فصل اول

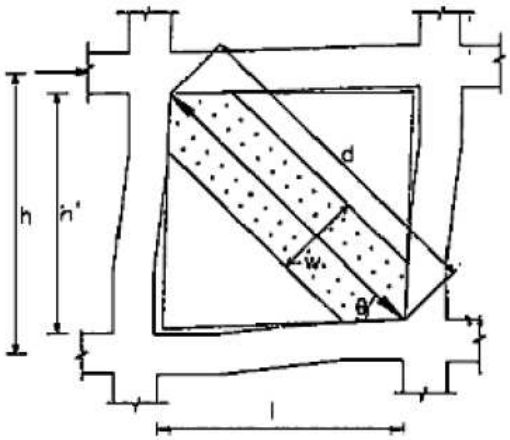
پیشینه تحقیقات صورت گرفته

۱-۱- مقدمه

در سالهای گذشته مطالعات عددی و آزمایشگاهی متعددی برروی رفتار قاب های دارای میان قاب با مصالح بنایی انجام شده است. این مطالعات با تغییر پارامترهای متعددی از مشخصات قاب و میانقاب آجری صورت گرفته است. از آغاز انجام آزمایشهای مختلف برروی قا بهای مرکب، محققین سعی نموده اند، روش هایی برای تحلیل اینگونه قاب‌ها به دست آورند که تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی داشته باشد .ازمیان روش های مختلف ارائه شده می توان به روش های مبتنی بر تئوری ارتجاعی، روش انرژی، روش تحلیل خمیری و در نهایت روش تحلیل اجزای محدود (FEM) و روش اجزاء گسسته (DEM) اشاره نمود. دراین فصل، خلاصه ای از این تحقیقات ارائه شده است.

۱-۲- مروری بر مطالعات انجام شده

در سال ۱۹۵۰ کالوی مطالعات جامعی را به صورت مرور و بازنگری بر روی قاب های مرکب فولادی و بتنی دارای میان قاب انجام داد [۱]. در این مطالعه مشاهده شد که مجموعه قاب و میانقاب تا لحظه ایجاد ترک ها درپیرامون دیوار، به صوت یکپارچه عمل می‌کند. سپس با ایجاد شکست های پله ای مانند در امتداد قطر فشاری ازمیان درزهای افقی و قائم دیوار، قطر فشاری میان قاب کوتاه تر و قطر کششی آن بلندتر می شود. در ادامه، کالوی با مشاهده تکیه قاب به میان قاب، ایده قید قطری معادل را برای مدل سازی میان قاب در قاب های مرکب جهت انجام تحلیل های سازه ای پیشنهاد نمود.



شکل ۱-۱- قید قطری معادل

مالیک و سورن درسال ۱۹۶۲ از جمله اولین افرادی بودند که به تحلیل اجزاء محدود قاب های دارای میان قاب به صورت دوبعدی پرداختند [۲]. این آزمایشات منجربه این نتیجه شد که میان قاب را می توان با یک قید قطری معادل جایگزین کرد .همچنین مشاهده منحنی های نیرو – تغییر مکان قاب های مرکب نشان داد که میان قاب سبب افزایش سختی قاب مرکب نسبت به قاب خالی می شود. وی به منظور ارائه یک روش تئوری برای پیش بینی نتایج آزمایشگاهی، مفهوم عرض موثر را پیشنهاد نمود .عرض موثر در واقع عرض قید قطری معادل میانقاب است .آنها همچنین دریافتند که اندازه عرض موثر به طول تماس قاب و میان قاب و نیز به نسبت سختی قاب به میان قاب بستگی دارد.

استفورد اسمیت درسال ۱۹۶۶ مطالعات برروی المان قطری معادل را ادامه داد[۳]. وی جهت مدل سازی از پارامتر سختی میان قاب به قاب (λ) استفاده کرد وطول تماس بین ستون قاب ودیوار میانقاب مربعی (α) را بر حسب آن تعیین نمود.

$$\alpha = \frac{\pi}{2\lambda} \qquad (۱-۱)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{E_i t}{4E_f I_{col} h_i}} \qquad (۱-۲)$$

که در آن h_i ارتفاع میانقاب، t ضخامت میانقاب، $E_f I_{col}$ سختی ستون و E_i مدول ارتجاعی میان قاب می‌باشد. او روابط بدست آمده در قسمت قبلی را برای میانقاب های مستطیلی تعمیم داد [۳].

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{E_i t \sin 2\theta}{4 E_f I_{col} h_i}} \qquad (۳-۱)$$

که در آن θ زاویه تمایل میانقاب نسبت به افق می‌باشد.

مین‌استون در سال ۱۹۷۱ با اقتباس از مفهوم قید فشاری معادل و با استفاده از آزمایشات مختلف برروی قاب های مرکب با میانقابهای مرکب و آجری، یک رابطه نیمه تجربی برای محاسبه عرض قید فشاری معادل برحسب پارامتربی بعد (λh) به صورت زیر پیشنهاد نمود[۴] :

$$w = 0.175(\lambda h)^{-0.4} d \qquad (۴-۱)$$

w: عرض قید فشاری معادل

h: ارتفاع میان قاب

λ: پارامتر سختی میانقاب به قاب

d: قطر میان قاب

ردینگتون و استفورد اسمیت در سال ۱۹۷۷ چند مدل از قابهای مرکب را به روش اجزای محدود خطی تحلیل نمودند[۵]. آنها با استفاده از نتایج تحلیلهای انجام شده، چند رابطه تجربی برای محاسبه تنش های برشی، کششی قطری و فشاری قائم در مرکز دیوار ارائه نمودند.

آنها دریافتند که تنش ها در مرکز میانقاب به شدت تحت تاثیر نسبت ارتفاع به طول میانقاب بوده و تقریبا مستقل ازسختی قاب و اصطکاک بین مرزی می‌باشند.

استفورد اسمیت و ردینگتون درسال ۱۹۷۸ روش برای طراحی قاب های مرکب فولادی پیشنهاد نمودند[۶]. در این روش طراحی، احتمال وقوع هر یک از حالات مختلف گسیختگی شامل شکست برشی، کششی و گوشه لحاظ شده و یک روش محافظه کارانه نیزبرای محاسبه گریز طبقات ارائه شده است. همچنین آنها نشان دادند که شکست فشاری میانقاب به شدت تحت تاثیر سختی نسبی ستون و قاب قراردارد، در صورتی که حالتهای شکست برشی و کششی به نسبت طول به ارتفاع میانقاب بستگی دارند.

لیاو وکوان در سال ۱۹۸۵ [۷] بر اساس مشاهدات آزمایشگاهی و انجام تحلیل های غیرخطی برروی قاب های مرکب با در نظر گرفتن باز توزیع تنش در میانقاب، روشی را برای تحلیل خمیری آنها ارائه نمودند. در این روش روابطی برای محاسبه بار نهایی در مودهای مختلف گسیختگی قاب مرکب پیشنهاد شد.

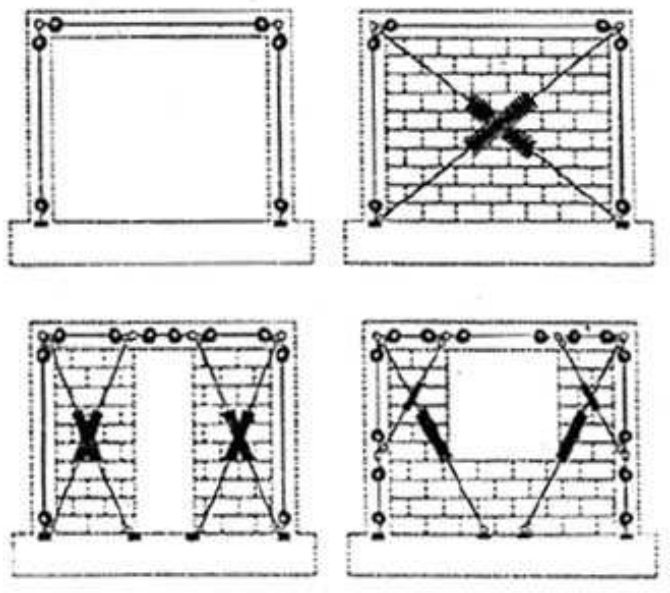
جیرسا و کرگر در سال ۱۹۸۹ [۸] به منظور بررسی تاثیر عوامل مختلف از قبیل مهار میانقاب به ستون، مقاومت ملات، اصطکاک بین میانقاب و قاب، فاصله بین تیر سقف و میانقاب، وجود بازشو درداخل میانقاب و صلبیت و مفصلی بودن قاب، ۲۸ نمونه قاب مرکب فولادی را آزمایش نمودند. براساس نتایج به دست آمده از این آزمایشات مشخص گردید که پرکردن فاصله بین قاب و میانقاب در مجاورت ستون هر چند باعث افزایش سختی اولیه قاب مرکب میگردد ولی تاثیر چندانی برروی ظرفیت باربری نهایی ندارد، ولی وجود فضای خالی بین تیر فوقانی و میانقاب شدیدا موجب کاهش مقاومت نهایی قاب مرکب می گردد. در خصوص موقعیت و تاثیر بازشوها نیز ملاحظه شد که قرارگیری بازشوها در محلی که سبب ایجاد ناپیوستگی در تشکیل قید قطری معادل می شود، باعث کاهش ظرفیت باربری قاب مرکب می گردد لذا بهترین محل برای بازشوها، مرکز میان قاب است.

والووان و کرگر در سال ۱۹۹۳ [۹] مقاومسازی لرزه‌ای ستون ها و قاب های بتن مسلح غیر شکل‌پذیر را تحت بارگذاری یکنوا و چرخه ای توسعه دادند. تحقیقات آنها نشان داد که الف) خصوصیات میان قاب ها مانند نوع مصالح میان قاب و آرایش آرماتورها، ب) خصوصیات قاب مانند نسبت آرماتورخمشی ستون، نسبت خاموت

های تیر و ستون، و پ) نوع و میزان کارآیی اتصالات بین قاب و میان قاب دارای تاثیر عمده‌ای بر رفتار قاب دارای میان قاب می‌باشد.

پاولی و پریستلی در سال ۱۹۹۲ [۹] توصیه نمودند که در تحلیل قاب های مرکب می توان میانقاب ها را به صورت اعضای مهاربندی قطری دو سر مفصل در نظر گرفت. همچنین آنها پیشنهاد نمودند که به منظور محاسبه سختی قاب مرکب به این روش میتوان عرض موثر قید فشاری را برابر با یک چهارم قطر دیوار در نظر گرفت.

زارنیک در سال ۱۹۹۴ و ۱۹۹۷ [۱۱ و ۱۲] دو مدل ریاضی برای شبیه سازی پاسخ غیرارتجاعی قاب های مرکب تحت بارگذاری استاتیکی یکنواخت و بارگذاری دینامیکی ارائه نمود. در مدل اول، تغییرات نیروی برشی پایه در مقابل تغییر مکان کل قاب به صورت یک منحنی سه خطی در نظرگرفته شده و ظرفیت باربری نهایی قاب مرکب تحت بارگذاری استاتیکی توسط روابط تحلیلی محاسبه می گردد. در مدل دوم المان های قاب به صورت فنرهای خمشی و المانهای قاب مصالح بنایی نیز به صورت یک زوج فنر انتقالی فشاری در برنامه DRAIN-2D به منظور انجام تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی قاب‌های مرکب مدل سازی می شوند.



شکل ۱-۲- مدل زارنیک جهت تحلیل دینامیکی قاب های مرکب

صانعی نژاد و هابز در سال ۱۹۹۵ [۱۳] برمبنای روش قید قطری معادل، نتایج آزمایشات قبلی و نتایج تحلیل های اجزا محدود غیرخطی، روشی را برای تحلیل قاب های مرکب فولادی تحت نیروهای درون صفحه ای پیشنهاد نمودند .در این روش با در نظر گرفتن هر دو نوع رفتار ارتجاعی و خمیری قابهای مرکب، مقادیر سختی و مقاومت آنها تخمین زده می شود. در این روش به راحتی می توان پس از تعیین ظرفیت باربری نهایی قاب مرکب، مساحت قید قطری را محاسبه نمود.

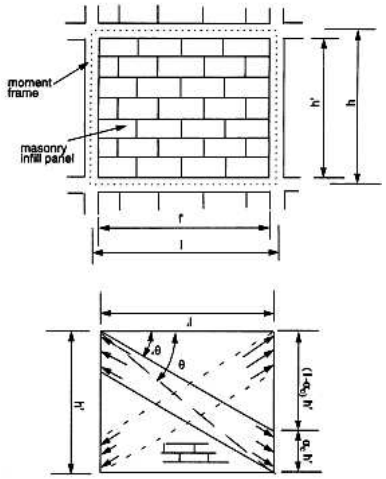
محرابی و همکاران در سال ۱۹۹۶ [۱۴] اثر میانقابهای مصالح بنایی را برروی عملکرد قابهای بتن آرمه بررسی نمودند .در این مطالعه ۱۲ نمونه، قاب یک طبقه – یک دهنه با میان قابهای مصالح بنایی ضعیف و قوی تحت بارهای یکنواخت و چرخه‌ای آزمایش شد. نتایج این آزمایش حاکی از آن است که میانقابها برروی عملکرد قابهای بتن آرمه تاثیر مثبتی دارند.

نگرو و ورزلتی در سال ۱۹۹۶ [۱۵] یک ساختمان ۴ طبقه بتنی با مقیاس واقعی را آزمایش نمودند آنها با در نظر گرفتن سه نوع آرایش – قاب خالی، قاب با میانقاب در تمام طبقات و قاب دارای طبقه اول نرم، پاسخ این ساختمان را با یک سیستم یک درجه آزادی مقایسه نمودند. از نتایج حاصل از این مقایسه مشخص شده که اختلاف رفتاری سازه‌های دارای توزیع‌های مختلفی از میانقاب را می توان با تکنیک سازه‌های یک درجه آزادی بر اساس ملاحظات انرژی بدست آورد.

محرابی و شینگ در سال ۱۹۷۷ [۱۶] رفتار قابهای بتنی مرکب را به روش اجزا محدود مورد بررسی قرار دادند.آنها برای شبیه سازی رفتار ملات در بین مصالح بنایی، مدل ساختاری جدیدی را ارائه نمودند که قادر به در نظر گرفتن رفتار سخت شدگی فشاری، تورم برشی و تراکم عمودی سطح ملات می‌باشد.

برای مدلسازی گسیختگی بتن در قابهای بتنی و مصالح بنایی در میانقابها نیز از مدل اجزاء محدود ترک پخشی استفاده نمودند. تحلیلهای انجام شده به وسیله این روش نشان داد که روش مذکور به درستی قادر به پیش بینی مودهای گسیختگی قاب های مرکب بتنی بوده و از آن میتوان برای ارزیابی قابهای مرکب استفاده نمود.

مـدن و همکـاران در سـال ۱۹۹۷ [۱۷] بـر مبنـای روش دسـتک فشـاری معـادل، یـک مـدل تحلیـل بـا منحنـی هیسترزیس ملایم (smooth) برای اعمال اثر میانقابهای مصالح بنایی در تحلیل غیرخطی سـازه هـای مرکـب پیشنهاد نمودند. این مدل با استفاده از پارامترهای کنترل کاهندگی قادر به اعمال سختی و مقاومت و همچنین لغزش و باریک شدگی (pinching) در رفتار غیرخطی سازه است.

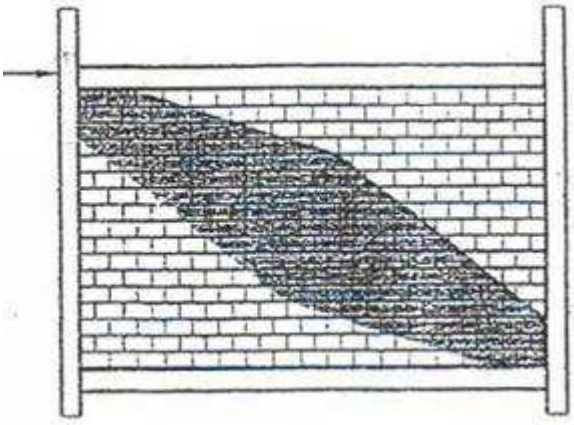


شکل ۱-۳- مدل مدن برای تحلیل قاب های مرکب

این مدل در نسخه چهارم برنامه تحلیل غیرخطی سازه‌ها IDARC-2D نیز به کار برده شده است.

مسلم و همکاران در سال ۱۹۹۷ [۱۸] یک سری آزمایشات به صورت شبهاستاتیکی برروی قاب هـای مرکـب فولادی انجام دادند. هدف از این آزمایشات بررسی میزان تاثیر سه پارامترتعداد دهانه‌ها، خصوصیات مکانیکی مصالح بنایی و ملات بکار رفته در دیوارها و بازشوها، برروی ظرفیت باربری قابهای مرکب بود.

در نهایت براساس نتایج به دست آمده ، یک مدل هیسترزیس جهت تحلیل لرزه ای قابهای مرکب با در نظـر گرفتن کاهندگی سختی و مقاومت ارائه نمودند .آنها همچنین با اندازه گیری کرنشهای ایجاد شده در راستای قطر فشاری میانقاب به این نتیجه رسیدند که عرض قید قطری معادل در تمام طول آن یکسان نیسـت و دارای یک مقطع غیر منشوری با عرض حداکثر در مرکز میانقاب می باشد. بالا بودن مقدار تـنش هـای فشـاری در گوشه های میانقاب نیز به علت کم بودن سطح مقطع قید قطری در این نقاط است.



شکل ۱-۴- تغییرات عرض موثر دستک معادل در قاب های مرکب

از دیگر نتایج به دست آمده در این مطالعه می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- با افزایش مقاومت واحد های بنایی ، شکست به صورت لغزش در بین درزها اتفاق می افتد.

۲- علی رغم دو برابر شدن مقاومت قابهای دودهانه نسبت به قاب های یک دهانه مرکب ، سختی ۱/۷ برابر سختی قابهای یک دهانه است.

۳- وجود بازشوها باعث کاهش سختی و مقاومت قاب مرکب شده ولی در عوض شکل‌پذیری آن را افزایش می دهد.

۴- با افزایش ابعاد بازشو ، شکل‌پذیری قاب مرکب افزایش می یابد.

سینگ و همکاران در سال ۱۹۹۸ [۱۹] برای شبیه سازی رفتارهای قاب مرکب بتنی با میانقاب مصالح بنایی آجری تحت بارهای استاتیکی و تحریک لرزه ای، یک مدل اجزا محدود غیراتجاعی ارائه نمودند. آنها نشان دادند که می توان از این مدل برای شبیه سازی رفتار بار -تغییر شکل بدست آمده از آزمایش، جدایی قاب و میانقاب، عرض قید فشاری معادل، مودها و بارهای گسیختگی استفاده نمود. بونوپان و همکاران در سال ۱۹۹۹[۲۰] یک قاب مرکب دو دهانه – دو طبقه با مقیاس یک دوم را به روش شبه دینامیکی مورد آزمایش قراردادند که در طبقه فوقانی این قاب دو بازشو به عنوان پنجره تعبیه شده بود. آنها با مقایسه نتایج مدلهای

تحلیل موجود جهت تعیین سختی قاب های مرکب و نتایج این آزمایش به بررسی صحت و سقم این مدل ها پرداختند.

طبق پیشنهاد آنها، جهت استفاده از مدل های تحلیلی قید قطری معادل میتوان عرض قید قطری را از یک چهارم تا یک ششم برابر طول قطر میانقاب در نظر گرفت .آنها همچنین نتیجه گرفتند که وجود بازشو در پانل های مصالح بنایی غیر مسلح باعث ایجاد الگوهای ترک خوردگی مطلوب تری نسبت به ترک های متعدد ایجاد شده در راستای درزها در پانل های بدون بازشو می گردد.

مورتی و جین در سال ۲۰۰۰ [۲۱] به منظور تعیین آثار مثبت میانقابها در قابهای بتنی آزمایش هایی را برروی ۱۲ نمونه قاب بتنی یک طبقه – یک دهانه انجام دادند. نتایج به دست آمده از این آزمایش ها حاکی از این است که میانقاب های مصالح بنایی باعث افزایش مقاومت، سختی، شکل‌پذیری کلی و توانایی جذب انرژی ساختمان های بتنی می شوند.

کامسکیور و پگون در سال ۲۰۰۰ [۲۲] جهت اصلاح و توسعه مدل قطری معادل خرپایی قاب های مرکب بتنی، مدل مناسبی را جهت ارزیابی عملکرد لرزه ای قاب های مرکب بتنی ارائه دادند .کلیه مشخصات این مدل غیرخطی در برنامه اجزاء محدود CASTEM 2000 پیاده شده است.

کاپوس و همکاران در سال ۲۰۰۰ [۲۳] یک مطالعه تحلیلی برروی عملکرد لرزه ای قاب های مرکب بتنی انجام دادند .آنها از این مطالعه دریافتند که دخالت دادن تاثیر میانقاب ها در تحلیل قاب های مرکب، تا ۴۰۰ درصد موجب افزایش سختی آنها می گردد.

آنها همچنین دریافتند که قابلیت سرویس دهی بیش از ۹۵ درصد جذب انرژی در میانقا ب ها (پس از ترک خوردگی) اتفاق می افتد، در حالی که در سطوح بالاتر، اعضای قاب بتنی سهم بیشتری را در جذب انرژی از خود نشان می دهند. این نتیجه در واقع تاییدی بر این نظریه است که میانقاب ها در هنگام وقوع زلزله، اولین خط دفاعی ساختمان را تشکیل می دهند در حالیکه در تحریکهای قویتر(پس از زلزله طراحی)، سیستم قاب بتنی در عملکرد سازه مشارکت می کند.

الچار و همکاران در سال ۲۰۰۲ [۲۴] برای تعیین آسیب پذیری لرز ه ای ساختمانهای بتن مسلح غیرشکل‌پذیر، آزمایشاتی را به صورت استاتیکی یکنوا برروی ۵ نمونه قاب مرکب یک طبقه با تعداد دهانه های مختلف در مقیاس یک دوم انجام دادند. نتایج به دست آمده از این آزمایشات حاکی از این است که این گونه قاب ها در مقایسه با قاب های خالی غیرشکل پذیر، از مقاومت نهایی، مقاومت پسماند و سختی اولیه بالاتری برخوردارهستند. همچنین مشخص گردید که مقاومت نهایی و سختی اولیه قاب مرکب با افزایش تعداد دهانه ها به صورت غیرخطی زیاد می شود.

آستریس در سال ۲۰۰۳ [۲۵] با استفاده ازیک روش اجزا محدود برای تحلیل قابهای مرکب با میانقابهای آجری تحت بارهای جانبی ، تعداد بازشوها در کاهش سختی قاب های میان پر را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه پارامتریک، وی موقعیت و درصد نسبی بازشو در قاب های مرکب یک طبقه-یک دهانه را در نظرگرفت. از بررسی اثر دو پارامتر موقعیت و درصد نسبی بازشوها مشخص گردیدکه:

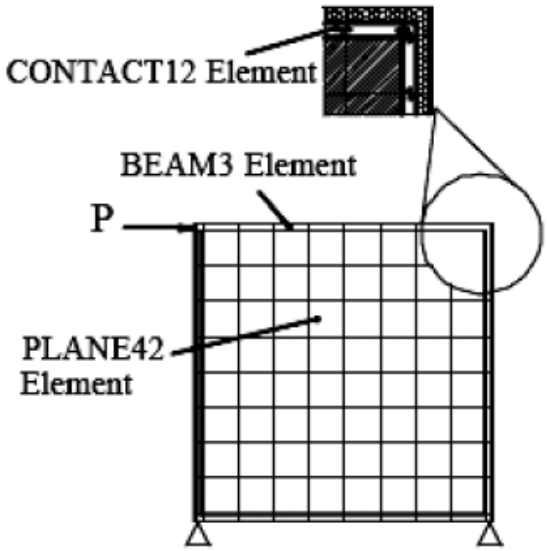
۱- با افزایش در صد نسبی بازشوها ، سختی قاب مرکب حداکثر تا حد زیادی کاهش می یابد.

۲- علی رغم نظر محققین قبلی ، موقعیت بازشو اثر قابل ملاحظه ای برروی سختی کل قاب دارد.

۳- با حرکت بازشو به سمت مرکز میان قاب، کاهش بیشتری در سختی کل قاب ملاحظه می گردد.

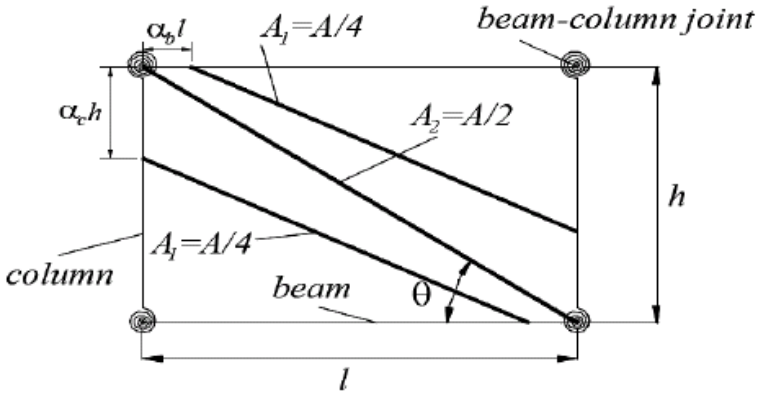
همچنین وجود بازشو در بالای قطر اصلی نسبت به حالتی که در زیر آن قرار دارد با کاهش سختی بیشتری همراه است.

الدخاخنی و همکارانش در سال ۲۰۰۳ [۲۶] با استفاده از نرم افزار ANSYS یک مدل اجزاء محدود دوبعدی را برای تحلیل قاب های مرکب فولادی توسعه دادند.



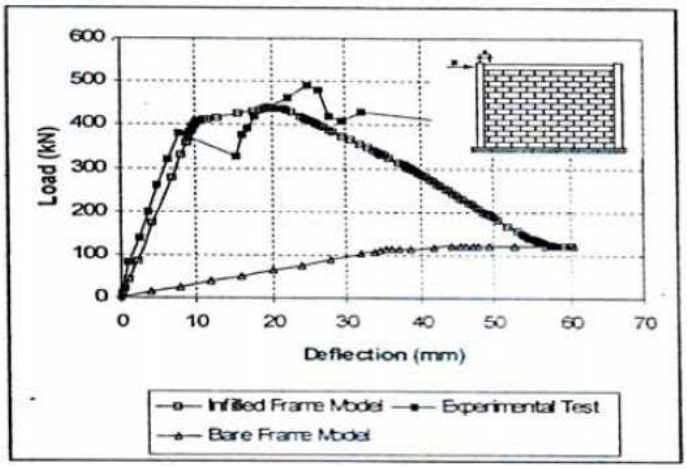
شکل ۱-۵- مدل اجزاء محدود الدخاخنی و همکارانش برای تحلیل قاب های مرکب

اساس این روش بر اساس رفتار ارتوتروپیک میانقاب ها، مشاهدات انجام شده در طی چند آزمایش و همچنین ساده سازی های تحلیل استوار است. در این مدل میان قاب مصالح بنایی توسعه سه قید فشاری با مشخصه های نیرو -تغییر شکل غیرخطی تشکیل شده است. از این روش به راحتی می توان در تحلیل غیرخطی قاب های میان پر تحت بارهای جانبی استاتیکی یکنوا تا ظرفیت باربری اوج استفاده نمود.



شکل ۱-۶- مدل سه قیدی الدخاخنی و همکارانش

استفاده از سه قید فشاری با این آرایش، یکی به صورت قطری بین دو گوشه تحت فشار و دوتای دیگر به صورت خارج از قطر بین نقاط انتهایی طول تماس تیر و ستون به میانقاب، موجب میگردد که در تحلیل قابهای مرکب، توزیع واقعی لنگر خمشی در اعضای قاب نیز بدست آید. البته باید اشاره کرد که این روش تنها برای قابهایی که در آن میانقاب در حالت شکست گوشه گسیخته می شود، قابل استفاده است.



شکل ۱-۷- منحنی ظرفیت بدست آمده برای قاب مرکب به روش الدخاخنی

مقدم در سال ۲۰۰۴ [۲۷] یک روش تحلیل جدید برای ارزیابی مقاومت برشی و الگوی ترک خوردگی پانل مصالح بنایی ارائه نمود. این روش برمبنای حداقل نمودن ضریب اطمینان با توجه به سطوح مختلف شکست استوار است. از این روش همچنین میتوان برای تعیین پارامترهای مقاومت برش و مدول ارتجاعی مصالح بنایی استفاده نمود.

تسنیمی و محبخواه در سال ۲۰۰۵ [۲۸] با استفاده از مدل قید قطری معادل و روش های تحلیل استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی به بررسی تاثیر نامنظمی ناشی از وجود میانقاب در نیاز لرزه‌ای قاب های بتن مسلح پرداختند. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که وجود میانقاب در یک طبقه باعث کاهش نیاز تغییر مکان نسبی و افزایش نیروی برشی در آن طبقه و طبقه‌های مجاور آن می شود.

ریکاردو پررا در سال ۲۰۰۵ [۲۹] مدل میان قاب های بنایی را در معرض بارهای چرخه ای قرار داد و به بررسی سختی و کاهش مقاومت پرداخت. او بر اساس روش قید معادل (equivalent strut) مدلی را برای تعیین مشخصات دیوارهای بنایی در معرض بار چرخه‌ای ارائه نمود.

دونومیس در سال ۲۰۰۶ [۳۰] به مدلسازی و بررسی رفتار الاستیک قابهای دارای میان قاب تحت بار یکنواخت به روش اجزاء محدود پرداخت. در این تحقیق یک قاب یک دهنه دارای میان قاب با فرض رفتار الاستیک خطی مصالح مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی اجزاء محدود و تحلیلی او اثرات شرایط تماسی، اندازه مش‌بندی در مدل سازی، مقدار ضریب اصطکاک، سختی نسبی تیر به ستون، نسبت قاب-میان قاب و خواص اورتوترپ میان قاب مورد توجه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کلیه این پارامترها بجز خواص اورتوتروپ میان قاب دارای اثرات قابل توجهی بر رفتار قابهای دارای میان قاب می باشند.

سینان آلتین و همکاران در سال ۲۰۰۸ [۳۱] به مطالعه آزمایشگاهی تقویت قابهای بتن مسلح دارای میان قاب با استفاده از تسمه‌های CFRP پرداختند. آنها ۱۰ نمونه ساخته و آنها را تحت بار چرخه‌ای جانبی قرار دادند. مقیاس نمونه‌ها در حدود یک سوم مقیاس واقعی بوده و از میان قاب آجری استفاده گردید. در این آزمایشات عرض و آرایش تسمه‌های CFRP بر رفتار نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تسمه‌های CFRP سختی و مقاومت قاب های بتن مسلح دارای میان قاب را به میزان زیادی بهبود می‌بخشند.

محبخواه، تسنیمی و مقدم در سال ۲۰۰۸ [۳۲] به تحلیل غیرخطی قابهای فولادی دارای میان قاب بنایی دارای بازشو با استفاده از روش المان گسسته (DEM) پرداختند. آنها مدل را تحت بارگذاری یکنواخت درون صفحه‌ای قرار داده و تغییرشکل‌ها و دوران های بزرگ میان بلوک های دیوار را مورد بررسی قرار دادند. در تحقیق آنها، محل بازشو ها و مساحت آنها مورد ارزیابی قرار گرفته و تاثیر بازشو درب در ظرفیت بار جانبی و نیز سختی قاب دارای میان قاب با یک بازشوی مرکزی مورد بررسی قرار گرفته است.

مهمت متین در سال ۲۰۰۸ [۳۳] به بررسی پارامترهای موثر بر دوره تناوب اصلی ساختمان های بتن مسلح دارای میان قاب پرداخته است. او نتیجه گرفته است که قابهای دارای میان قاب دارای دوره تناوب کوتاه تری تا حدود

۵-۱۰٪ در مقایسه با قاب توخالی می‌باشند. وجود دیوارهای برشی نیز منجر به کاهش دوره تناوب به میزان ۶-۱۰٪ می گردد.

متجاز دلسک و پیتر فجفار (۲۰۰۸) [۳۴] نیز اثر میان قاب‌های بنایی بر رفتار لرزه‌ای یک قاب بتن مسلح ۴ طبقه را مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که به شرط قرارگیری منظم میان قاب ها در کل سازه، وجود آنها دارای اثر مطلوبی بر رفتار سازه بوده و آنها موجب گسیختگی برشی ستون ها نخواهند شد.

محمدی و اکرمی در سال ۲۰۱۰ [۳۵] به بررسی آزمایشگاهی قاب های مهندسی دارای میان قاب با شکل‌پذیری بالا و تنظیم مقاومت پرداختند. برای دستیابی به قاب مهندسی دارای میان قاب، عنصری به نام فیوزهای لغزشی اصطکاکی(FSF) به میان قاب افزوده شد. این فیوزها پیش از خرد شدن گوشه میان قاب عمل کرده و از وارد آمدن بار زیادی به آن جلوگیری می کنند. به این ترتیب ظرفیت تغییرشکل آنها بالا رفته و از کاهش مقاومت جلوگیری می گردد. نتایج نشان داد که این قابها دارای قابلیت تنظیم مقاومت و شکل‌پذیری و استهلاک انرژی بالایی می‌باشند.

هاکان ارسلان در سال ۲۰۱۰ [۳۶] به بررسی پارامترهای موثر طراحی مربوط به عملکرد لرزه‌ای قاب های بتن مسلح با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی پرداخت. در این مطالعه، ۲۵۶ ساختمان بتن مسلح بین ۴ تا ۷ طبقه مدلسازی گردید و تحلیل بار افزون بر روی آنها صورت گرفت تا منحنی ظرفیت سازه بدست آید. پیش‌بینی ارزیابی عملکرد بر اساس آیین نامه ترکیه و FEMA-356 بر روی آنها صورت گرفت. همچنین اثر پارامترهای سازه‌ای با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی(ANN) مورد بررسی قرار گرفت.

پوجول و فیک در سال ۲۰۱۰ [۳۷] به بررسی سازه بتن مسلح سه طبقه دارای میان قاب بنایی با مقیاس واقعی پرداختند. در این آزمایشات مشاهده گردید که در قاب های بدون میان قاب، گسیختگی برشی سوراخ کننده در یکی از اتصالات دال به ستون اتفاق افتاد. همچنین مشخص گردید که وجود میان قاب در سازه، مقاومت و سختی سازه را افزایش می‌دهد.

فصل دوم

کلیات رفتار قاب های مرکب

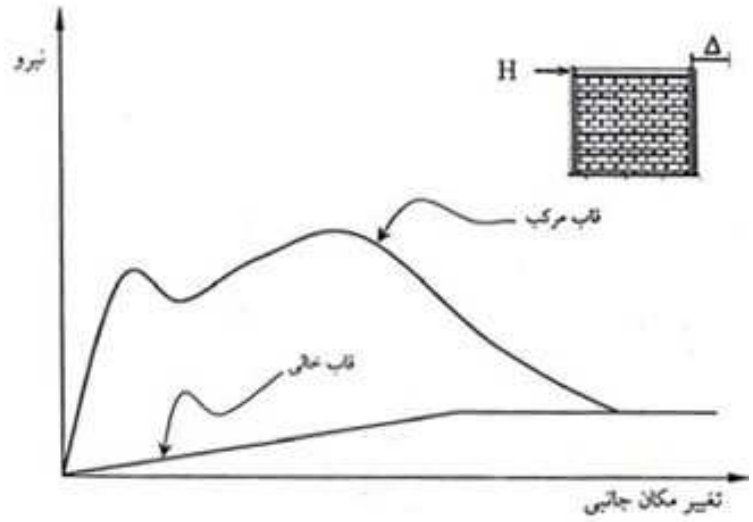
۲-۱- مقدمه

در این فصل کلیاتی در مورد رفتار قا ب های مرکب در برابر بارهای جانبی ارائه شده است. ابتدا رفتار قاب مرکب واندرکنش بین قاب و میان قاب، توزیع تنش در میان قاب و حالتهای شکست قاب مرکب تشریح شده است، در ادامه سختی و مقاومت قاب های مرکب و اثر بازشو براین پارامترها ارائه، ودر نهایت رفتار خارج صفحه میان قاب بیان می شود.

۲-۲- رفتار قاب های مرکب واندر کنش بین قاب و میانقاب [طاحونی، مهرابی [۱٤]]

هرگاه یک قاب تحت بارجانبی قرار گیرد، اجزای قاب با رفتاری خمشی در مقابل بار جانبی مقاومت می‌کنند. از سوی دیگر، دیوار بدون قاب تحت نیروی جانبی همانند تیر طره ای عمل می کند و رفتار برشی را نشان می دهد. حال اگر رفتار قاب مرکب را در نظر بگیریم به ازای بارهای جانبی کم به صورت یک سیستم یکپارچه عمل میکند، در حالیکه با افزایش مقدار بار جانبی، قاب پیرامونی در انتهای قطر کششی از میانقاب جدا شده و برعکس در انتهای قطر فشاری به میان قاب تکیه میکند و به عبارت دیگر، میان قاب با جلوگیری از حرکات قاب، موجب میشود که رفتار قاب ازعملکرد خمشی در قاب تنها به رفتار خرپایی در قاب مرکب تبدیل شود. در این حالت جابجایی افقی کمتر از حالت قاب خالی شده، اعضای قاب مجالی برای عملکرد خمشی نمی یابند، بلکه عمده انرژی کشسان به صورت تغییر شکل محوری اعضای قاب و قید فشاری (یعنی

دیوار) ذخیره می شود. از طرف دیگر، اگر نمودارهای نیرو– جابجایی را برای قاب خالی و دیوار بدون قاب در یک دستگاه مختصات رسم کرده و با هم جمع می کنیم نمودار حاصل بر نمودار مربوط به قاب مرکب منطبق نمی باشد و نمودار قاب مرکب رفتار به مراتب بهتری از مجموع رفتار قاب و دیوار دارد. خاصیت فوق نشان می‌دهد که بین قاب و دیوار اندرکنش وجود دارد و به دلیل همین اندرکنش خواص قاب با دیوار از حالت ساده به مرکب تبدیل می شود، بنابراین قاب مرکب نامیده می شود.[۱۴]



شکل ۲-۱- مقایسه رفتار قاب خالی و قاب مرکب

۲-۳- ضرورت توجه به نقش میانقاب در طراحی لرزه ای

یکی از نکات اساسی در طراحی لرزه‌ای این است که ازاجزایی به عنوان عناصر مقاوم لرزه ای استفاده شود که وزن آنها به سازه تحمیل شده است. علت این نکته آن است وجود عناصر سنگین در سازه باعث افزایش اثر نیروی زلزله بر سازه خواهد شد و در نتیجه اگر نقشی در باربری نداشته باشند باعث تضعیف سازه در برابر زلزله خواهند شد. با توجه به وزن قابل توجه میانقابها از یک سو و نقش قابل ملاحظه‌ای که در افزایش سختی

سیستم سازه ای دارند، بنابراین کاملا منطقی به نظر می رسد که در طراحی لرزه ای در نظر گرفته شوند[۵]. اما صرفنظرکردن از اثر میان قاب ها در سازه همیشه حاشیه ایمنی مناسبی را در اختیار قرار نمی دهد، زیرا به دلیل افزایش قابل ملاحظه‌ی سختی به دلیل حضور میان قاب، مرکز سختی یک طبقه از ساختمان می تواند فاصله زیادی تا مرکز جرم پیدا کند و ساختمان را در هنگام طراحی متقارن بدون در نظر گرفتن اثرات پیچش با پیچش های مخربی مواجه سازد. پس حتی اگر قرار است که از مقاومت میان قاب صرفنظر شود لااقل باید تاثیر سختی آنها در نظر گرفته شود تا از ایجاد پیچش های ناخواسته در سازه اجتناب گردد (مورتی، ۲۰۰۰) [۲۱].

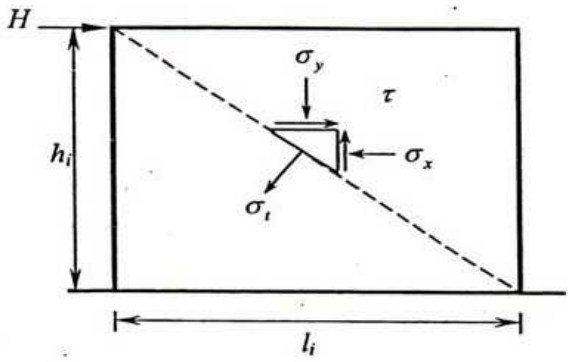
از سوی دیگر استفاده از میان قاب در یک یا چند دهانه و خالی ماندن بقیه دهانه ها سختی را به گونه‌ای افزایش می دهد که عمده نیروی زلزله جذب این دهانه شده و دهانه‌های دیگر بی اثر می‌مانند. در قاب های بتنی این نیروی تمرکز یافته موجب عکس العمل شدید میانقاب در برابر قاب شده و باعث خرد شدن ستون بتنی در محل اتصال می گردد. درصورت آگاهی طراح از تاثیر میانقاب می‌باید ستون حتما در محل اتصال با گذاشتن تنگ های اضافی تقویت شود. [استریس، ۲۰۰۰، مرجع ۲۵]

۲-٤- توزیع تنش در میان قاب

هنگامی که یک قاب مرکب در صفحه خود تحت نیروی جانبی قرار می گیرد، بین قاب و میان قاب نیروی اندرکنش ایجاد می شود که به نیروی خارجی و سختی نسبی و نحوه اتصال قاب و میان قاب بستگی دارد. این نیروهای اندرکنشی که در محیط دیوار ایجاد می شوند، موجب ایجاد تنش های صفحه ای در داخل دیوار می شود. بسیاری از پژوهشگران سعی نموده‌اند تنشهای دیوار داخل قاب را در آزمایشگاه اندازه گیری نموده و با نتایج تحلیل نظری مقایسه و ارزیابی کنند.

سالوی [۱] بر اساس آزمایشاتی که انجام داد توزیع تنش را برروی قطر کششی و قطر فشاری اندازه گرفت و نتیجه گرفت که تنش فشاری روی قطر فشاری در دو انتها صفر و در وسط به اوج می رسد و برعکس تنش کششی روی قطر کششی در دو انتها در اوج، و در وسط حداقل می شود.

استنفورد اسمیت [۳] با تغییر دادن سختی نسبی قاب و میانقاب طول تماس قاب و میانقاب را تغییر داد و تغییرات کرنش را در امتداد قطر فشاری محاسبه کرد. این محاسبات نشان می دهد که کرنش هایی که در مرکز دیوار به وجود می آیند به طول قاب و سختی قاب بستگی ندارد و فقط کرنش های کنج از این عامل متاثرند. هرقدر قاب نسبت به میان قاب قویتر باشد، طول تماس قاب و میان قاب بیشتر شده و در نتیجه طول ناحیه‌ای که نیروهای اندرکنش در آن گسترده‌اند، افزایش می یابد. این گسترش صرفا روی تنش های کنج موثر است و در نتیجه مقاومت شکست کنج را افزایش می دهد اما بر تنش های مرکزی میان قاب تاثیر چندانی ندارد [۳۸]. بنابراین مقاومت خمشی قاب تاثیر چندانی بر تنش های مرکزی و در نتیجه بر شکست برشی ندارد. تنش های مرکزی صرفا تابعی از هندسه میان قاب اند و در نتیجه شکست برشی به ابعاد میان قاب و مصالح به کار رفته در آن بستگی دارد[۳۸] . استنفورد اسمیت و ردینگتون روابط تجربی زیر را ارائه نمودند [۵]:



شکل ۲-۲- تنش هادر مرکز میانقاب