

بسمه تعالى

# FIRE 110 (صحت سنجی نرم افزار و مثالهای کاربردی)

							۰۳
محل ضرب							۰۲
مهرهای تحت							٠١
کنترل- منسوح					0.1h.10	FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای	
				الليو تفتعناي	وحيد پاچيدان	كاربردى	
	تاريخ انتشار	تصويب	تأييد	بررسى	تهيه	شرح	REV

orgen daryan•co

تهران – سعادت آباد – خیابان ریاضی بخشایش – بن بست قائے – پلاک ۴ – طبقه چهارم

فکس: ۲۲۱۳۷۰۸۴

تلفن: ۷–۲۲۱۳۷۰۸۶

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی											
صفحه: ۲	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:		
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱۱<u>ا</u>لا</b>	

فهرست مطالب

۳	۱–مقدمه
۳	۲-مثال های تراز اول (الاستیک خطی)
۳	۲-۱- تیر طره یکنواخت حرارت دیده تحت کشش
۴	۲-۲- تیر دو سرمفصل بدون گیرداری محوری تحت حرارت یکنواخت
۵	۲–۳- تیر با تکیه گاه ساده، در معرض گرمایش غیر یکنواخت
۷	۳-مثال های تراز دوم (غیر خطی هندسی)
۷	۲–۱–۳ قاب <i>Toggle</i>
۸	۳-۲- آزمایش ستون های فولادی مهارنشده محوری
۱۸	۴- مثال های تراز سوم (غیر خطی شدگی مصالح و سرد شدگی)
۱۸	۴-۱- اثر غیر خطی مصالح روی قاب Vogel
۲۰	۴-۲- تیرهای دو سر ساده تحت نسبت بار های مختلف
۲۱	۴-۳- آزمایش های قاب فولادی کوچک مقیاس تحت توزیع دمای یکنواخت
۲۴	۴-۴- نتایج تجربی برای اثر خم شدگی حرارتی (thermal bowing)
۲۵	۴-۵- رفتار سرمایش تیرها تحت گرمایش یکنواخت و غیر یکنواخت
۲۹	۵-مثال های تراز چهارم (بزرگ مقیاس)
۲۹	۵-۱-۵ قاب کامپوزیت ۸ طبقه
۳۳	۵-۲- تحلیل اتش انجام شده توسط (۱۹۹۶) EI – Rimawi و همکاران
۳۳	۵-۳- قاب فولادی سه طبقه در برابر آتش
۳۵	۵-۴- قاب فولادی سه طبقه در معرض گرمایش یکنواخت در دهانه ۵
۳۷	۶–جمع بندی

FIRE 110 – صحت سنجی و مثالهای کاربردی											
صفحه: ۳	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:		
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <u>۲</u> ۱۵	

#### ۱- مقدمه

در این نوشتار تعدادی از نمونه های آزمایشگاهی و یا مثال های عددی معروف در حوزه اثرات اتش بر سازه های فولادی انتخاب شده اند. مدل هایی مشابه انها در نرم افزار FIRE110 ساخته شده و نتایج حاصله با نتایج ازمایشگاهی و یا عددی قبلی مقایسه شده است. در این بخش دو هدف اصلی مورد توجه قرار دارد. هدف اول اطمینان از صحت نتایج ارائه شده توسط نرم افزار که نشان دهنده صحت فرمولاسیون اعمالی می باشد و دوم تعیین قابلیت ها و حوزه عملکرده نرم افزار. به منظور نیل به این هدف مثال ها و ازمایشات انتخابی در چهار تراز مختلف طبقه بندی شده اند. تراز اول مثالهای الاستیک خطی، تراز دوم مثال ها و ازمایشات انتخابی در چهار تراز مختلف طبقه بندی شده اند. تراز اول مثالهای الاستیک خطی، تراز دوم مثال ها یی که صرفا دارای بحث غیر خطی هندسی هستند، تراز سوم مثال های دارای غیر خطی شدگی مصالح و سرد شدگی و در نهایت مثال هایی از قاب های فولادی بزرگ مقیاس با اثرات کامل حرارتی. چنین تقسیم بندی این اجازه را فراهم می نماید که به طور گام به گام فرمولاسیون پیشنهادی صحت سنجی شود. در انتها نیز با مثال های بزرگ مقیاس توانایی نرم افزار در تحلیل

## ۲- مثال های تراز اول (الاستیک خطی)

در این بخش، مثالهای الاستیک خطی در دماهای بالا انتخاب شده اند و اثرات حرارتی مطالعه شده نیز ، شامل کاهش خصوصیات مصالح (ترموپلاستیک)، انبساط حرارتی و اثر خم شدگی حرارتی می باشد.

## ۲-۱- تیر طرہ یکنواخت حرارت دیدہ تحت کشش

اولین مثال ارائه شده ، یک تیر طره به طول *Im* است که تنها تحت یک نیروی کششی و گرمایش یکنواخت قرار گرفته است. با توجه به افزایش حرارت یکنواخت لذا تنها انبساط حرارتی محوری در این مثال مطرح می باشد. برای سادگی مساله همانطور که در ابتدای این بخش ذکر شد، اثر غیر خطی هندسی در این بررسی لحاظ نشده است. ابتدای تیر تحت یک نیروی کششی 50kN قراردارد. تیر مورد نظر از پروفیل *IPE*80 می باشد. مشخصات مصالح , مقطع و هندسه در شکل ۱ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از حل تئوری این مساله را می توان با نتایج حاصل از فرمولاسیون تحلیل اتش مقایسه نمود . به منظور حل تئوری مساله می توان انبساط نوک تیر طره به سبب بار اعمال شده و حرارت را به روش دستی از فرمول ساده زیر محاسبه نمود :

		(	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
صفحه: ۴	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <b>ـا</b>

$$\Delta = \frac{pl}{EA} + \alpha \left( T - 20 \right) l \tag{1}$$

انبساط نوک تیر طره به کمک حل تئوری دستی و تحلیل اتش به دست امده و درشکل ۱ مقایسه شده اند. بررسی نتایج نشان می دهد که نتایج تطابق کاملی با هم دارند .



سحل ۲۰۱۰ بیساط تو ت نیز طره

## ۲-۲- تیر دو سرمفصل بدون گیرداری محوری تحت حرارت یکنواخت

در مثال دوم، یک تیر با تکیه گاه ساده و دهانه یک متر که یک انتهای آن غلتکی و دیگری گیردار است، مورد بررسی قرار گرفته است . در شکل ۲ مشخصات نمونه نشان داده شده است . پروفیل تیر از IPE80 می باشد و در وسط دهانه خود تحت بار 10kN قراردارد .میزان تغییر مکان در وسط دهانه از روش تئوری دستی و توسط تحلیل آتش کنونی محاسبه شده است . منحنی دما ـ تعییر مکان حاصل از هر دو روش تقریبا مشابه می باشد . تغییر مکان تئوری وسط دهانه توسط رابطه ذیل محاسبه شده است

$$\Delta = \frac{\text{Pl}}{48\text{EA}} \tag{(Y)}$$

لازم به ذکر است که اثر ازدیاد طول محوری ناشی از حرارت تاثیری در تغییر مکان وسط دهانه ندارد و صرفا تنزل خصوصیات مصالح به سبب افزایش دما در رابطه فوق موثر می باشد.

	FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی											
l	صفحه: ۵	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:		
	مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲// <b>گ</b> ا	



شکل ۲: تغییر مکان وسط دهانه برای تیر دو سر مفصل

## ۲-۳- تیر با تکیه گاه ساده، در معرض گرمایش غیر یکنواخت

یک تیر با تکیه گاه ساده، به طول *Im* تحت یک بار متمرکز ۱0kN در وسط دهانه قرار گرفته، یک گرادیان دمایی با نسبتی که در شکل ۳ نشان داده شده است، به تیر وارد می شود . پروفیل تیر از IPE80 می باشد و کلیه مشخصات در شکل ۳ نوشته شده است. در راه حل تئوری تغییر مکان کلی وسط دهانه به صورت زیر محاسبه شده است :

$$\Delta = \frac{pl}{48EA} + \frac{\alpha\beta Tl^2}{8D} \tag{(*)}$$

باید توجه داشت که مصالح و مشخصات در این مثال، مشابه با مثال دوم است، اما به واسطه گرادیان حرارتی غیر یکنواخت تغییر مکان وسط دهانه عضو بسیار بزرگتر از حالتی است که تیر تحت گرمایش یکنواخت قرار داشته است.

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی											
صفحه: ۶	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:		
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲// <b>گ</b> ا	



شکل ۳: تغییر مکان وسط دهانه تیر با تکیه گاه ساده تحت گرادیان حرارتی غیر یکنواخت

باید توجه کرد که ، مدول الاستیسیته تیر در این تحلیل آتش مبتنی بر دما در سطح زیری است. در حالیکه در واقعیت، مدول الاستیسیته به دلیل گرمایش غیر یکنواخت در طول مقطع عضو بایستی مختلف باشد. بنابراین، تغییر مکان بدست آمده از این تحلیل، محافظه کارانه است.

تغییرمکان تیر در معادله (۳) در نتیجه دو اثر متفاوت یعنی، افت مقاومت Pl/ 48EI و اثر خم شدگی حرارتی <sup>2</sup> 3D به دلیل خم شدگی حرارتی، از تغییر مکان ایجاد شده توسط افت مقاومت حتی در دمای ماکزیمم نیز ، بسیار بزرگتر است.

ير يكنواخت	گرمایش غ	ه سبب ٔ	تغییرمکان با	مای مختلف	حدول ۱: مؤلفه ه
------------	----------	---------	--------------	-----------	-----------------

تغيير مكان (mm)	$\frac{pl}{48\text{EI}}$ at $68^{\circ}\text{C}$	$\frac{pl}{48\mathrm{EI}}$ at $680^{\circ}\mathrm{C}$	$\frac{\alpha\beta Tl^2}{8D}$
Δ	1.21 mm	3.19 mm	13.41

FIRE 110 – صحت سنجی و مثالهای کاربردی												
صفحه: ۷	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:			
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <b>۱</b>		

## ۳- مثال های تراز دوم (غیر خطی هندسی)

در این تحقیق فر آیند افزایشی-تکراری برای مدل کردن غیر خطی هندسی برای تحلیل آتش به همراه اثر تغییر شکل بزرگ ارائه شده است. به منظور اطمینان از صحت فرمولاسیون ارائه شده در این بخش نتایج حاصل از تحلیل اتش فعلی با نتایج چند نمونه از تحقیقات تجربی و تحلیل های عددی مقایسه شده است.

Toggle قاب Toggle

قاب دو عضوی toggle هم به صورت تجربی و هم تحلیلی توسط (۱۹۶۴) Williams مورد بررسی قرار گرفته است. این مسئله توسط تعدادی از محققین دیگر نیز به روش های مختلف بررسی شده است. به عنوان نمونه (۱۹۸۷) Woode & Zienkiewiez با استفاده از پنج المان در هر عضو این مساله را تحلیل نموده اند، (۱۹۸۱) Meek & (۱۹۸۳) با استفاده از روش dynamic relaxation مثال فوق را بررسی کرده است، (۱۹۸۳) Aeek تر با استفاده از روش طول قوس مساله را تحلیل کرده اند . هندسه و مشخصات مصالح نیز در شکل ۴ نشان tan نیز با استفاده از روش طول قوس مساله را تحلیل کرده اند . هندسه و مشخصات مصالح نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. در ازمایش انجام شده به خاطر استفاده از عضو با مقاومت تسلیم بالا، تسلیم شدگی رخ نداده است. تغییر مکان وسط دهانه در برابر هر تراز دمایی، در شکل ۴ نشان داده شده است. از آن جایی که هیچ محققی رفتار قاب boggle را در دماهای بالا را بررسی نکرده است لذا با مقایسه نتایج تحلیل اتش فعلی در دمای محیط با نتایج ازمایشگاهی صرفا می توان گفت که اثر غیرخطی هندسی مدل شده در این تحلیل آتش در شرایط محیط، کاملاً دقیق بوده است.



شکل ۴: تغییر مکان وسط دهانه قاب toggle برای سطوح مختلف دما

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی											
صفحه: ۸	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:		
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>۸</u>۲</b>	

#### **۲-۳- آزمایش ستون های فولادی مهارنشده محوری**

تعدادی ستون فولادی توسط (۱۹۸۵) Aasen مورد آزمایش قرار گرفته اند. خلاصهای از جزئیات این آزمایشها در جدول ۲ نشان داده شده است. در این تحقیق شماره مرجع یکسانی برای ستونها همانند آنهایی که توسط (۱۹۸۵) Aasen به کار رفته بود، اتخاذ شده است. نتایج این آزمایشات توسط (۱۹۹۵) Poh & Bennetts توسط (۱۹۹۵) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. تمامی ستونهای فولادی در این مطالعه آتش به ۲۰ المان تقسیم می شوند. سطوح مختلفی از بارهای محوری به ستونهای ما شده است. کلیه ستونها در مرکز سطح مقطع خود بار گذاری و حول محورهای کوچکتر خود خم شده اند. نرخ گرمایش آmm / 2<sup>00</sup> / min / <sup>200</sup> برای ستونهای مختلف انتخاب شدند. متوسط دماهای اندازه گیری شده در امتداد نصف طول هر ستون در مدت آزمایش با توجه به مطالعات (1985) Aasen بیان می شوند. دماها در سرتاس سطح مقطع یکنواخت فرض شده است. تمامی ستونها از مقطع مولادی در مدت آزمایش با توجه به مطالعات (1985) Aasen بیان می شوند. دماها در سرتاس سطح مقطع یکنواخت فرض شده است. مامی ستونها از مقطع مولاد در دمای اتاق Aasen یا نی تونهای فولادی در در مای اتاق مطع MP است. مدول از مقطع مولاد در دمای اتاق می شوند. دماها در سرتاس سطح مقطع یکنواخت فرض شده است. تمامی ستونها معربی از مقطع مولاد در دمای اتاق GPA در می شود. روابط دما–تنش–کرنش که در کشش و فشار یکسان هستند برای مصالح فولادی توصیه شده توسط 3 Euro code در این تحلیل عددی به کار گرفته شده اند.

در آزمایش های ستون مهارنشده، تغییر شکل های محوری کلیه ستون های مهارنشده به درستی مدل شده است. این کار دقت و صحت مدلسازی انبساط حرارتی را در تحلیل اتش فعلی نشان می دهد. در مورد ستون های لاغر، تغییر مکان های جانبی برای ستون های شماره ۲، ۵، ۶، ۸ تا ۱۰ به دقت توسط تحلیل آتش عددی کنونی پیش بینی و در شکل های ۵ تا ۱۶ نشان داده شده اند. تغییر مکان های جانبی در نصف ارتفاع ستون های کوتاه، مانند ستون های شماره ۱۲ تا ۱۴ و ۱۶ نیز، در اشکال ۱۷ تا ۲۴ نشان داده شده اند.

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی											
صفحه: ۹	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:		
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱۱<u>۲</u>۲ ک</b>	

## جدول ۲: خلاصه جزئیات آزمایشهای ستون فولادی

Column	Length	Axial	Initial	Heating
number	(mm)	Load	Imperfection	Rate
		(kN)	(mm)	(°C/min)
2	3110	91.2	4.21	20
5	3110	68.1	7.91	20
6	3110	90.9	3.40	20
8	2210	168.9	3.97	20
9	2210	129.9	4.26	20
10	2210	168.8	0.59	20
12	1750	246.9	2.90	20
13	1750	181.9	2.21	20
14	1750	246.6	0.86	20
16	1700	98.0	1.36	10



شکل ۵: تغییر مکان جانبی ستون شماره ۲



شکل ۶: تغییر شکل محوری ستون شماره ۲

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
مىفحە: ١٠	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <b>گ</b> ا



<sup>10</sup>Time(min) <sup>15</sup>

شکل ۸: تغییر شکل محوری ستون شماره ۵

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
صفحه: ۱۱	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱<u>ا</u>لار</b>



شکل ۹: تغییر مکان جانبی ستون شماره ۶



شکل ۱۰: تغییر شکل محوری ستون شماره ۶

		(	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
سفحه: ۱۲	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲// <b>گ</b> ا



شکل ۱۲: تغییر شکل محوری ستون شماره ۸

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			
مىفحە: ١٣	,	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱۱<u>ا</u>لا</b>



شکل ۱۴: تغییر شکل محوری ستون شماره ۹

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			
مىفحە: ١۴	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۱ <b>۱<u>ا</u>ل ک</b>



شکل ۱۵: تغییر مکان جانبی ستون شماره ۱۰



شکل ۱۶: تغییر شکل محوری ستون شماره ۱۰

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			
بىفحە: ١٥	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱۱<u>ا</u>لا</b>



شکل ۱۷: تغییر مکان جانبی ستون شماره ۱۲



شکل ۱۸: تغییر شکل محوری ستون شماره ۱۲



شکل ۱۹: تغییر مکان جانبی ستون شماره ۱۳

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
مىفحە: ١۶	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>گ</u>۱۱</b>



شکل ۲۱: تغییر مکان جانبی ستون شماره ۱۴

		(	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
بىفحە: ١٧	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <b>ـا</b> ل



شکل ۲۲: تغییر شکل محوری ستون شماره ۱۴



شکل ۲۳: تغییر مکان جانبی ستون شماره ۱۶

		,	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
مىفحە: ١٨	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>گ</u>اک</b>



شکل ۲۴: تغییر شکل محوری ستون شماره ۱۶

## ٤- مثال های تراز سوم (غیر خطی شدگی مصالح و سرد شدگی)

در این بخش به منظور اطمینان از صحت و کارایی فرمولاسیون تحلیل اتش ارائه شده برای در نظر گرفتن اثرات پلاستیک شدگی مصالح نتایج حاصل از فرمولاسیون فعلی با نتایج برخی نمونه های ازمایشگاهی مقایسه شده است.

#### ٤-١- اثر غير خطى مصالح روى قاب Vogel

قاب کالیبراسیون اروپایی دارای شش طبقه و دو دهانه می باشد و تحت اثر بارهای ثقلی و جانبی قرار دارد. این قاب توسط (۱۹۸۵) Vogel مورد بررسی قرار گرفته است. از این قاب برای کالیبره کردن رفتار پلاستیک مصالح استفاده می شود. مدول الاستیسیته و تنش تسلیم فولاد در این قاب به ترتیب <sup>2008</sup> <sup>2.05</sup> و مصالح استفاده می شود. مدول الاستیسیته و تنش تسلیم فولاد در این قاب به ترتیب <sup>2.05</sup> مان داده شده <sup>2.05</sup> <sup>2.05</sup> می باشند. اندازه مقاطع به کار رفته در قاب به همراه هندسه قاب در شکل ۲۵ نشان داده شده است. هدف از این مثال صرفا تأیید کارایی فرمولاسیون سختی فنر کلی می باشد. لذا این نمونه در حرارت عادی مورد بررسی قرار گرفته است. مقایسه منحنی نیرو - تغییر مکان برای تغییر مکان جانبی در بالای قاب از تحلیل است. هدف از این مثال صرفا تأیید کارایی فرمولاسیون سختی فنر کلی می باشد. لذا این نمونه در حرارت عادی مورد بررسی قرار گرفته است. مقایسه منحنی نیرو - تغییر مکان برای تغییر مکان جانبی در بالای قاب از تحلیل اتش فعلی و نتایج *Vogel* در شکل ۲۵ نشان داده شده اتش فعلی و نتایج *Vogel* در شکل ۲۵ نشان داده شده اتش فعلی و نتایج *Vogel* در شکل ۲۵ نشان داده شده اند. همانطور که مقایسه ارائه شده در این شکل نشان می دهد فرمول بندی ارائه شده در این تحلیل به نحو کارامدی توانایی مدل سازی رفتار پلاستیک شدگی مصالح را با سافاده از فرمول سختی فنر کلی دارد.

		,	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
مفحه: ۱۹	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱۱<u>ا</u>ار)</b>



شکل ۲۵ : هندسه قاب Vogel



شکل ۲۶: مقایسه نتایج نیرو –تغییر مکان برای قاب Vogel

		(	ی کاربردی	و مثالها:	ت سنجی	F – صحب	IRE 110			Δ
بىفحە: ٢٠	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱۹۷۱ ک</b>

#### ٤-۲- تیرهای دو سر ساده تحت نسبت بار های مختلف

از انجاییکه این مثال، یک مسئله خمش ساده توسط بار نقطه ای اعمال شده می باشد، بنابراین هیچ یک از اثرات کمانش یا غیر خطی هندسی وجود ندارند. با این حال، تسلیم شدگی مصالح و مقاومت پسماند بعد از تسلیم شدگی (در هنگامی که بار اعمال شده از مقاومت مصالح در دماهای بالا بیشتر می شود)، در این مثال قابل بررسی است. بنابراین، این مثال غیر خطی مصالح و مقاومت پسماند را به همراه هم نشان می دهد. پارامتر مقاومت پسماند در این مسئله ۲ انتخاب شده است. مقادیر بزرگتر نشان دهنده سختی بزرگتر بعد از تسلیم شدگی کامل و برعکس هستند.

تغییر مکان های وسط دهانه تحت نسبت های بار مختلف در شکل ۲۷ ترسیم شده است. مقایسه این نمودار نشان می دهد که تغییر مکان های به دست امده از تحلیل اتش تحت نسبت بار های مختلف و در دماهای متفاوت، معمولاً نزدیک به نتایج آزمایشها می باشد. این مقایسه کفایت فرمولاسیون تحلیل را در شبیه سازی مؤثر مقاومت پسماند بعد از تسلیم شدگی در دماهای بالا و تحت تراز بارهای مختلف نشان می دهد.

از آنجایی که مدول الاستیسیته در دماهای بالای 6000 در ECCS تعریف نشده است، به جای آن از رابطه ارائه شده در BS5950 برای نسبت بار 0.2 و حرارت های بالای ۶۰۰ درجه، استفاده شده است. از انجاییکه رفتار مصالح بر طبق ECCS نرمتر از همان ها بر اساس BS5950 است، بنابراین، منحنی تغییر مکان برای این تراز بارگذاری با دیگر منحنی ها تفاوت دارد.

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صحب	IRE 110			Δ
بىفحە: ٢١	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲//کارک

Test beams with various load ratios



شکل ۲۷: تغییر مکانهای وسط دهانه تیر دوسر ساده تحت نسبت های بار مختلف

٤-٣- آزمایش های قاب فولادی کوچک مقیاس تحت توزیع دمای یکنواخت

قاب های فولادی کوچک مقیاس با ابعاد نشان داده شده در شکل ۲۸ تحت حرارت یکنواخت در آزمایش های صورت گرفته اند. این قاب ها شامل سه های صورت گرفته اند. این قاب ها شامل سه معای صورت گرفته اند. این قاب ها شامل سه (ZSR1 مورد بررسی قرار گرفته اند. این قاب ها شامل سه نوع هندسه متفاوت به شکل L وارونه (EHR3)، قاب پرتال تک دهانه (EGR1) و قاب پرتال دو دهانه (ZSR1) نوع هندسه متفاوت به شکل L وارونه (EHR3)، قاب پرتال تک دهانه (EGR1) و قاب پرتال دو دهانه (ZSR1) مورد بررسی قرار گرفته اند. این قاب ها شامل سه نوع هندسه متفاوت به شکل L وارونه (EHR3)، قاب پرتال تک دهانه (EGR1) و قاب پرتال دو دهانه (ZSR1) ساخته شده بودند. سطح مقطع پروفیل های به کار رفته در تمامی قاب ها MDE و MDE بوده است. مشخصات مصالح و بارهای اعمال شده به صورت مفصل در مرجع (Zost (2000) معام ها و معان بوده است. مشخصات مصالح و بارهای اعمال شده به صورت مفصل در مرجع (Zost (2000) معام ها معام باشد ارائه شده است. مدول الاستیسیته مصالح مصرفی <sup>20</sup> معار و به منظور جلو گیری از حرکت خارج از صفحه قاب ها در برابر تغییر مکان خارج از صفحه مقید شده بودند.

شکل ۲۹ تغییر شکل های قاب EHR3را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود تغییر شکل های حاصل از تحلیل آتش فعلی به طور کلی با نتایج حاصل از آزمایشات در توافق مناسبی هستند. دو مفصل پلاستیک در

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
بىفحە: ٢٢	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								• 1		گروه مهندسین ۲// <u>گ</u> //

دمای<sup>o</sup> ۲۰۰۰ تشکیل می شود. و قاب *EHR3* نمی تواند قبل از رسیدن به مکانیزم گسیختگی، بیش از یک مفصل را تحمل کند، بعد از <sup>o</sup> ۴۰۰ تغییر مکانهای خارج از کنترل به سبب مقاومت پسماند بوجود می اید. تغییر مکان های مربوط به قاب های *EGR1 و ZSR1* در برابر افزایش دما در شکل ۳۰ و ۳۱ نشان داده شده اند. این شکل ها نشان می دهند که تغییر مکانها بین تحلیل و آزمایش ، تا حد قابل قبولی ساز گار هستند. علاوه بر ان چنین مقایسه ای نشان می دهد که اثرات غیر خطی مصالح به درستی توسط تحلیل آتش فعلی شبیه سازی شده اند. دماهای گسیختگی این قاب های آزمایش شده کوچک مقیاس در جدول ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۸: مجموعه قاب فولادی کوچک مقیاس

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
بىفحە: ٢٣	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <b>ـا</b>

#### جدول: خلاصه ای از دمای گسیختگی سه مجموعه قاب کوچک مقیاس

دمای گسیختگی	نتايج عددى	نتايج آزمايش
EHR3	470C	475C
EGR1	520C	515C
ZSR1	530C	547C



### شکل ۲۹: تغییر شکل قاب *EHR3* با تغییر دما



شکل ۳۰: تغییر شکل قاب EGR1 با تغییر دما





شکل ۳۱: تغییر شکل های قاب ZSRI با تغییر دما

## ٤-٤- نتایج تجربی برای اثر خم شدگی حرارتی (thermal bowing)

(۱۹۸۷) *cook* یک تیر ورق فولادی کوچک مقیاس را در امتداد یک بال حرارت داده و نتیجتا یک توزیع دمای غیر یکنواخت در مقطع عضو ایجاد نمود. طول تیر ۱۸۵ متر بوده و مقطع تیر از دو صفحه بال به ابعاد دمای غیر یکنواخت در مقطع عضو ایجاد نمود. طول تیر ۱۸۵ متر بوده و مقطع تیر از دو صفحه بال به ابعاد دمای غیر یکنواخت در مقطع عضو ایجاد نمود. طول تیر ۱۸۵ متر بوده و مقطع تیر از دو صفحه بال به ابعاد دمای غیر یکنواخت در مقطع عضو ایجاد نمود. طول تیر ۱۸۵ متر بوده و مقطع تیر از دو صفحه بال به ابعاد دمای غیر یکنواخت در مقطع عضو ایجاد نمود. طول تیر ۱۸۵ متر بوده و مقطع تیر از دو صفحه بال به ابعاد تر مای خری یک مفحه جان به ابعاد *mm 3 \* 50 مت*کیل شده بود. به چهار نقطه با فواصل یکسان در طول تیر با نیروی 4.345 از طریق یک جک بار گذاری هیدرولیکی اعمال شده است. جزئیات بیشتر این ازمایشات در گزارش (۱۹۸۷) *محام دو محی بار گذاری هیدرولیکی اعمال شده است. جزئیات بیشتر این ازمایشات در گزارش (۱۹۸۷) در ماده است. رفتار سازه ای تیر شامل اثر خم شدگی حرارتی و غیر خطی مصالح می شود. مدول الاستیسیته و تنش تسلیم به ترتیب برابر با <sup>2</sup><sup>Mm</sup> <sup>1945</sup> و <sup>2</sup><sup>Mm</sup> <sup>315</sup> که با <sup>315</sup> می باشند. به علاوه، این ازمایشات به مدول الاستیسیته و تنش تسلیم به ترتیب برابر با <sup>2</sup><sup>Mm</sup> <sup>315</sup> مترد اند. در شکل ۳۲ مقایسه بین این نتایج ارائه شده روش عددی توسط (<i>201) Wang & lenno ش*یه سازی شده اند. در شکل ۳۲ مقایسه بین این نتایج ارائه شده است.

همانطور که در شکل ۳۲ مشاهده می شود نتایج حاصل از تحلیل عددی فعلی از نتایج عددی Wang & ...

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صحب	IRE 110			Δ
بىفحە: ٢٥	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲// <b>گار)</b>



شکل ۳۲: تغییر مکان وسط دهانه برای تیر دو سر مفصل

## ٤-٥- رفتار سرمایش تیرها تحت گرمایش یکنواخت و غیر یکنواخت

Bailey و همکاران (۱۹۹۴) رفتار گرمایش و سرمایش یک تیر دو سر ساده را توسط نرم افزار NARR2 بنمودند. مقطع تیر 51×171×356 UB با دهانه ۶ متری در نظر گرفته شده بود. بار گسترده یکنواخت 30.6<sup>kN</sup>/ عمر افزار ۶۲ متری در نظر گرفته شده بود. بار گسترده یکنواخت ۲۰۰۰ به تیر وارده شده بود. مشخصات مصالح در شکل ۳۳ نشان دادن شده است. تیر به صورت غیر یکنواخت با یک به تیر وارده شده بود. مشخصات مصالح در شکل ۳۳ نشان دادن شده است. تیر به صورت غیر یکنواخت با یک گرادیان دمای ۲۵۰ گرادیان دمای ۲۵۰۰ گرادیان دمای خواخت ۲۰۰۰ کردیان دمای خواخت ۲۰۰۰ معالح در شکل ۳۳ نشان دادن شده است. تیر به صورت غیر یکنواخت با یک گرا دیان دمای خطی همانند آنچه در شکل ۳۳ نشان داده شده ، تحت حرارت قرار گرفته است. تیر تا دمای ۲۰۰۶ گرا و سپس سرد شده بود. در مطالعات (۱۹۹۶) Bailey و همکاران ، قانون مشخصه مواد مبتنی بر معادله گرم و سپس سرد شده بود. در مطالعات (۱۹۹۶) Bailey و همکاران ، قانون مشخصه مواد مبتنی بر معادله بر طبق بخش ۲۰۱۱ ز Ramberg-Osgood در این تحلیل آتش، منحنی های دما ـ تنش ـ کرنش بر طبق بخش ۲۰۱۱ ز دهمای ۲۰۱۲ و Bailey در حالیکه در این تحلیل آتش، منحنی های دما ـ تنش ـ کرنش دهد که رفتار مصالح با توجه به مرجع 20.5 *Euro code 3 Pt 12 و هم*کاران ، معمولاً در مقایسه با نتایج حاصل از مدلسازی عددی نشان می دهد که رفتار مصالح با توجه به مرجع Euro code 3 Pt 12 و Bailey در ماهای بالاتر، معمولاً در مقایسه با نتایج حاصل از و Bailey و همکاران (۱۹۹۴)، سختی بزر گتری را نشان می دهد.

تغییر مکان های وسط دهانه در شکل ۳۳ نشان داده شده اند. ماکزیمم تغییر مکان از این تحلیل آتش 405.32mm است که نزدیک به تغییر مکان 397.85mm به دست آمده توسط Bailey و همکاران می باشد. تغییر شکل دائمی حاصل در تحلیل آتش فعلی، کمتر از مقدار به دست آمده از سوی Bailey و همکاران (۱۹۹۶) می باشد.

	,	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
مىفحە: ٢۶	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴							٠١		گروه مهندسین <b>۱<u>۱</u>۷۵ کا</b>



 $\sigma_{y20} = 308N / mm^2$  $E_{20} = 210kN / mm^2$ 



356X171X51 UB

شکل ۳۳: منحنی تغییر مکان تیر تحت بار گسترده <sup>۸۸</sup> 30.6<sup>kN</sup> به علت حرارات غیر یکنواخت و سرد شدن در ادامه تحقیقات Bailey و همکاران (۱۹۹۶)، یک تیر دو سر ساده تحت بار گسترده <sup>۸۸</sup> 6.89<sup>kN</sup> با یک گرادیان دمایی مشابه با مثال قبلی تحلیل شده است. مقطع و مشخصات مصالح در شکل ۳۴ نشان داده شده است. ماکزیمم دما ی مشابه با مثال قبلی تحلیل شده است. مقطع و مشخصات مصالح در شکل ۳۴ نشان داده شده است. ماکزیمم دما ۲۰ بوده و فاز سرمایش تا رسیدن به دمای اتاق ادامه یافته است. تغییر مکان های وسط دهانه تیر در طول فازهای گرمایش و سرمایش در شکل ۳۴ نشان داده شده اند. طبق تحلیل آتش فعلی، ماکزیمم تغییر مکان آتش سازگار و همسان هستند.

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
بىفحە: ٢٧	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱۱<u>ا</u>۲ کارک</b>





شکل ۳۴: منحنی تغییر مکان تیر تحت بار گسترده  $kN_m/m$  6.89 به سبب حرارت غیر یکنواخت و سرد شدن

شکل ۳۵ نتایج را برای یک تیر دو سر ساده مشابه حالت قبل، تحت بار گسترده <sup>۲۸</sup><sup>(KN</sup> 6.89 که به صورت یکنواخت تا ۲<sup>°</sup>۲۰ حرارت دیده است نشان می دهد.بعد از اتمام فرایند حرارت دهی تیر تا دمای اتاق سرد شده است. ماکزیمم تغییر مکان و تغییر شکل دائمی به دست امده از تحلیل اتش فعلی به ترتیب 834.06mm و 749.24mm می باشند. ماکزیمم تغییر مکان ها و تغییر شکل های کاهش یافته از این تحلیل آتش بسیار نزدیک به نتایج ارائه شده در مطالعات Bailey و همکاران (۱۹۹۶) می باشد. این نتایج نشان می دهد که مسیرهای بار ۔ تغییر مکان در طول فاز سرمایش بین دو رویکرد آتش مشابه هستند. باید توجه داشت که عضو تیر در این مثال بعد از ۲۰ ۶۰۰ که در آن تسلیم شدگی پلاستیک رخ می دهد، شدیداً غیر خطی رفتار می کند و مقاومت پسماندی که پس از ۲<sup>°</sup> ۶۵۰ وجود دارد موجب بروز تغییر شکل های ناگهانی و خارج از کنترل ایجاد کند. بنابراین، به

			(	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صحب	IRE 110			Δ
	بىفحە: ٢٨	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
	مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <b>۲</b> ۱۵

منظور همگرا نمودن تحلیل یک افزایش حرارتی دقیق جهت معرفی مراحل (سکانس) گرمایش، و محاسبات غیر خطی به کار رفته است.

این بررسی نشان داد که این تحلیل آتش می تواند رفتار سرمایش یک عضو ایزوله را با توافقی مناسب با تحلیل Bailey و همکاران، پیش بینی کند. البته لازم به ذکر است که معمولاً، رفتار سازه ای یک عضو در طول فاز گرمایش در مقایسه با نتایج Bailey و همکاران (۱۹۹۶)، اندکی سخت تر می باشد همانطور که در تحلیل اتش فعلی نیز نشان داده شده است.



شکل ۳۵: منحنی تغییر مکان تیر تحت بار گسترده  $m = 6.89 \, k M_m$  به سبب گرمایش یکنواخت و سرد شدن

		(	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
بىفحە: ٢٩	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>گ</u>۱۱</b>

## ٥- مثال های تراز چهارم (بزرگ مقیاس)

## ٥-١- قاب كامپوزيت ٨ طبقه

اولین نمونه ای که در این بخش انتخاب شده است قاب کامپوزیت ۸ طبقه ایست که دارای ۳ دهانه در عمق و ۵ دهانه در عرض می باشد. این قاب در آزمایشات آتش cardington در انگلستان مورد بررسی قرار گرفته است. ارتفاع اولین طبقه 4.305*m و* سایر طبقات 4.185*m بو*ده است. بنابراین ارتفاع کلی قاب 33.6*m بو*ده. در شکل ۳۶ پلان قاب مورد نظر نشان داده شده و در شکل ۳۷ هندسه و سایز مقاطع مشخص شده است. تمامی اتصالات به صورت صلب طراحی شدند. یک بار گسترده <sup>2</sup> مای ۲۸۸ بر روی تیرهای فرعی ۹ متری، وارده می شده. این بار همانطور که در شکل ۳۷ نشان داده شده است به تیر های اصلی منتقل می شده است.



شکل ۳۶: پلان قاب ۸ طبقه در ازمایشات اتش cardington

مشخصات مصالح به کار رفته عبارتند از مدول الاسیتیسته  $E_{20} = 2.1 * 10^8 kN / m^2$  تنش موثر تسلیم برای فولاد نرم  $\sigma_{20} = 390N / mm^2$  تنش موثر تسلیم برای فولاد پر مقاومت  $\sigma_{20} = 390N / mm^2$ 

			ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
بىفچە: ۳۰	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>۲</u>۱۵</b>



شكل ٨-٣٨ : هندسه و مقطع قاب ٨ طبقه

آتش تنها در طبقه سوم متمر کز شده بود. تمامی ستونها بنا به پیشنهاد (Kirby (1997) تا ارتفاع 200mm پایین اتصال، اندکی محافظت شده بودند. ماکزیمم دما تقریباً C<sup>0</sup>800 بود و دمای قاب تا دمای محیط کاهش یافت. اگر چه توزیع دما در سراسر اعضای تیر در تراز طبقه چهارم در آزمایش آتش اندکی غیر یکنواخت بود، اما در این تحقیق چنین فرض شد که تیرها به طور یکنواخت گرم می شوند.

(۱۹۹۷) Kirby در آزمایشات آتش مشاهده کرد که تیر اصلی داخلی در 800<sup>0</sup>C، به میزان 293mm تغییر مکان داد و پس از رسیدن دما به دمای اتاق، 237mm تغییر مکان دائمی در تیر باقی ماند.

با توجه به به شبیه سازی انجام شده در نرم افزار FIRE110 ، تغییر مکان وسط دهانه تیر داخلی در ۶ ۸۰۰ می همان گونه که در شکل ۳۸ نشان داده شده است، 251.62mm می باشد و تغییر شکل دائمی ۳۸۸,۰۴ می باشد. همانطور که مشاهده می شود نتایج به دست امده از ازمایشات تا حدی انعطاف پذیر تر از نتایج نرم افزاری می باشندعلت این مساله احتمالا به دلیل ان است که اتصالات در مدل سازی نرم افزاری صلب فرض شده در حالیکه در ازمایش واقعی درصدی از چرخش را داشته اند. فرم تغییر شکل یافته قاب در تراز های مختلف حرارتی در بخش های مختلف شکل ۳۹ نشان داده شده است.

بر طبق این تحلیل آتش، هنگامی که دما به 800<sup>°</sup>C می رسد، تغییر مکان جانبی، به میزان 81.3mm به طرف بیرون منحرف می شود در حالیکه این عدد برای ازمایشات برابر با 51.23mm بوده است. علت این مساله احتمالا به دلیل اثر غشایی دال های بتنی می باشد. دال بتنی به میزان قابل توجهی از انبساط حرارتی تیر ممانعت به عمل می اورد، در حالیکه این مساله در این تحلیل مشاهده نشده است.

		,	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	FI – صح	IRE 110			Δ
مفحه: ۳۱	2	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>گ</u>۱۱</b>

پس از اینکه سازه به دمای محیط باز می گردد، تغییر مکان جانبی به میزان 150.14mm به طرف داخل، به علت نیروی انقباض حرارتی عضو تیر تحت سرمایش افزایش می یابد. بنابراین، برای یک سازه گرفتار در آتش، عضو تنها به واسطه افزایش دما دچار تغییر شکل نمی شود، بلکه خنک شدگی نیز می تواند موجب گسیختگی اعضا در یک سازه شود.



شکل ۳۷: تغییر مکان وسط دهانه ی تیر اصلی داخل در فازهای گرمایش و سرمایش



شکل ۳۸: تغییر شکل قاب در c ۶۵۰ در طول فاز گرمایش

		(	ی کاربردی	و مثالها	ت سنجی	F – صح	IRE 110			Δ
بىفحە: ٣٢	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <b>۲</b> ۱۵



الف: تغییر شکل قاب در دمای ماکزیمم  $^{lpha}$ 



ب: تغییر شکل قاب مسطح در c ۲۰ پس از فاز خنک شدگی

شکل ۳۹: تغییر شکل قاب در تراز های مختلف حرارتی

	FIRE 110 - صحت سنجي و مثال هاي كاربردي												
بىفحە: ٣٣	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:				
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>گ</u>۱۱</b>			

#### ٥-٢- تحليل اتش انجام شده توسط (١٩٩٦) EI - Rimawi و همكاران

Rimawi و همکاران (۱۹۹۶) نیز قاب ذکر شده در بخش قبلی را به صورت عددی تحلیل کرده اند. در تحلیل انجام شده بار کف برابر با <sup>2</sup> / 10.7kN در نظر گرفته شده و حرارت نیز تا <sup>650</sup> 2006 اعمال شده است. منحنی های تغییر مکان قاب در حرارت <sup>650</sup> در شکل ۴۰ ارائه شده است. تغییر مکانهای وسط دهانه های تیرهای داخلی و خارجی همان گونه که در شکل ۴۰ نیز نشان داده شده است، به ترتسی ۵۳/۴۶ س داخلی و خارجی همان گونه که در شکل ۴۰ نیز نشان داده شده است، به ترتسی ۵۳/۴۶ و ۲۵۶ اعمال که با تغییر مکانهای به دست آمده توسط *EI- Rimawi* و همکاران (۱۹۹۶) که برای تیر داخلی و خارجی به ترتیب ۵۴*mm* و ۲۰۵*mm* بود، سازگاری مناسبی دارد.



شکل ۴۰: فرم تغییر شکل یافته قاب در حرارت  $^{o}$ 

## ٥-٣- قاب فولادی سه طبقه در برابر آتش

قاب بحث شده در این مثال برای شبیه سازی عددی اثر گسترش آتش از سوی Bailey و همکاران (۱۹۹۴) ارائه شده و Liew و همکاران (۱۹۹۸) نیز ان را مورد مطالعه قرارداده اند. هندسه و مشخصات مصالح اعضا در شکل ۴۱نشان داده شده است. در این مثال عددی تمامی تیرهای داخلی ۱٫۱ × ۲۲۹ × ۶۱۰ UB و تمامی ستونهای ۱۳۲ × ۲۵۴ × ۲۵۴ UC بودند. اتصالات نیز، صلب در نظر گرفته شدند. دو حالت آتش سوزی (دو سناریوی مختلف اتش سوزی) برای سازه در نظر گرفته شده بود. در تمامی موارد تیرها اعضای حرارت دیده بودند که بال های

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی												
بىفحە: ۳۴	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:			
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲// <u>گ</u> را		

فوقانی آنها ٪۸۰ دماهای بال پایینی و جان را تجربه می کرد. ستونها کاملاً حفاظت شده فرض شدند و بنابراین رفتار کلی قاب متأثر از گسیختگی ستون ها نبود.



شکل ۴۱: قاب سه طبقه ۹ دهانه در معرض گسترش آتش

منحنی مراحل گرمایش برای گسترش آتش در شکل ۴۲ نشان داده شده است. ماکزیمم دمای آتش 700<sup>0</sup>C بود و به تدریج کاهش یافته است. در سناریوی اول همانطور که مشاهده می شود ابتدا دهانه ۵ به حرارت ماکزیمم می رسد و سپس دهانه ۴ و ۶ این روند را طی می کنند و در نهایت دهانه ۳ و ۷ حرارت دهی می شوند. ولیکن در سناریوی دوم تمامی دهانه ها همزمان تحت گرمایش قرار می گیرند. هر دمای افزایشی در مرحله گرمایش توسط یک سیکل حرارتی مدل می شود.



شکل ۴۲: رابطه دما \_زمان گسترش آتش در قاب ۳ طبقه

در سناریوی اول هنگامی که آتش در طول ۵ دهانه مطابق شکل ۴۲ گسترش می یابد، می توان مشاهده کرد که تغییر مکان وسط دهانه در دهانه پنجم در ۲۰<sup>0</sup>0C به رقم 580.4*mm* می رسد (شکل ۸–۴۳). تغییر مکان تیر در دهانه ۵ بعد از ماکزیمم دمای ۲۰۵<sup>0</sup>C (سیکل حرارتی ۶۸۰) هنگامی که تیر شروع به خنک شدن می کند،

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی										
بىفحە: ٣٥	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲/۱ <u>۲</u> ۱۵

کاهش می یابد. در همان زمان، تیرهای دهانه های ۴ و ۶ حرارت می بینند. ماکزیمم تغییر مکان تیر در دهانه ۴ و ۶ (سیکل حرارتی ۱۲۵۰) به میزان 135.24mm رخ می دهد. قبل از سیکل حرارتی ۱۱۵۰، تیرهای دهانه های ۴ و ۶ همچنان به میزان ناچیزی تغییر مکان می دهند، چرا که تغییر مکان بزرگ تیر در دهانه ۵ می تواند نیروهای محوری اعضای تیر در دهانه های ۴ و ۶ را آزاد کند به گونه ای که این اعضای تیر همچنان سختی بالایی داشته باشند. در سناریوی گرمایش همزمان، ماکزیمم تغییر مکان وسط دهانه های تیر در دهانه ۵ به 670.32mm حرارتی ۲۰۰۰) می رسد. این میزان تغییر مکان در دمای <sup>0</sup>630 همان گونه که در شکل ۴۳ نشان داده شده است، رخ می دهد. ماکزیمم تغییر مکان استر مکان در دمای <sup>0</sup>7006 همان گونه که در شکل ۴۳ نشان داده شده است، حرارتی ۹۰۰) می رسد. این میزان تغییر مکان در دمای <sup>0</sup>7006 همان گونه که در ماکزیمم دمای <sup>0</sup>7007 (سیکل رخ می دهد. ماکزیمم تغییر مکان استر مکان در دمای <sup>0</sup>7037 در تیرهای دهانه های ۲ و ۶ در ماکزیمم دمای <sup>0</sup>7007 (سیکل



شکل ۴۳: تغییر مکانهای وسط دهانه در تیرهای ناحیه متأثر از آتش در قاب ۳ طبقه

## ٥-٤- قاب فولادی سه طبقه در معرض گرمایش یکنواخت در دهانه ٥

(1998) Bailey قاب فولادی سه طبقه معرفی شده در مثال قبل را در معرض آتش در دهانه ۵، قرار داده و رفتار اعضای فولادی در این قاب بزرگ مقیاس را تحلیل و بررسی کرد. اعضای فولادی شامل تیر و ستونهای مشخص شده با خطوط پر رنگ در شکل ۴۴ به طور یکنواخت گرم شده و سپس تا دمای اتاق سرد می شوند.در این مثال برخلاف مثال قبلی ستون ها نیز تحت اثر گرمایش قرار دارند.

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی											
بىفحە: ۳۶	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:		
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین ۲// <b>گ</b> ا	



شکل ۴۴: قاب سه طبقه در معرض گرمایش یکنواخت در دهانه ۵

باید توجه کرد از انجاییکه، اعضای حرارت دیده در برابر بار محوری بزرگ به سبب احتمال وقوع گسیختگی زود هنگام بحرانی هستند لذا در این مثال بار محوری ستون های دهانه ۵ حذف شده بود. نحوه حرارت دهی در این تحلیل آتش به صورت <sup>2</sup>°۲۰ - <sup>2</sup>°۲۰ انتخاب شده بود تا از نیروهای محوری بزرگ عضو در تکیه گاه ها (قیود) جلوگیری شود. لازم به ذکر است که برای جلوگیری از عدم همگرایی از افزایش حرارت های بسیار کوچک در طول تحلیل استفاده شده است. نتایج حاصله از این تحلیل آتش و نتایج حاصل از تحقیقات Bailey)، در اشکال ۴۵ و ۴۶ نشان داده شده اند.



شکل ۴۵: نمودار دما- تغییر مکان برای قاب فولادی

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی										
بىفحە: ٣٧		DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								٠١		گروه مهندسین <b>۱/۱<u>م</u>۲ ک</b>



شکل ۴۶: نیروهای محوری در تیر دهانه ۵

شکل ۴۵ نشان می دهد که در این تحلیل آتش، ماکزیمم تغییر مکان نسبی وسط دهانه، 92.6mm است که در دمای <sup>0</sup>510 اتفاق افتاده است. منحنی تغییر مکان در طول گرمایش بین دو رویکرد، تقریبا مشابه است. ولیکن در فاز سرمایش تفاوت بین دو رویکرد بیشتر می شود. تغییر مکان دائمی تیر حرارت دیده براساس این تحلیل آتش، 75.1mm است. می توان چنین بیان کرد که نیروی محوری عضو در این تحلیل غالباً بزرگتر از مقادیر آن در تحلیل (1998) Bailey در طول فاز برودتی است؛ چرا که رفتار پیش بینی شده توسط این تحلیل آتش سخت تر از رفتار پیش بینی شده از سوی تحلیل *Bailey است. در* شکل ۴۶، نیروی محوری ماکزیمم آتش سخت تر از رفتار پیش بینی شده از سوی تحلیل *Bailey است. در* شکل ۴۶، نیروی محوری ماکزیمم دمای حدوداً ع<sup>°</sup>۵۰۰، یک تغییر مکان خارج از کنترل اتفاق می افتد تا نیروی محوری تیر حرارت دیده را آزاد دمای حدوداً ع<sup>°۵</sup>۰۰، یک تغییر مکان خارج از کنترل اتفاق می افتد تا نیروی محوری تیر حرارت دیده را آزاد اعضای مجاور می کند. نیروهای کششی بزرگی در تیر در حال خنک شدن القاء می شود و شروع به کشیدن اعضای مجاور می کند. نیروی محوری کششی باقی مانده نهایی، ۱۵۹۰٫۶*k*۷ است. این نیروی کششی بزرگ می

#### ٦- جمع بندي

بررسی ها نشان داد که نرم افزار نوشته شده با فرمولاسیون پیشنهادی بسیار کار امد و ساده و در عین حال پر سرعت است. تغییر مکان های دائمی توسط این تحلیل آتش به صورت منطقی پیش بینی می گردد. بنابراین،

FIRE 110 - صحت سنجی و مثالهای کاربردی										Δ
بىفحە: ٣٨	0	DEP	PRJ	CAT	DIS	ТҮР	SEQ	REV	پروژه:	
مهر ۹۴								• 1		گروه مهندسین <b>۱۱<u>۱</u>۱۵</b>

استفاده از نرم افزار نگارش شده طراحی ایمن یک سازه بزرگ مقیاس در برابر آتش را در طول فاز گرمایش و سرمایش با یک پروسه سریع، کارآمد و مفید میسر می سازد.

در یک عضو حرارت دیده در یک سازه بزرگ مقیاس هنگامی که اختلاف دمای بزرگی میان عضو حرارت دیده و اعضای خنک مجاور ان وجود دارد ممکن است درصد بالایی از گیرداری در دو انتها بوجود اید. بنابراین، مطالعه رفتار اتصال در دمای بالاتر مهم است، زیرا نیروی گیرداری بزرگی ممکن است در اتصال القا شود و رفتار کلی سازه گرفتار آتش را تحت تاثیر قرار دهد.

مطالعات مشخص کرده است که هنگامی که یک تیر در یک سازه بزرگ مقیاس با اتصالات با گیرداری زیاد, تغییر مکان قابل توجهی دارد، این تغییر مکان بزرگ یا رفتار انعطاف پذیر به آزاد سازی تنش حرارتی محوری این عضو کمک می کند. زیرا به دلیل تغییر مکان های بزرگ تیر عملکرد کابلی پیدا کرده و دوران زیادی می کند و لذا نیروی کششی در ان ایجاد می شود این نیروی کششی تنش حرارتی محوری فشاری را در تیر آزاد می کند. به بیان دیگر، اثر غیر خطی مصالح در عضو می تواند غیر خطی هندسی ناشی از تنش حرارتی را کهش دهد.