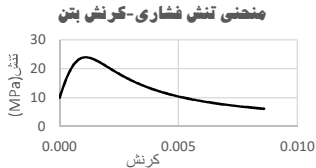
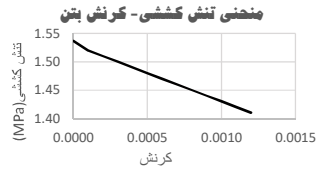
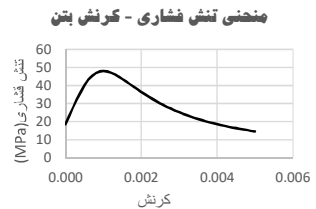
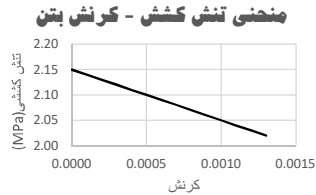


Dilation angle	Eccentricity	f_{c1}/f_{c0}	k	Viscosity Parameter
۳۳	۱/۰	۱۶/۱	۲۲/۰	۰۰۱/۰

جدول ۱: پارامترهای مورد نیاز مدل CDP در تعریف رفتار پلاستیک بتن [۲]
مشخصات مقاومت فشاری و کششی بتن ۲۴ مگاپاسکال مورد استفاده در نواحی میانی تیر و پای ستون و مشخصات مقاومت فشاری و کششی بتن ۴۸ مگاپاسکال



مورد استفاده در نواحی اتصالات تیر به ستو بصورت شکل های ۱ و ۲ می باشد.



شکل ۱: رفتار فشاری و کششی بتن ۲۴ مگاپاسکال مورد استفاده در مطالعه
شکل ۲: رفتار فشاری و کششی بتن ۴۸ مگاپاسکال مورد استفاده در مطالعه

به بررسی‌های انجام شده بعد از وقوع حادثه ۱۱ سپتامبر یکی از عوامل مهم در تخریب کلی ساختمان‌های تجارت جهانی خواص مصالح سازه‌ای بکار رفته در این ساختمان‌ها کاهش سختی و مقاومت عنوان شد. سازه‌های بتنی علی‌رغم برتری نسبی آنها بر فولاد در برابر حریق، می‌توانند به شدت آسیب پذیر باشند. در حرارت‌های بالا، تغییر در خواص مصالح بتن و میلگرد مانند مدول الاستیسیته، مقاومت شکست و وجود پدیده ای به نام پگی‌دیگی که با کاهش سطح مقطع بتن همراه است باعث افزایش تغییر مکان‌ها و در نهایت انهدام سازه می‌شوند. تنش‌هایی که در ستون بتنی در حین حریق به وجود می‌آید ناشی از فشار آب تبخیر شده در بتن و نیز تنش‌های ناشی از انبساط است. ثابت شده که بتن در حرارت بالا منفرج می‌شود. این رفتار انفجاری بتن به سایر خطرات حین آتش سوزی افزوده می‌شود.

رفتار کششی و فشاری بتن
از میان تئوری‌هایی که برای توضیح رفتار بتن ارائه شده اند، دو تئوری پلاستیسیتیه و مکانیسم خرابی بیشترین تطبیق را با رفتار واقعی بتن دارند. در این تحقیق از مدل بتن آسیب دیده پلاستیک یا مدل CDP برای مدل سازی بتن استفاده شده است. [۱]

علاوه بر پارامترهای الاستیک (مدول الاستیسیته و ضریب پواسون)، با مدل CDP مقادیر عددی پنج پارامتر پلاستیک و پارامترهای اختصاصی معرف رفتار بتن در کشش و فشار به نرم افزار داده شوند که به شرح زیر هستند:

زاویه انبساط ϕ ، که نسبت تغییرات حجم به کرنش برشی است. بزرگ تر شدن مقادیر ϕ بتن را شکل پذیر تر می‌سازد.

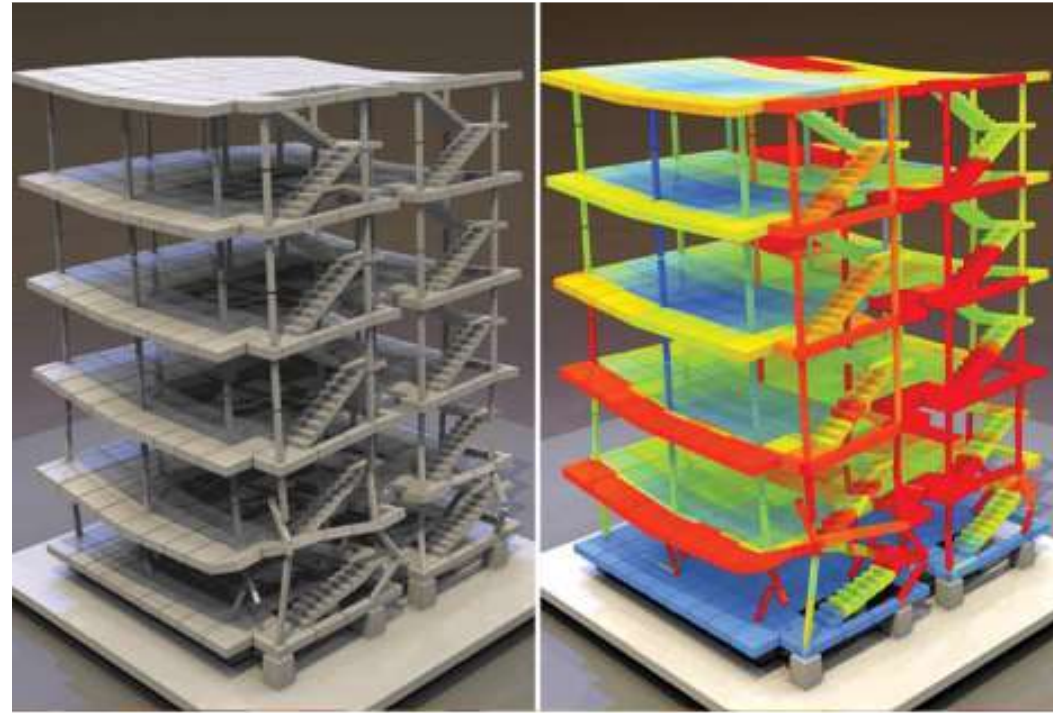
خروج از محوریت، ϵ ، که سرعت نزدیک شدن تابع پتانسیل پلاستیک به مجانبش را به دست می‌دهد و هرچه مقدار آن بیشتر باشد، انحنا در پتانسیل‌های کم، بیشتر می‌گردد. مقدار این خروج از محوریت به عنوان پیش فرض در نرم افزار 0.1 در نظر گرفته شده است.

f_{c0} ، f_{c1} ، f_{b0} ، f_{b1} که نسبت تنش تسلیم دو جهته فشاری به تنش تسلیم یک جهته فشاری است که در آزمایش‌ها معمولاً عددی بین $1/11$ تا $1/16$ به دست می‌آید.

پارامتر k ؛ که شکل سطح تسلیم را مشخص می‌سازد و می‌تواند مقداری بین 0.5 تا 1.0 داشته باشد.

پارامتر ویسکوزیته، μ ؛ که زمان آسودگی سیستم ویسکوپلاستیک را نشان می‌دهد. بعضی از مشکلات عدم همگرایی را می‌توان با استاندارد سازی و تنظیم ویسکوپلاستیک معادلات رفع نمود و بدین وسیله اجازه داد تنش‌ها از سطح تسلیم خارج شوند [۱].

پارامترهای معرف رفتار پلاستیک بتن در جدول ۱ نمایش داده شده است.



بررسی تاثیر حرارت بر قاب بتنی مسلح در نرم افزار اجزاء محدود

چکیده:

E119 اعمال گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش حرارت ظرفیت باربری قاب کاهش می‌یابد که این روند در دماهای ۸۰۰ و ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد بسیار قابل توجه می‌باشد. با توجه به وابستگی سختی و شکل پذیری به تغییر مکان اولیه تسلیم، روند کاهش در قاب‌ها به تغییر مکان تسلیم بستگی دارد. در مدل‌های تحت درجه حرارت ۸۰۰ و ۱۰۰۰ به دلیل فروپاشی سیستم مقدار سختی به شدت کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: قاب بتن مسلح، حرارت و آتش سوزی، آیین نامه ASTM E119، نرم افزار ABAQUS.

مقدمه

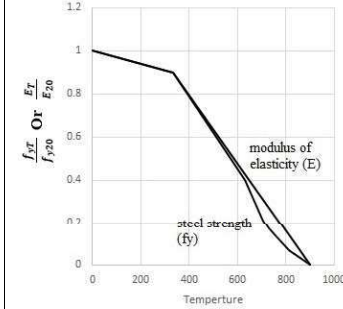
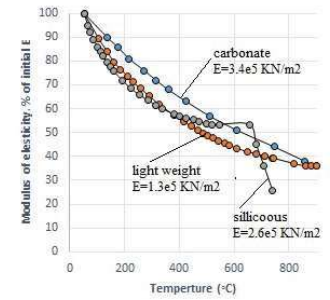
آتش پدیده‌ای است که هر سازه در طول عمر مفید خود ممکن است آن را تجربه نماید. با گسترش شهرسازی مدرن پتانسیل خطرات ناشی از آتش سوزی و احتمال وقوع آنها در سازه نیز گسترش یافته است و دستیابی به ایمنی کامل در برابر حریق غیرممکن است. با توجه

مقاله حاضر به بررسی تاثیر حرارت بر قاب بتن مسلح می‌پردازد. یک قاب بتنی با ابعاد هندسی مشخص، در نرم افزار المان محدود ABAQUS مدل‌سازی شده و ظرفیت باربری و مشخصات دیگر همچون سختی و شکل‌پذیری به دست آمده است. سپس قاب بتنی تحت حرارت ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و ظرفیت‌های باربری و ضرایب محاسبه گردیده است. هدف بررسی تاثیر حرارت بر ظرفیت باربری، سختی و شکل پذیری قاب‌های بتنی قرار گرفته تحت حرارت می‌باشد که جهت مقاوم سازی سازه‌های بتنی در برابر آتش سوزی اهمیت به سزایی دارد. تاثیر حرارت بر مصالح، از جمله تنش‌های تسلیم و مدول الاستیسیته میلگرد و همچنین مقاومت و مدول الاستیسیته بتن، از طریق آیین نامه حرارت ASTM



رضاصالحی

۴- تاثیر حرارت و آتش بر اجزای بتن مسلح
۴-۱- تاثیر حرارت بر میلگرد فولادی



مقاومت فولاد حرارت دیده با توجه به شکل ۳ با مقاومت تسلیم و کششی فولاد رابطه دارد [۳].
شکل ۳: رابطه بین مشخصات فولاد و درجه حرارت (درجه سلسیوس) [۳] - تاثیر حرارت بر مدول الاستیسیته بتن [۳]

$$F_y = F_{y0} \left(1 + \frac{T_c}{767 \ln \left(\frac{T_c}{1750} \right)} \right) \quad 0 < T_c \leq 600 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_y = F_{y0} \left(\frac{108 - T_c}{T_c - 440} \right) \quad 600 < T_c \leq 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$$

تغییرات تنش تسلیم در برابر حرارت بصورت زیر خواهد بود:
که در آن: F_{y0} : تنش تسلیم فولاد در دمای افزایش یافته، F_y : تنش تسلیم فولاد در دمای اتاق، T_c : دمای فولاد (سلسیوس)

- تاثیر حرارت بر رفتار بتن
مشخصات وابسته به حرارت بتن بر اساس نوع سنگدانه موجود در آن تغییر می‌کند. Bangash ۹۵۸ در این مورد مقایسه رفتاری انجام داده است که شکل ۳ تاثیر حرارت را بر مدول الاستیسیته بتن برای ۳ نوع سنگدانه نشان می‌دهد [۳].

سختی و شکل پذیری سازه

اهمیت شکل پذیری و تامین آن در سازه را به عنوان موضوعی اساسی در طراحی لرزه‌ای سازه مورد توجه قرار داده است. شکل پذیری یعنی اینکه سازه توانایی تغییر شکل‌های زیاد بعد از رسیدن به حد تسلیم را داشته باشد.

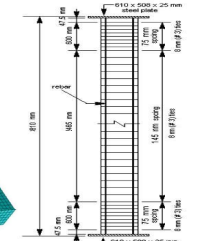
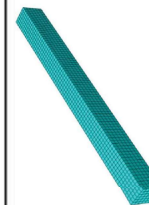
ضریب شکل پذیری بصورت خارج قسمت حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی Δ_{ult} به تغییر مکان جانبی تسلیم Δ_y تعریف می‌شود. سختی نیز از تقسیم نیروی متناظر با حد تسلیم عمومی سازه در هنگام مکانیزم تشکیل

$$E = \frac{V_y}{\Delta_y} \quad \mu = \frac{\Delta_{ult}}{\Delta_y}$$

خرابی V_y بر تغییر مکان جانبی تسلیم Δ_y بدست می‌آید. [۴]

صحت سنجی

برای بررسی اثر حرارت و درستی صحت نتایج از آزمایش‌های انجام شده توسط دکور استفاده شده است. در این صحت‌سنجی، ستون‌های بتنی با ابعاد ۳۰۵ * ۳۰۵ میلی متر مربع و ارتفاع ۳/۸ متر که دارای ۴ آرماتور ۲۵ میلیمتر با تنش تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال در گوشه و خاموت به اندازه ۸ میلیمتر و فواصل ۱۴۵ میلیمتر در وسط ۷۵ میلیمتر در دو انتها با تنش تسلیم ۲۸۰

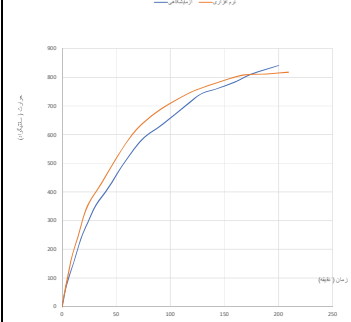


مگاپاسکال بود استفاده کرد. شکل‌های زیر جزئیات نمونه مورد آزمایش را نشان می‌دهد [۵].

شکل ۴: نمای آرماتورگذاری ستون بتنی مورد آزمایش توسط kodur [۵]

بار حرارتی در مدل صحت سنجی، در فاصله‌های ۱۹/۵

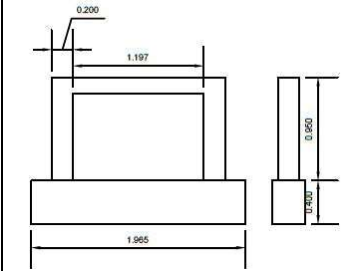
میلیمتری از وجه خارجی ستون اعمال شده است و نتیجه به صورت دما - زمان ارائه گردیده است. در شکل



۵ نمودار صحت سنجی مدل ستون تحت حرارت قابل مشاهده است.

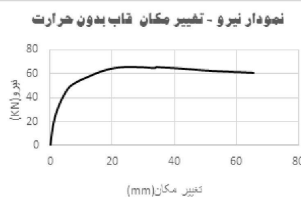
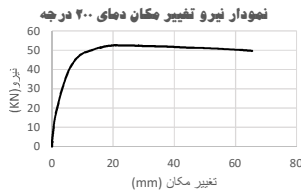
مدل های حرارت دیده

قاب در وسط و وجوه داخلی؛ تحت تاثیر حرارت قرار خواهد گرفت. حرارت محیط بصورت استاندارد در نظر گرفته می‌شود و با ۱۰ درجه افزایش در هر گام مورد تحلیل قرار خواهد گرفت. مدل بصورت حرارت دیده در



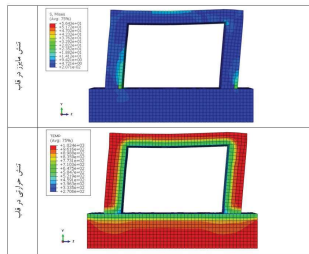
دماهای ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شده است. ابعاد به متر می‌باشد.

شکل ۶: ابعاد هندسی قاب مورد مطالعه با توجه به تحلیل اجزای محدود انجام شده قاب بدون مواجهه با حرارت به مقدار ۶۵/۲۵ کیلونیوتن ظرفیت باربری دارد [۶]. در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد، حداکثر نیروی قابل تحمل در این قاب بدون مقاوم سازی، ۵۲/۵۸ کیلونیوتن بدست آمده است.



شکل ۷: منحنی نیرو-تغییر مکان بدست آمده از قاب فاقد حرارت- دمای ۲۰۰ درجه

در شکل ۸ نحوه توزیع تنش و حرارت در بتن و میلگرد قابل مشاهده می‌باشد. با دقت در شکل می‌توان دریافت که حرارت از المان‌های وجوه داخلی بتن شروع شده و به سمت وجوه بیرونی انتقال می‌یابد. همچنین در تنش فون مایزر در حالت بتن، توزیع ترک در نواحی بالای تیر و به ویژه در پای ستون کاملاً مشخص است و می‌توان به تشکیل مفصل پلاستیک در ناحیه اتصال تیر به ستون



اشاره نمود.

شکل ۸: کانتورهای تنش مایزر و تنش حرارتی قاب - دمای ۲۰۰ درجه

منحنی نیرو-تغییر مکان مدل فاقد الیاف تحت حرارت ۴۰۰ درجه سلسیوس در شکل ۹ آورده شده است. حداکثر ظرفیت باربری این مدل در شرایط آزمایش ۴۳/۷۷ کیلو نیوتن بوده است. مشاهده می‌گردد که در این درجه حرارت مدل نسبت به دمای ۲۰۰ درجه به

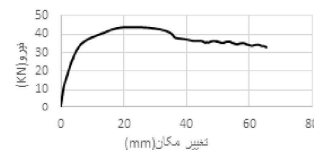
میزان ۸/۸ کیلونیوتن افت ظرفیت باربری داشته است. با بررسی کانتورهای توزیع تنش فون مایز بتن در حرارت ۴۰۰ درجه سانتیگراد، المان‌های بیشتری نسبت به حالت ۲۰۰ درجه دچار آسیب و ترک خوردگی شده است به طوری که علاوه بر سطح فوقانی تیر، در محل اتصال تیر به ستون و پای ستون ترک خوردگی به حدی است که مفصل پلاستیک شکل گرفته است.

منحنی نیرو-تغییر مکان مدل فاقد الیاف تحت حرارت ۶۰۰ درجه سلسیوس در شکل ۹ آورده شده است. حداکثر ظرفیت باربری این مدل در شرایط آزمایش ۱۸/۶۴ کیلو نیوتن بوده است. مشاهده می‌گردد که در این درجه حرارت مدل نسبت به دمای ۴۰۰ درجه به

نمودار نیرو تغییر مکان قاب فاقد مقاوم سازی در دمای ۶۰۰ درجه



نمودار نیرو تغییر مکان قاب فاقد مقاوم سازی در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس



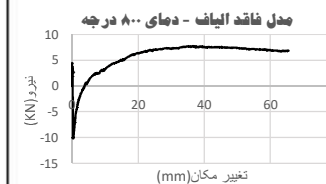
میزان ۲۵/۱۳ کیلونیوتن افت ظرفیت باربری داشته است. شکل ۹؛ منحنی نیرو-تغییر مکان قاب -دمای ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه

در شکل ۹، دمای ۶۰۰ درجه، تغییر شکل شدید در وسط تیر در منحنی نیرو-تغییر مکان تأثیرگذار بوده است به طوری که با کاهش ناگهانی بار و سپس افزایش نسبی مواجه شده است. علت این موضوع را می‌توان ابتدا به جاری شدن میلگردها و خاموت‌های تیر بیان نمود که باعث افت ناگهانی شده و البته بعد از جاری شدن فولاد، هسته بتنی بار را تحمل می‌کند که باعث افزایش نسبی مقدار ظرفیت باربری در تغییر مکان ۵۵ میلیمتر شده است.

حداکثر ظرفیت باربری قاب در دمای ۸۰۰ درجه، ۷/۷۴ کیلو نیوتن بوده است. مشاهده می‌گردد که در این درجه حرارت مدل نسبت به دمای ۶۰۰ درجه به میزان ۱۰/۹

کیلونیوتن افت ظرفیت باربری داشته است. بعد از جاری شدن کامل میلگردهای طولی و عرضی تیر، تیر بتن مسلح نیز دچار فروپاشی شده و گسیختگی کامل در تیر به ویژه در وسط دهانه رخ داده است. این فروپاشی در ظرفیت باربری سیستم به شدت تأثیرگذار بوده است. به طوری که با اعمال تنش در همان زمان اولیه، تیر دچار شکست شده و نمودار شیب نزولی ناگهانی را طی می‌کند. سپس به دلیل انرژی پس گمانشی سیستم، بقیه اعضای سازه بار وارده را تحمل کرده و می‌توان اشاره کرد که بخش اصلی تحمل بار توسط ستون‌ها می‌باشد. با دقت در نمودار ۱۰ نیز می‌توان به رفتار پس گمانشی سازه بعد از تغییر مکان ۵ میلیمتر اشاره نمود که تا حدود ۶۵ میلیمتر ادامه می‌یابد.

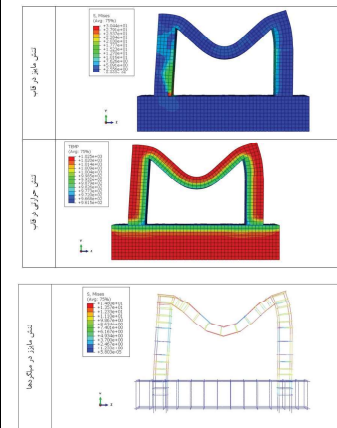
منحنی نیرو-تغییر مکان مدل فاقد الیاف تحت حرارت ۱۰۰۰ درجه سلسیوس در شکل ۱۰ آورده شده است. حداکثر ظرفیت باربری این مدل در شرایط آزمایش ۸/۳۵ کیلو نیوتن بوده است. مشاهده می‌گردد که در این درجه حرارت مدل نسبت به دمای ۲۰۰ درجه به میزان



۴۴/۲۲ کیلونیوتن افت ظرفیت باربری داشته است. شکل ۱۰؛ منحنی نیرو-تغییر مکان قاب-دمای ۸۰۰ و ۱۰۰۰ درجه

با دقت در شکل و در تنش فون مایز بتن، فروپاشی کامل در تیر رخ داده که به دلیل حرارت بالا بخش گسترده ای از ستون هم دچار گسیختگی شده که تا پای ستون ادامه یافته است. همانگونه که در توزیع تنش های میلگردها قابل مشاهده است، کلیه میلگردهای طولی و عرضی جاری شده و بتن وظیفه تحمل بار را بر عهده دارد. با دقت در شکل ۱۰ می‌توان یافت که در همان ابتدای اعمال بار حرارتی، به دلیل فروپاشی تیر، کاهش ناگهانی شدید ظرفیت باربری را داشته است و بر

اساس انرژی پس گمانشی که سیستم تحمل کرده است، اندکی ظرفیت باربری و شکل پذیری بهبود یافته است. با بررسی نمودار می‌توان یافت که در زمان‌های مختلف اعمال بار المان‌های تحت تأثیر حرارت دچار کاهش نیرو و گسیختگی می‌شوند که در ادامه المان‌های کنار بتن بار را تحمل می‌کنند. به همین دلیل، در برخی نواحی



نمودار دچار اعوجاج می‌باشد.

در شکل ۱۲، تأثیر حرارت بر ظرفیت باربری قاب طی افزایش حرارت به تصویر کشیده شده است. با افزایش دما ظرفیت باربری نمونه کاهش یافته است. کاهش در ظرفیت تا دمای ۴۰۰ درجه اندک بوده ولی در دماهای بالاتر افزایش شدیدی در ظرفیت باربری حاصل گشته است. به طوری که در دمای ۸۰۰ و ۱۰۰۰ درجه این مقدار



به تنها ۷ و ۸ کیلونیوتن رسیده است.

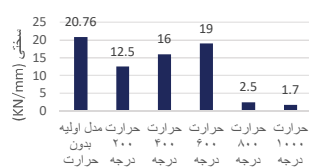
شکل ۱۲؛ تأثیر حرارت بر ظرفیت باربری قاب شکل ۱۳، تأثیر حرارت بر سختی و شکل پذیری قاب را نشان می‌دهد. در ۲۰۰ درجه بتن ظرفیت بالاتری تحمل کرده و شیب نمودار نیرو-تغییر مکان ملایم تر بوده است. از طرفی دیگر در مدل تحت حرارت ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه، فولاد در جهت جلوگیری از فروپاشی قاب عمل کرده است. به همین خاطر در ظرفیت باربری پایین تری دچار

گسیختگی شده و این ظرفیت باربری با شیب تند همراه است. ولی در مدل‌های تحت درجه حرارت ۸۰۰ و ۱۰۰۰ به دلیل فروپاشی سیستم مقدار سختی به شدت

تغییرات شکل پذیری در طی افزایش حرارت



تغییرات سختی در طی افزایش حرارت



کاهش یافته است.

شکل ۱۳ تغییرات سختی و شکل پذیری نمونه‌ها طی افزایش دما دلیل افزایش در شکل پذیری قاب در دماهای ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه، کاهش مقدار تغییر مکان آستانه ترک خوردگی می‌باشد. قاب در درجه حرارت ۱۰۰۰ کمترین شکل‌پذیری را داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از ظرفیت نمونه‌های مورد بررسی بصورت زیر می‌باشد: ضعیف‌ترین حالت بدون تقویت تحت حرارت ۱۰۰۰ درجه دارای ظرفیت باربری ۸/۳۵ کیلونیوتن بوده است. در درجه حرارت ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، قاب پایدار بوده و تحت حرارت ۸۰۰ درجه، قاب با گسیختگی میلگردهای عرضی و طولی و به طور کلی کاهش شدیدی در ظرفیت و شکل‌پذیری مواجه است. در حرارت ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد، نه تنها میلگردهای طولی و عرضی جاری شده‌اند، بلکه بتن نیز دچار گسیختگی کامل شده است.

