

بررسی تأثیر روش‌های مختلف مدلسازی میانقاب بر عملکرد لرزه‌ای قاب‌های خمشی بتنی

محمد مهدی صالحی یانه سری^{۱*}، حامد مرادمند^۲، عبدالرضا سروقدمقدم^۳

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: مهر ۱۳۸۸ پذیرش مقاله: اسفند ۱۳۸۸	
واژگان کلیدی: بتن مسلح استاتیکی غیر خطی میانقاب سه دستکی	در این پژوهش به تأثیر میانقاب مصالح بنایی در رفتار قاب‌های بتنی به دو روش سه دستکی و تک دستکی قطری پرداخته شده است که روش سه دستکی به عنوان یکی از آخرین تکنیک‌های ارائه شده برای مدلسازی میانقاب‌های مصالح بنایی و روش تک دستکی قطری نیز به عنوان روش پیشنهادی دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای برای مدلسازی میانقاب‌ها می‌باشند. قاب‌های میانپیر از سه جنبه ارتفاع (تعداد طبقات)، ضخامت و شیوه مدلسازی میانقاب‌ها مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند این قاب‌ها بر مبنای آیین‌نامه‌های ۵۱۹ و ۲۸۰۰ ایران، بارگذاری، تحلیل و مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان طراحی گشته، سپس بر اساس روش تحلیل استاتیکی فزاینده غیر خطی در دو حالت با و بدون میانقاب به کمک نرم‌افزار SAP2000 مورد آنالیز و میزان تأثیر میانقاب مصالح بنایی بر رفتار قاب مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج در محدوده این مطالعه نشان داد میانقاب‌ها سبب افزایش مقاومت، سختی، بهبود سطح عملکرد و کاهش تعداد مفاصل خمیری قاب‌ها شدند ولی در اکثر حالات تحلیل خود میانقاب‌ها بطور کامل تخریب شده‌اند و روش تک دستکی قطری در اکثر موارد نتایج محافظه کارانه تری نسبت به روش سه دستکی برای قاب‌ها ارائه می‌دهد. میزان افزایش سختی و کاهش Drift در اثر حضور میانقاب‌ها با افزایش ارتفاع قاب‌ها کمتر می‌شود. بر این اساس نادیده گرفتن میانقاب‌ها در قاب‌های کوتاه‌تر می‌تواند به یک طراحی نادرست بیانجامد. افزایش ضخامت میانقاب‌ها نیز تأثیر چندان زیادی در بهبود رفتار قاب‌های مورد مطالعه در این پژوهش نداشته است.

۱- مقدمه

همچون پولیاکف (Polyakov) [۱] و بنیامین و ویلیامز (Benjamin and Williams) و با ساختن نمونه‌هایی با مقیاس‌های مختلف و بارگذاری آن‌ها انجام می‌گرفت تا اینکه در سال ۱۹۶۱ هلمز (Holmes) با ارائه ایده جایگزینی میانقاب با یک دستکی قطری معادل اولین مطالعات تحلیلی در این زمینه را ارائه کرد [۲]. از آن تاریخ به بعد و در طول پنج دهه گذشته اثر میانقاب‌های مصالح بنایی روی رفتار سازه‌های قاب دار به شکل‌های مختلفی مورد مطالعه تحلیلی قرار گرفته است. آنالیزهای

سابقه مطالعاتی رفتار قاب‌های میانپیر به اواخر دهه ۱۹۴۰ باز می‌گردد. این تحقیقات در ابتدا بیشتر به صورت مطالعاتی آزمایشگاهی بودند که توسط پژوهشگرانی

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: m.mehdisalehi@yahoo.com

۱. کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش سازه، دانشگاه علم و فرهنگ
۲. کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش سازه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۳. دکترای مهندسی عمران گرایش سازه، عضو هیئت علمی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

۳- مدل‌های شکست قاب‌های میانپیر

بر پایه اطلاعات بدست آمده از مطالعات تجربی و تحلیلی صورت گرفته در پنج دهه گذشته، شکل‌های مختلف خرابی قاب‌های میانپیر مصالح بنایی را می‌توان در پنج مد مشخص طبقه بندی کرد که عبارتند از:

۱- مد خرد شدن کنج (CC) همان طوری که در شکل ۱-۱ نیز نشان داده شده، نمایانگر خرد شدن حداقل یکی از کنج‌های تحت بار است. این مد معمولاً به میانقابی با بلوک‌های بنایی ضعیف که با قابی با اعضای قوی و اتصالات ضعیف احاطه شده است، مربوط می‌شود.

۲- مد برش لغزشی (SS) که نشانگر گسیختگی برشی- لغزشی افقی بندهای ملات دیوار است، در شکل ۱-۱ b نشان داده شده است. این مد به میانقابی با ملات ضعیف که درون یک قاب قوی اجرا شده، مربوط می‌شود.

۳- مد فشار قطری (DC) همان طور که در شکل ۱-۱ c نیز نشان داده شده است نمایانگر خرد شدن میانقاب در ناحیه مرکزی آن است. این مد به یک دیوار پر کننده نسبتاً باریک مربوط می‌گردد. به طوری که شکست از ناپایداری کمانشی میانقاب ناشی می‌شود.

۴- مد ترک قطری (DK) به شکل یک ترک که دو گوشه تحت بار را به هم متصل می‌کند دیده می‌شود. این مد از خرابی که به یک قاب ضعیف و یا یک قاب قوی با اتصالات ضعیف که با یک میانقاب نسبتاً مقاوم پر شده نسبت داده می‌شود (شکل ۱-۱ d)

۵- مد شکست قاب (FF) که به صورت تشکیل خمیری در ستون‌ها یا اتصالات تیر- ستون، همان طوری که در شکل ۱-۱ e آمده، دیده می‌شود. این مد نیز به یک قاب ضعیف یا یک قاب قوی با اتصالات ضعیف که توسط میانقاب نسبتاً قوی پر شده مربوط می‌گردد.

اولیه بیشتر بر پایه روش‌هایی ساده بر اساس اصول مقاومت مصالح بودند که بعدها برای انطباق بیشتر با نتایج مدل‌های آزمایشگاهی به روش‌هایی بر پایه تئوری الاستیسیسته، پایداری و روش انرژی، روش تفاضل‌های متناهی (finite difference method)، روش آنالیز خمیری (plastic theory) و در نهایت روش المان محدود منتهی شده است.

با توجه به مطالعات انجام شده توسط پژوهشگران و محققان بر روی نمونه‌های آزمایشگاهی و ارائه راهکارهای متفاوت برای مدل‌سازی میانقاب‌ها به صورت تک دستک قطری [۳-۵] در این پژوهش نیز این روش مدل‌سازی به عنوان یکی از روش‌های مدل‌سازی میانقاب مورد بحث قرار گرفته است.

در این پژوهش برای مدل‌سازی میانقاب‌ها به روش تک دستک قطری روابط ارائه شده توسط دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. برای مدل‌سازی رفتار غیر خطی و معیارهای پذیرش دستک قطری از مقادیر جدول ۳-۱ که از دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای اقتباس شده است استفاده می‌کنیم. لازم به ذکر است که ضخامت دستک قطری معادل در این روش برابر ضخامت میانقاب در نظر گرفته می‌شود.

۲- روش سه دستک برای مدل‌سازی دیوار

در سال ۲۰۰۳ ال داخانی و همکارانش تکنیک جدیدی را برای مدل‌سازی میانقاب‌های مصالح بنایی معرفی کردند [۶]. مبانی این روش نیز بر پایه نظریه دستک معادل استوار است با این تفاوت که در این مدل‌سازی، دیوار با سه دستک معادل جایگزین می‌شود. در ادامه مبانی نظری و نیز نحوه تعیین مشخصات هندسی و رفتاری دستک‌های معادل بیان می‌شود.

میانقاب تحت مد SS مقایسه می‌شود. برای تعیین ظرفیت برش لغزشی میانقاب مصالح بنایی از روش پیشنهاد شده توسط پرستلی و پوآلی [۸] استفاده شده است.

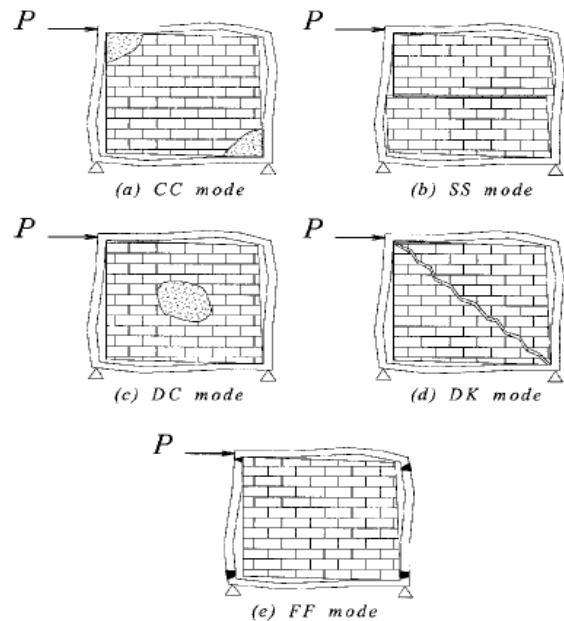
۴- شرح مدل‌ها و تحلیل‌ها

در این بخش به مطالعه رفتار قاب‌های بتنی مسلح با در نظر گرفتن میانقاب‌های بنایی به دو شیوه مورد بحث شده پرداخته می‌شود. روند کلی شامل انتخاب مدل‌هایی از قاب‌های خمشی بتنی مسلح است که بر اساس آئین‌نامه‌های ۵۱۹ و ۲۸۰۰ ایران بارگذاری و تحلیل و مطابق آئین‌نامه ACI طراحی گردیده است. سازه‌های منتخب بر اساس روش‌های تحلیل استاتیکی فزاینده در سه حالت ذیل مورد آنالیز قرار گرفته‌اند: با در نظر گرفتن میانقاب و مدلسازی آن به شیوه تک دستک قطری، با در نظر گرفتن میانقاب و مدلسازی آن به شیوه سه دستکی و بدون در نظر گرفتن میانقاب و در پایان به مقایسه نتایج تحلیل‌ها و تاثیر مدلسازی و شیوه مدلسازی میانقاب‌ها در سطوح عملکرد قاب‌ها پرداخته می‌شود.

لازم به ذکر است که شیوه تک دستک قطری با فرض رخ دادن مد شکست برش لغزشی و روش سه دستکی با فرض رخ دادن مد شکست خرد شدگی کینج ارائه شده‌اند.

۴-۱- معرفی سازه‌های مورد مطالعه

قاب‌های مورد بحث در این پژوهش از دو جنبه ارتفاع (تعداد طبقات) و ضخامت مصالح میانقاب مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه در این پژوهش سعی شده به تحلیل قاب‌ها و میانقاب‌های متعارف مورد استفاده در سازه‌های موجود کشور پرداخته شود قاب‌های مورد تحلیل در یک، دو و چهار طبقه و ضخامت میانقاب‌ها ۲۰ و ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. که قاب‌ها دارای ارتفاع ۳/۲ متر و یک دهانه ۵ متری و سطح بارگیر ۵ متری باشند. برای قاب‌ها متناسب با ضخامت میانقاب‌های



شکل ۱- مدهای مختلف خرابی قاب‌های میانپر با مصالح بنایی (a) مد خرد شدگی کینج، (b) مد برش لغزشی، (c) مد فشار قطری، (d) مد ترک قطری، (e) مد شکست قاب [۷]

لازم به ذکر است که فقط دو مد اول SS, CC در عمل دارای اهمیت هستند [۷] زیرا مد سوم (DC) بسیار به ندرت رخ می‌دهد و به یک نسبت لاغری بالا در میانقاب نیاز دارد که منجر به کماتش خارج از صفحه میانقاب تحت بارهای صفحه‌ای می‌گردد. بنابراین این حالت به ندرت و تنها زمانی اتفاق می‌افتد که ضخامت میانقاب طوری طراحی شود که بخواهند ملزومات عایق سازی صوتی و حفاظت در برابر آتش را برآورده سازند. مد چهارم (DK) نباید به عنوان یک مد شکست در نظر گرفته شود به این دلیل که میانقاب حتی بعد از اینکه ترک می‌خورد هنوز می‌تواند بار بیشتری را تحمل کند. با وجود آنکه مد پنجم (FF) در مورد قاب‌های از جنس بتن مسلح (RC) بایستی مورد توجه بیشتری قرار گیرد اما در مورد قاب‌های فولادی که توسط بلوک‌های بنایی غیر مسطح و تو خالی پر شده‌اند این مود از خرابی به ندرت رخ می‌دهد. این مطالعه فقط به مدل CC می‌پردازد که معمول‌ترین مد شکست قاب‌های فولادی میانپر با مصالح بنایی است. برای تعیین مد شکست حاکم، ظرفیت پانل‌های میانقاب که توسط روش پیشنهاد شده به دست می‌آید با ظرفیت

$$V_{ie} = 1.2V_{ii} = 1.2 \times 2 = 2.4 \text{ kg/cm}^2$$

که V_{ii} : کران پائین مقاومت برشی ملات و V_{ie} : مقاومت برشی مورد انتظار ملات

۴-۱-۲- مشخصات قاب بتنی

کران پائین مقاومت فشاری بتن مورد استفاده در قاب‌ها 210 kg/cm^2 کران پائین و مقاومت کششی میلگردها 3000 kg/cm^2 می‌باشد. که مطابق رابطه پیشنهادی دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود مقادیر ذیل به عنوان مقادیر مشخصات مورد انتظار مصالح قاب بتنی در نظر گرفته می‌شود.

$$(f'_c)_e = (f'_c)_i \times 1.5 = 21 \times 1.5 = 315 \text{ N/mm}^2$$

$$(f_y)_e = (f_y)_i \times 1.25 = 3000 \times 1.25 = 3750 \text{ N/mm}^2$$

که در این رابطه $(f'_c)_e$ مقاومت فشاری مورد انتظار بتن، $(f'_c)_i$ کران پائین مقاومت فشاری بتن، $(f_y)_e$: مقاومت کششی مورد انتظار میلگرد و $(f_y)_i$: کران پائین مقاومت کششی میلگرد می‌باشد.

طبق روابط پیشنهادی آئین‌نامه بتن ایران مدول الاستیسیته مورد انتظار بتن نیز از رابطه ذیل حاصل می‌شود.

$$[E_{c,e} = 5000 \sqrt{(f'_c)_e} = 28062 \text{ N/mm}^2 \approx 280620 \text{ kg/cm}^2]$$

۴-۲- تحلیل استاتیکی فزاینده غیر خطی

تحلیل استاتیکی غیر خطی خود به دو صورت مدل کامل و مدل ساده شده انجام می‌شود. در مدل کامل تمامی اعضای سازه‌ای اصلی و غیر اصلی مدل می‌شوند در حالی که در مدل ساده شده تنها اعضای سازه‌ای اصلی در نظر گرفته می‌شود در این مطالعه دستک‌های معادل میانقاب‌های مصالح بنایی به عنوان اعضای سازه‌ای غیر اصلی در نظر گرفته شده و از مدل کامل برای تحلیل قاب‌های میانپیر استفاده شده است. همچنین در هر یک از مدل‌های مطالعه شده نقطه کنترل در تراز بام در نظر گرفته شده و رفتار غیر خطی قاب بتنی و دستک‌های

سطح بارگیر هر قاب بارهای مرده و زنده وارد بر تیر بصورت ذیل محاسبه گردید.

$$\text{میانقاب با ضخامت } 35\text{cm} \begin{cases} DL=4000\text{kg/m} \\ LL=5 \times 200=1000\text{kg/m} \end{cases}$$

$$\text{میانقاب با ضخامت } 20\text{cm} \begin{cases} DL=3500\text{kg/m} \\ LL=5 \times 200=1000\text{kg/m} \end{cases}$$

۴-۱-۱- مشخصات میانقاب آجری

میانقاب مورد مطالعه در این پژوهش از نوع آجری و برای مصالح با کیفیت متوسط در نظر گرفته شده است که طبق توصیه نشریه شماره ۳۷۶ سازمان برنامه بودجه (دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود) [۹] کران پائین مقاومت فشاری مصالح بنایی برای مصالح با شرایط متوسط 40 kg/cm^2 در نظر می‌گیریم. در ادامه نیز مطابق رابطه‌های پیشنهادی ارائه شده در نشریه ۳۷۶ سازمان برنامه بودجه [۹] مقادیر مقاومت فشاری مورد انتظار و مدول الاستیسیته و مدول برشی مصالح میانقاب به قرار ذیل خواهد بود.

$$(f_{ie}) = 1.2f_{ii} = 1.2 \times 40 = 48 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{ie} = 550f_{ie} = 550 \times 48 = 26400 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_{ie} = 0.4E_{ie} = 0.4 \times 26400 = 10560 \text{ kg/cm}^2$$

که در آن f_{ie} مقاومت فشاری مورد انتظار مصالح میانقاب، f_{ii} مقاومت فشاری کران پائین مصالح میانقاب، E_{ie} : مدول الاستیسیته مورد انتظار مصالح میانقاب فشار، G_{ie} : مدول برشی مورد انتظار مصالح میانقاب می‌باشد. از آنجائیکه مطابق دستورالعمل بهسازی دیوارهایی که مقاومت برشی ملات آن‌ها کمتر از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد شرایط حداقل کیفیت ملات را دارا نمی‌باشند و به لحاظ برشی آسیب‌پذیر محسوب می‌باشند کران پائین مقاومت برشی ملات در میانقاب‌های مصالح بنایی 2 kg/cm^2 در نظر گرفته شده است و مطابق با پیشنهاد نشریه ۳۷۶ سازمان برنامه مقدار مقاومت برشی ملات مورد انتظار مصالح میانقاب به قرار ذیل خواهد بود:

جدول ۱- مشخصات هندسی مدل‌های میانپیر با میانقاب با ضخامت 20cm در روش سه دستکی

تعداد طبقات	طبقه	مشخصات مقاطع		طول تماسی (cm)		عرض دستک	
		ستون	تیر	ستون	تیر	قطری	غیرقطری
۱	اول	A	1	44.7	38.6	11.1	22.2
	دوم	B	2	54.9	46.6	13.5	27
۴	اول	D	4	67.9	58	15.6	31.2
	دوم	C	3	61.1	52.2	14.4	28.8
	سوم	B	2	54.9	46.6	13.5	27
	چهارم	A	1	44.7	38.6	11.1	22.2

جدول ۲- مشخصات هندسی مدل‌های میانپیر با میانقاب با ضخامت 35cm در روش سه دستکی

تعداد طبقات	طبقه	مشخصات مقاطع		طول تماسی (cm)		عرض دستک (cm)	
		ستون	تیر	ستون	تیر	قطری	غیر قطری
۱	اول	A	1	33.8	29.22	8.8	17.6
	دوم	A	1	33.8	29.22	8.8	17.6
۴	اول	D	4	51.31	43.81	12.6	25.2
	دوم	C	3	46.2	39.5	11.5	23
	سوم	B	2	41.53	35.23	10.7	21.5
	چهارم	A	1	33.8	29.22	8.8	17.6

جدول ۳- عرض دستک قطری در مدل‌های میانپیر در روش تک دستک قطری

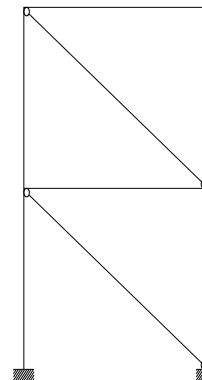
تعداد طبقات	طبقه	مشخصات مقاطع		عرض دستک قطری	
		ستون	تیر	میانقاب به ضخامت 20cm	میانقاب به ضخامت 35cm
۱	اول	A	1	57.2	54.1
	دوم	A	1	57.2	54.1
۴	اول	D	4	62.6	59.2
	دوم	C	3	62.6	59.2
	سوم	B	2	59.4	56.1
	چهارم	A	1	57.2	54.1

معادل نیز با تعریف مفاصل خمیری لحاظ شده است. در ادامه سایر مفروضات تحلیل بیان می‌شود.

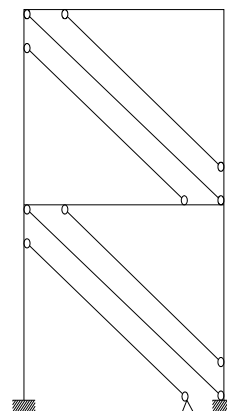
۳-۴ ساخت مدل‌ها

مدل‌های بدون میانقاب همان مدلی است که از طراحی اولیه سازه بدست آمده‌اند. برای ساخت مدل‌های میانپیر در هر یک از دو روش سه دستکی و تک دستک قطری با توجه به سختی قاب و میانقاب و دیگر پارامترهای دخیل مدلسازی میانقاب‌ها به مدل بدون میانقاب اضافه شده است.

در جداول ۱ و ۲ مشخصات هندسی مدل‌ها و در شکل‌های ۲ و ۳ تصویر شماتیک مدلسازی مربوط به دو روش تک دستکی قطری و سه دستکی نشان داده شده است و در شکل ۴ مشخصات مقاطع قاب‌ها نمایش داده شده است.



شکل ۲- شکل شماتیک مدلسازی قاب دو طبقه و میانقاب در روش تک دستکی



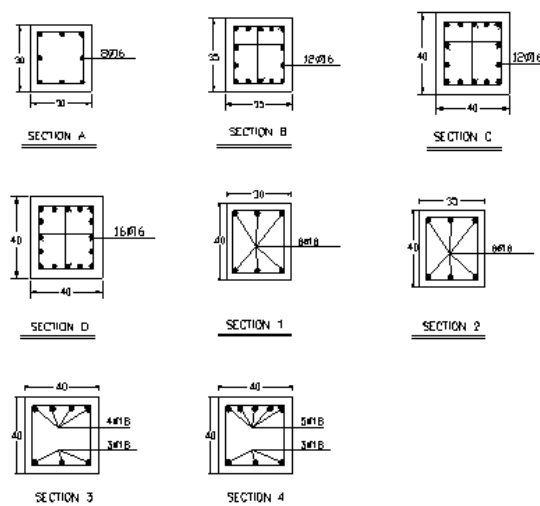
شکل ۳- شکل شماتیک مدلسازی قاب دو طبقه و میانقاب در روش سه دستکی

مقاومت برشی برای تیرهای مجاور میانقاب در روش تک دستک قطری نمی‌باشد. لذا در روش سه دستکی نیز از اختصاص دادن مفصل برشی به محل بر خورد دستک غیر قطری به تیر نیز صرف نظر شده است. همچنین در ستون‌ها برای حالت سه دستکی در محل برخورد دستک‌های غیر قطری دو مفصل برشی نیرویی در فاصله بسیار کم در بالا و پائین محل برخورد تعریف شده است که این مفاصل بصورت مفاصل کنترل شونده نیرویی می‌باشند. لازم به ذکر است در تعریف مفاصل محوری-خمشی فوق مقادیر نیروی فشاری و لنگر خمشی ستون توسط دیاگرام اندرکنش ستون توسط نرم‌افزار محاسبه می‌گردد. مفاصل پلاستیک در پانل‌های میانقاب که بصورت دستک‌های معادل مدل می‌شوند نیز به صورت یک مفصل پلاستیک فشاری در وسط دستک تعریف می‌شوند. لازم به ذکر است که مفاصل برشی تعریف شده فوق را می‌توان متناظر با بند ۷-۸-۲-۳-۱ دستورالعمل که مربوط به کنترل مقاومت لازم برای ستون‌های مجاور میانقاب در روش تک دستک قطری می‌باشند در نظر گرفت لذا در این پژوهش به مقایسه نتایج مربوط به کنترل مقاومت ستون‌های مجاور میانقاب در دو روش نیز پرداخته می‌شود.

۴-۵- دستک‌های معادل

در دستک‌های قطری و غیر قطری معادل مفاصل خمیری بصورت یک مفصل فشاری در وسط عضو تعریف می‌شوند. که نحوه بدست آوردن منحنی رفتاری و معیارهای پذیرش مربوط به هر یک از دو روش تک دستک قطری و سه دستکی از طریق جداول مربوطه در دستورالعمل بدست آورده می‌شود.

با توجه مشخصات مدل‌ها و طول دستک‌ها هر یک از مقادیر نمودار نیرو- تغییر شکل‌ها محاسبه شدند که در جداول ۴ و ۵ خلاصه‌ای از نتایج نشان داده شده است.



شکل ۴- مشخصات مقاطع قاب‌ها

همانطور که در جداول ۱، ۲ و ۳ نیز مشاهده می‌شود برای هر مدل با توجه به مشخصات مقاطع قاب و نیز ضخامت میانقاب طول تماسی میانقاب با تیر یا ستون مقادیر مشخصی حاصل شده و همچنین برای عرض دستک‌های قطری و غیر قطری مقادیر متفاوتی را نتیجه می‌دهند که تمامی این جزئیات در مدل‌سازی‌ها لحاظ شده است.

۴-۴ رفتار غیر خطی مصالح

رفتار غیر خطی سازه با تعریف مفاصل پلاستیک در مدل اعمال می‌شود این مفاصل در اجزای سازه و در موقعیت‌هایی که احتمال تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد، در نظر گرفته می‌شوند. مفاصل پلاستیک در تیرها از نوع خمشی و در دو موضع ابتدا و انتهای تیر پیش بینی شده است برای ستون‌ها نیز مفاصل پلاستیک از نوع خمشی- محوری در دو موضع ابتدا و انتها معرفی شده است. لازم به ذکر است که مقدار لنگر مقاوم نهایی تیر به روشی دستی و با ضرایب تقلیل یک برای فولاد و بتن بدست آمده در نرم‌افزار قرار گرفته است. در ضمن در تیرها با توجه به اینکه مقدار مقاومت برشی مورد انتظار مصالح میانقاب برابر 2.4 kg/cm^2 در نظر گرفته شده است طبق بند ۷-۸-۲-۳-۲ دستورالعمل نیازی به کنترل

جدول ۴- تعیین مدل رفتاری دستک‌های معادل در روش سه دستکی با میانقاب‌هایی به ضخامت 20cm

تعداد طبقات	طبقه	$F_u (kg)$		$\delta_1 (cm)$		$\delta_2 (cm)$		$\delta_u (cm)$	
		قطری	غیر قطری	قطری	غیر قطری	قطری	غیر قطری	قطری	غیر قطری
۱	اول	17672	8836	1.02	0.92	2.19	1.98	5.83	5.27
	دوم	21492	10746	1.02	0.92	2.19	1.98	5.83	5.27
۲	اول	17672	8836	1.03	0.91	2.22	1.96	5.94	5.25
	دوم	24895	12447	1.02	0.92	2.19	1.98	5.83	5.27
۴	اول	22969	11482	1.03	0.91	2.22	1.96	5.94	5.25
	دوم	21492	10746	1.03	0.91	2.22	1.96	5.94	5.25
	سوم	17672	8836	1.03	0.91	2.22	1.96	5.94	5.25
	چهارم	24895	12447	1.02	0.92	2.19	1.98	5.83	5.27

جدول ۵- تعیین مدل رفتاری دستک‌های معادل در روش سه دستکی با میانقاب‌هایی به ضخامت 35cm

تعداد طبقات	طبقه	$F_u (kg)$		$\delta_1 (cm)$		$\delta_2 (cm)$		$\delta_u (cm)$	
		قطری	غیر قطری	قطری	غیر قطری	قطری	غیر قطری	قطری	غیر قطری
۱	اول	24437	12218	1.02	0.95	2.19	2.03	5.83	5.41
	دوم	29890	14925	1.02	0.95	2.19	2.03	5.83	5.41
۲	اول	24437	12218	1.03	0.93	2.22	2.00	5.94	5.36
	دوم	35024	17512	1.02	0.95	2.19	2.03	5.83	5.41
۴	اول	32118	16080	1.03	0.93	2.22	2.00	5.94	5.36
	دوم	29890	14925	1.03	0.93	2.22	2.00	5.94	5.36
	سوم	24437	12218	1.03	0.93	2.22	2.00	5.94	5.36
	چهارم	35024	17512	1.02	0.95	2.19	2.03	5.83	5.41

استفاده شده است. لازم به ذکر می‌باشد T_e مورد استفاده در جدول فوق برای محاسبه تغییر مکان هدف، زمان تناوب سازه در مود اول برای قاب بدون میانقاب می‌باشد.

۵-۱- منحنی ظرفیت و سطوح عملکرد

پس از شروع تحلیل *pushover* اعمال بار جانبی تا جایی ادامه پیدا می‌کند که تغییر مکان بام به مقدار از پیش تعیین شده برسد و یا اینکه قبل از رسیدن به این تغییر مکان سازه فرو بریزد، به جهت درک طراحی از ادامه روند بارگذاری و تشکیل مفاصل برای قاب‌های میانپیر همان مقدار تغییر مکان هدف بدست آمده برای قاب‌های بدون میانقاب برای قاب‌های میانپیر نیز در نظر گرفته شده است. این بار در حالت عادی باید به طور جداگانه و در دو راستای متفاوت و در دو جهت مثبت و منفی اعمال گردد.

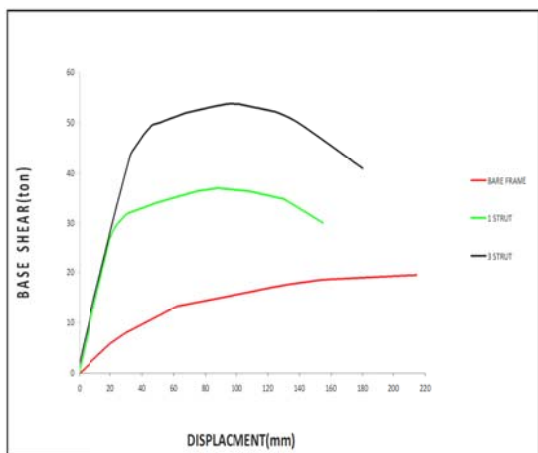
۵- نتایج در روش استاتیکی فزاینده غیر خطی

بعد از کامل شدن تمامی مدل‌ها با توجه به آنالیز مودال انجام گرفته توسط نرم‌افزار تغییر مکان هدف مطابق رابطه پیشنهادی دستورالعمل بهسازی محاسبه گردید در جدول ۶ این محاسبات به شکل خلاصه آورده شده است.

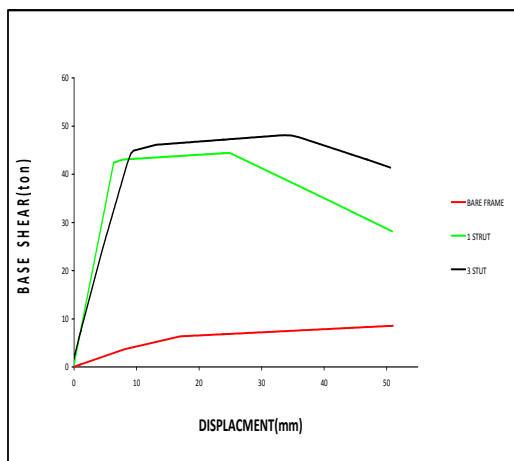
جدول ۶- تغییر مکان هدف در تحلیل استاتیکی غیر خطی

تعداد طبقه	c_0	c_1	c_2	c_3	T_e	s_a	$\delta_t (cm)$
1	1	1	1	1	0.32	0.96	3.7
2	1.2	1	1	1	0.54	0.96	12.5
4	1.25	1	1	1	1.10	0.89	50.1

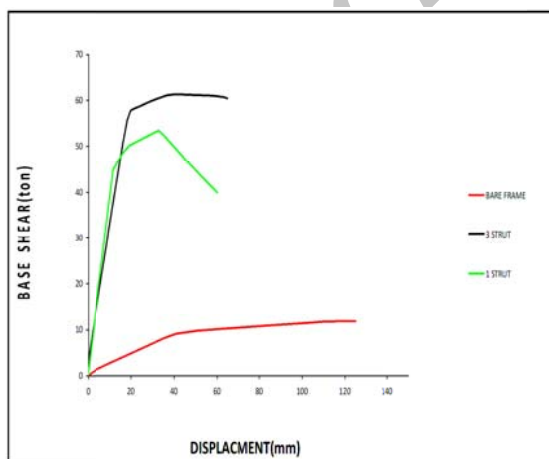
برای محاسبه مقدار شتاب طیفی (s_a) در جدول فوق برای مدل‌های مورد مطالعه از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ برای خاک نوع چهار و در منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد



شکل ۷- نمودار برش پایه- تغییرمکان قاب چهار طبقه با میانقاب ۲۰ cm

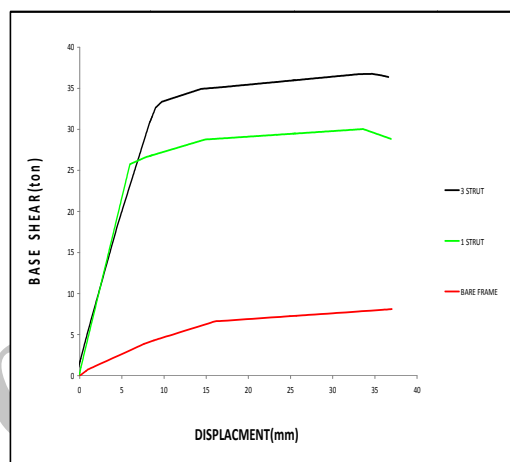


شکل ۸- نمودار برش پایه-تغییرمکان قاب یک طبقه با میانقاب ۳۵ cm

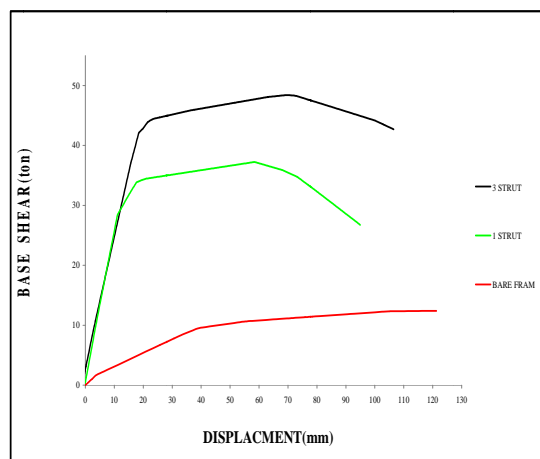


شکل ۹- نمودار برش پایه-تغییرمکان قاب دو طبقه با میانقاب ۳۵ cm

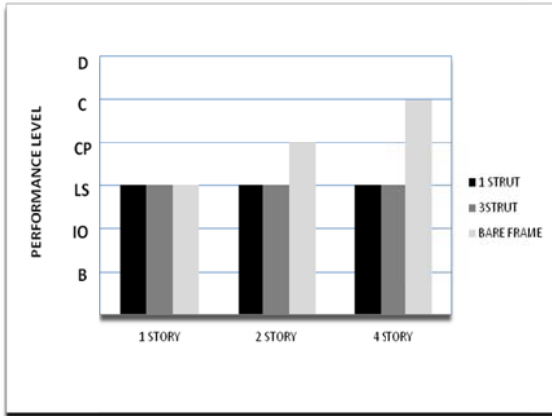
لیکن در این پژوهش به دلیل تقارن کامل و دو بعدی بودن قاب‌ها تحلیل‌ها فقط برای یک جهت انجام می‌گیرد. در شکل‌های ۵ الی ۱۰ منحنی ظرفیت قاب‌های مورد مطالعه حاصل از تحلیل pushover برای حالتی که سازه تحت بار ثقلی با ترکیب $Q_G = 1.1(Q_D + Q_L)$ و توزیع بار جانبی بصورت توزیع متناسب با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی می‌باشد. برای میانقاب‌های ۲۰ و ۳۵ سانتی‌متری بطور جداگانه ارائه گردیده است.



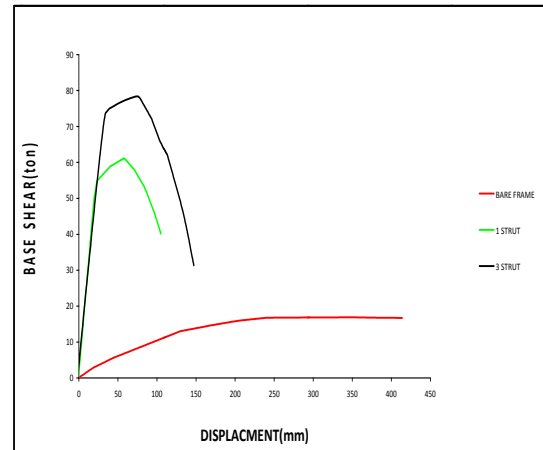
شکل ۵- نمودار برش پایه- تغییرمکان قاب یک طبقه با میانقاب ۲۰ cm



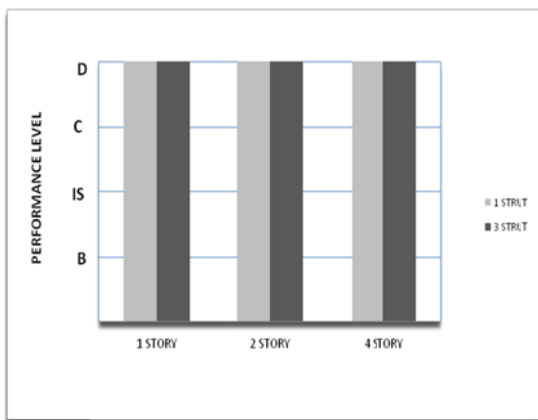
شکل ۶- نمودار برش پایه- تغییرمکان قاب دو طبقه با میانقاب ۲۰ cm



شکل ۱۲- نمودار سطوح عملکردستون‌ها در قاب با میانقاب ۲۰ cm

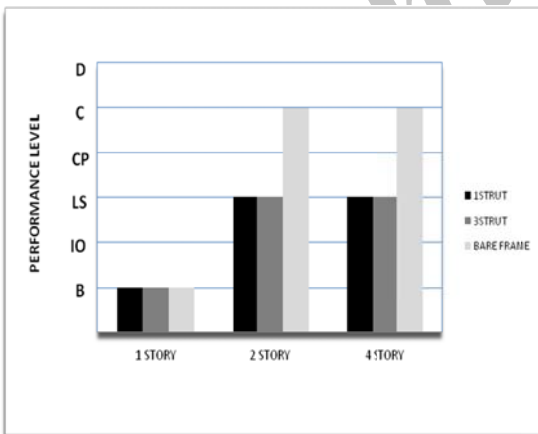


شکل ۱۰- نمودار برش پایه- تغییرمکان قاب چهار طبقه با میانقاب ۳۵cm

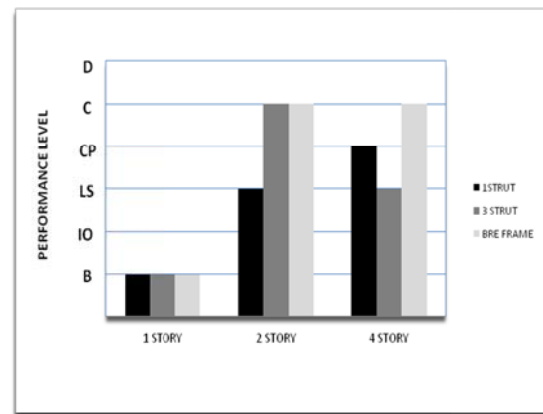


شکل ۱۳- نمودار سطوح عملکرد دستک‌ها در قاب با میانقاب ۲۰ cm

لازم به ذکر است که نمودار برش پایه- تغییرمکان برای سایر توزیع بارها نیز تقریباً شبیه به حالت ارائه شده می‌باشد. در ادامه در شکل‌های ۱۱ الی ۱۶ نمودارهای مربوط به سطوح عملکرد تیر، ستون و میانقاب قاب‌های مورد مطالعه حاصل از تحلیل pushover برای حالتی که سازه تحت بار ثقلی با ترکیب $Q_G = 1.1(Q_D + Q_L)$ و توزیع بار جانبی بصورت توزیع متناسب با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی می‌باشد، برای میانقاب‌های ۲۰ و ۳۵ سانتی متری بطور جداگانه ارائه گردیده است.



شکل ۱۴- نمودار سطوح عملکرد تیرها در قاب با میانقاب ۳۵cm



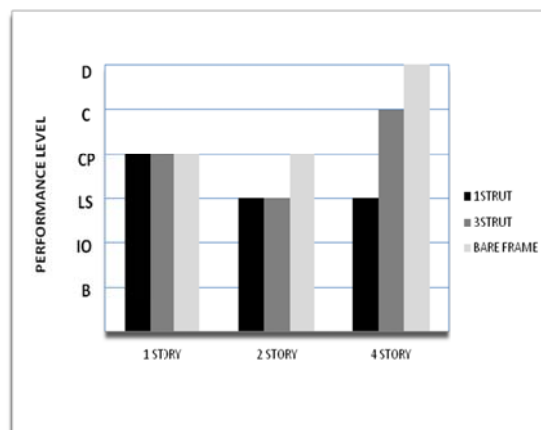
شکل ۱۱- نمودار سطوح عملکرد تیرها در قاب با میانقاب ۲۰ cm

در شکل‌های ۱۷ به عنوان نمونه الگوی تشکیل مفصل پلاستیک در قاب چهار طبقه و برای قاب‌های با میانقاب به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر مدلسازی شده به روش سه دستکی، تک دستک قطری و قاب خالی در تحلیل Pushover مشاهده می‌شود.

۲-۵- خلاصه و نتیجه گیری

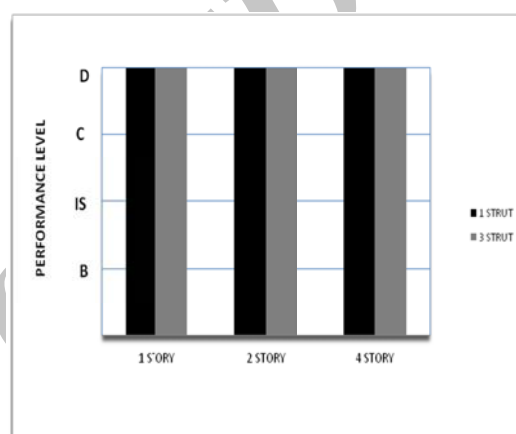
با توجه به نمودارهای برش پایه- تغییر مکان ارائه شده به روشنی مشخص است که میانقاب‌ها بطور قابل توجهی باعث افزایش مقاومت و سختی قاب‌ها شده‌اند. همانطور که ملاحظه می‌شود تاثیر میانقاب‌ها در افزایش سختی قاب‌ها در قاب‌های کوتاه‌تر بیشتر بوده و با افزایش تعداد طبقات تاثیر میانقاب‌ها در افزایش سختی قاب‌ها کاهش می‌یابد، البته این موضوع در قاب‌هایی که با میانقاب‌های ۳۵ سانتی‌متری پر شده‌اند با شدت کمتری دیده می‌شود. بر این اساس در قاب‌های کوتاه‌تر نادیده گرفتن اثر میانقاب‌ها می‌تواند خطای بیشتری را در برآورد سختی اولیه وارد محاسبات کند. با توجه به شکل‌های نشان داده شده می‌توان دریافت سختی قاب‌ها در هر دو روش مدلسازی میانقاب‌ها تقریباً باهم برابر می‌باشد ولی در روش سه دستکی قاب‌ها مقاومت بیشتری نسبت به حالت تک دستک قطری از خود نشان می‌دهند. بر این اساس می‌توان دریافت که مدلسازی میانقاب‌ها به روش پیشنهادی دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای نتایج محافظه‌کارانه‌تری نسبت به روش سه دستکی برای مقاومت قاب‌ها ارائه می‌دهد.

همچنین مدلسازی میانقاب‌ها سبب بالا رفتن سطح عملکرد قاب‌ها شده و این افزایش سطح عملکرد با افزایش تعداد طبقات و ضخامت دیوارها بیشتر خواهد شد. با توجه به نمودار سطوح عملکرد دستک‌ها می‌توان دریافت دستک‌ها در هر دو شیوه مدلسازی زودتر از سایر قسمت‌های قاب آسیب دیده و کاملاً تخریب شده و هیچ‌گونه سطح عملکردی را تامین نمی‌کنند.



شکل ۱۵- نمودار سطوح عملکرد ستون‌ها در قاب با میانقاب

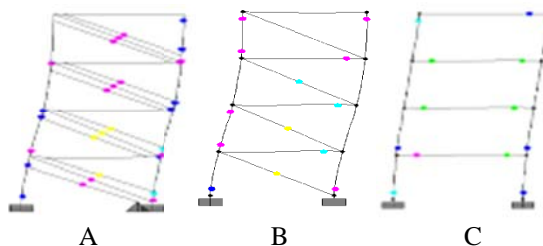
۳۵cm



شکل ۱۶- نمودار سطوح عملکرد دستک‌ها در قاب با میانقاب

۳۵cm

لازم به ذکر است که نمودار سطوح عملکرد برای سایر توزیع بارها نیز تقریباً شبیه به حالت ارائه شده می‌باشد.



شکل ۱۷- (A) الگوی تشکیل مفصل پلاستیک در قاب ۴ طبقه با مدلسازی دستک‌ها روش سه دستکی، (B) الگوی تشکیل مفصل پلاستیک در قاب ۴ طبقه با مدلسازی دستک‌ها به روش تک دستک قطری، (C) الگوی تشکیل مفصل پلاستیک در قاب ۴ طبقه بدون مدلسازی دستک‌ها

مراجع:

- [1] Polyakov, s.v. , (1956). "Masonry in Framed Buildings", Godsudarstvenoe Isdatel stvo Literary po steroidal stvui Architecture. Moscow, Translated by G.L. Cairns in 1963. National Lending Library for Science and Technology, Boston spa, Yorkshire, U.K.
- [2]. Holmes, M., (1961). "steel frams with Brickwork and concrete Infilling", proceedings of the Institution of civil Engineers, vol. 19, pp. 473-478.
- [3]. Stafford smith, B. (1966). "Behavior of square Infilled Frames", ASCE Journal of the structural Division vol. 92, No. ST1, pp. 381-403
- [4]. Saneinejad A., and Hobbs, B., (1995). "Inelastic Design of Infilled Frames", ASCE Journal of Structural Division, vol.121, No. ST4, , pp. 634-650.
- [5]. Mostafaei H., Kabeyasawa T., (2004). "Effect of Infill Masonry Walls on the Seismic Response of Reinforced Concrete Buildings Subjected to the 2003 Bam Erthqake strong motion", A Case study of Bam Telephone Center, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Unive rsity of Tokyo, vol. 79, No ¾, , pp. 133-156
- [6]. El- Dakhakhni, W.W., Elgaaly, M., Hamid, (2003). "A., Three- strut Model for Concrete Masonry- Infilled Steel Frames", ASCE Journal of Structural Engineering, vol. 129 , No.2, February, pp. 177-185.
- [7]. El-Dakhakhni, w.w., (2002). "Experimental and analytical seismic evaluation of concrete masonry- infilled steel frames retrofitted using GFRP laminates", PhD thesis, Drexel univ., philadelphia.
- [8]. Paulay , T. and priestely, M. J. N., (1992). "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", John wiley & Sons, Inc, New york, NY, USA.
- [۹] دستور العمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود، نشریه شماره ۳۷۶ سازمان برنامه بودجه کشور، ۱۳۸۶.