

## حفاظت در برابر حریق

### مقدمه

آتش همواره بشر را مجذوب و در عین حال هراسناک نموده است. آتش در عین مفید بودن می تواند مرگ آور نیز باشد. بشر بدون آتش قطعاً زندگی متفاوتی داشت و حتی شاید تمدنی به وجود نمی آمد. اما آتش همین که از کنترل خارج شود میتواند خسارات سنگینی به بار آورد، به طوریکه روزانه تعداد زیادی جان خود را بر اثر حوادث آتش سوزی از دست می دهند.

نقاط ضعف انواع سازه ها در مقابل حریق وقتی مورد توجه قرار می گیرد که یک آتش سوزی بسیار جدی با تلفات جانی و مالی بالا رخ دهد. ابعاد این خسارات همراه با توسعه شهری و صنعتی افزایش می یابد، زیرا مسائلی مانند رشد جمعیت شهری، افزایش ساختمان های بلند، توسعه مراکز بزرگ تجمعی، تجاری، صنعتی و انبارها می توانند ریسک خطر آتش سوزی را افزایش دهند.

چنین آتش سوزی هایی اهمیت کار طراح را نمایان ساخته و مسئولیت معماران را برای حداقل نمودن خطرات حریق در ساختمان ها خاطر نشان می کنند. اما می بایست این نکته را مد نظر داشت که ایمنی حریق تنها یکی از اهداف معمار در طراحی یک ساختمان جدید است و اهداف متعدد دیگری نیز وجود دارد که می بایست برآورد شود.

برای کاهش خسارات ناشی از آتش سوزی باید فعالیت های مهمی به طور موازی و مکمل صورت گیرد. در درجه اول برای الزامی شدن رعایت تمهیدات ایمنی حریق در ساختمان ها باید آیین نامه ها و مقررات محافظت ساختمان ها در برابر آتش تدوین شود. از آنجایی که رعایت چنین مقرراتی مستلزم استفاده از فن آوری های جدید ایمنی و فرآورده های خاص مقاوم در برابر حریق است، لازم است که برای این محصولات، استانداردهای ویژگی ها، استاندارد های روش آزمون و نیز امکانات آزمایشگاهی برای کنترل کیفی آنها (به عبارت دیگر برای کنترل رعایت مقررات) تهیه شود.

محافظت از ساختمان ها و صنایع در برابر حریق را می توان به دو روش فعال (Active) و غیرفعال (Passive) تقسیم بندی کرد که روش های فعال و غیرفعال تکمیل کننده یکدیگر در هنگام آتش سوزی می باشند.

### سیستم محافظت فعال

آن دسته از وسایل حفاظتی و سیستم های نصب شده ای هستند که در هنگام آتش سوزی فعال شده و متعاقب ارسال یک پیام هشدار دهنده توسط شبکه های تشخیص و اعلام حریق به نوعی توسط افراد یا سیستم های خودکار وارد عمل شده و از گسترش حریق جلوگیری می کنند.

مانند سیستم های اعلام حریق یا سیستم های خودکار اطفاء حریق، Fire box و تجهیزات اطفاء دستی. صرف نظر از وجود یا عدم وجود شبکه های تشخیص و اعلام حریق (محافظت فعال) که ساکنان را به مقابله با آتش فرا می خواند، طراحی ساختمان باید طوری باشد که حریق را محدود و محصور نماید که حفاظت غیرفعال مطرح می شود.

### سیستم محافظت غیرفعال

این نوع محافظت درحقیقت، سازه ساختمان، بخش های فرعی و پوشش آن را مورد توجه قرار می دهد و بهترین ابزار محافظتی در کل عمر یک سازه می باشد. از جمله محافظت های غیر فعال شامل Fire Protection، Fire Barrire، Duct Fire هستند. مکانیزم محافظت غیر فعال قاب سازه ای (Passive Fire Protection)، که توسط استفاده از مواد مقاوم در برابر حریق صورت می گیرند به صورت بالقوه مقاوم اند و در هنگام حادثه با توجه به ضخامت، زمان محافظت بیشتری در مقابل حریق به ساختمان می دهند.

این تدابیر محافظتی را می توان تحت سه عنوان طبقه بندی کرد:

الف - محافظت سازه ای



ب - فضا بندی

ج - محافظت پوششی

اجرای پوشش ضدحریق بر روی سازه‌ها به منظور پیشگیری از تخریب آنها در هنگام آتش‌سوزی و به دست آوردن زمان بیشتر جهت ارائه خدمات آتش‌نشانی می‌باشد.

پوشش‌های ضدحریق برای محافظت از سازه‌های فلزی و بتنی قابل طراحی و اجرا هستند.

حداقل زمان محافظت از سازه برای تخلیه افراد و اشیای مهم (مدت زمان مقاومت) بسته به عوامل زیر بین ۳۰ تا ۲۴۰ دقیقه تعیین می‌شود:

شرایط سازه مانند مشخصات هندسی ساختمان (تعداد طبقات و وسعت هر طبقه) ، شکل آن، نوع کاربری ساختمان، میزان جمعیت در حال کار و یا ساکن در بنا، نوع مصالح اجزای سازه ای و غیر سازه ای ، فاصله ساختمان از بناهای مجاور ، میزان مواد قابل اشتغال، نوع حریق احتمالی ، مشخصات تاسیسات مکانیکی و برقی و سیستم های اعلام و اطفاء حریق ، فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی بستگی دارد. بررسی پوشش‌های ضدحریق مستلزم شناخت آتش و عملکرد آن بر روی این سازه‌ها می‌باشد.

## انواع ساختمان‌ها از لحاظ مصالح مصرفی

### ۱- ساختمان‌های بتنی

ساختمان بتنی ساختمانی است ، با مشخصه ساختاری میلگردهای فلزی مسلح به بتن که در اسکلت اصلی آن از بتن آرمه (سیمان ، شن ، ماسه و فولاد به صورت میلگرد ساده یا آجدار ) استفاده شده باشد.

در ساختمان‌های بتنی سقفها به وسیله دال‌های بتنی پوشیده می‌شود یا از سقفهای تیرچه بلوک یا سایر سقفهای پیش ساخته استفاده می‌شود.

### مزایا و معایب ساختمانهای بتنی

- ماده اصلی بتن که شن و ماسه می‌باشد تقریباً در تمام نقاط به حد وفور یافت می‌شود ، از این روی امکان ساختن ساختمان‌های بتنی تقریباً در همه جای ایران میسر است.

- ساختمان‌های بتنی در مقابل عوامل جوی از ساختمان‌های فلزی مقاوم‌تر بوده و در نتیجه نسبت به ساختمان‌های فلزی دارای عمر طولانی‌تر می‌باشند.

- ساختمان‌های بتنی در مقابل آتش‌سوزی نسبت به ساختمان‌های فلزی مقاوم‌تر است.

- از آنجا که بتن می‌تواند به هر شکلی قالب‌ریزی شود، ساختن ستون و پل به اشکال مختلف از این طریق امکان‌پذیر است.

### رفتار سازه‌های بتنی در برابر آتش

بتن به عنوان یکی از مصالح ساختمانی پر مصرف ، مقاوم و پایدار در شرایط جوی مختلف استفاده می‌گردد ولی کاهش مقاومت مکانیکی بتن در اثر افزایش دما از ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به بالا از معضلات رفتار بتن هنگام آتش‌سوزی می‌باشد. به عبارت دیگر بدلیل تفاوت انبساط و انقباض بین بتن ، آهن ، در هنگام خنک‌سازی ساختار درگیر حریق ، احتمال بروز انفجار در ساختمان‌های بتنی بسیار بالاست و دلیل اصلی نیاز به مقاوم‌سازی در ساختارهای بتنی این مسئله می‌باشد.

از عمده عوامل مؤثر در مقاومت بتن در برابر حریق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

- میزان متفاوت سیمان در بتن

- نوع و دانه بندی سنگ دانه‌ها

- نسبت آب به سیمان

## ۲- ساختمان های فلزی



در ایران معمولاً ستونها را از تیرآهن های دوبل می سازند و همچنین برای اتصالات از نبشی- تسمه و برای زیر ستون ها از صفحه فولادی استفاده می شود و معمولاً دو قطعه را به وسیله جوش به همدیگر متصل می نمایند.

سقف این نوع ساختمان ها ممکن است تیرآهن و طاق ضربی باشد یا از انواع سقفهای دیگر از قبیل تیرچه بلوک و غیره استفاده گردد.

برای پارتیشن ها می توان مانند ساختمان های بتنی از انواع آجر ، قطعات گچی ، چوب یا سفال های تیغه ای استفاده نمود. در هر حال دیواره های جدا کننده باید از مصالح سبک انتخاب شوند.

## مزایا و معایب ساختمان های فلزی

- اجرای این نوع ساختمان ها خیلی سریع پیشرفت می کند در صورتی که برای ساختن ساختمان های بتنی زمان بیشتری لازم است.
- ستون ها و قطعات باربر ساختمان های فلزی فضای کمتری را اشغال می کند و این خود باعث بوجود آمدن سطح مفید زیادتر در ساختمان های فلزی می گردد، در صورتی که برای ساختمان های بتنی مرتفع ناچار به ایجاد ستون ها و دیوار های قطور می باشیم.
- ساخت قطعات ساختمان های فلزی در خارج از محوطه کارگاه ممکن بوده و این خود از لحاظ دقت کار و کیفیت بهتر قطعات و همچنین از لحاظ اقتصادی به صرفه می باشد.
- ساختن ساختمان های فلزی البته فقط در قسمت فلز کاری کمتر تابع آب و هوا و عوامل جوی است در صورتی که ادامه کار ساختمان های بتنی در هوای زیر صفر درجه ممکن نیست.
- امکان تقویت ساختمان بعد از اتمام کار میسر می باشد.
- یکی از عیوب اساسی این نوع ساختمان ها این است که در مقابل آتش سوزی بسیار ضعیف بوده و با کوچکترین حریق که در کنار ستونها ایجاد شود فولاد فوراً گداخته شده و در مقابل بار واده دچار کمانش می شود و به سرعت کمان های موجود در قطعات افزایش یافته و ساختمان خراب می شود.



## رفتار سازه های فلزی در برابر آتش

فولاد ساختمانی محافظت نشده نقطه حرارت خمش (خمیدگی) ۵۰۰-۴۷۰ درجه سانتیگراد دارد و حدود نیمی از مقاومت خود را در دمای ۵۵۰ - ۵۰۰ درجه سانتی گراد از دست می دهد، از این رو در مقابل حریق بسیار آسیب پذیر است که عمدتاً نیازمند به مقاوم سازی در مقابل حریق می باشد. طبق جداول ISO و BS 476 فلز آهن در زمان کمتر از ۱۰ دقیقه پس از آتش سوزی به دمای ۴۷۰ درجه می رسد که نقطه خمش فلز آهن می باشد.

ساختمان های فلزی در مقابل عوامل جوی و خوردگی بسیار ضعیف بوده و به همین علت دارای عمر کوتاهی هستند و به علت نازکی دیوارها در مقابل حرارت و صوت عایق نمی باشند.



### ۳- ساختمان های آجری

در ساختمان های کوچک که از چهار طبقه تجاوز نمی کند می توان از این نوع ساختمان استفاده کرد. اسکلت اصلی این نوع ساختمان ها آجری بوده و برای ساختن سقف ها در ایران معمولاً از پروفیل های فولادی شکل و آجر به صورت طاق ضربی یا از سقف تیرچه بلوک استفاده می شود. در ساختمان های آجری معمولاً دیوارهای حمال در طبقات مختلف روی هم قرار می گیرند و اغلب پارتیشن ها نیز همین دیوارهای حمال می باشند. حداقل عرض دیوارهای حمال نباید از ۳۵ سانتیمتر کمتر باشد.

### ۴- ساختمان های خشتی و گلی

این نوع ساختمان ها در شهرها به علت گرانی زمین کمتر ساخته می شوند و بیشتر در روستاهای دور که دسترسی به مصالح ساختمانی مشکل تر است مورد استفاده قرار می گیرد. اسکلت اصلی این نوع ساختمان ها از خشت خام و گل می باشد و تعداد طبقات آن از یک طبقه تجاوز نمی کند و در مقابل نیروهای جانبی مخصوصاً زلزله به هیچ وجه مقاوم نیستند.

### ۵- ساختمان های چوبی

این نوع ساختمان ها بیشتر در نواحی مرطوب که دارای جنگل های فراوان بوده و در نتیجه چوب به قیمت ارزان در دسترس قرار می گیرد، ساخته می شود. ساختمان های چوبی در ایران به علت کم بودن جنگل کمتر ساخته می شود.

### انواع ساختارهای ساختمانی

دسته بندی ساختارها برخی از انواع ساختارها دارای دو زیر گروه A و B هستند که گروه A دارای مقاومت بیشتری از B در برابر آتش است.

#### ۱. ساختار نوع I و II (مقاوم در برابر حریق)

آن دسته از ساختارهایی هستند که اجزای ساختمانی آنها از مصالح نوع غیر قابل سوختن باشند و قدرت بیشتری در برابر سقوط ساختمانی ناشی از آتش سوزی نسبت به هر نوع ساختمان دیگری را داراست. اعضای اصلی این ساختمان نسبت به اعضای فرعی آن باید در مقابل سقوط قدرت بیشتری داشته که در هنگام حریق استحکام ساختمان کاهش نیابد و ساختمان بتواند بدون احتمال سقوط کلی در معرض حریق قرار بگیرد. ساختار نوع I نسبت به ساختار نوع II دارای مقاومت بالاتری در برابر آتش است و از این روی محدودیت های ابعادی آن از نظر ارتفاع و وسعت کمتر است.

#### ۲. ساختار نوع III (غیر قابل احتراق)

ساختاری است که در آن دیوارهای خارجی و دیوارهای داخلی و دیوارهای باربر از نوع مصالح غیر قابل اشتعال است و به طور کلی بنای غیر قابل احتراق سهمی در شروع آتش سوزی نخواهد داشت.

### ۳. ساختار نوع IV (الوار چوبی سنگین)

ساختاری است که اسکلت آن چوبی ، دیوارهای خارجی باربر و اجزای آن از جنس مصالح غیر قابل احتراق بوده و دارای استحکام کافی در شرایط آتش سوزی است ، دیوارهای خارجی غیر باربر قابل احتراق می باشد . اجزای داخلی ساختمان و بام ها از جنس چوب یک تکه یا چند لایه ورقه ای است که باید بدون فضاهای پنهانی ساخته شده و با در نظر گرفتن محدودیت های ساختاری پوشانده شوند.

### ۴. ساختار نوع V (معمولی)

ساختاری است که در آن اجزای سازه ای ، دیوارهای خارجی و دیوارهای داخلی از جنس هر نوع مصالح مجاز باشند. الزامات درجه بندی مقاومت در برابر آتش برای اجزای ساختمان بر حسب ساعت بر اساس آیین نامه محافظت ساختمان ها به شکل جدول زیر تعیین می شود:

جزء ساختمان	نوع I		نوع II		نوع III		نوع IV		نوع V	
	B	A	B	A	B	A	الوار سنگین	A	B	
قاب سازه ای شامل ستون ها، تیرهای اصلی و خریها	۳	۲	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	
دیوارهای باربر خارجی	۳	۲	۱	۱	۰	۱	۲	۱	۰	
دیوارهای باربر داخلی	۳	۲	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	
دیوارها و جداکننده های غیر باربر داخلی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	
ساختار کف شامل تیرها و تیرچه های تکیه گاهی	۲	۲	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	
سازه بام شامل تیرها و تیرچه های تکیه گاهی	۱/۵	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	

### استانداردها و ضوابط موجود برای حفاظت ساختمان ها

- کلیه این استاندارد ها که در ایران مورد استفاده قرار می گیرد، به شرح زیر می باشد.
- ۱- BS انگلستان که به طور خلاصه تر بر اساس متر از ارتفاع ساختمان ها ارائه شده است.
  - ۲- نشریه ۱۱۲ NFPA که به طور مفصل تر بر اساس تعداد طبقات تنظیم شده است.
  - ۳- استاندارد IBC که در آن همه جزئیات ضوابط به صورت کدینگ بین المللی ارائه شده و بر اساس تعداد طبقات و مساحت زیر بنا می باشد.
  - ۴- مبحث سوم مقررات ملی ساختمان که بر اساس سه استاندارد فوق تنظیم شده و بیشتر تکیه بر استاندارد IBC دارد.

### اقسام حریق

تقسیم بندی نوع حریق بر اساس منبع سوخت حریق می باشد. تفاوت اصلی در درجه حرارت ایجاد شده در محیط نبوده بلکه در مدت زمان رسیدن درجه حرارت محیط به درجه نهایی می باشد.

#### ۱. حریق سلولزیک

اینگونه حریق ها در سازه ها و ساختمان های مسکونی ، تجاری ، اداری ، بیمارستانها، هتلها ، مراکز خرید، مدارس و... اتفاق می افتد، که بار سوختی آنها بیشتر مواد سلولزیک است و همچون مواد مشتعل شونده نیستند. در اینگونه حریق ها بر حسب نمودار ISO و BS پس از حدود ۱۰ دقیقه درجه حرارت به ۵۰۰ درجه سانتی گراد می رسد و تا رسیدن به دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد به ۶۰ دقیقه زمان نیاز دارد.

## ۲. حریق هیدروکربنی

اینگونه حریق ها به واسطه مواد شیمیایی و سوخت هایی مانند گاز یا سوخت های مایع ، در سازه های دارای مواد مشتعل شونده مانند پالایشگاه ها و انبارهای مواد شیمیایی، مراکز صنعتی و تاسیسات صنایع نفت و گاز و پتروشیمی اتفاق می افتند. به طور معمول در اینگونه حریق ها بر حسب نمودار ISO و BS پس از ۸ دقیقه حرارت به ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد می رسد و تا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد پیشرفت می کند.

همچنین زیر شاخه سومی از حریق هیدروکربنی وجود دارند که حریق در یک تونل می باشد.

## لزوم محافظت سازه در مقابل حریق سلولزی

پوشش های ضد حریق به عنوان یکی از مهمترین اجزای سیستم محافظت غیر فعال شناخته می شوند. پوشش های ضد حریق برای محافظت فولاد ، تیر چوبی یا ساختار بتنی طراحی گردیده اند که باید خواص مقاومتی زیر را در برابر حریق دارا باشند :

الف - احتراق پذیری

ب- مقدار گسترش آتش در سطح

ج - مشارکت در انتشار حریق

## پوشش های مقاوم حریق

### ۱- عایق سازی اجزا

عمدتا ستون ها و تیرهای اصلی جهت عایق سازی قابهای سازه ای مورد تقویت قرار می گیرند. سطوح دیوارها ، سقف و کف از دیگر موارد در مقاوم سازی غیرعامل در مقابل حریق می باشند که در موارد خاصی مورد عایق سازی قرار می گیرند.

### ۲- مواد پاششی با خواص معدنی

پوشش های ضد حریق با خواص معدنی به دو نوع تر و خشک تقسیم می شوند . این پوشش ها که دارای سنگدانه های منبسط شده نظیر پرلیت و ورمیکولیت؛ چسباننده های هیدرولیک نظیر گچ و سیمان و یک عامل کفزا می باشند.

این پوشش ها به دلیل اطمینان از صحت عملکرد و دقت اجرا از رنگ ها و بوردها رایج تر است همچنین نسبت به دو پوشش دیگر از خواص مقاومتی بهتری برخوردار می باشند و می توانند سازه را تا چهار ساعت در مقابل حریق عایق کنند . این مواد به روش پاششی اجرا می شوند.

مواد با پایه اختلاط خشک اصطلاحا به موادی اطلاق می شوند که به صورت اولیه با آب مخلوط نمی شوند بلکه به جای آن مواد تحت هوای کم فشار انتقال داده می شوند و سپس در خروجی نازل با آبی که به صورت جداگانه به داخل نازل فرستاده می شود مخلوط می شوند . اختلاط تر نشان دهنده این است که محصول قبلا در محل با آب اختلاط یافته و تبدیل به یک مخلوط روان گردیده و سپس تحت فشار به وسیله تجهیزات ویژه پاشش بروی سطح پاشیده می شود . با استفاده از این مواد در ضخامت ۵-۲ سانتی متر دیگر نیازی به خاک گچ و گچ سفید کاری نمی باشد و همچنین رنگبری کمتری دارند.

## الف- مزایای سیمانی

۱- این مواد قابلیت Finishing خوبی دارند به طور مثال می توانند با پوشش سنگ و دیگر مصالح زیباسازی بشوند.

۲- مقاومت در برابر ضربه

۳- مقاومت در برابر رطوبت

۴- ساپورت گیری آسان





## ب- مزایای گچی

این مواد بسیار سبک هستند (با جرم حجمی سبک تر از آب روی آب قابلیت ایستایی دارند) در نتیجه بر روی سازه اضافه بار ایجاد نمی کنند. - به علت قدمت تولید و استفاده مواد پاششی (سیمانی و گچی) با سابقه بیشتر از ۵۰ سال دارای گارانتی ۵۰ ساله می باشند (عمر سازه)

۱- ساپورت گیری آسان

۲- رنگ های منبسط شوند



این پوشش ها معمولاً دارای چهار نوع ترکیب می باشند. یک ترکیب پلی هیدریک به منظور تولید

کربن، یک عامل آب زدایی، عامل اسفنجی کننده یا تولید گاز و یک رزین که چسباننده رنگ می باشد. این پوشش ها بر پایه آب یا حلال می باشند و با ضخامت حداکثر ۶ میلی متر اجرا می شوند و در درجه حرارت های ۲۷۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد به علت وقوع یک سری واکنش های شیمیایی، گازهای خنک کننده ای آزاد نموده و با پف کردن تا حدود ۲۰ برابر ضخامت اولیه شان بزرگتر شده و با حرارت مقابله نموده و سازه را تا ۲ ساعت در برابر حریق حفاظت می نمایند. در ضمن یک لایه عایق زغالی (char) تولید می کنند. از این پوشش ها به منظور حفاظت از سازه های فلزی و سطوح داخلی ساختمان استفاده می شود.

## مزایا

- ضخامت بسیار پایین

- ظاهر دکوراتیو و زیبا

## معایب

- در اثر تابش آفتاب و تحت تاثیر اشعه ماورای بنفش و یا مواد شیمیایی تغییراتی در آن ایجاد می شود.

- به علت جدید بودن این مواد رنگ ها دارای گارانتی نهایتاً ۲۰ ساله می باشند.

- احتمال انجام نشدن این مکانیزم در دراز مدت همواره وجود دارد.

- برخی از انواع این رنگ ها در هنگام حریق گاز های سمی ایجاد می کند که کاربرد آن ها در محیط های بسته غیر ممکن است.

۳- بردها و پنل های ضدحریق

## مزایا

این مواد، فضای کمی اشغال می کنند، از مقاومت بالایی برخوردار هستند و امکان Finishing زیبا را به اجرا می دهند.

جنس این مواد از کلسیم سیلیکات می باشد و در مقابل رطوبت مقاوم هستند.

## معایب

- این مواد بر روی تیر ها قابلیت اجرا ندارند.

- قابلیت Seal کردن در Joint ها را ندارند و لذا در این موارد عایق سازی را انجام نمی دهند.

- در اجرای این مواد ترمیم و ساپورت گیری راحت نیست.

## تحمل دمای مواد توضیح داده شده بر حسب زمان

رنگ ها در بهترین حالت تا ۳ ساعت تحمل دمای ۱۱۰۰ درجه را دارا می باشند.

مواد پاششی در بهترین حالت تا ۴ ساعت تحمل دمای ۱۱۰۰ درجه را دارا می باشند.

پنل ها در بهترین حالت تا ۴ ساعت تحمل دمای ۱۱۰۰ درجه را دارا می باشند.

