Archive of SID

بررسی موردی مشخصات و مدل‌سازی ایمنی در برابر آتش برای سیستم راه خروج یک آپارتمان مسکونی

مسعود جمالی آشتیانی[۱]
سعید بختیاری[۲]
مسعود قاسم زاده[۳]

چکیده

یکی از چالش‌های مهم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، حداقل تعداد خروج (پلکان) و نحوه دوربندی آن در بناهای آپارتمانی مسکونی است. در پژوهشی در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، مشخصات راه های خروج با بررسی مقررات بین المللی، مطالعات میدانی و مدل سازی کامپیوتری بررسی شد. هدف از این پژوهش، امکان تأمین یک راه خروج ایمن برای آپارتمان های مسکونی با تعداد طبقات بین ۶ تا ۸ و حذف پلکان دوم، به شرط تأمین ایمنی قابل قبول در ساختمان بود. در این مقاله، یک آپارتمان مسکونی انتخاب و سناریوهای مختلف آتش‌سوزی در آن به صورت کامپیوتری مدل شد. در این مدل‌سازی، گسترش آتش و دود در ساختمان و ایمنی سیستم راه خروج و پارامترهای مؤثر (مانند در ضدحریق، دوربند بودن و از این قبیل) بررسی شد. با توجه به رایج بودن درب سکوریت و درب های معمولی (غیرمقاوم در برابر آتش) در راه‌های خروج ساختمان ها (که بعضاً به عنوان در دوربند خروج توسط سیستم نظارت پذیرفته می‌شود)، مقاومت این درها در برابر آتش در مقیاس کوچك آزمون و نتیجه آن در مدل استفاده شد. در پایان با توجه به سناریوهای مختلف، پیشنهادی برای طراحی راه‌های خروج آپارتمان های مسکونی تا ۲۳ متر ارائه شد.

کلیدواژه: راه خروج، مدل سازی آتش، مقاومت در برابر آتش، سناریوی آتش، مبحث سوم مقررات ملی ساختمان.

۱- مقدمه

ایمنی در برابر آتش دارای دو هدف اصلی ایمنی جانی و ایمنی مالی است. به طور کلی دو روش اصلی برای الزامات و طراحی تخلیه ساختمان در هنگام حریق وجود دارد:

روش تجویزی: در این روش برای تخلیه ایمن افراد، ابعاد و تعداد خروج‌ها و حداکثر طول مسیر راه‌های خروج بسته به نوع تصرف و مشخصات ساختمان تجویز می‌شود. مسائلی مانند بار تصرف، طول مسیرها، تعداد و

۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، m.jamali@bhrc.ac.ir
۲- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، bakhtiari@bhrc.ac.ir
۳- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، masghasem@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

عرض راه‌های خروج مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

روش عملکردی: در این روش حداکثر محدوده زمانی برای تخلیه ایمن و اینکه زمان لازم برای خروج (RSET) کمتر از زمان قابل دسترس برای خروج (ASET) باشد، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

یکی از چالش‌های مهم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، حداقل تعداد خروج (پلکان) و نحوه دوربندی آن در بناهای آپارتمانی مسکونی است. طبق ویرایش اول مقررات مبحث سوم (و نیز طبق بسیاری دیگر از مقررات تجویزی در دنیا)، هر واحد مسکونی باید به دو راه خروج مجزا و دور از هم دسترسی داشته باشد، اما اگر تعداد طبقات بالای همکف ۵ یا کمتر و ارتفاع ساختمان حداکثر ۱۸ متر و حداکثر ۴ واحد مسکونی در هر طبقه وجود داشته باشد، می‌تواند استثنائاً یك راه خروج (با مشخصات مندرج در مقررات) داشته باشد. به عبارت دیگر، تمام ساختمان‌های آپارتمانی دارای ۶ طبقه بالای همکف یا بیشتر، باید حداقل دو راه خروج با دوربند مقاوم در برابر آتش داشته باشند. در بسیاری از مواقع، این موضوع به صورت متفاوت عمل می‌شود و بخصوص مسائل اقتصادی و سطح اشغال اندك در برخی از زمین‌ها، ممکن است مانعی برای اجرای کامل این مقررات باشد، به گونه‌ای که بسیاری از ساختمان‌های موجود عملاً دارای یك راه پله هستند و انطباق کامل با مقررات وجود ندارد. مشکل دیگر، روشن نبودن موضوع دوربند و پلکان خارجی برای بسیاری از مهندسان معمار و ساختمان است، به گونه‌ای که تعابیر مختلفی برای آن به کار رفته، بعضاً روش هایی مانند احداث جداره و در از شیشه سکوریت جایگزین اجرای دوربند شده است.

در این پژوهش، مشخصات راه های خروج با بررسی مقررات بین المللی، مطالعات میدانی و مدل سازی کامپیوتری بررسی شد. هدف از این پژوهش، بررسی امکان تأمین یک راه خروج ایمن برای آپارتمان های مسکونی با تعداد طبقات بین ۶ تا ۸ و حذف پلکان دوم، به شرط تأمین ایمنی قابل قبول در ساختمان بود. در این مقاله، یک آپارتمان مسکونی انتخاب و سناریوهای مختلف آتش‌سوزی و تخلیه ساکنین در آن به صورت کامپیوتری مدل شد. در این مدل‌سازی، گسترش آتش و دود در ساختمان و ایمنی سیستم راه خروج و پارامترهای مؤثر (مانند درضدحریق، دوربند بودن و از این قبیل) بررسی شد. با توجه به رایج بودن درب سکوریت و درب های معمولی (غیرمقاوم در برابر آتش) در راه‌های خروج ساختمان ها (که بعضاً به عنوان در دوربند خروج توسط سیستم نظارت پذیرفته می‌شود)، ابتدا مقاومت این درها در برابر آتش در مقیاس کوچك آزمون و نتایج آن در مدل استفاده شد.

۲- آزمون مقاومت در برابر آتش شیشه سکوریت

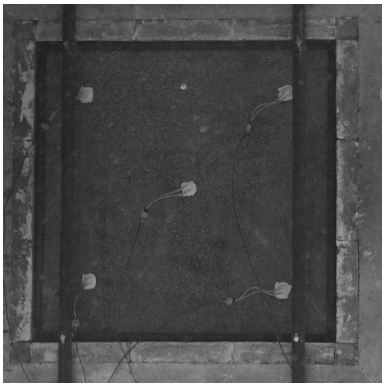
آزمون مقاومت در برابر آتش دارای سه معیار ظرفیت باربری، یکپارچگی و نارسانایی می باشد. برای نمونه های مورد آزمون که یک شیشه سکوریت و یک درب معمولی است، دو معیار یکپارچگی و نارسانایی باید برآورده شود و معیار ظرفیت باربری در نظر گرفته نمی‌شود. آزمون مقاومت در برابر آتش توسط دستگاه کوره مقاومت در برابر آتش مقیاس متوسط (یک متر مربع) آزمایش شد. منحنی دما-زمان کوره مطابق با استاندارد ملی ۱-۱۲۰۵۵ بود.

www.SID.ir

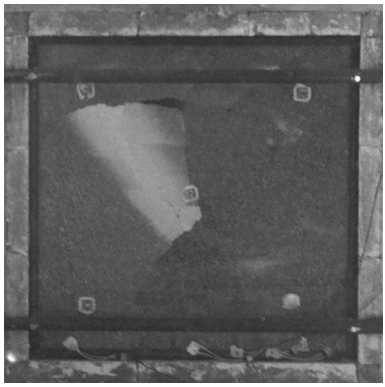
Archive of SID

در آزمونه اول یک شیشه سکوریت به ضخامت ۱۰ میلیمتر و ابعاد ۱۰۰ در ۱۰۰ سانتی متر در قاب آهنی قرار داده شد (شکل ۱ و ۲). آزمون دوم شامل یک در با روکش MDF به ضخامت ۳ میلیمتر بود که یک پانل به ضخامت ۵ سانتی متر از جنس پلی یورتان در میان آن قرار داشت (شکل ۳ و ۴).

شیشه سکوریت در دقیقه ۴ از نظر معیار نارسانایی و در دقیقه ۸ از نظر معیار یکپارچگی شکست خورد. همچنین در با روکش MDF در دقیقه ۴ از نظر معیار یکپارچگی و در دقیقه ۲۲ از نظر معیار نارسانایی شکست خورد. این موضوع نشان می‌دهد که برخلاف تصور موجود، درهای سکوریت و نیز درهای معمولی با مشخصات بیان شده در فوق، دارای مقاومت کمی در برابر آتش هستند.



شکل ۱- ترک خوردن شیشه (دقیقه ۲)



شکل ۲- فرو ریختن شیشه (دقیقه ۸)

شکل ۳- خروج آتش از سطح غیر درمعرض و شکست معیار یکپارچگی (دقیقه ۴)

شکل ۴- اعوجاج در

www.SID.ir

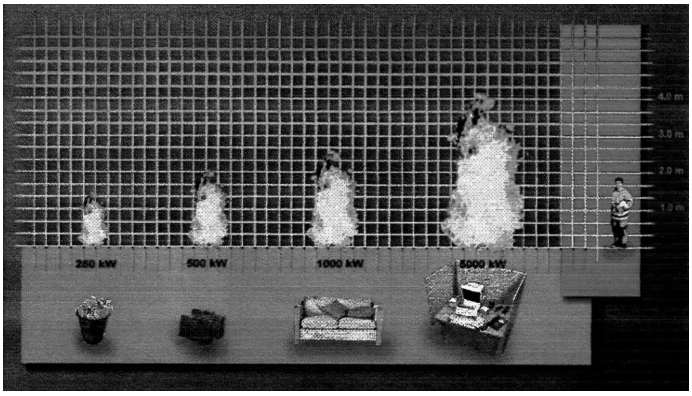
Archive of SID

۳- مدلسازی آتش

مدلسازی آتش با استفاده از نرم افزار FDS[۴] انجام شد. این نرم افزار از تکنیک شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ[۵] (LES) استفاده می‌کند. FDS به صورت عددی شکلی از معادلات ناویه استوکس را که برای جریان سرعت پایین و مشتق حرارتی مناسب است را با تاکید بر روی انتقال گرما و دود ناشی از آتش حل می‌کند.

۳-۱ آتش طرح و سناریوهای آتش:

مقایسه بین آتش‌های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است:



شکل۵- مقایسه بین آتش‌های مختلف

سناریوهای مختلف آتش‌سوزی به منظور بررسی ایمنی در برابر آتش و رفتار ساختمان در یک رخداد آتش‌سوزی تعریف شد. با توجه به مقادیر ارائه شده در شکل ۵ شدت رهایش گرما معادل با ۱۰۰۰ کیلو وات فرض می‌شود.

در تعریف سناریو سعی شد که تاثیر درهای ساختمان و دوربند بودن راه پله مورد بررسی قرار گیرد. آسانسور به صورت یک شفت باز در نظر گرفته شد. علت این فرض این است که در اکثر ساختمان‌ها درب آسانسور و قاب اطراف آن فاقد مشخصات لازم برای محافظت در برابر گسترش آتش و دود می‌باشد. همچنین مطالعه حوادث نشان داده است که دود به راحتی از شفت آسانسور عبور و به طبقات نفوذ می‌کند. هر دو در واحدی که در آن آتش قرار دارد باز در نظر گرفته شد.

برای تعیین نمودار رشد آتش از رابطه ۱ استفاده شده است.

(معادله ۱)

$$\dot{Q} = \alpha t^2$$

4- - Fire Dynamic Simulation
5- - Larg Eddy Sinulation

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن :

$\dot{Q}$: شدت رهایش گرما (kw) / α: ضریب رشد آتش (kw/s^2) / t: زمان (s)

با توجه به مراجع [۱ و ۲] رشد آتش در ساختمان‌های مسکونی در گروه رشد متوسط قرار می‌گیرد. با توجه به انتخاب رشد سریع آتش، α مطابق با جدول ۱ معادل با ۰/۰۱۲ در نظر گرفته می‌شود [۳].

جدول ۱- مقادیر α براساس شدت رشد

شدت رشد	α (kw/s^2)	شدت رشد	α (kw/s^2)
Slow	۰/۰۰۳	Fast	۰/۰۴۷
Medium	۰/۰۱۲	Ultra-fast	۰/۱۸۸

۳-۱ مشخصات ساختمان مدل

ساختمان انتخاب شده واقع در یکی از مناطق شمال تهران بود. این ساختمان درابتدا فقط دارای یک راه پله اصلی بود ولی به دلیل عدم تطابق با مقررات ساختمانی، توسط سازمان محترم آتش‌نشانی مجبور به اضافه کردن دو مسیر فرار اضافه شد تا طبق قوانین مقرراتی بتواند هر واحد مسکونی به دو مسیر فرار مستقل دسترسی داشته باشند. این ساختمان دارای مشخصات زیر می‌باشد:

دارای ۸ طبقه مسکونی بر روی همکف.

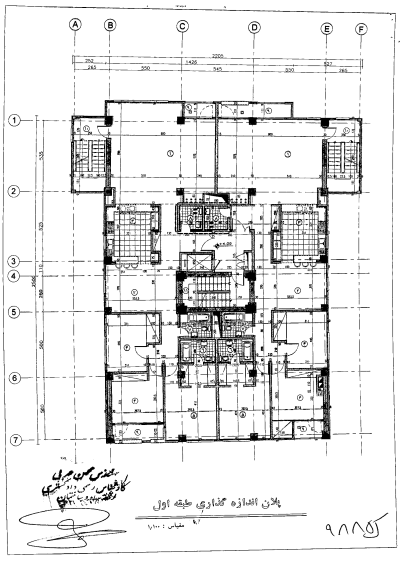
دارای یك راه‌پله داخلی و دو راه‌پله بسته الحاقی در طرفین ساختمان. راه پله‌های الحاقی از جنس ورق فلزی بوده و پس از ساخت ساختمان به آن الحاق شده است.

این ساختمان دارای دو واحد مسکونی است (۲ واحد ۱۶۵ متری در طبقه اول و ۲ واحد ۱۸۵ متری در بقیه طبقات) که به واسطه لابی در طبقات به راه پله داخلی دسترسی دارند و هر واحد نیز مستقیماً به یك راه پله خارجی دسترسی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۶- نمای ساختمان



شکل۷- پلان ساختمان

۳-۳ نتایج مدل سازی آتش و دود

سناریوی شماره۱

در این سناریو بدترین حالت در نظر گرفته شد تا ضمن به دست آوردن شرایط بحرانی، پارامترهای مؤثر در جهت بهبود شرایط در در سناریوهای بعدی بررسی گردد. در اینجا در واحدها به صورت معمولی و با مقاومت تنها ۵ دقیقه در برابر آتش فرض شد. دوربند برای پلکان اصلی در نظر گرفته نشد. نتایج مدل در جدول ۲ و شکل های بعدی ارائه شده است.

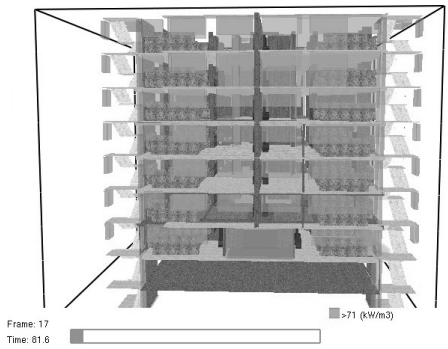
جدول ۲: رخدادهای سناریو شماره۱

رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه	رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه
زمان رسیدن آتش به راه پله اختصاصی	۸۱	ورود آتش به پلکان اصلی(مسدود شدن ۲ راه فرار)	٥٦١
صعود آتش تا طبقه ٦ راه پله اختصاصی	١٤٨	صعود آتش تا طبقه ٦ راه پله اصلی	٦٠٩
رسیدن آتش تا طبقه ۲- راه پله اختصاصی	٢٥٩	ورود آتش به واحد روبرو	٦١٤
ورود آتش به طبقه ۳	٤٤١	بیرون زدن آتش از درب اصلی	٦٥٧
ورود آتش به طبقه ٤	٤٤٦	ورود آتش به طبقه ٦ واحد روبرو	٩٢١
ورود آتش به طبقه ۲	٤٨٤	ورود آتش به طبقه ۲، ۳ و ٤ واحد روبرو	٩٣٦

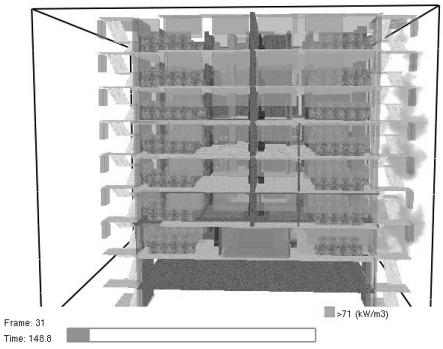
www.SID.ir

Archive of SID

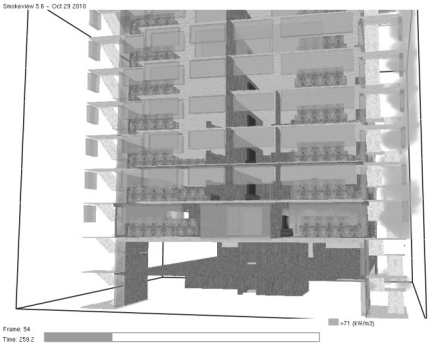
ورود آتش به طبقه ۵	۴۹۹	ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو (مسدود شدن هر ۳ راه فرار)	۱۲۴۳
ورود آتش به طبقه ۷	۵۳۷		



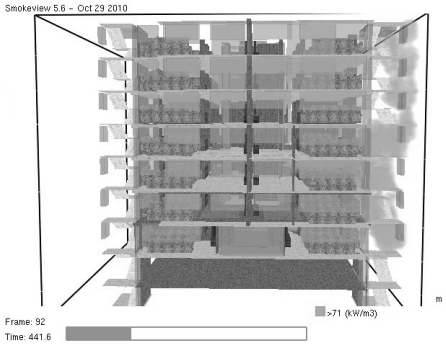
شکل۸- زمان رسیدن آتش به راه پله اختصاصی



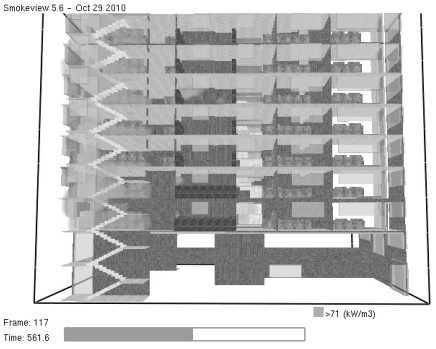
شکل۹- صعود آتش تا طبقه ۶ راه پله اختصاصی



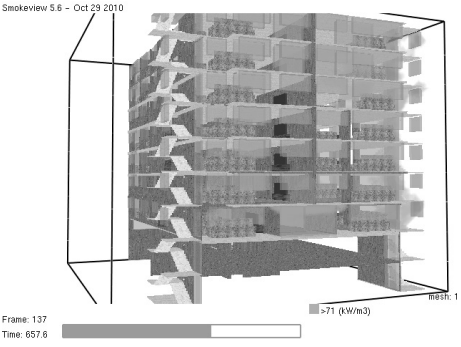
شکل۱۰- رسیدن آتش تا طبقه ۲- راه پله اختصاصی



شکل۱۱- ورود آتش به طبقه ۳



شکل۱۲- ورود آتش به پلکان اصلی(انسداد ۲ راه فرار)

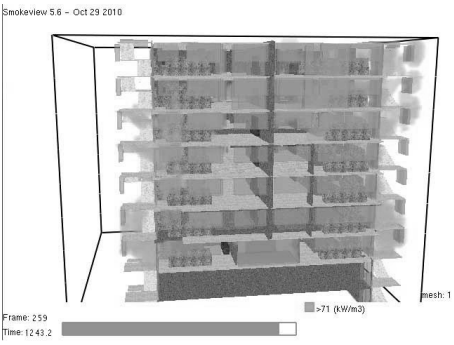


شکل۱۳- بیرون زدن آتش از درب اصلی

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱۴- ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو از طبقه ۳ و ۴



شکل۱۵- ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو از طبقه ۱ تا ۵

سناریوی شماره ۲

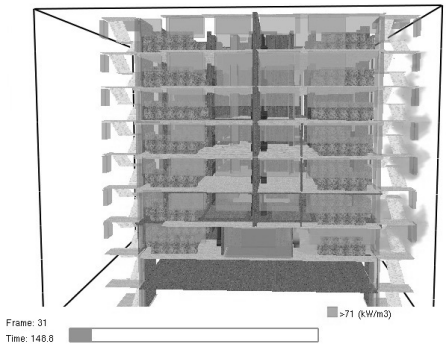
در این سناریو درهای واحدها از نوع در مقاوم در برابر آتش ۳۰ دقیقه‌ای بود، ولی دوربند برای پلکان اصلی وجود نداشت.

جدول ۳- رخدادهای سناریو شماره ۲

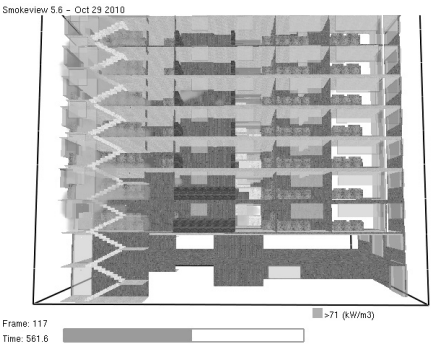
رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه	رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه
زمان رسیدن آتش به راه پله اختصاصی	۸۱	بیرون زدن آتش از درب اصلی	٦٧٢
صعود آتش تا طبقه ٦ راه پله اختصاصی	١٤٨	ورود آتش به تمامی واحدهای بالای واحد آتش	١٩٨٧
رسیدن آتش تا طبقه ۲- راه پله اختصاصی	٢٥٩	ورود آتش به واحدهای واحد روبرو	٢٤٧٢
ورود آتش به پلکان اصلی(مسدود شدن ۲ راه فرار)	٥٩٠	ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو (مسدود شدن هر ۳ راه فرار)	٣٤٩٥
صعود آتش تا طبقه ٦ راه پله اصلی	٦٢٤		

www.SID.ir

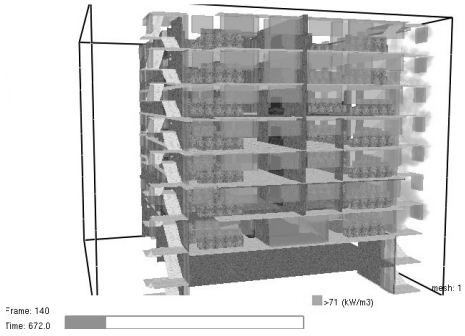
Archive of SID



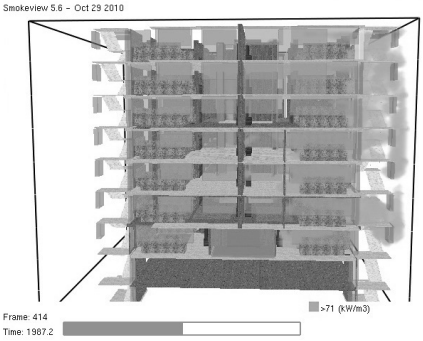
شکل۱۶- صعود آتش تا طبقه ۶ راه پله اختصاصی



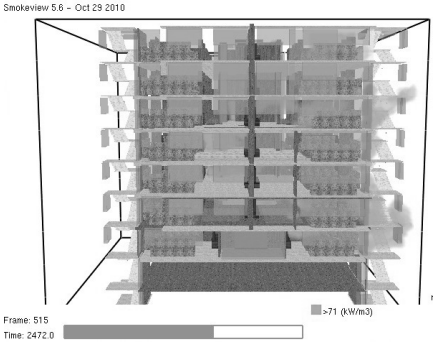
شکل۱۷- ورود آتش به پلکان عمومی (مسدود شدن ۲ راه فرار)



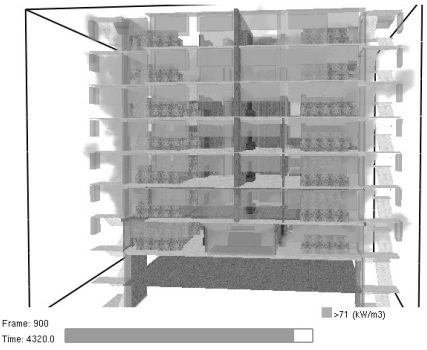
شکل۱۸- بیرون زدن آتش از درب اصلی



شکل ۱۹- ورود آتش به تمامی واحدهای بالای واحد آتش



شکل ۲۰- ورود آتش به واحدهای واحد روبرو



شکل ۲۱- ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو

سناریوی شماره ۳

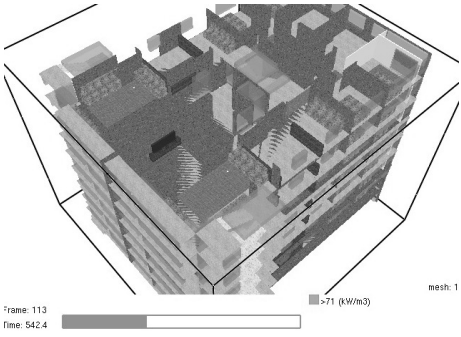
سناریو شماره ۳ همانند سناریو شماره ۱ می‌باشد، با این تفاوت که راه پله اصلی دارای دوربند با درمقاوم دربرابر آتش ۳۰ دقیقه است. در این سناریو نیز درب واحدها معمولی در نظر گرفته شد. این سناریو حالت واقعی ساختمان بود.

www.SID.ir

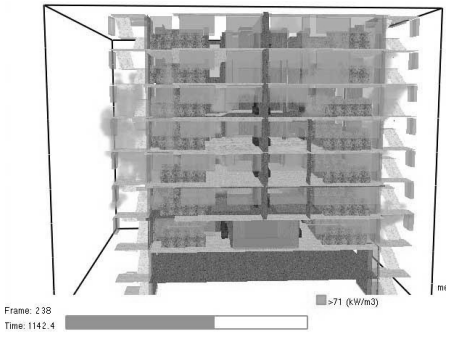
Archive of SID

جدول ۴: رخدادهای سناریو شماره ۳

رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه	رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه
زمان رسیدن آتش به راه پله اختصاصی	۸۱	ورود آتش به طبقه ۷	۵۳۷
صعود آتش تا طبقه ٦ راه پله اختصاصی	۱٤۸	صعود آتش از طریق شفت آسانسور (نه راه فرار)	٥٤۲
رسیدن آتش تا طبقه ۲- راه پله اختصاصی	۲٥۹	ورود آتش به واحد روبرو	٦۱٤
ورود آتش به طبقه ۳	٤٤۱	ورود آتش به طبقه ٦ واحد روبرو	۸٤٤
ورود آتش به طبقه ٤	٤٤٦	ورود آتش به طبقه ۲، ۳ و ٤ واحد روبرو	۸٦۸
ورود آتش به طبقه ۲	٤۸٤	ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو (مسدود شدن ۲ راه فرار)	۱۱٤۲
ورود آتش به طبقه ٥	٤۹۹		



شکل۲۲- صعود آتش از طریق شفت آسانسور



شکل ۲۳- ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو

سناریوی شماره ٤

سناریو شماره ۴ همانند سناریو شماره ۲ بود، با این تفاوت که راه پله اصلی دارای دوربند با در مقاوم در برابر آتش ۳۰ دقیقه بود. در این سناریو درب واحدها و درب دوربندها به مدت ۳۰ دقیقه، ضد حریق در نظر گرفته شده است.

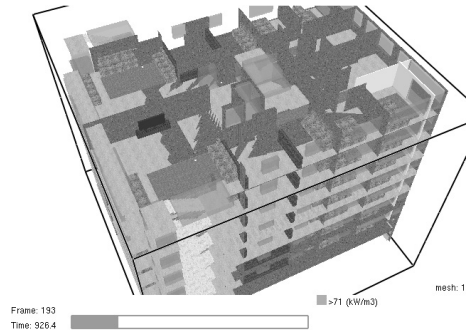
جدول ۵: رخدادهای سناریو شماره ۴

رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه	رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه
زمان رسیدن آتش به راه پله اختصاصی	۸۱	ورود آتش به پلکان اصلی (مسدود شدن ۲ راه فرار)	۲۳۷۱
صعود آتش تا طبقه ٦ راه پله اختصاصی	۱٤۸		
رسیدن آتش تا طبقه ۲- راه پله اختصاصی	۲٥۹	ورود آتش به واحدهای روبرو	۲٤۰۰

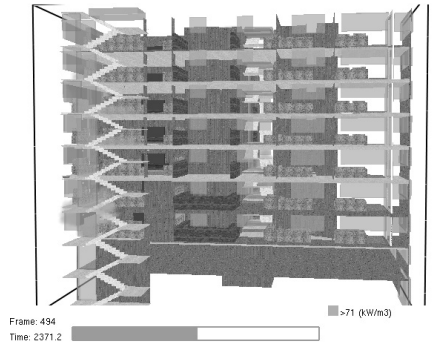
www.SID.ir

Archive of SID

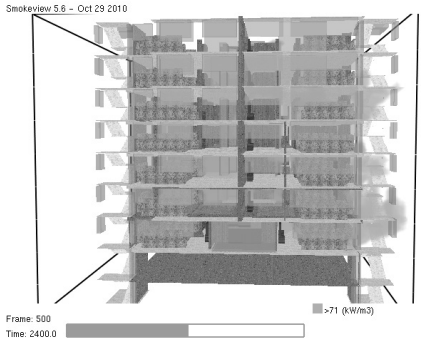
ورود آتش به طبقه ۲ (واحد بالا)	۲۰۵۹	ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو	۳۸۱۶



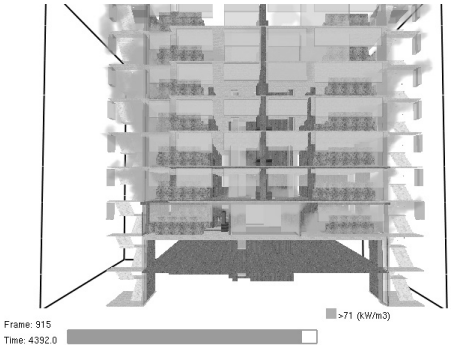
شکل۲۴- صعود آتش از طریق شفت آسانسور



شکل۲۵- ورود آتش به پلکان عمومی
(مسدود شدن ۲ راه فرار)



شکل ۲۶- ورود آتش به واحدهای روبرو



شکل ۲۷- ورود آتش به راه پله اختصاصی واحد روبرو

سناریوی شماره ۵

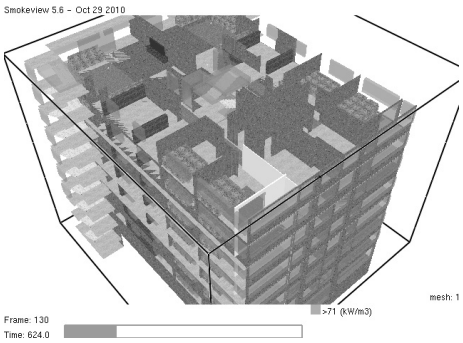
در این سناریو هر دو درب مربوط به راه پله اختصاصی بسته در نظر گرفته شد و در واقع فرض شد که پلکان خارجی الحاقی از ساختمان حذف شده است و ساختمان فقط دارای یک پلکان اصلی است. برای در دوربند پلکان نیز در ۳۰ دقیقه مقاومت در برابر آتش در نظر گرفته شد.

جدول ۶- رخدادهای سناریو شماره ۵

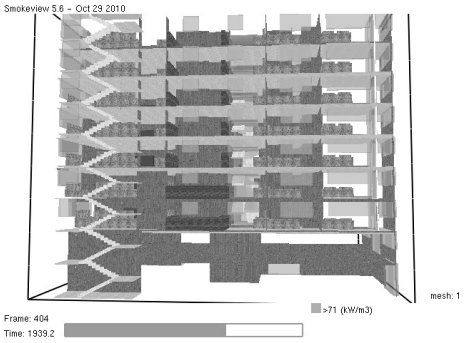
رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه	رخدادهای پیشروی آتش	ثانیه
صعود آتش از طریق شفت آسانسور (نه راه فرار)	۶۲۴	بیرون زدن آتش از درب اصلی	۲۰۹۷
ورود آتش به راه فرار	۱۹۳۹	ورود آتش به طبقات	۲۸۵۰

www.SID.ir

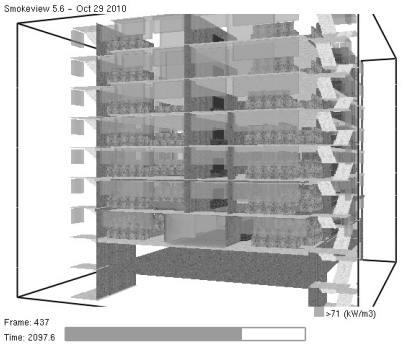
Archive of SID



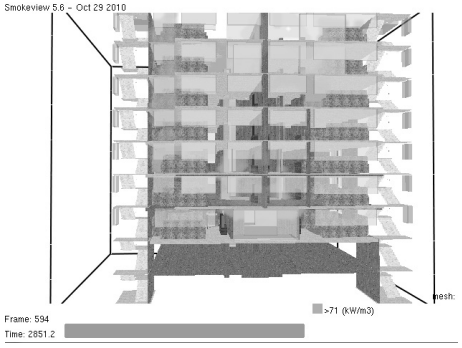
شکل ۲۸- صعود آتش از طریق شفت آسانسور



شکل ۲۹- ورود آتش به پلکان عمومی(مسدود شدن راه فرار)



شکل ۳۰- بیرون زدن آتش از درب اصلی



شکل۳۱- سوختن تمامی ساختمان در آتش

۴- بحث و نتیجه گیری

۴-۱ نتایج بدست آمده از مدل سازی آتش و دود

در سناریوی اول که ساختمان سه راه فرار دارد و لی فاقد درب ضد حریق می‌باشد، تقریباً قسمت عمده‌ای از ساختمان طی ۸ دقیقه درگیر حریق شد و طی ۱۶ دقیقه، آتش‌سوزی به طور کامل ساختمان را در بر گرفت که بالطبع در این شرایط فرار از آن برای هیچ یک از واحدها ممکن نیست.

در سناریوی شماره ۲ که برای درب واحدها از درب ضد حریق استفاده شد، مشاهده شد که درب‌های ضد حریق در به تاخیر انداختن پیشروی آتش به راه‌های فرار۱ و ۲ نقش مهمی نداشتند و در اصل برای به تاخیر انداختن پیشروی آتش به طبقات و راه فرار شماره ۳ مفید بودند.

سناریو ۳ که در اصل همان سناریو۱ بود با این تفاوت که برای راه فرار عمومی از درب مقاوم دربرابر آتش ۳۰ دقیقه استفاده شده بود، مشاهده شد که در این سناریو هم به دلیل اینکه از درب ضد حریق برای واحدها استفاده نشده بود، آتش از پلکان اختصاصی گسترش یافته و با ورود به واحدها، تقریباً تمام ساختمان طی

www.SID.ir

Archive of SID

۱۶ دقیقه درگیر حریق می‌شود و وجود درب ضد حریق برای راه پله عمومی تاثیر چندانی ندارد. توجه شود این ساختمان در نگاه اول دارای سه راه فرار بود که راه فرار عمومی نیز دارای درب ضد حریق است و انتظار می‌رفت رفتار مناسب‌تری در برابر حریق نشان دهد.

در سناریوی چهارم تمام واحدها و دوربند راه پله عمومی دارای درب ضد حریق بود. همانطور که مشاهده شد تقریباً تا ۳۵ دقیقه آتش به هیچ یک از واحدها نفوذ نکرد و تا ۴۰ دقیقه ۲ راه فرار قابل استفاده بودند، اگر این سناریو با سناریوی شماره ۳ مقایسه شود، کارایی درهای ضد حریق در یک ساختمان برای بازشوهای اصلی مشخص می‌شود.

در سناریوی ۵ فرض بر این بود که ساختمان فقط یک راه فرار دارد که دارای دوربند ۳۰ دقیقه است و درب واحدها نیز ضد حریق می‌باشد. در این سناریو مشاهده شد که ساکنین در این حالت تقریباً ۳۲ دقیقه زمان برای فرار دارند و مدت زمانی که طول کشید تا تمام ساختمان درگیر حریق شود، حدود ۴۷ دقیقه بود.

با بررسی مدلسازی‌ها مشخص شد که از نظر زمان ASET و نحوه گسترش آتش در ساختمان، سناریوی ۵ نسبت به سناریوهای ۱ تا ۳ از ایمنی بالاتری برخوردار است و اختلاف زیادی با سناریو شماره ۴ ندارد.

جدول ۷- زمان ASET برای سناریوهای مختلف ساختمان

سناریو	راه پله اختصاصی ۱	راه پله عمومی	راه پله اختصاصی ۲
۱	۸۱	۵۶۰	۱۲۴۳
۲	۸۱	۵۹۰	۴۳۲۰
۳	۸۱	-	۱۱۴۲
۴	۸۱	۲۳۷۱	۴۳۹۰
۵	-	۱۹۳۹	-

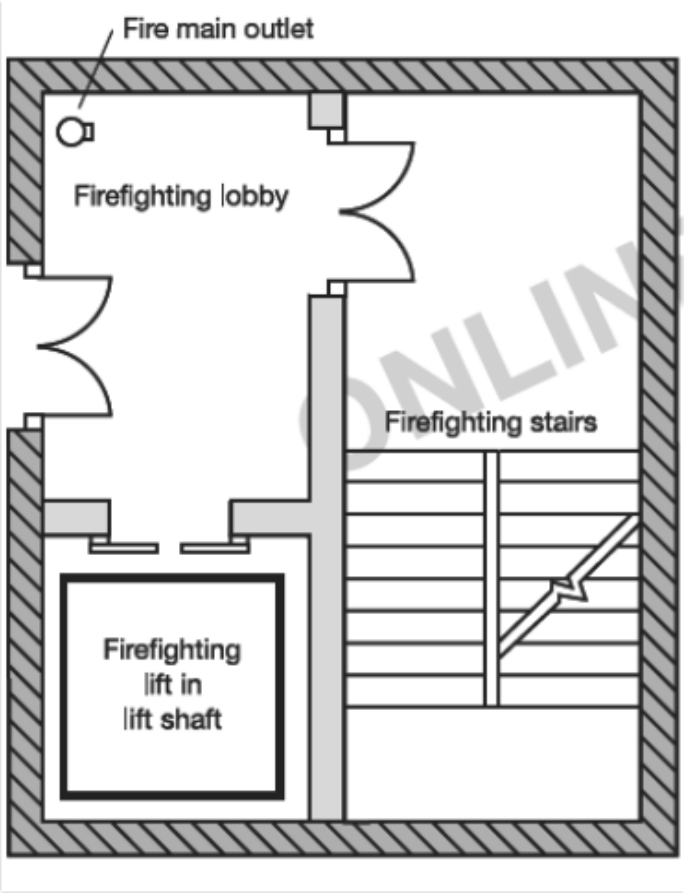
۴-۲ توصیه‌های ایمنی

به طور کلی با بررسی مدلسازی‌ها میتوان به نتایج زیر دست یافت:

- با توجه به پیشروی سریع آتش و امکان مسدود شدن سریع مسیر فرار، تشخیص سریع حریق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا توصیه می‌شود، تمامی ساختمان‌ها مجهز به سیستم کشف و اعلام حریق باشند.
- درب ضد حریق برای در اصلی واحدها و در دوربند هر طبقه الزامی است.
- وجود یک شفت ایمن در برابر حریق (شامل درب آسانسور و راه فرار) می‌تواند نقش مهمی در جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی در ساختمان داشته باشد شکل (۳۲).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳۲: شفت ایمن در برابرآتش

مراجع:

[1] Boverket, Boverkets allmänna råd 2011:xx - Vägledning i analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd - Remiss. Karlskrona: Boverket, 2010

[2] British Standards Institution, PD 7974-1:2003, Application of fire safety engineering principles to the design of buildings - Part 1: Initiation and development of fire within the enclosure of origin. London: British Standards Institution, 2003.

[3] B. Karlsson and J. G. Quintiere, Enclosure fire dynamics. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2000, pp. 17-18, 39-43,

www.SID.ir