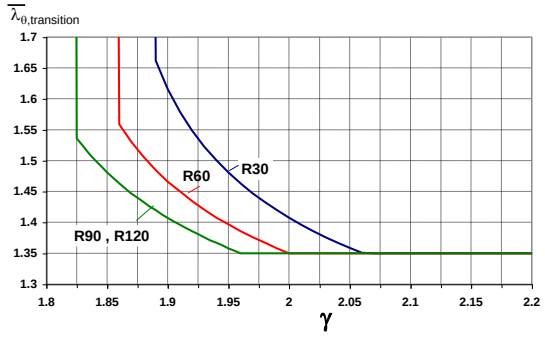
$$R30 \Rightarrow \quad \bar{\lambda}_{\theta,transition} = 1$$

$$R60 \Rightarrow \quad \bar{\lambda}_{\theta,transition} = 1{,}35$$

ملاحظة :

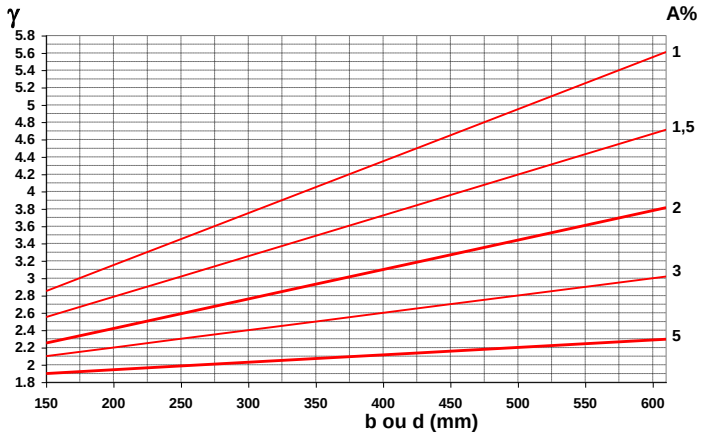
في حال العمود غير المسلح ينبغي ألا تزيد مدة الحريق عن 60 دقيقة وإلا يتوجب تسليحه بتسليح طولي بنسبة لا تقل عن 1% وذلك حسب الملحق الفرنسي للكود الأوربي EN1994 -1.2 .

– في حال عمود مسلح فإن $\overline{\lambda}_{\theta,\text{transition}}$ تعطى بدلالة γ وفق المنحنيات المبينة في الشكل (3) التالي :

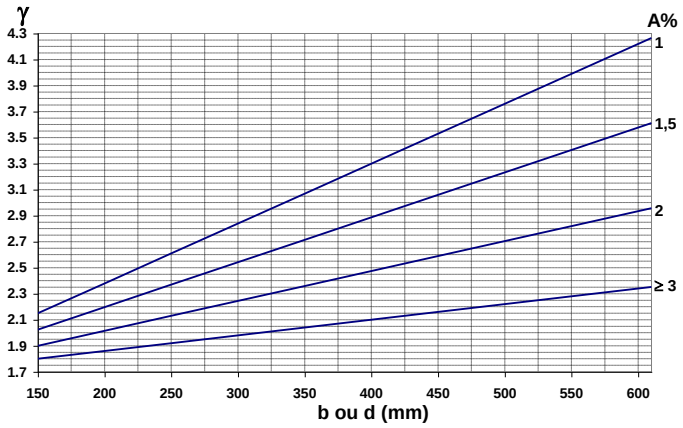


الشكل (3) : قيمة $\overline{\lambda}_{\theta,transition}$ بدلالة γ

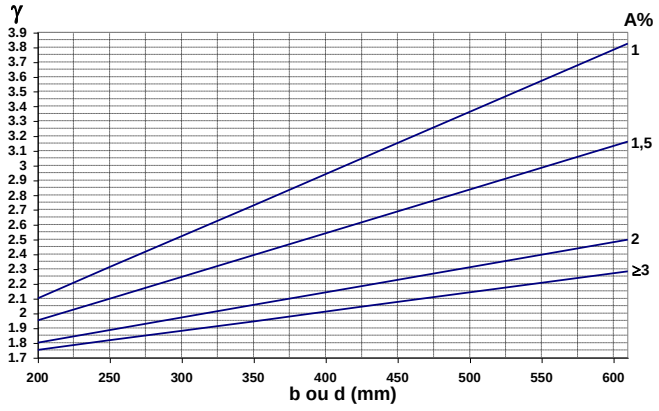
حيث قيمة γ تتعلق بنسبة التسليح الطولي A% وبأبعاد المقطع العرضي للعمود المفرغ b أو d وتختلف بتغير زمن الحريق من R30 حتى R120 وتعطى بالمخططات المبينة في الأشكال (4–5–6) .



الشكل (4) : قيمة γ وفقاً لزمن حريق R30



الشكل (5) : قيمة γ وفقاً لزمن حريق R60



الشكل (6) : قيمة γ وفقاً لزمن حريق R90 و R120

فمن أجل : $\bar{\lambda}_\theta < \bar{\lambda}_{\theta,transition}$ ، يكون :

$$\chi^*(\bar{\lambda}_\theta) = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \bar{\lambda}_\theta^2}}$$

حيث :

$$\varphi = \frac{1}{2}\left(1 + \alpha\,\bar{\lambda}_\theta + \bar{\lambda}_\theta^2\right)$$

α – معامل عيب مناسب يتعلق بمدة الحريق ويؤخذ من الجدول التالي :

الجدول (5) : المعامل α .

مدة مقاومة الحريق	R30	R60	R90	R120
α	0.21	0.265	0.34	0.34

ومن أجل : $\bar{\lambda}_\theta \geq \bar{\lambda}_{\theta,transition}$ يكون :

$$\chi^*(\bar{\lambda}_\theta) = \beta(\bar{\lambda}_\theta)^{-\gamma}$$

حيث :

β و γ – معاملين لا بعديين يتعلقان بالنسبة $[(b \ or \ d)^2 / e]$ ، حيث : e هي سماكة المقطع المفرغ للعمود ويحددان بالجدول (6) التالي في حالة عمود غير مسلح :

جدول (6) : قيمة β و γ في حالة عمود غير مسلح .

$(b \text{ or } d)^2 / e$ in cm	250	500	750	1000	1250	1500	2000	2500	3000	4000	5000
β	0.78	0.69	0.60	0.51	0.43	0.40	0.36	0.32	0.28	0.20	0.12
γ	2.48	2.68	2.87	3.03	3.16	3.20	3.27	3.35	3.42	3.57	3.72

أما في حالة عمود مسلح فإن β تعين من الجدول (7) وقيمة γ تحدد من الأشكال (4–5–6) تبعاً لنسبة التسليح ومدة الحريق .

جدول (7) : قيمة β في حالة عمود مسلح .

مدة مقاومة الحريق	R30	R60	R90	R120
β	0.8	0.75	0.70	0.70

الحمولة غير المركزية :

أن الشرط الذي تطبق فيه هذه الدراسة هو : $0.125\times(b \text{ or } d) \le \delta \le b \text{ or } d$

حيث :

δ – قيمة لامركزية الحمولة المطبقة .

وبالتالي مقاومة التحنيب التصميمية $N_{fi,Rd,\delta}$ بالنسبة لـ δ تعطى بالعلاقة :

$$N_{fi,Rd,\delta} = \phi \, N_{fi,Rd}$$

حيث :

$N_{fi,Rd}$ – مقاومة التحنيب التصميمية وفقاً للعلاقة (2) .

ϕ – معامل تصحيح يعتمد على قيمة اللامركزية δ ونسبة حديد التسليح A% والنحافة النسبية $\overline{\lambda}_\theta$ ومدة الحريق R .

معامل التصحيح يحسب من العلاقة :

$$\phi = a_i + b_i\left(\overline{\lambda}_\theta - 1{,}35\right) \ , \ i = 1 \ or \ 2 \qquad \begin{cases} i = 1 & when \ \ \overline{\lambda_\theta} < 1{,}35 \\ i = 2 & when \ \ \overline{\lambda_\theta} > 1{,}35 \end{cases} \qquad (7)$$

الثابتين اللا بعديين a1 و b1 هما تابعين لنسبة التسليح A% وقيمة اللامركزية النسبية $\bar{\delta} = \delta/(b \text{ or } d)$ وتعطيان بالجدولين (8) و (9) على التوالي .

جدول (8) : قيمة الثابت a1 .

اللامركزية النسبية $\bar{\delta}$	A % نسبة التسليح			
	1 %	2 %	3 %	5 %
0.125	0.33	0.46	0.55	0.59
0.250	0.25	0.33	0.37	0.45
0.500	0.17	0.23	0.26	0.30
1.000	0.12	0.15	0.18	0.19

جدول (9) : قيمة الثابت b_1 .

اللامركزية النسبية $\bar{\delta}$	A % نسبة التسليح			
	1 %	2 %	3 %	5 %
0.125	- 0.41	- 0.25	- 0.12	- 0.07
0.250	- 0.19	- 0.13	- 0.09	- 0.03
0.500	- 0.07	0.00	0.02	0.06
1.000	0.02	0.04	0.06	0.05

من أجل نسب تسليح وقيم لامركزية غير مدرجة في الجدولين (8-9) يمكن حساب قيم الثابتين كمتوسط حسابي ، من جهة ثانية فإن الثابت اللا بعدي a2 يعطى كتابع لثلاث متغيرات هي نسبة التسليح A% واللامركزية النسبية $\bar{\delta}$ ومدة الحريق R .

فمن أجل مدة حريق R30 تؤخذ قيمة الثابت a2 من الجدول (10) ، أما من أجل مدة حريق R60 إلى R120 فإن a2 تؤخذ من الجدول (11) .

جدول (10) : قيمة الثابت a_2 من أجل مدة حريق R30 .

اللامركزية النسبية $\bar{\delta}$	A % نسبة التسليح			
	1 %	2 %	3 %	5 %
0.125	0.61	0.62	0.63	0.65
0.250	0.48	0.46	0.46	0.49

0.500	0.34	0.32	0.32	0.32
1.000	0.20	0.21	0.22	0.22

جدول (11) : قيمة الثابت a_2 من أجل مدة حريق R60 إلى R120 .

اللامركزية النسبية $\bar{\delta}$	نسبة التسليح A %			
	1 %	2 %	3 %	5 %
0.125	0.48	0.54	0.59	0.63
0.250	0.37	0.41	0.44	0.49
0.500	0.23	0.28	0.30	0.33
1.000	0.14	0.16	0.18	0.19

أما الثابت اللابعدي b2 فهو يتعلق خطياً ببعد المقطع العرضي المجوف للعمود b أو d إذا كان دائرياً وبنسبة التسليح A % ومدة الحريق R ، ويعطى بالعلاقة :

$$b_2 = \omega_0 + \omega_1 b \text{ (or d)} \qquad (8)$$

فمن أجل b أو d مقدرة بـ (m) ، فإن قيمة المعاملين ω_0 و ω_1 تعطى من الجدول (12) كتابع لنسبة التسليح A% ومدة الحريق R .

جدول (12) : قيم المعاملين ω_0 و ω_1 .

مدة مقاومة الحريق	نسبة التسليح A %			
	1 %	2 %	3 %	5 %
R30	ω1=4.69 / ω0=- 0.23	1.43 / - 0.02	0.57 / 0.08	0.29 / 0.13
R60	1.37 / 0.00	0.74 / 0.02	0.43 / 0.06	0.69 / 0.05
R90	1.23 / - 0.04	0.37 / 0.06	0.30 / 0.07	0.50 / 0.05
R120	1.00 / 0.00	0.27 / 0.10	0.30 / 0.07	0.43 / 0.08

ملاحظة :

من أجل نسب تسليح وقيم لامركزية غير مدرجة في الجدول يمكن حساب قيم الثابتين a_2 و b_2 كاستيفاء خطي .

التطبيق العملي :

لقد تم حل عمودين أحدهما ذو مقطع عرضي مربع والآخر دائري وفقاً للمعطيات المبينة بالجدول (13) ، التالي :

الجدول (13) : الخواص الهندسية والميكانيكية .

نوع العمود	b or d mm	e mm	Us mm	إجهاد الخضوع للفولاذ الإنشائي $f_{ay,20}(MPa)$	إجهاد الخضوع لحديد التسليح $f_{sy,20}(MPa)$	المقاومة المميزة للبيتون $f_c(MPa)$
مربع	**250**	**6,3**	**30**	**360**	**400**	**20**
دائري	**273**	**5**	**30**			

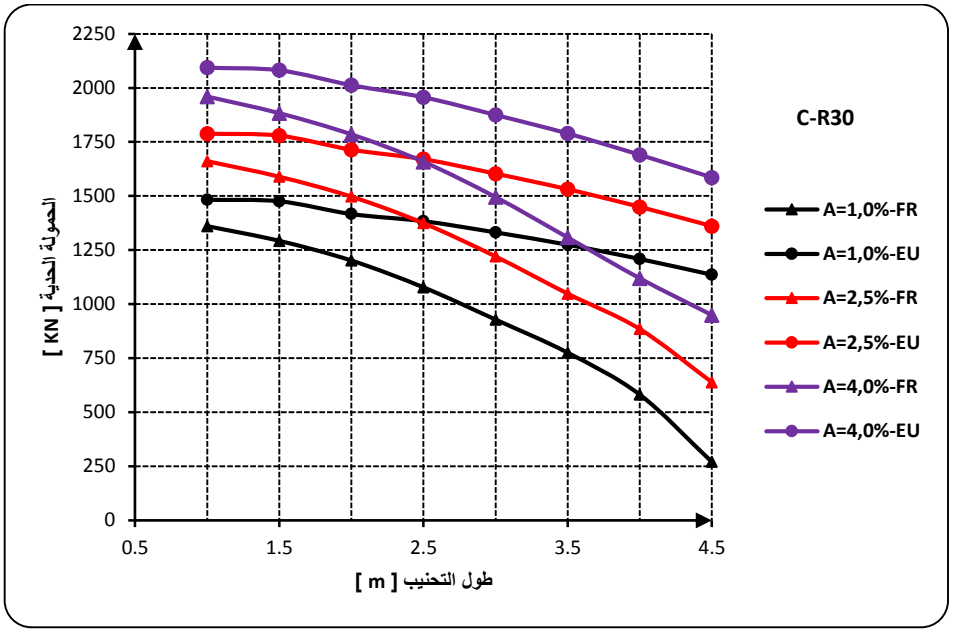
وتم تعيين الحمولة المركزية الحدية $P_{fi,Pl,RD}$ عند تغير طول التحنيب L_θ وفقاً للقيم التالية : $L_\theta = (0{,}5\ ;\ 1\ ;1{,}5;2;2{,}5;3;3{,}5;4;4{,}5m)$ ، وذلك عند قيم محددة لنسبة التسليح الطولي $A\% = (1\ ;\ 2{,}5;4)$ ولمدة حريق $(R30\ ;\ R60\ ;R90\ ;R120\ \min)$ وذلك وفقاً للكود الأوربي والملحق الفرنسي له ونظمت النتائج في الأشكال (7−8−9−10) للمقطع الدائري والأشكال (11−12−13−14) للمقطع المربع ، وتم حساب القوة الحدية وفقاً لعلاقات الكود الأوربي EC2 & EC4: Parts 1- 1-& 1-2- Annex G [4,5,6] من جهة ، ووفقاً للعلاقات الواردة في الملحق الفرنسي للكود EN 1994 Part 1-2 والواردة في العرض النظري للبحث .

ولقد تم أخذ سماكة المقطع الفولاذي للعمودين المربع والدائري بحيث تحقق شرطي الكود [6] .

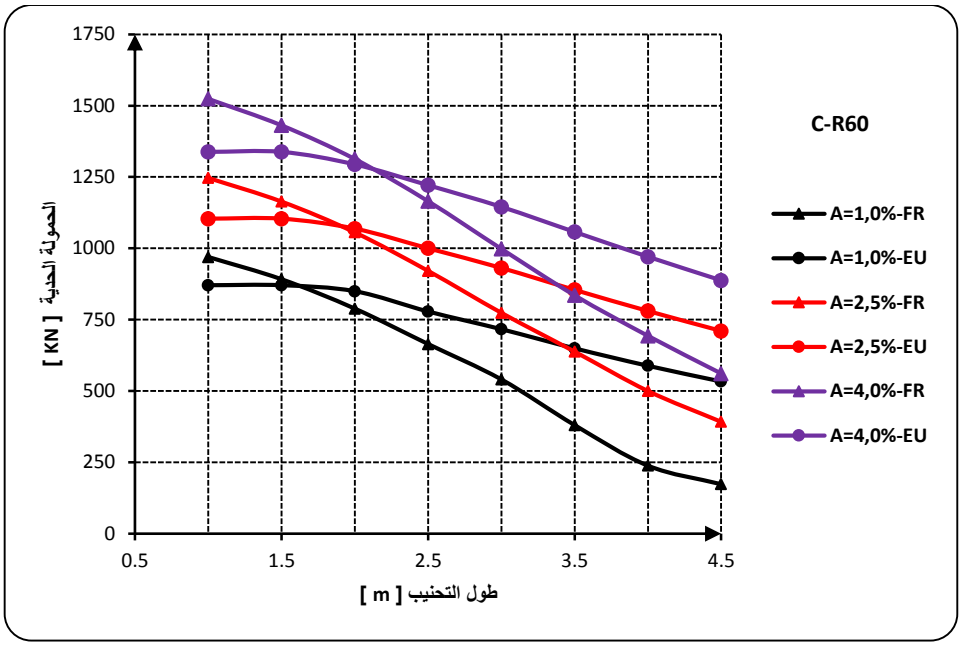
- للعمود المربع ، الشكل (1) : $\frac{b}{e} \le 52.\varepsilon$

- وللعمود الدائري ، الشكل (2) : $\frac{d}{e} \le 90.\varepsilon^2$

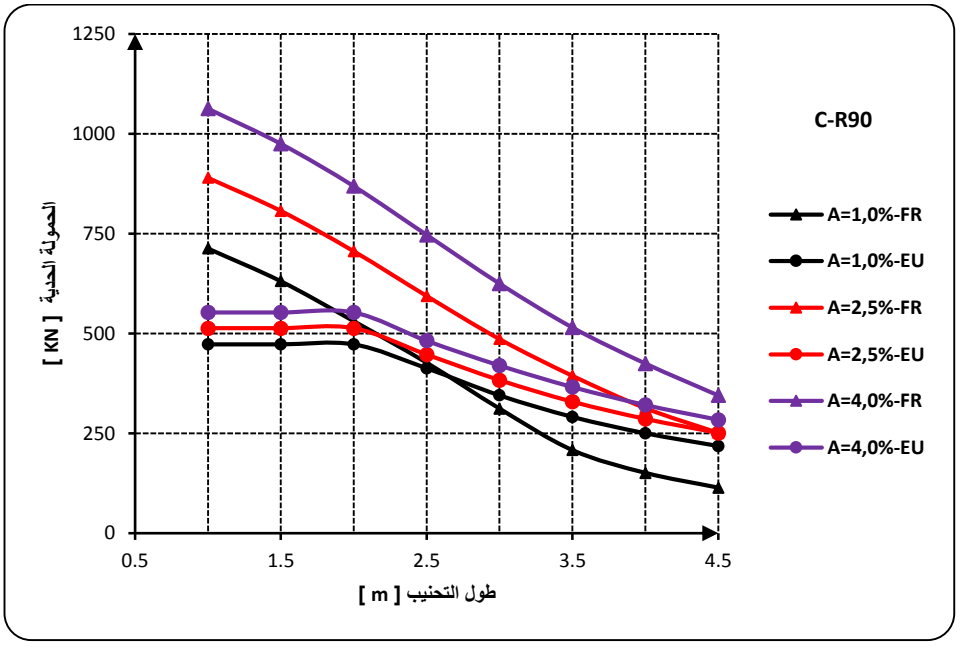
حيث : $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{ay}}}$



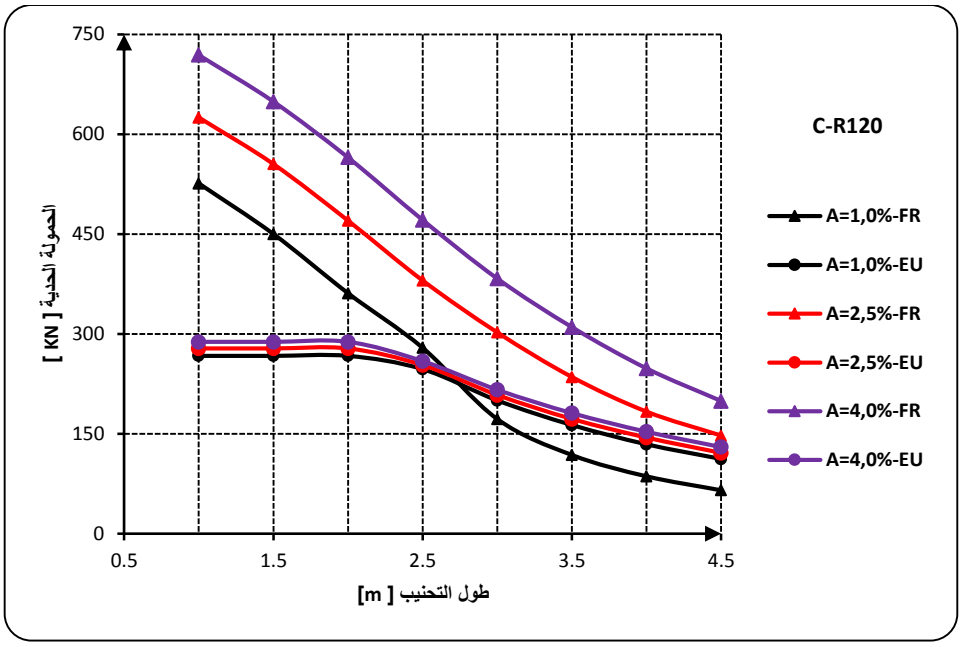
الشكل (7) : الحمولة الحدية المركزية للعمود الدائري وفقاً لزمن حريق R30 ونسبة التسليح A



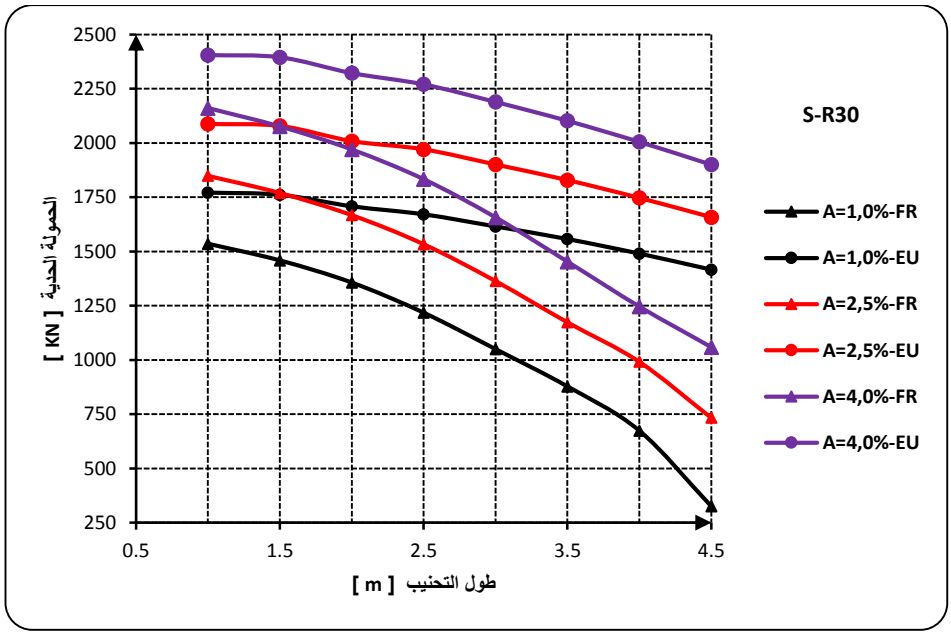
الشكل (8) : الحمولة الحدية المركزية للعمود الدائري وفقاً لزمن حريق R60 ونسبة التسليح A



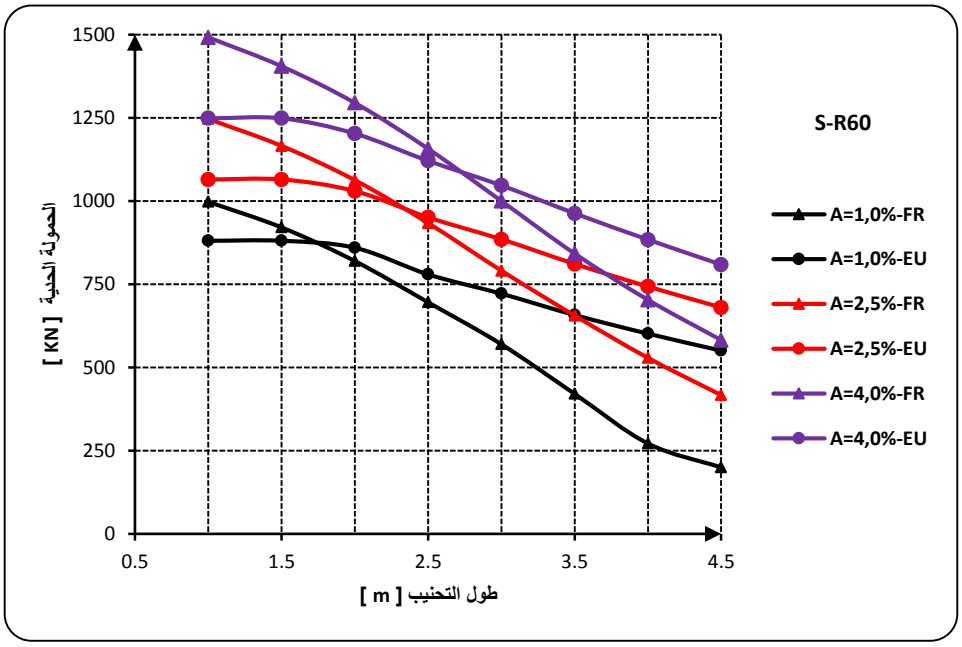
الشكل (9) : الحمولة الحدية المركزية للعمود الدائري وفقاً لزمن حريق R39 ونسبة التسليح A



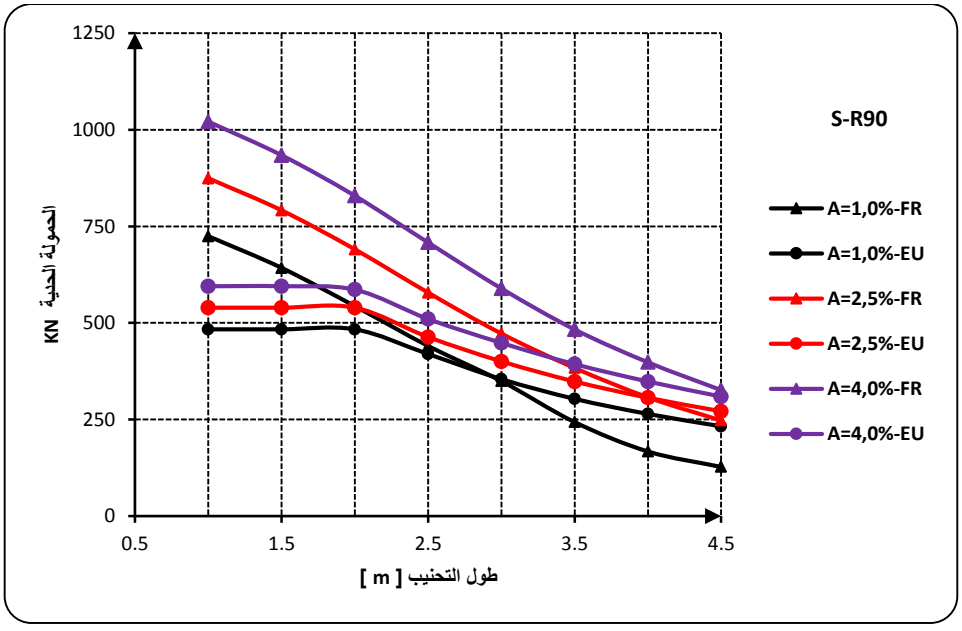
الشكل (10) : الحمولة الحدية المركزية للعمود الدائري وفقاً لزمن حريق R120 ونسبة التسليح A



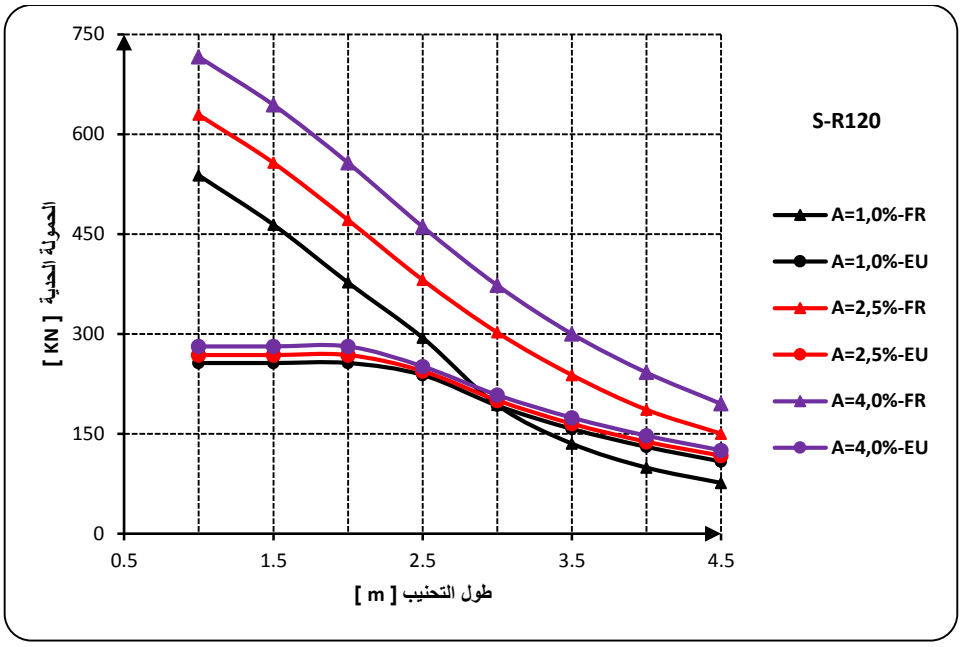
الشكل (11) : الحمولة الحدية المركزية للعمود المربع وفقاً لزمن حريق R30 ونسبة التسليح A



الشكل (12) : الحمولة الحدية المركزية للعمود المربع وفقاً لزمن حريق R30 ونسبة التسليح A



الشكل (13) : الحمولة الحدية المركزية للعمود المربع وفقاً لزمن حريق R90 ونسبة التسليح A



الشكل (14) : الحمولة الحدية المركزية للعمود المربع وفقاً لزمن حريق R120 ونسبة التسليح A

الاستنتاجات :

يمكن تلخيص الاستنتاجات الأساسية التي تم الحصول عليها في إطار المعطيات المستخدمة في البحث كما يلي :

1. من الأشكال (7←11) نلاحظ أن الحمولة الحدية التي يعطيها الملحق الفرنسي تزيد بشكل ملحوظ عن القيمة المحسوبة وفقاً للكود الأوربي .

2.من الأشكال (9–10–13–14) نرى أن قيمة الحمولة الحدية لا تتأثر كثيراً بسبة التسليح الطولي عند زمن حريق R90 و R120 .

3.من الأشكال (7←11) نرى أن الحمولة الحدية وفق الكود الأوربي يكون تغيرها قليل جداً عندما يكون طول تحنيب العمود ضمن المجال $(0{,}5 \rightarrow 2\ m)$.

4.بمقارنة مخططات وقيم الحمولة الحرجة وفق الكودين وعند زمن حريق , R60 R120 , R90 ، الأشكال (8–9–10–12–13–14) وجد أن الحمولة الحدية التي يعطيها الكود الأوربي هي الأقرب إلى المخططات المعتمدة من قبل CIDECT [10] .

References

1- Tom Lennon, David Moore. The natural fire safety concept—full-scale testsat Cardington. Fire Safety Journal ,2012, 38(7): 623 – 643.
2- ISO:"Fire resistance tests-Elements of building construction", International Standard ISO834,first edition,1975 .
3- Eurocode 1: " Basis of Design an Actions on Structures – Part 2- 6 : Action on Structures Exposed to Fire " , Draft prENV 1991 .
4- Eurocode 2: " Design of Concrete Structures –part 10 : Structural fire design of concrete structures ", final draft, Luxembourg, April 1990.
5- Eurocode 3: " Design of Steel Structures – Part 1.1 : General Rules and Rules for Buildings " , ENV 1993-1-1:1992.
6- Eurocode 4: " Design of Composite Steel and Concrete Structures – Part 1.2 : Structural Fire Design " Draft prENV 1994-1-2, January 1993.
7- Ihssan Tarsha, Thermal Analysis due Standard Fire, Journal of Al-Baath University, V0l.30, 2008.
8- Ihssan Tarsha, The Effect Of Fire Modeling on heat Distributions In Composite columns, Journal of Al-Baath University, Vol.32, 2010.
9- L. Twilt, R. Hass, W. Klingsch, M. Edwards, D. Dutta: Construction with Hollow Steel Sections- Design guide for structural hollow section exposed to fire, 2013.
10- L. Twilt, and V. D. Haar: " Harmonization of the Calculation Rules for the Fire Resistance of Concrete Filled SHS-columns ".CIDECT- project 15F-86/7-0; IBBC-TNO report B-86-461, August 2011 .
11- EN 1994 1-2 –FNA " Design of Composite Steel and Concrete Structures – Part 1.2 and General rules- Structural Fire Design " .

View publication stats