

بررسی زمان بقای قاب فولادی با اتصالات نبشی در حرارت بالا

محمود یحیائی^{۱*}، حسین راد^۲

۱- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- کارشناس ارشد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

yahyai@kntu.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۳۹۴/۵/۲۴]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۲/۴/۲۸]

چکیده- با توجه به اهمیت آتش سوزی و تاثیر آن بر پایداری سازه‌های فولادی، بررسی تاثیر آتش سوزی بر این سازه‌ها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به حساسیت فولاد نسبت به حرارت و هزینه‌ی بالای مقاوم‌سازی قاب‌های فولادی به کمک پوشش‌های حرارتی، لزوم بررسی رفتار دقیق قاب‌های فلزی در حرارت‌های بالا به منظور کاهش آثار نامطلوب افزایش درجه حرارت به خوبی احساس می‌شود. به منظور نیل به این هدف و با توجه به هزینه‌ی بالای تست‌های آزمایشگاهی و محدودیت آن‌ها در بررسی پارامترهای متعدد در هر آزمایش استفاده از روش اجزاء محدود به عنوان ابزاری توانمند در مدل کردن قاب‌های فولادی تحت شرایط حرارت ارزش و اهمیت خود را نشان داده است. با عنایت به این موارد در این پژوهش به بررسی اثر آتش بر تیرهای فولادی با در نظر گرفتن نرم‌شدگی رفتار اتصال و افت مقاومت مصالح پرداخته شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار ANSYS بررسی زمان دوام سازه در آتش سوزی انجام شده است. این قاب مورد آزمایش، یک قاب سه بعدی تک دهانه است که در شرایط مختلف شامل تاثیر نوع اتصال، بررسی تاثیر انبساط طولی، تاثیر نوع بارگذاری حرارتی و نوع آتش بررسی شده است. برای درستی آزمایشی نتایج حاصل از تحلیل عددی با نتایج به دست آمده از کار سایر پژوهشگران مقایسه شده است. در پژوهش انجام شده نتیجه گرفته شد که استفاده از نمودار آتش استاندارد در طراحی سازه‌های فولادی، زمان دوام کمتری نسبت به آتش طبیعی دارد که نشان از دست بالا بودن مقادیر در طراحی است.

کلید واژه‌ها: سازه‌های فولادی، اتصالات نبشی، زمان بقا، حرارت بالا.

۱- مقدمه

دمای به دست آورده است، منجر شده که آیین نامه‌های موجود ضوابطی را ارائه دهند که ساده باشند. در حقیقت با توجه به آیین نامه اروپایی EC3 [۸] تمرکز جرم درون ناحیه گرهی در مقایسه با اعضای اتصالی منجر به تاخیر در افزایش دمای این ناحیه شده و بنابراین پیشنهاد شده است که اتصالات باید تحت شرایط آتش نادیده انگاشته شوند. نتایج آزمایش‌های اخیر نشان می‌دهد که نیاز است رفتار اتصالات فولادی در دماهای بالا ارزیابی شود زیرا آن‌ها در دماهای بالا کاهش مشخصی در مقاومت و سختی از خود نشان می‌دهند که تاثیر زیادی بر پاسخ کلی سازه خواهد داشت.

در بین این پژوهش‌ها می‌توان به توسعه روش مولفه‌ای در پیش‌بینی پاسخ اتصالات فولادی تحت بارگذاری آتش که به وسیله‌ی داسیلوا و همکاران انجام شد اشاره کرد. در این

در این مقاله رفتار یک عضو در یک محفظه (compartment) واقع در ساختمان فولادی تحت بارگذاری حریق بررسی شده است. به علت پیچیده بودن طرح و آنالیز سازه‌ها تحت شرایط آتش سوزی، آزمایش حریق محفظه در بیشتر پژوهش‌های امروزی مورد استفاده قرار گرفته است [۴-۱]. چون آزمایش محفظه یک روش تحلیلی است و قوانین طراحی با آن به دست می‌آید مطالعات اخیر روی رفتار سازه‌های فولادی تحت شرایط آتش، نشان داده است تاثیر رفتار گره بر پاسخ کلی سازه دارای نقش مهم و برجسته است. نبود نتایج کافی آزمایشگاهی از رفتار اتصالات فولادی تحت شرایط آتش و دمای بالا (شکل ۱) و نیز روابط ریاضی که متکی بر روابط تجربی است و از آزمایش‌های انجام شده در

پاسخ سازه واقعی را تعیین کرد و بارهای آتش سوزی و مکانیکی مناسب را به سازه اعمال نمود.

با توجه به توضیحات بالا و همچنین رفتار بسیار پیچیده سازه در دماهای بالا و بالا بودن هزینه پژوهش‌های آزمایشگاهی، در سال‌های اخیر به بررسی رفتار سازه به صورت جداگانه اعم از بررسی رفتار تیر و ستون و نیز آثار ناشی از رفتار اتصالات در اثر بارگذاری آتش به کل سازه و تاثیر آن را بر رفتار کلی سازه بررسی شده است.

۲- ویژگی‌های مکانیکی فولاد در حرارت‌های بالا

یکی از نکات مهم در مدل‌سازی رفتار سازه‌های فولادی تحت حرارت شبیه‌سازی رفتار فولاد و کاهش خصوصیات آن تحت حرارت بالاست. در این پژوهش این شبیه‌سازی براساس روابط آیین‌نامه اروپا EC3 [۸] انجام شده است (جدول ۱).

۳- رفتار اتصالات فولادی در آتش استاندارد

۳-۱- هندسه اتصال

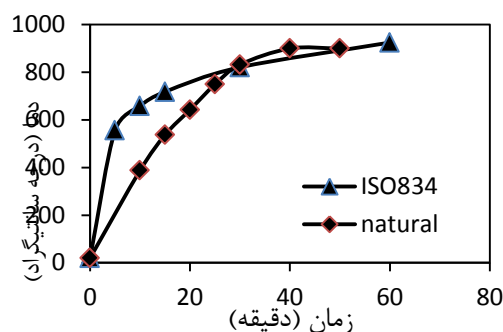
به منظور نشان دادن رفتار اتصالات فولادی در دمای معمولی و همچنین تحت بارگذاری آتش دو دسته از آزمایش‌ها انجام شده روی اتصالات نبشی پیچی انجام شده است [۹].

اتصالات گروه اول: (Specimen without web angle) (sow).

اتصالات گروه دوم: (Specimen with web angle) (sww).

اتصالات گروه یک (SOW) از دو نبشی تشکیل شده بود یکی متصل به بال بالایی تیر و دیگری متصل به بال پایینی تیر و

پژوهش روش مولفه‌ای که به منظور پیش‌بینی رفتار گره‌های فولادی تحت بارگذاری آتش پیشنهاد شد و یک روند تحلیلی برای ارزیابی رفتار اتصالات فولادی تحت بارگذاری آتش ارائه شد [۵].



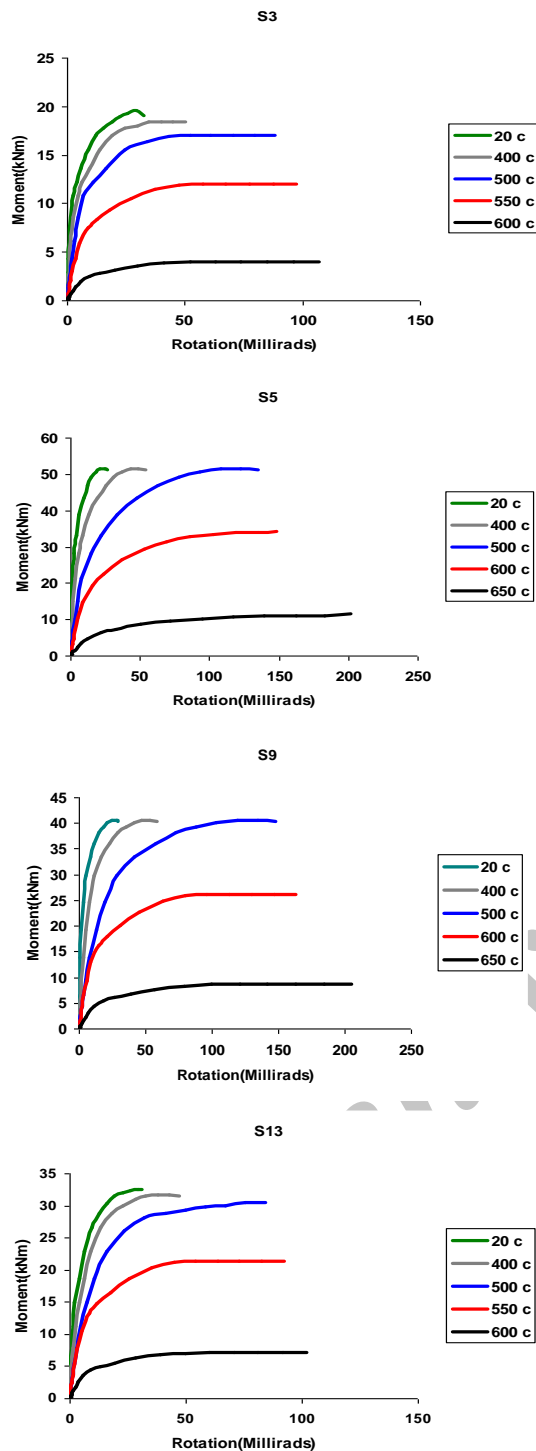
شکل ۱: مقایسه نمودارهای زمان دما در آتش‌های استاندارد و طبیعی [۸]

در سال ۲۰۰۷ برادفورد و همکاران [۶] مطالعه عددی یک تیر فولادی در معرض آتش‌سوزی درون یک محفظه فولادی ارائه داد که به بررسی پاسخ اعضاء در دمای بالای حریق تحت تاثیر ضریب لاغری اعضاء، قيود ایجاد شده از طرف اعضاء خنک‌تر مجاور و رژیم حرارتی اعمال شده مورد بررسی قرار گرفت.

سوکل و همکاران [۷] مطالعه عددی آزمایش کل یک سازه در آتش‌سوزی را ارائه کردند. این پژوهش روی آزمایش حریق یک ساختمان هشت طبقه در کاردینگتون متمرکز شده است. هدف از انجام این آزمایش حریق روی سازه کامل، جمع‌آوری اطلاعات در مورد عملکرد اتصالات معمول تیر به ستون و تیر به تیر در شرایط آتش‌سوزی است. با شبیه‌سازی قاب می‌توان

جدول ۱: کاهش سختی و مقاومت فولاد مطابق آیین‌نامه EC3 [۸]

Steel temperature, θ_s (C)	Reduction factors for yield stress f_y , and Young's modulus E_s , at steel temperature θ_s	
	$k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	$k_{E,\theta} = E_{s,\theta} / E_s$
۲۰	۱	۱
۱۰۰	۱	۱
۲۰۰	۱	۰.۹
۳۰۰	۱	۰.۸
۴۰۰	۱	۰.۷
۵۰۰	۰.۷۸	۰.۶
۶۰۰	۰.۴۷	۰.۳۱
۷۰۰	۰.۲۳	۰.۱۳
۸۰۰	۰.۱۱	۰.۰۹
۹۰۰	۰.۰۶	۰.۰۶۷۵
۱۰۰۰	۰.۰۴	۰.۰۴۵
۱۱۰۰	۰.۰۲	۰.۰۲۲۵
۱۲۰۰	۰	۰



شکل ۲: نمودار ممان-دوران-دما [۹]

۴-درستی آزمایشی نرم افزار

در این بخش برای صحت‌سنجی نرم‌افزار، مدل تیری که قبلاً به وسیله‌ی برادفورد با فرضیاتی تقریباً مشابه فرضیات این پژوهش انجام شده است با فرض در نظر گرفتن شرایط مختلف تکیه‌گاهی مدل شده است.

سپس کل سیستم به بال ستون پیچ شد. هر نبشی به کمک ۴ پیچ M16 به بال تیر و به کمک دو پیچ M16 دیگر به بال ستون متصل شده است.

اتصالات گروه دو (SWW) علاوه بر دو نبشی حالت SOW دو نبشی دیگر هم دارد که از یک طرف به جان تیر و از طرف دیگر به بال ستون پیچ شده‌اند نبشی‌های جان با دو پیچ M16 به جان تیر و یا دو پیچ M16 به بال ستون متصل شده‌اند. با توجه به مد گسیختگی نمونه‌های آزمایش شده در مرجع و محدودیت‌های مدل سازی اجزا محدود به لحاظ مدل کردن رزوه پیچ‌ها و بررسی اثر آنها در رفتار کل اتصال ۴ نمونه از اتصالات مورد بررسی در مرجع انتخاب شدند که دو نمونه از اتصالات گروه یک و دو نمونه از اتصالات گروه ۲ بودند. مشخصات اتصالات برای هر نمونه در جدول ۲ ارائه شده است.

از آنجا که یکی از موارد مهم و کاربردی در طراحی اتصالات منحنی‌های مربوط به ممان-دوران آنها است، در شکل ۲ به کمک مدل اجزا محدود نمودار ممان-دوران مربوط به این چهار نوع اتصال در دماهای مختلف رسم شده است. برای تمامی آزمایش‌ها کاهش خصوصیات اتصال با افزایش دما به وسیله‌ی مدل به خوبی پیش‌بینی شده است.

شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش دما مقاومت در برابر لنگر اتصال به شدت کاهش می‌یابد و به طور کلی می‌توان گفت که در مورد این نوع اتصالات نبشی که با فولاد و پیچ‌های معمولی ساختمانی ساخته شده‌اند مقاومت اتصال دردمایی بالاتر از ۸۰۰ قابل چشم‌پوشی است.

جدول ۲: مشخصات نمونه‌های انتخاب شده از آزمایش‌های یحیانی و

ساعدی [۹].

Specimen number	Group number	Angle size (mm)	Grade of bolt
3	1	100×100×10	8.8
5	2	150×100×15	8.8
9	1	150×100×15	8.8
13	2	100×100×10	8.8

جدول ۳. مقایسه نتایج حاضر با نتایج برادفورد

β	γ_{\max} (Bradford) (mm)	γ_{\max} (present study) (mm)
۰/۱	۹/۵	۱۰
۰/۲	۹	۹/۶
۰/۵	۷/۵	۸/۲
۱	۶	۶/۶

۵- تئوری پژوهش

به علت پیچیده بودن طرح و آنالیز سازه‌ها تحت شرایط آتش سوزی، آزمایش حریق محفظه در بیشتر پژوهش‌های امروزی استفاده می‌شود چون آزمایش محفظه یک روش تحلیلی است و قوانین طراحی با آن به دست می‌آید و نتایج مطالعه عددی تیر فولادی sub-assembly قاب در دمای بالا در این پژوهش ارائه می‌شود. مطالعه جامعی در مورد تیر براساس مدل‌سازی غیرخطی Generic (جامع) ارائه شده و تاثیر افت مشخصات مکانیکی، نرم‌شدگی اتصال و همچنین شرایط بارگذاری متفاوت برای به دست آوردن نیروی محوری، تغییر شکل وسط دهانه و همچنین دمای بحرانی عضو در این پژوهش بررسی شده و در پایان از دو نمودار زمان-دما که شامل نمودار زمان-دمای آتش استاندارد ISO834 و نمودار تجربی بدست آمده از آتش طبیعی کاردینگتون برای به دست آوردن زمان بقای سازه استفاده شده است.

برای انجام این مطالعه در ابتدا یک ساختمان چهار طبقه با سیستم قاب مهاربند هم محور به وسیله نرم‌افزار Etabs (برای تحلیل لرزه‌ای از آئین‌نامه ۲۸۰۰ و همچنین برای طراحی از آئین‌نامه AISC 89 استفاده شده است) مدل شده است.

در پژوهش برادفورد مطالعه عددی روی تیر با مقطع UB82.1 (استرالیایی) انجام شده است که تحت رژیم‌های حرارتی مشخص با افزایش دمای T_c (میانگین دماهای T_1, T_2) در مرکز هندسی مقطع و گرادیان حرارتی خطی β در عمق سطح مقطع قرار گرفته است. عضو تحت بار یکنواخت $q=5N/mm$ قرار می‌گیرد که معادل بار بهره‌برداری قابل تحمل عضو است. قیود انتهایی به وسیله فنرهای الاستیک مدل شده است که سختی آن‌ها به صورت زیر نوشته شده است.

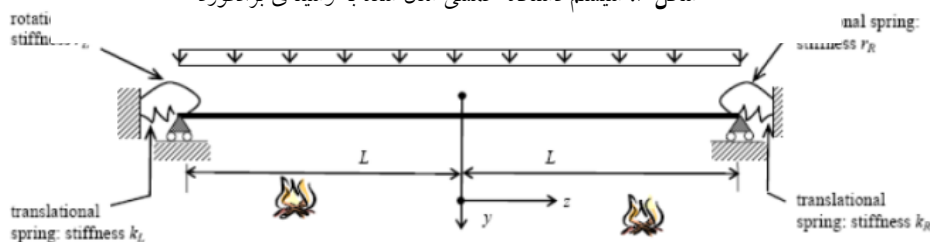
$$r_L = r_R = r = \beta \frac{E_{20} I}{2L}$$

$$k_L = k_R = k = \beta \frac{E_{20} A}{2L}$$

که در این رابطه E_{20} مدول الاستیسیته فولاد در دمای اتاق و برابر $E_s=200 \times 10^3 N/mm^2$ در نظر گرفته شده و A, I به ترتیب ممان اینرسی و مساحت مقطع است؛ L طول نصف عضو و β ضریب سختی نسبی عضو است که به وسیله آن می‌توان سختی فنر را به آسانی تغییر داد (شکل ۳).

زمانی که $\dot{T}=0.25^\circ C/min$ ، بار یکنواخت $q=5N/mm$ و طول عضو $2L=6000mm$ ، ضریب سختی نسبی از مقدار $B=1$ (عضو با تکیه گاه قوی) تا $B=0.01$ (عضو با قید زیاد) تغییر می‌کند. قید انتهایی زیاد، برخلاف افزایش نیروی محوری در عضو، موجب کاهش تغییر شکل وسط دهانه می‌شود. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود با افزایش قیود انتهایی، تغییر شکل وسط دهانه به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. در جدول ۳ مقایسه نتایج برادفورد با نتایج به دست آمده از نرم‌افزار انسیس همخوانی خوبی باهم دارند [۶].

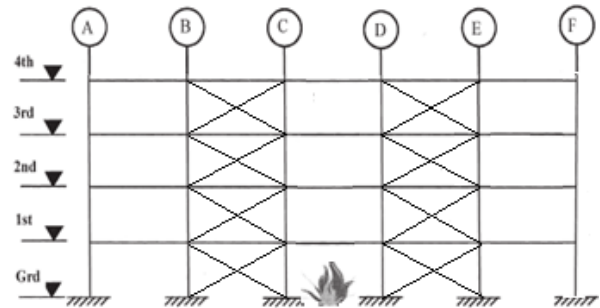
شکل ۳. سیستم دستگاه خمشی مدل شده به وسیله برادفورد



چرخشی از نمودار $m-\theta$ به دست آمده از آزمایش‌های یحیائی و ساعدی [۹] در شکل ۲ نشان داده شده، برای چهار نوع اتصال پیچی (۹،۳،۱۳،۵) (مشخصات این اتصالات قبلاً در جدول ۲ قید شده است) استفاده شده که قبلاً به اختصار در این مورد و نتایج به دست آمده توضیح داده شده است. همچنین برای رفتار خطی الاستیک فنرخطی، سختی جانبی قاب در نظر گرفته شده است.

هدف از این پژوهش مقایسه نوع اتصال و ضریب لاغری بر رفتار سازه تحت حرارت بوده است. برای مدل‌سازی از نرم‌افزار Ansys استفاده شده است. در این پژوهش دو حالت بارگذاری لحاظ شده: حالت اول همان‌گونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود دما به صورت یکنواخت به سرتاسر تیر و اتصال وارد شده است و کل اعضاء تحت یک افزایش دمای برابر قرار گرفته است. در حالت دوم (شکل ۶) افزایش دما در تیر فقط در ۱ متر وسط تیر اعمال می‌شود و دمای سایر قسمت‌ها با توجه به توزیع حرارت در جدول ۴ اعمال شده است. در نهایت زمان بقای هر کدام از این دو حالت بارگذاری حرارتی با در نظر گرفتن دو نوع آتش اعم از آتش استاندارد (ISO) و آتش طبیعی (کاردینگتون) به دست آمده است.

سپس قاب کناری که در شکل ۴ نشان داده شده از این ساختمان جدا شده و آتش در طبقه همکف این قاب روی تیر میانی اعمال شده است و رفتار این عضو (تیر) در یک محفظه (compartment) واقع در ساختمان فولادی تحت بارگذاری حریق مورد بررسی قرار گرفته است.

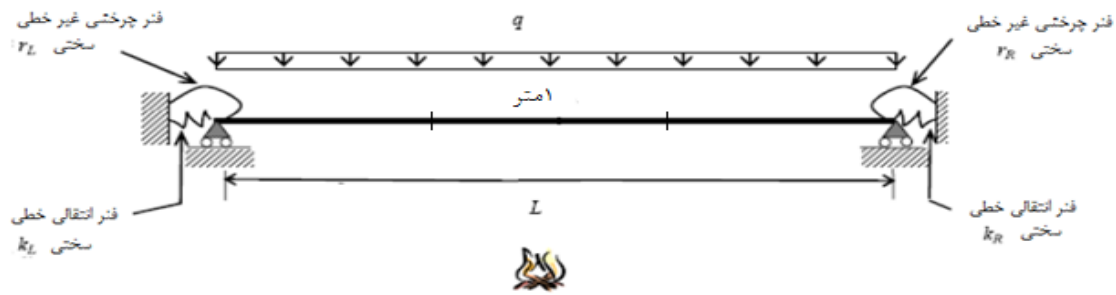


شکل ۴: قاب کناری که تحت آتش‌سوزی مدل شده است.

همان‌گونه که در شکل‌های ۵ و ۶ ملاحظه می‌شود تیر فولادی به طول L در یک Sub-assembly قاب است که تغییر مکان-های جانبی انتهای تیر برابر $V(Z=0,L)=0$ در نظر گرفته شده است و دو انتها به وسیله فنرهای غیرالاستیک چرخشی (r_L, r_R) و فنرهای الاستیک انتقالی (K_L, K_R) مقید شده‌اند. این عضو تحت بار یکنواخت q قرار دارد. رفتار غیرخطی فنر

جدول ۴: حرارت بخش‌های مختلف تیر در بارگذاری حرارتی مشابه آتش طبیعی

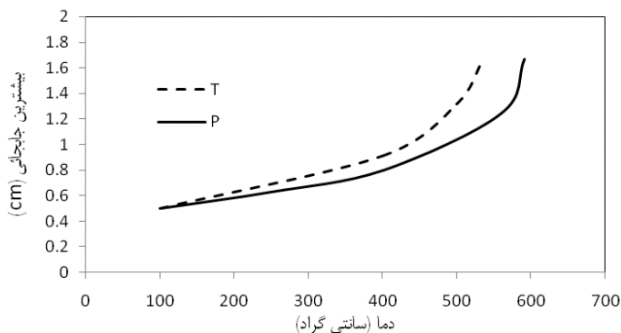
Time (min)	Temperature (C)					
	beam bottom flange(joint)	beam web(joint)	beam top flange(joint)	beam bottom flange(beam)	beam web(beam)	beam top flange(beam)
0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
10	245.4	209.0	125.3	387.8	291.5	197.2
15	373.5	304.7	214.8	537.1	466.2	333.0
20	528.1	448.0	373.5	642.8	608.8	495.0
25	661.7	607.1	537.7	749.4	717.6	594.3
30	741.4	699.5	615.9	832.1	806.7	694.0
40	848.5	792.1	748.0	900.0	878.1	813.3
50	855.4	790.0	757.8	900.0	868.9	838.5



شکل ۶: سیستم دستگاہ خمشی حالت بارگذاری حرارتی جزئی

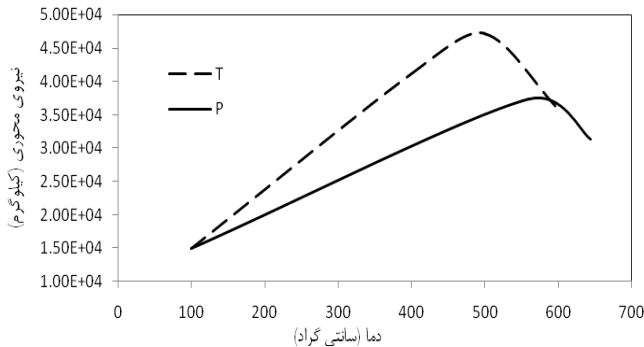
طراحی‌ها بسیار مفید و کاربردی باشد. با توجه به شکل ۸ نیروی محوری در بارگذاری نوع دوم کمتر از بارگذاری حالت اول است و علت این کاهش آن است که در دمای اعمالی یکسان برای هر دو تیر در حالت دوم بارگذاری دمای قسمتی از تیر کمتر از دمای اعمالی به تیر است و نیروی محوری با افزایش دما نسبت مستقیم دارد و این موضوع باعث کم بودن نیروی محوری در حالت دوم بارگذاری نسبت به حالت اول است.

بیشترین جابجایی



شکل ۷: مقایسه نمودار تغییر مکان وسط دهانه در بارگذاری جزئی و یکنواخت

نیروی محوری



شکل ۸: مقایسه نمودار نیروی محوری در بارگذاری جزئی و یکنواخت

۶- تاثیر نوع اتصال بر رفتار سازه

با توجه به اینکه در یک آتش محفظه، ستون‌های سردتر قید قابل توجهی برای تیر فولادی گرم ایجاد می‌کنند، همچنین اتصالات نیمه‌صلب، قید چرخشی تیر فولادی به حساب می‌آیند. اعضای گرم‌تر که قید زیادی در مقابل انبساط حرارتی دارند تحت نیروهای فشاری قرار می‌گیرند. در این پژوهش بار یکنواخت $q=17\text{kg/cm}$ که معادل بار بهره‌برداری قابل تحمل عضو می‌باشد در نظر گرفته شده است و طول عضو برابر $L=4000\text{mm}$ است.

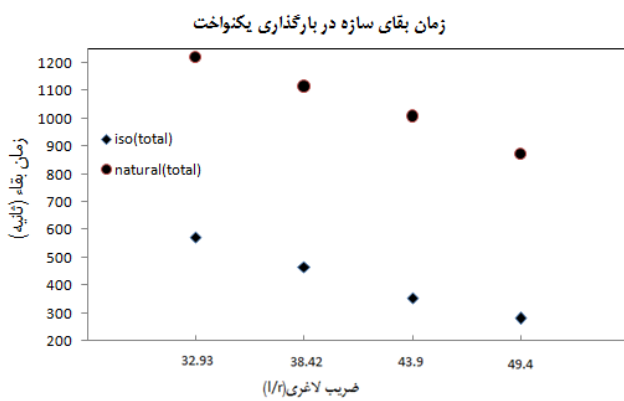
۶-۱- مقایسه رفتار سازه در بارگذاری حرارتی متفاوت

در شکل‌های ۷ و ۸ به وضوح تاثیر دو نوع بارگذاری حرارتی بر رفتار تیر اعم از تغییر مکان وسط دهانه و نیروی محوری ملاحظه می‌شود با استناد به شکل ۷ وقتی دمای اعمالی به تیر از ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر می‌شود، افزایش چشمگیری در تغییر مکان وسط دهانه تیر به دلیل کاهش زیاد ضریب الاستیسیته در این دما ملاحظه می‌شود. با تغییر نوع بارگذاری از حالت اول به دوم تغییر مکان وسط دهانه افزایش می‌یابد (به عنوان نمونه تغییر مکان وسط دهانه برای حالت دوم در دمای ۵۰۰ درجه ۱/۱ سانتی‌متر و برای حالت اول ۱/۳ سانتی‌متر است).

با توجه به شکل ۸ در ابتدا با افزایش دما میزان نیروی محوری در تیر افزایش می‌یابد و این افزایش نیرو تا دمای تقریباً ۵۰۰ درجه ادامه می‌یابد. از این دما به بعد نیروی محوری کاهش یافته تا این که سازه گسیخته شود، لیکن تغییر مکان با افزایش دما بیشتر می‌شود. در نظر گرفتن این تاثیرات می‌تواند در

۷- مقایسه زمان بقای سازه در آتش استاندارد و طبیعی

در ادامه برای مقایسه استانداردهای آتش سوزی با آتش طبیعی، در مدل سازی تیر علاوه بر آتش استاندارد از آتش طبیعی نیز استفاده شده است. همان گونه که در شکل ۱۱ ملاحظه می شود. زمان بقای سازه در آتش طبیعی با آتش استاندارد تفاوت زیادی باهم دارند علت این تفاوت زیاد را می توان در نمودارهای آتش استاندارد و طبیعی یافت. همان طور که قبلا بیان شده است دمای بحرانی سازه بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد است و ملاحظه خواهد شد که افزایش دما در حالت بارگذاری استاندارد تا ۵۸۰ درجه شیب تندی دارد که باعث می شود زمان بقای سازه در آتش استاندارد پایین تر از آتش طبیعی باشد لیکن نمودار افزایش دما در حالت طبیعی شیب ملایم تری نسبت به حالت استاندارد دارد. در صورتی که دمای بحرانی سازه تا ۶۵۰ درجه برسد زمان بقای سازه افزایش چشم گیری از خود نشان می دهد.



شکل ۱۱: مقایسه زمان بقای تیر در آتش طبیعی و آتش استاندارد در بارگذاری یکنواخت

۸- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل های بالا می توان نتیجه گرفت که با افزایش حرارت دو اثر مهم در طراحی سازه های فولادی باید در نظر گرفت:

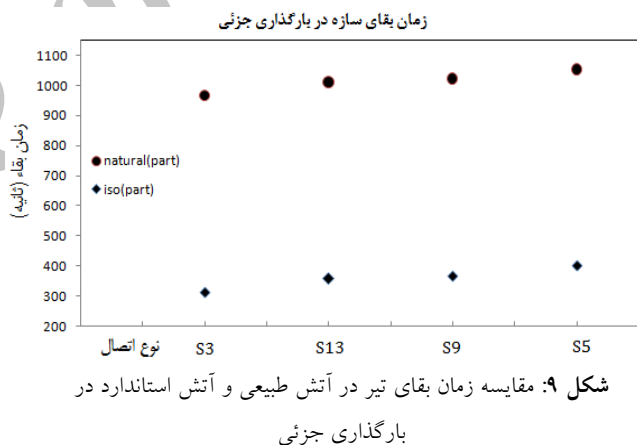
الف- افزایش نیرو به واسطه انبساط طولی ناشی از افزایش دما

ب- کاهش مقاومت و سختی فولاد ناشی از افزایش حرارت

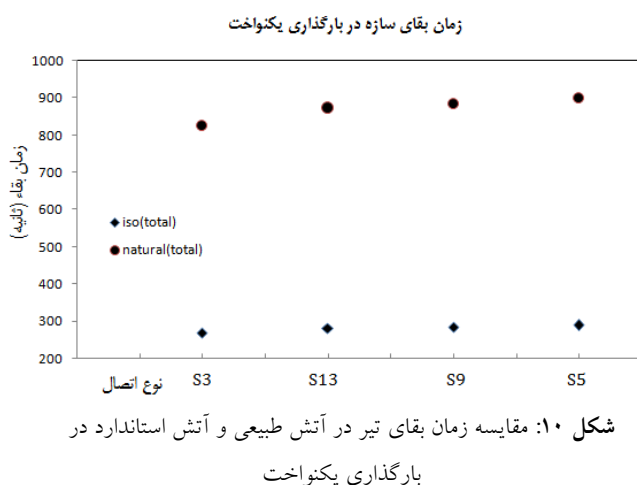
همچنین دمای بحرانی و زمان بقای سازه در بارگذاری جزئی بیشتر از بارگذاری یکنواخت است. زمان بقای سازه در آتش

۶-۲- مقایسه دمای بحرانی و زمان بقای سازه در آتش استاندارد و طبیعی

در ادامه برای مقایسه نمودار زمان-دمای آتش استاندارد با آتش طبیعی، در مدل سازی تیر علاوه بر آتش استاندارد از آتش طبیعی نیز استفاده شده است. همان گونه که در شکل های ۹ و ۱۰ ملاحظه می شود زمان بقای سازه در آتش طبیعی ۲ الی ۳ برابر زمان بقا در آتش استاندارد است. علت این تفاوت زیاد را می توان در نمودارهای آتش استاندارد و طبیعی یافت همان گونه که قبلا بیان شد دمای بحرانی سازه بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد بوده و ملاحظه می شود که افزایش دما در حالت بارگذاری استاندارد تا ۵۸۰ درجه شیب تندی دارد که باعث می شود زمان بقای سازه در آتش استاندارد پایین تر از آتش طبیعی باشد. نمودار افزایش دما در حالت طبیعی شیب ملایم تری نسبت به حالت استاندارد دارد که باعث شده زمان بقای سازه در آتش طبیعی بالاتر از آتش استاندارد باشد.



شکل ۹: مقایسه زمان بقای تیر در آتش طبیعی و آتش استاندارد در بارگذاری جزئی



شکل ۱۰: مقایسه زمان بقای تیر در آتش طبیعی و آتش استاندارد در بارگذاری یکنواخت

[2] Usmani, A.S., Rotter, J.M., Lamont, S., Sanad, A.M. and Gillie, M., "Fundamental principles of structural behaviour under thermal effects", Fire Safety Journal, 36(8), 721-744, 2001.

[3] Bradford, M.A. "Elastic analysis of straight members at elevated temperature", Advances in Structural Engineering, 9 (5), 611-618, 2006.

[4] Bradford, M.A., Luu, K.T., Heidarpour, A. "Generic nonlinear modelling of a steel beam in a frame sub-assembly at elevated temperatures" Ductility of Steel Structures (Edited by: D. Camotim, N. Silvestre, P.B. Dinis) IST Press, Lisbon; 293-298, 2006.

[5] L. Simões da Silva a, Aldina Santiago b, Paulo Vila Real. "A component model for the behaviour of steel joints at elevated temperatures" Journal of Constructional Steel Research 57 (2001) 1169–1195.

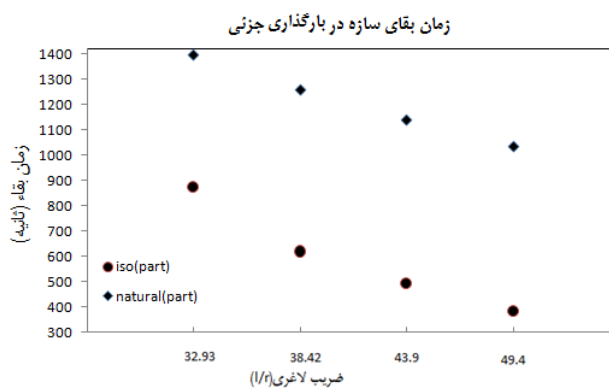
[6] M. A. Bradford., K. T. Luu. and A. Heidarpour., "Numerical studies of a steel beam in a frame sub-assembly at elevated Temperatures". Construction and Maintenance of Structures - Hanoi, Vietnam, December 2007.

[7] Sokol, E., Wald, F., Pultar, M., Bene, M. "Numerical simulation of cardington fire test on structural" Journal of Constructional Steel Research 63 (2004) 561–577.

[8] CEN. Eurocode 3: Design of Steel Structures, Part 1.2: General Rules – Structural fire design, European Committee for Standardization, Brussels, 2005.

[9] Saedi Daryan A, Yahyai M, " Modeling of bolted angle connections in fire" Fire Safety Journal 44 (2009) 976–988.

طبیعی بعضاً تا ۲ الی ۳ برابر آتش استاندارد است. این نتیجه حاکی از آن است که نمودار زمان-دما آتش استاندارد در طراحی دست بالا است.



شکل ۱۲: مقایسه زمان بقای تیر در آتش طبیعی و آتش استاندارد در بارگذاری جزئی

۹- منابع

[1] Bailey, C. "Computer modelling of the corner compartment fire test on the large-scale Cardington test frame", Journal of Constructional Steel Research, 48(1), 27-45, 1998.

Research Note:

Endurance time of steel frames with angle connection Under fire

Mahmood Yahyai¹, and Hossain Rad²

1. Associate prof. of KN Toosi University of Technology, Tehran
2. Graduate Student of Civil engineering ,KN Toosi Univerity of Technology

yahyai@kntu.ac.ir

Abstract:

The importance of fire effect on stability of steel structures has become one of the major issues for structural engineering researchers. Since steel is very susceptible to high temperature and cost of strengthening the elements with use of fire proofing material or any other provision, the need for rigorous investigation of the behavior of steel frames at elevated temperature in order to reduce unfavorable effect is well understood. To achieve this goal, researchers have carried out both experimental and theoretical investigations. It is clear that the cost of experimental research is high and is not available in all the institutions. It is also know that due to the limitation of the parameters to be studied, finite element procedure can be used as a powerful method of investigating structural behavior under extreme loading. It has been approved that the modeling of structural elements can be performed by this procedure that will best represent the structural behavior under fire. In this research the effect of fire on steel beams considering the softening behavior of connection and reduction of strength of material is studied. ANSYS software is used for this purpose and beam sub-assembly that has been used by Bradford, with the same assumptions has been adopted considering different boundary conditions. The standard variation of temperature is imposed at the geometrical center while linear temperature gradient is considered though the beam cross section. Uniform gravity load representing service load is also imposed on the beam. Restrained ends are modeled by elastic springs with calculated stiffness. Bredford beam is first modeled with the same assumption to calibrate the modeling. In this research a four story steel building with concentrically bracing is designed and one of the exterior frames is selected for the study. ISO 834 as an standard fire is imposed on the beam. Cardington natural fire curve showing the variation of the temperature with time is also used on the beam. One of the beams of the frame is assumed to be in compartment and a uniform as well as partial fire are imposed on the beam. At the end of the beam both translational and rotational springs are provided. Nonlinear moment-rotation curve obtained from Yahyai and Saedi experiment is used. For linear spring behavior, lateral stiffness of the frame is considered. The results are obtained in the form of displacement and axial load at the center of the beam under partial and uniform fire loading. Endurance time of the beam at various temperature is obtained. As the results shows the displacement and axial loading at 500 degree increases considerably due to the reduction of the modulus of elasticity under both partial and uniform loading. This increase is more for uniform loading case. Endurance time is more in case of natural fire as compared to standard one. This is due to the steep slope of the standard fire curve.

Key words: Steel Structure , angle connections, time endurance, elevated temperature