

طراحی المان‌های غیر متعارف در برابر آتش (مصالح بنایی، آلومینیوم، پلاستیک و شیشه)

محل ضرب مهرهای تحت کنترل - منسوخ							۰۳
							۰۲
							۰۱
				امیر ساعدی	وحید پاچیده	طراحی المان‌های غیر متعارف در برابر آتش	۰۰
	تاریخ انتشار	تصویب	تأیید	بررسی	تهیه	شرح	REV

صفحه: ۲		<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>	<i>REV</i>	پروژه:
شهریور ۹۴								۰۱	

فهرست مطالب

- ۱- مصالح بنایی ۳
- ۱-۱- الزامات عایق‌بندی سازه‌های مصالح بنایی ۳
- ۱-۲- خمیدگی گرمایی ۴
- ۱-۳- دیوارهای مجوف باربر ۶
- ۲- آلومینیوم ۷
- ۳- پلاستیک‌ها و مواد مرکب با مبنای پلاستیکی ۸
- ۴- شیشه ۹

طراحی المان‌های غیرمتعارف در برابر آتش									
صفحه: ۳		<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>		پروژه:
شهریور ۹۴									۰۱

۱- مصالح بنایی

محاسبه‌ی رفتار مصالح بنایی در شرایط آتش‌سوزی، پیشرفت چندانی نداشته است. علت این امر تا حدی مربوط به وظیفه اصلی مصالح بنایی می باشد که نقش دیوارهای جدا کننده‌ی حرارتی غیر باربر را بازی می کند که در یک سازه با پلان باز، می توانند بخش‌های ایزوله‌ای را ایجاد کنند. در اغلب موارد هنگامی که مصالح بنایی نقش لایه‌ی بیرونی را باز می کنند، بارگذاری عمودی قرار ندارند و تنها باید در برابر بار افقی باد از خود مقاومت نشان دهند. در UK، مصالح بنایی باربر (یعنی آنهایی که برای تحمل بارهای عمودی وارده طراحی می شوند) در خانه‌سازی (که مقاومت در برابر آتش در سطح پایین مورد نیاز است) و یا سازه‌های یک طبقه مثل سالن‌های ورزشی (که در آنها معمولاً دیوار ساختاری پره‌ای یا دیافراگمی دارد و نسبت به سیستم‌های دیوار مجوف معمول پایداری بیشتری دارد و به نظر نمی‌رسد که مشکل ساز باشد) مورد استفاده قرار می‌گیرند. علت دیگر کم بودن محاسبات مربوط به تاثیر آتش بر مصالح بنایی، تعداد محدود داده‌های آزمایشگاهی درباره‌ی مقاومت‌های فشاری و کششی مصالح بنایی در دماهای بالا می باشد. در واقع نقش اصلی مصالح بنایی این است که المان‌های جداکننده‌ای باشند که دما در وجه دیگر آنها (که در معرض آتش قرار نگرفته است) از مقدار استاندارد مقرر در آزمایش کوره‌ای استاندارد که $140^{\circ}C$ می باشد، تجاوز نکند.

۱-۱- الزامات عایق‌بندی سازه‌های مصالح بنایی

داده‌های جدول بندی در مورد عایق‌بندی شرایط حدی برای مصالح بنایی به صورت ضخامت مورد نیاز دیوار برای انواع مختلف آجر و نازک کاری (مثل گچ) ارائه شده‌اند. چنین داده‌هایی را می‌توان در EN1996-1-2 یافت. در شرایط خاص می‌توان از فرمول‌های اندرکنش بین لایه‌های جدا و یا اثر روکش استفاده کرد. یکی از این معادلات اندرکنش، جهت بدست آوردن مقاومت در برابر آتش R (به ساعت) یک مجموعه به صورت زیر ارائه می‌شود:

(۱)

$$R = \left(R_1^{0.59} + R_2^{0.59} + \dots R_n^{0.59} + A_s \right)^{1.7}$$

که در آن R_1, R_2 مقاومت لایه جدا در هر صفحه می‌باشند و A_s برای فضا‌های پیوسته‌ی با عرض بین ۱۲ mm.

و 89mm برابر ۰٫۳ در نظر گرفته می‌شود.

برابر آتش R (به ساعت) را می‌توان از رابطه‌ی زیر بدست آورد:

$$R = (0.026 + 0.01P)t_{eff} \quad (2)$$

که در آن t_{eff} ضخامت معادل دیوار (P ضریب روکش بوده و برای دیوارهای بدون روکش مقدار صفر و دیوارهای بانودود گچی یا دارای آستر با ضخامت مینیمم $12mm$ مقدار ۱ را اختیار می‌کند.

به یاد داشته باشید که اغلب آزمایش‌های مقاومت در برابر آتش تحت رژیم گرمایی ای انجام می‌شوند که در آزمایش کوره‌ی استاندارد تعیین شده است و این آزمایش‌ها روی پانل بدون باری که ابعاد محدودی دارند صورت می‌گیرند و بنابراین یا حاوی اطلاعات اندکی از ظرفیت باربری می‌باشند یا اصلاً اطلاعاتی در این زمینه ارائه نمی‌کنند. به علاوه لازم بذکر است که وقتی در آزمایش، یک پانل دیوار (معمولاً مربعی و به ضلع $3m$)، پایداری از خود نشان می‌دهد، توان این پایداری و یا هر گونه کاهش احتمالی در ظرفیت باربری را به پانل‌های با ابعاد بزرگتر که در سازه‌های معمولی استفاده می‌شوند، تعمیم داد. حتی زمانی که پانل‌ها در طول انجام آزمایشات بارگذاری می‌شوند، بارگذاری به صورت محوری است، یعنی به مرکز سطح مقطع وارد می‌شود. این الگوی بارگذاری، الگوی معمول در سازه‌های واقعی نیست، چرا که بار تیرچه‌ها، چه آنها که درون دیوار قرار دارند و چه آنهایی که با قلاب متصل شده‌اند، باید محوری باشد و از محورهای مرکزی بگذرد. همچنین در این نتایج فرض می‌شود که دیوارها اجازه‌ی عبور شعله را بین تیرچه‌های پانل‌های متوالی نمی‌دهد. در حالیکه در مصالح بنایی غیر باربر، حرکت بین پانل‌ها امری محتمل است چرا که به دلیل وجود گرا دیان‌های گرمایی در لایه‌های مصالح بنایی، میزان قابل توجهی خمیدگی اتفاق می‌افتد

۱-۲ - خمیدگی گرمایی^۱

هنگامی که یک دیوار در طول ضخامتش تحت گرا دیان گرمایی قرار می‌گیرد، می‌توان آن را به عنوان یک عضو تک بعدی در نظر گرفت (یعنی فرض کرد که هیچ مرز جانبی ندارد که روی قوس غیر مقید تأثیر بگذارد)، و در این حالت میزان این خمیدگی به صورت زیر ارائه می‌شود:

^۱ (Thermal Bowing)

(a) در یک طره (کنسول):

(۳)

$$\delta_{bow,c} = \frac{\alpha_m h_{wall}^2 \Delta\theta}{2d_{wall}}$$

که در آن $\delta_{bow,c}$ تغییر شکل طره، $\Delta\theta$ گرادیان گرمایی در طول لایه، d_{wall} ضخامت، α_m ضریب پخش گرمایی و h_{wall} ارتفاع دیوار می‌باشد و

(b) در یک تیر ساده:

(۴)

$$\delta_{bow,b} = \frac{\alpha_m h_{wall}^2 \Delta\theta}{8d_{wall}}$$

که در آن $\delta_{bow,b}$ تغییر شکل مرکزی تیر می‌باشد.

لازم به ذکر است که در یک المان طره‌ای، تغییر شکل چهار برابر یک المان تیر با همان گرادیان گرمایی، همان ضخامت و همان ضریب پخش گرمایی است. بنابراین بهتر است که دیوارهای جدا کننده بالا و پایین با سازه‌های مهار کننده نگه شوند. البته تغییر شکل‌ها در عمل معمولاً به مقادیری که از معادلات (۳) و (۴) محاسبه می‌شوند، نمی‌رسند. نسبت ابعادی یک دیوار جدا کننده‌ی بلند آتش تقریباً به گونه‌ای است که قید عمودی در طول وجوه دیوار (که با سازه‌های پشتیبانی مقید شده است) باعث می‌شود که دیوار به صورت افقی، دهانه داشته باشد و در نتیجه تغییر شکل کاهش یابد. دیواری که هیچ قید عمودی یا هیچ قیدی در بالا ندارد مقداری تغییر شکل از خود نشان می‌دهد، گرچه در مراحل اولیه این تغییر شکل به دلیل اثر بارگذاری عمودی روی دیوار کاهش می‌یابد. بار عمودی تنها پس از گذشت مدت زمان قابل توجهی اثر خود را می‌گذارد که در این حالت دیوار به صورت جانبی ناپایدار می‌شود و تغییر شکل‌های افقی باعث ایجاد و افزایش لنگرهای حاصل از بارگذاری عمودی می‌شوند و در نتیجه تنش فشاری نیز افزایش می‌یابد. انجمن نامه‌های مصالح بنایی و بتن کانادایی^۱ در سال ۱۹۹۲ راهنمایی منتشر کرد که حاوی اطلاعاتی در مورد نیروهایی است که اعضای افقی در اثر لنگرهای مثبت حاصل از شکم دادگی دیوارها در طول آتش سوزی باید با آنها مقابله کنند.

^۱ (Canadian Concrete and Masonry Codes Council)

۱-۳- دیوارهای مجوف باربر

بیشتر آزمایش‌ها و تحلیل‌هایی که روی این دیوارها صورت گرفته است، در استرالیا انجام شده است. البته اکثر کارهای اخیر در این رابطه در دانشگاه آلستر^۱ صورت گرفته است. طی این تحقیقات مشاهده شد که اثر افزایش بار (یعنی افزایش سطوح تنش فشاری) باعث خنثی شدن اثر مخرب ذاتی افزایش لاغری می‌شود.

یک سری آزمایش‌های جامع روی ضخامت‌های 230mm و 270mm و با سطح بارهای مختلف در استرالیا صورت گرفت. نتایج این آزمایشات در جدول ۱ ارائه شده‌اند. همان طور که مشاهده می‌شود، روی لایه مجاور آتش نسبت به بارگذاری روی لایه‌های دورتر یا لایه‌ی خارجی، بسیار بحرانی‌تر است. عمل بارگذاری لایه‌ی داغ باعث کاهش تغییر شکل جانبی یا شکم‌دادگی گرمایی می‌شود. عمل بارگذاری روی لایه‌ی سرد یا لایه‌ی خارجی باعث پایداری دیوار و همچنین کاهش اثر تغییر شکل‌ها می‌شود. اندازه‌گیری دماها در طول آزمایشات نشان داد که افزایش دما در لایه‌ی خارجی نسبتاً پایین بود و گرادیان قابل ملاحظه‌ای در حفره‌ی ۵۰ میلی‌متری وجود داشت. تلاش‌هایی نیز جهت مدل کردن رفتار دیوارهای پوسته‌ای (مجوف) صورت گرفت، اما با توجه به فرضیاتی که صورت گرفته بود و شمار اندک داده‌ها در مورد مصالح بنایی پر مقاومت، نتایج تنها نقش راهنما را داشتند.

^۱(Laverty, Nadjai and O'connor 2000,1;Nadjai, Laverty and O'Gara,2001)

طراحی المان‌های غیرمتعارف در برابر آتش									
صفحه: ۷		<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>		پروژه:
شهریور ۹۴							۰۱		

جدول ۱: نتایج تجربی حاصل از آزمایشات آتش روی دیوارهای پوسته‌ای

زمان خرابی (min)	ماکزیمم تغییر شکل (mm)	بارگذاری		نوع دیوار
		داخلی	خارجی	
۶۸	۷۴	۱۲۵	۰	۲۳۰/۹۰
۴۷ ‡	۸۷	۷۵	۰	۲۳۰/۹۰
۳۹ ‡	۸۷	۲۵	۰	۲۳۰/۹۰
۲۲	۵۸	۱۶۰	۰	۲۳۰/۹۰
۱۸۳ § / ۲۴۰ ‡	۶۰	۱۲۵	۱۲۵	۲۳۰/۹۰
۲۴۰	۱۸	۰	۱۶۰	۲۳۰/۹۰
۳۰۰	—	۰	۲۴۰	۲۷۰/۱۱۰
۵۰	۷۵	۸۰	۰	۲۷۰/۱۱۰
۳۴	۷۰	۱۰۰	۰	۲۷۰/۱۱۰

اولین عدد در ستون نوع دیوار ضخامت کلی (mm)، دومین عدد ضخامت (mm) هر لایه‌ای که از آجرهای رسی ساخته است می‌باشد.
 † بار به صورت درصدی از بار بهره‌برداری (یا بار سرویس) است.
 ‡ نشان‌دهنده‌ی این است که خرابی بعد از تغییر شکل اضافی رخ داده است.
 § نشان‌دهنده‌ی این است که خرابی ابتدا در لایه درونی و قبل از خرابی کل دیوار رخ داده است.

۲- آلومینیوم

روند محاسباتی که در *ENVI999-1-2* جهت تعیین عملکرد آلومینیوم در برابر آتش ارائه شده است بسیار مشابه آن چیزی است که برای فولاد گفته شد، چرا که در هر دوی این مواد فرض می‌شود که هیچ گرادیان گرمایی خاصی در راستای ضخامت نمونه وجود ندارد.

دمای محدودکننده در آلومینیوم حدود $200^{\circ}C$ می‌باشد (Bayley, 1992) یعنی در دماهای بالاتر از این دما کاهش مقاومت به قدری است که تمام ضرایب اطمینان که در شرایط محیطی در نظر گرفته شده‌اند، کاملاً از بین می‌روند. دمای محدودکننده کاملاً تابعی از آلیاژ آلومینیوم است، که کاهش مقاومت در اثر دما به میزان و نوع آلیاژهای به کار رفته در آن است.

۳- پلاستیک‌ها و مواد مرکب با مبنای پلاستیکی

پلاستیک‌ها و علی‌الخصوص مواد مرکب مبنای پلاستیکی از نظر نسبت وزن به مقاومتشان مواد بسیار کارآمد و مفیدی هستند اما در برابر آتش عملکرد بسیار ضعیفی دارند. بنابراین، این بدان معناست که چنین موادی نیازمند عایق‌بندی و حفاظت بیشتری هستند تا بتوانند در دماهای بالا ظرفیت باربری خود را حفظ کنند. در واقع ضخامت عایق باید به حدی باشد که در هنگام آتش‌سوزی دمای المان پلاستیکی، نزدیک دمای محیطی باقی بماند. مشکل دیگری که وجود دارد این است که گروهی از پلاستیک‌ها با حرارت دیدن تجزیه می‌شوند و به میزان زیادی گازهای سمی و مخرب تولید می‌کنند.

Bishop and Sheard (1992) گزارشی از آزمایش‌هایی ارائه می‌دهند که بیشتر تحت منحنی هیدروکربنی انجام شده‌اند تا منحنی سلولوزیک استاندارد. این آزمایش‌ها روی عایق‌های حرارتی سیستم‌هایی صورت گرفت که روی آنها با رزین فنولیک^۱ پوشیده شده بود. توجه داشته باشید که گرچه میزان عایق مورد نیاز در اینجا نسبت به کارهای فولادی بیشتر است اما همچنان نسبت وزن به مقاومت حاصل در مقایسه با فولاد، قابل قبول و مطلوبی دارد. متأسفانه سطوح دمایی که در آنها عایق روی مقاطع خارجی قرار می‌گیرد، سطوح معروفی نیستند. *(2003)* Wong تعدادی نتیجه‌ی آزمایشگاهی در مورد پلیمرهای مسلح با فیبر شیشه‌ای (GFRP)^۲، سیستم‌های دیوار معلق و ویژگی‌های مصالح گزارش می‌دهد. مقاومت فشاری از میزان حدود 275MPa در شرایط محیطی تا حدود 85MPa در دمای 90°C و 20MPa در دمای 250°C افت می‌کند. مقادیر مدول یانگ در همین دماها به ترتیب عبارتست از 22.25GPa ، 15.6GPa و 6.6GPa . همچنین نتایج حاصل از مقایسه‌ی مقاومت فشاری پلاستیک‌های مسلح با فیبر کربنی (CFRP)^۳ و پلاستیک‌های مسلح با فیبر شیشه (GFRP) نیز ارائه شده‌اند. هر دوی این مصالح در دمای 500°C کاهش مقاومتی در حدود 84% از خود نشان می‌دهند. البته CFRP ها در اصل قوی‌تر هستند، و به علاوه در نمونه‌های GFRP با قطرهای بین ۹ و 12.7mm ، اندازه‌ی نمونه بی تأثیر می‌باشد.

^۱ (Phenolic resin)

^۲ (Glass Fibre-Reinforced Polymer)

^۳ (Carbon Fibre-Reinforced plastic)

طراحی المان‌های غیرمتعارف در برابر آتش										
صفحه: ۹		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
شهریور ۹۴								۰۱		

۴- شیشه

شیشه‌ی معمولی در دمای حدود $700-800^{\circ}C$ نرم می‌شود، در دمای پایین‌تر از این دما با انبساط سیستم نگه‌دارنده‌ی شیشه و در نتیجه اعمال بار به شیشه ممکن است شیشه بشکند. به طور کلی فرض بر این است که در مراحل اولیه‌ی آتش سوزی شیشه‌ها از بین می‌روند و بنابراین تمام بازشوهایی که در حالت عادی با شیشه پوشیده شده بودند، حالا می‌توانند نقش مهم و مؤثر منبع تهویه را بازی کنند. در مورد نورگیرهای سقف می‌توان گفت که آنها به صورت مفرّی برای آتش در می‌آیند. در جایی که لازم باشد شیشه در مقابل اثرات آتش از خود مقاومت نشان دهد، در درب‌های نسوز (با میزان شیشه‌کاری محدود)، واحد شیشه‌ای باید از شیشه‌ی سخت یا شیشه‌ی مسلح ساخته شود.