



استفاده مختلط از دو سیستم دیوار برشی و بادبند فلزی در تقویت ساختمانهای بتن آرمه موجود

علی خیرالدین - استادیار دانشگاه سمنان

سمنان - دانشگاه سمنان - دانشکده مهندسی - گروه عمران

چکیده:

استفاده از بادبند فلزی و دیوار برشی به عنوان سیستم های سازه ای جهت مقاوم سازی لرزه ای به مرور روبه گسترش می باشد. استفاده از دو سیستم دیوار برشی و بادبند فلزی بطور همزمان جهت تقویت ساختمانهای بتن آرمه موجود ترکیبی را ایجاد می کند که ناشناخته بوده و بررسی دقیق رفتار اینگونه ساختمانها مخصوصاً عملکرد اتصالات، اندرکنش سه گانه قاب خمشی، دیوار برشی و بادبند فلزی و تأثیر افزایش مساحت بادبند ها در شکل پذیری و سختی الزامی می باشد. در این مقاله سعی میشود که تأثیر دیوار برشی و بادبندهای فلزی در تقویت ساختمانهای بتن آرمه توسط آنالیز یک سازه بتن آرمه مورد بحث و بررسی قرار گیرد. نتایج نشان می دهند که اگر در یک سازه بتن آرمه موجود که دارای قاب خمشی و دیوار برشی می باشد و بادبند فلزی تقویت شده باشد تغییر مکان جانبی از حد مجاز تجاوز کند تا مقدار مشخصی مساحت بادبند می تواند مؤثر واقع شود و بعد از حد معین تأثیر چندانی بر روی رفتار سازه نخواهد داشت. با افزایش مساحت بادبندها جذب برش توسط قاب کاهش یافته و بعد از حد مشخصی بادبندها نقش خاصی را در جذب برش زلزله ندارند. همچنین مشاهده می شود که در طبقات فوقانی به علت رفتار متفاوت قاب و دیوار برشی، جذب نیرو توسط دیوار در بالامنی می باشد یعنی نه تنها دیوار، نیروی زلزله را جذب نمی کند بلکه تولید نیروی اضافی مینماید که قاب باید آنرا تحمل کند. برای رفع این نقیصه تصمیم گرفته شد که در طبقات فوقانی دیوار قطع گردد. در این حالت دیده میشود که درصد جذب نیروی زلزله توسط دیوار برشی منفی نخواهد بود و از لحاظ تغییر مکان نیز فرق چندانی مشاهده نمی شود.

مقدمه:

امروزه یکی از روشهای تقویت ساختمانهای بتن آرمه موجود استفاده از سیستم بادبند فلزی می باشد. به علت کمبود اطلاعات کافی و عدم شناخت صحیح رفتار این سازه ها که در آنها گاهی قاب بتن آرمه خمشی به همراه دیوار برشی و بادبند فلزی بکار رفته است، استفاده از آنها با بصیرت کافی صورت نمی گیرد. به منظور بررسی رفتار ترکیبی دیوار برشی و بادبند فلزی و اثرات مساحت بادبندها بر روی رفتار سازه بتن آرمه، در این پروژه

یک سازه بتن آرمه ده طبقه در چهار مرحله تحت تأثیر نیروهای قائم و زلزله تحلیل و طراحی شده است. در مرحله اول قاب خمشی تنها، در مرحله دوم قاب و دیوار برشی، در مرحله سوم قاب به همراه دیوار برشی و بادبند فلزی و در مرحله چهارم قاب بتن آرمه به همراه بادبند فلزی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مقاله فقط نتایج آنالیز خطی ارائه شده است و در مقاله دیگری نتایج آنالیز غیر خطی سازه فوق ارائه می گردند.

مروری بر تحقیقات انجام شده:

در سال ۱۹۹۰ بادوکس (Badoux) و جیرسا (Jirsa) مقاله‌ای را تحت عنوان "قابهای بتن آرمه با بادبندهای فلزی جهت تقویت لرزه‌ای" به چاپ رساندند. در این مقاله عملکرد سیستم بادبندی فولادی برای افزایش مقاومت لرزه‌ای قابهای بتن آرمه به روش آزمایشگاهی مورد تحقیق قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که بادبندهای قطری برای تأمین مقاومت و سختی ساختمانهای موجود در برابر بارهای جانبی بسیار خوب عمل می کنند (1). در سال ۱۹۹۴ آقای ناطقی الهی مقاله‌ای را تحت عنوان "تقویت لرزه‌ای آپارتمان هشت طبقه بتن آرمه به وسیله بادبندهای فلزی" منتشر کرد. در این مقاله اطلاعاتی راجع به روشهای تقویت و ملاحظات به کار گرفته شده به منظور تقویت ساختمان برای بارهای جانبی و قائم ارائه شده است (2). پینچیرا (Pincheira) و جیرسا (Jirsa) در سال ۱۹۹۵ مقاله دیگری تحت عنوان "پاسخ لرزه‌ای قابهای بتن آرمه تقویت شده بوسیله بادبندهای فلزی" منتشر کرده اند. در این مقاله محققان مجدداً به بررسی نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی و استاتیکی غیر خطی سه گروه از قابهای بتن مسلح غیر شکل پذیر که به روشهای مختلف بادبندی، تقویت یا بازسازی شده اند، پرداخته اند (3).

در سال ۱۹۹۵ ماهری (Maheri) و صاحبی (Sahebi) مقاله‌ای را تحت عنوان "بررسی آزمایشگاهی قابهای بتن آرمه با بادبندهای فلزی" در دومین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ارائه کرده اند. جهت انجام این بررسی چهار نمونه از قاب با مقیاس $\frac{1}{4}$ ساخته و تحت بارگذاری برشی رفت و برگشت درون صفحه‌ای، مورد آزمایش واقع شده اند. نتایج این آزمایشات نشان داده است که شکست نهایی قاب، همراه با انهدام بادبند کششی و به دنبال انهدام بادبند فشاری صورت گرفته است و بادبند کششی بر رفتار قاب حاکم است. از دیگر نتایج این آزمایش، افزایش قابل توجه مقاومت قابی است که به صورت ضربدری بادبندی شده و مقاومت آن تا سه برابر افزایش یافته است. همچنین استفاده از تنها یک بادبند (فشاری یا کششی) ظرفیت قاب را بیش از صد درصد افزایش می دهد (4).

حاجی غفاری در سال ۱۳۷۶ مقاله‌ای را تحت عنوان "اندرکنش قاب و بادبند فولادی در سازه های بتن مسلح برای تحمل نیروهای جانبی" ارائه نمود. در این مقاله تأثیر بادبندهای فلزی X و K شکل را برای تقویت قاب خمشی بتن آرمه بدون دیوار برشی مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیقات نشان می دهد که در صورت استفاده از بادبند فولادی در قاب بتن مسلح، تنش مجاز طراحی برای بادبند فولادی ۱۰.۱Fy استفاده شود. در این صورت بادبندها ۷۵ درصد نیروی جانبی را می تواند جذب کند (5). در سال ۱۳۷۶ همتی و تسنیمی طی یک پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان "بررسی آزمایشگاهی اتصالات تقویت شده در ساختمانهای بتن مسلح در مقابل نیروهای جانبی" ارائه کردند. در این مقاله مقاومت برشی و انحناء محل اتصال و همچنین سازگاری عناصر تقویت کننده با قابهای بتن مسلحی که فقط برای بارهای ثقلی طراحی شده اند و بوسیله بادبندهای فلزی برای افزایش مقاومت لرزه ای آنها تقویت شده اند در طی یک بررسی آزمایشگاهی ارائه شده است. نتایج حاصله نشان می دهد که مقاومت برشی هسته اتصال در نمونه های تقویت شده افزایش یافته و انحنای آنها کاهش قابل ملاحظه ای می یابد (6).

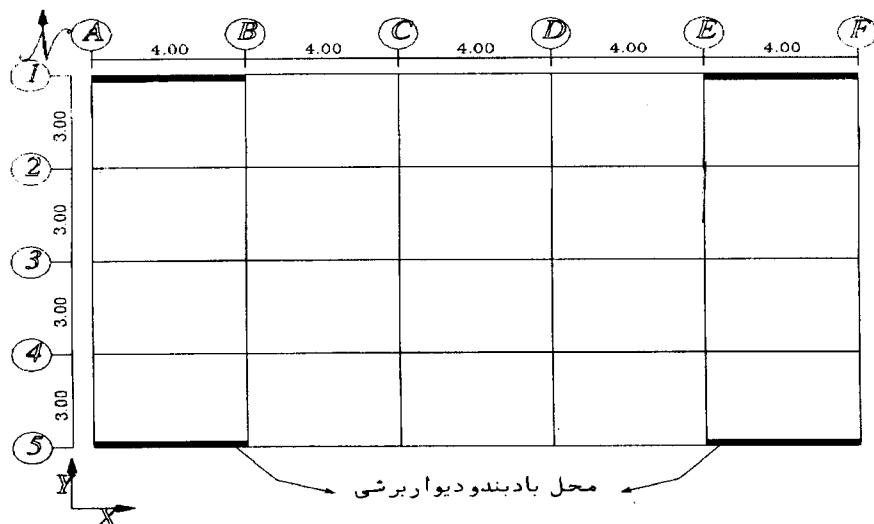
مراحل انجام پروژه :

انتخاب مدل کامپیوتری:

در قسمت آنالیز، یک ساختمان ده طبقه بتن آرمه که دارای ۵ دهانه ۴ متری در جهت X و ۴ دهانه ۳ متری در جهت Y می -

باشد انتخاب گردید (شکل ۱). به علت کاربردی بودن طرح، ابعاد و دهانه‌ها واقعی و سازه متقارن در نظر گرفته شده است. کاربری ساختمان مسکونی و بارمرده کف 650 kg/m^2 ، بار معادل پارتیشن 150 kg/m^2 و بار زنده طبقات و بام 200 kg/m^2 منظور شده است. ساختمان در دو قسمت شمال و جنوب دارای همسایه می باشد و گذاشتن بادبند و دیوار برشی در جهت X بر روی محورها 1 و 5 از لحاظ معماری ایرادی ندارد. محل دیوارهای برشی و بادبندها نیز در شکل ۱ دیده می‌شوند. مقاومت فشاری بتن (نمونه استوانه‌ای) $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ در نظر گرفته شده است. تنش تسلیم فولادهای اصلی $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$ و خاموتها $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ منظور شده است.

سیستم باربر جانبی در جهت X (شرقی - غربی) قاب خمشی فضایی، بادبند و دیوار برشی و در جهت Y (شمالی - جنوبی) تنها قاب خمشی فضایی می باشد. برای بارگذاری از آیین نامه‌های ۵۱۹ و ۲۸۰۰ ایران و برای طراحی اعضای بتن آرمه از آیین نامه ACI و برای اعضای فولادی از آیین نامه AISC استفاده می شود.



شکل ۱ - پلان ساختمان ده طبقه بتن آرمه

بارگذاری سازه:

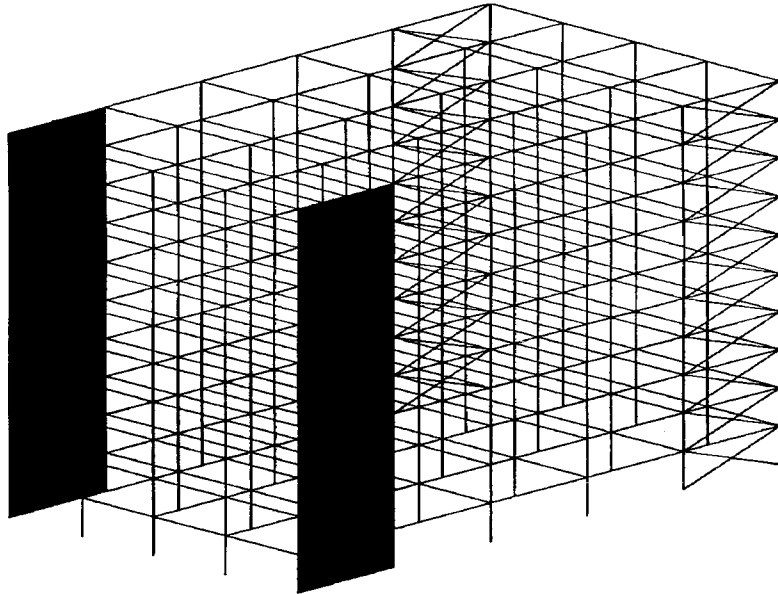
برای بار زلزله از روش شبه استاتیکی آیین نامه ۲۸۰۰ استفاده و ابتدا کل برش پایه محاسبه و سپس به نسبت وزن در طبقات پخش شده است. با توجه به مدل سه بعدی سازه، نیروی زلزله در مرکز جرم هر طبقه در دو جهت X و Y اثر داده شده است و سقف‌ها صلب فرض شده است.

آنالیز سازه:

با توجه به مدل نمودن صحیح دیواربرشی توسط برنامه ETABS و در نظر گرفتن اثرات $P.\Delta$ و راحتی کار با آن در تحلیل و طراحی و بررسی نتایج، این برنامه برای آنالیز خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از آنالیز سازه توسط برنامه ETABS، جهت طراحی از برنامه Conker و دیوار برشی از برنامه Waller استفاده شده است و با چند بار سعی و خطا، مقاطع نهایی اعضا و فولادهای مورد نیاز محاسبه شده‌اند.

آنالیز در ۴ مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول آنالیز، قاب سه بعدی تنها تحت اثر بار قائم و ۲۵ درصد نیروی زلزله قرار می‌گیرد. در این قسمت سعی شده است که اعضای قاب بتوانند علاوه بر بار قائم، ۲۵ درصد نیروی زلزله را که طبق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران توصیه می‌شود تحمل نمایند. در مرحله دوم، قاب به همراه دیوارهای برشی بدون بادبند تحت اثر بار قائم و ۲۵ درصد نیروی زلزله قرار می‌گیرد. هدف از این دو مرحله از آنالیز اینست که ابعاد دیوارها و تیرها و ستونها به گونه‌ای تعیین شود که قابها بتوانند ۲۵ درصد نیروی زلزله و دیوارها ۷۵ درصد نیروی زلزله را تحمل نمایند تا طرح بهینه و اقتصادی باشد. در مرحله سوم، قاب به همراه دیوار برشی و بادبند ضریب‌ری فیزی تحت اثر بار قائم و ۱۰۰ درصد نیروی زلزله آنالیز شده است و

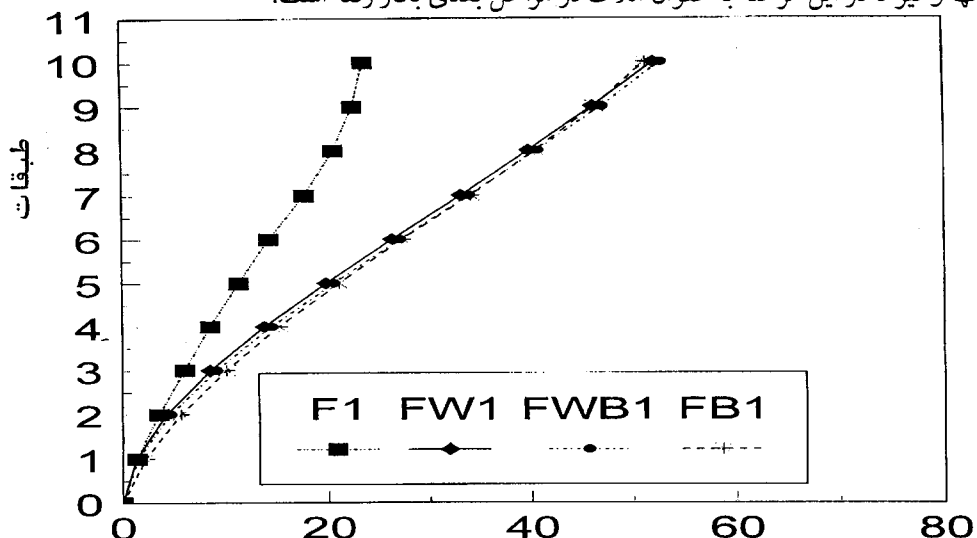
اثر متقابل دیوار برشی و بادبند فلزی بر روی قاب خمشی بتن آرمه بررسی شده است. (شکل ۲)



شکل ۲- مرحله سوم آنالیز - قاب، دیوارهای برشی و بادبندهای فلزی تحت کل نیروی زلزله در مرحله چهارم آنالیز، قاب به همراه بادبند ضربه‌ری فلزی بدون دیوار برشی تحت اثر بار قائم و 100 درصد نیروی زلزله واقع شده است و مساحت مورد نیاز بادبند فلزی برای تقویت ساختمان بتن آرمه موجود تعیین گردیده است. در جدول شماره ۱ مشخصات مراحل مختلف آنالیز نوع سیستم مقاوم و ضخامت دیوارهای برشی و مساحت بادبندها و درصد نیروی زلزله اعمال شده مشاهده می شود. پس از آنالیز و طراحی چهار مرحله فوق، نتایج زیر حاصل شده است.

مرحله اول:

در مرحله اول قاب سه بعدی تحت اثر بار قائم و ۲۵ درصد نیروی زلزله قرار گرفته است. در این مرحله ۲۵ درصد نیروی زلزله در ترکیب دوم ((۱/۸VE (۰/۷۵)) در جهت X به سازه اعمال شده است. همانطور که در شکل شماره ۳ دیده می شود، قاب در مد برشی تغییر مکان داده و بیشترین تغییر مکان در طبقه دهم برابر ۲۳/۶ میلیمتر است. مقادیر تغییر مکان و برش جذب شده توسط قاب برای این منظور محاسبه می شوند تا کمیت بادبند و یا دیوار برشی که باعث می شود قاب فقط ۲۵ درصد نیروی زلزله را تحمل کند، بدست آید. سازه آنالیز شده با نام F1 نامیده می شود. ابعاد ستونها و تیرها در این مرحله به عنوان ملاک در مراحل بعدی بکار رفته است.



شکل ۳ - تغییر مکان جانبی سازه در طبقات مختلف برای چهار مرحله آنالیز

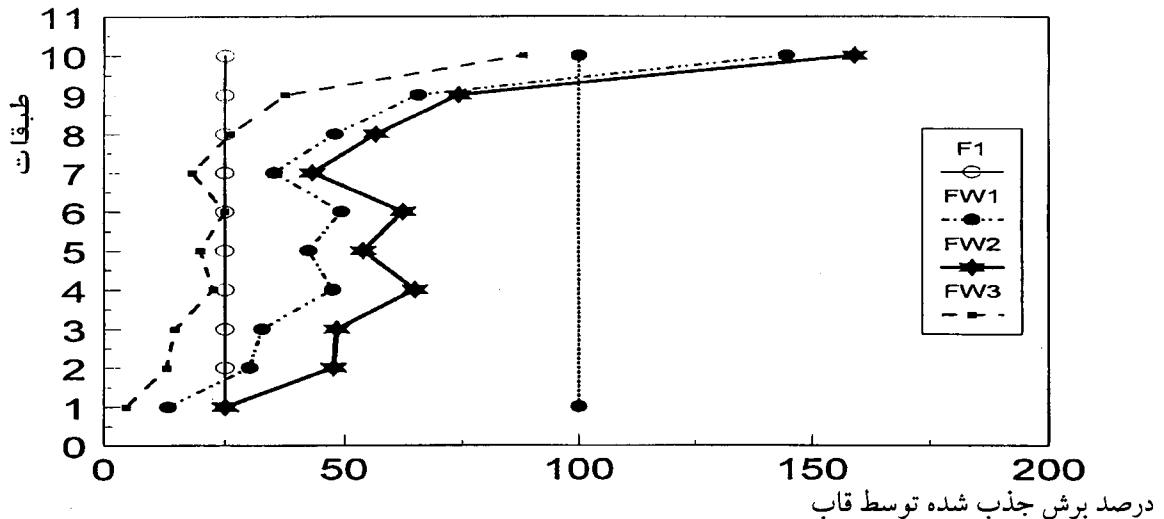
جدول شماره ۱: مراحل مختلف آنالیز

مرحله آنالیز	سیستم مقاوم در برابر زلزله	نام سازه (نام فایل)	دیوار برشی		باد بندها		درصد نیروی اعمال شده
			طبقات	ضخامت	طبقات	مساحت	
۱	قاب تنها	F1	۱-۱۰	۰	۱-۱۰	۰	٪۲۵
۲	قاب و چهار دیوار برشی	FW1	۱و۲	۲۰	۱-۱۰	۰	٪۱۰۰
			۳و۴	۱۷/۵			
			۵و۶	۱۵			
			۷و۸	۱۲/۵			
			۹و۱۰	۱۰			
		FW2	۱-۱۰	۷	۱-۱۰	۰	٪۱۰۰
		FW3	۱و۲	۸۰	۱-۱۰	۰	٪۱۰۰
			۳و۴	۷۰			
			۵و۶	۶۰			
			۷و۸	۵۰			
		FW4	۹و۱۰	۴۰	۱-۱۰	۰	٪۱۰۰
			۱و۲	۲۰			
			۳و۴	۱۷/۵			
			۵و۶	۱۵			
			۷	۱۲/۵			
			۸و۹و۱۰	۱۰			
۳	قاب و دو دیوار برشی و دو بادبند	FWB1	۱و۲	۲۰	۱و۲	۴۸	٪۱۰۰
			۳و۴	۱۷/۵	۳و۴	۴۰/۸	
			۵و۶	۱۵	۵و۶	۳۴	
			۷و۸	۱۲/۵	۷و۸	۲۷	
			۹و۱۰	۱۰	۹و۱۰	۲۲	
		FWB2	۱و۲	۲۰	۱و۲	۰	٪۱۰۰
			۳و۴	۱۷/۵	۳و۴	۰	
			۵و۶	۱۵	۵و۶	۰	
			۷و۸	۱۲/۵	۷و۸	۰	
		FWB3	۹و۱۰	۱۰	۹و۱۰	۰	٪۱۰۰
			۱و۲	۲۰	۱و۲	۱۴۴	
			۳و۴	۱۷/۵	۳و۴	۱۲۲/۴	
			۵و۶	۱۵	۵و۶	۱۰۲	
			۷و۸	۱۲/۵	۷و۸	۸۱	
		FWB4	۹و۱۰	۱۰	۹و۱۰	۶۶	٪۱۰۰
			۱و۲	۲۰	۱و۲	۴۸۰	
			۳و۴	۱۷/۵	۳و۴	۴۰۸	
			۵و۶	۱۵	۵و۶	۳۴۰	
			۷و۸	۱۲/۵	۷و۸	۲۷۰	
۴	قاب و چهار بادبند	FB1	۱و۲	۰	۱و۲	۴۸	٪۱۰۰
			۳و۴	۰	۳و۴	۴۰/۸	
			۵و۶	۰	۵و۶	۳۴	
			۷و۸	۰	۷و۸	۲۷	
			۹و۱۰	۰	۹و۱۰	۲۲	

مرحله دوم:

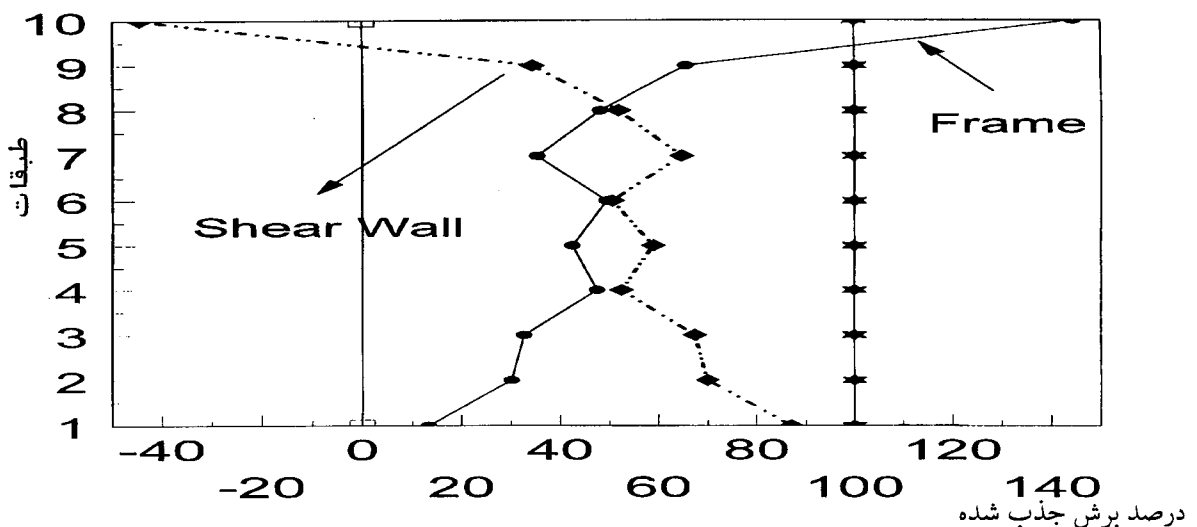
در این مرحله قاب به همراه چهار عدد دیوار برشی در حالت‌های مختلف تحت کل بار قائم و ۱۰۰ درصد نیروی زلزله آنالیز شده است و موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا سعی شده که جذب نیروی زلزله توسط قابها به اندازه ۲۵ درصد باشد. اگر ضخامت دیوارها بسیار کم منظور شود (در تمامی طبقات ۷ سانتیمتر - سازه FW2) اگر چه قاب در طبقه پایین ۲۵ درصد

نیروی زلزله را می‌برد ولی در بقیه طبقات جذب نیرو توسط قاب زیاد شده و تغییر مکان سازه نیز بسیار زیاد خواهد بود. برای آنکه تغییر مکان قاب به تنهایی تحت اثر ۲۵ درصد نیروی زلزله (F1) یکی شود نیاز است که ضخامت دیوارها در پائین ۸۰ سانتیمتر و به ترتیب هر دو طبقه ۱۰ سانتیمتر کم شده و در طبقه دهم به ۴۰ سانتیمتر برسد که این ضخامت‌ها اجرایی نیستند. (سازه FW3) در این حالت اگرچه جذب نیروی زلزله توسط قاب در طبقات حدوداً ۲۵ درصد است ولی در طبقه اول جذب نیرو توسط قاب حدود ۵ درصد است. (شکل ۴)



شکل ۴ - اثر ضخامت دیوار برشی بر روی جذب برش زلزله توسط قاب

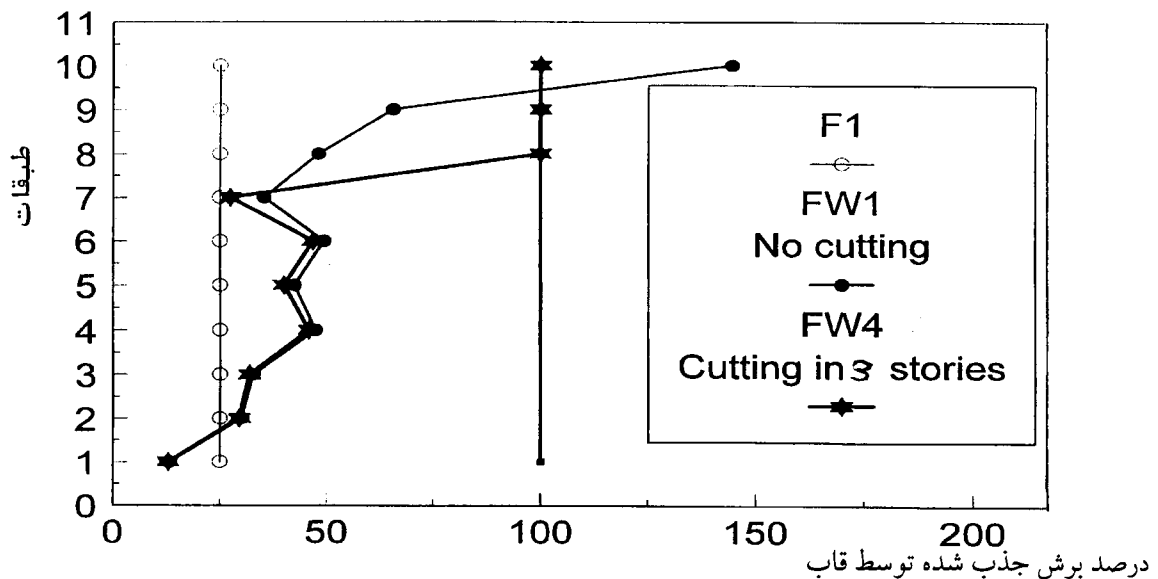
اگر ضخامت دیوارها به صورت اجرایی و منطقی در نظر گرفته شوند (FW1) یعنی در پایین ضخامت ۲۰ سانتیمتر و هر دو طبقه ۲/۵ سانتیمتر کم شود و در طبقه دهم به ۱۰ سانتیمتر برسد همان طور که از شکل ۴ مشاهده می‌شود سازه رفتاری متعادل از خود بروز می‌دهد. چون این حالت ملاک کار قرار گرفته است توضیحات بیشتری در این مورد ارائه می‌گردد. شکل ۵ اندرکنش قاب و دیوار برشی را در سازه FW1 نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشاهده می‌شود قاب در پائین حدود ۱۳/۳ درصد و دیوارهای برشی حدود ۸۶/۷ درصد از نیروی زلزله را جذب می‌کنند.



شکل ۵ - اندرکنش قاب - دیوار برشی (سازه FW1)

جذب نیرو توسط قاب در طبقات دوم تا نهم بین ۳۰ تا ۶۵ درصد متغیر می‌باشد. از آنجائیکه به علت اندرکنش قاب و دیوار، دیوار رفتار خمشی دارد، در بالا قاب به دیوار کمک می‌کند و همانطور که دیده می‌شود جذب نیرو توسط دیوار در بالا ۲۵ درصد می‌باشد یعنی نه تنها دیوار نیروی زلزله را جذب نمی‌کند بلکه تولید نیرویی در جهت نیروی زلزله می‌نماید. به همین دلیل قاب در طبقه دهم حدود ۱۴۵ درصد نیروی زلزله را جذب می‌نماید که زیاد مناسب نیست. برای رفع این نقیصه تصمیم

گرفته شد که در طبقات فوقانی دیوار قطع گردد. با تحلیل‌های مختلف نهایتاً "بهترین حالت بدست آمد. (FW4) شکل ۶ نشان می‌دهد که اگر دیوار برشی در سه طبقه بالا قطع شود ($\frac{h}{H}=0.7$) در هیچ طبقه‌ای درصد جذب نیروی زلزله توسط دیوار برشی منفی نخواهد بود و کل زلزله در سه طبقه فوقانی توسط قاب تحمل می‌شود که این روش اقتصادی می‌باشد. از لحاظ تغییر مکان نیز فرق چندانی مشاهده نمی‌شود.



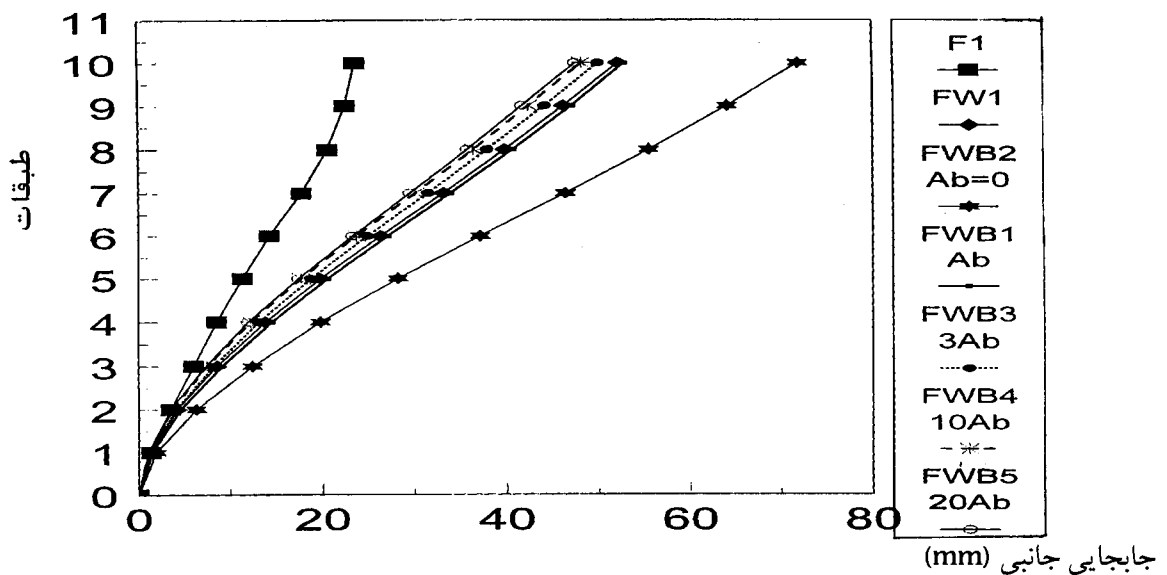
شکل ۶ - اثر قطع دیوار برشی در طبقات بالا بر روی برش جذب شده توسط قاب

مرحله سوم:

در این مرحله قاب به همراه دیوار برشی و بادبند ضربدری فلزی تحت اثر بار قائم و صد درصد نیروی زلزله قرار گرفته است و تأثیر بادبند و سطح آن بر روی رفتار یک ساختمان بتن آرمه که توسط دو عدد دیوار برشی در هر طبقه تقویت شده است بررسی می‌گردد. در این قسمت به جای دو عدد از دیوار برشی‌های مرحله دوم، دو عدد بادبند ضربدری در نظر گرفته شده است (شکل ۲). در این مرحله سعی شده است که با تغییر دادن سطح بادبندها یک بار تغییر مکان جانبی سازه با تغییر مکان بدست آمده از مرحله دوم و اول برابر گردد و در حالت دیگر جذب نیروی برشی توسط قاب در مرحله سوم و دوم یکسان شود.

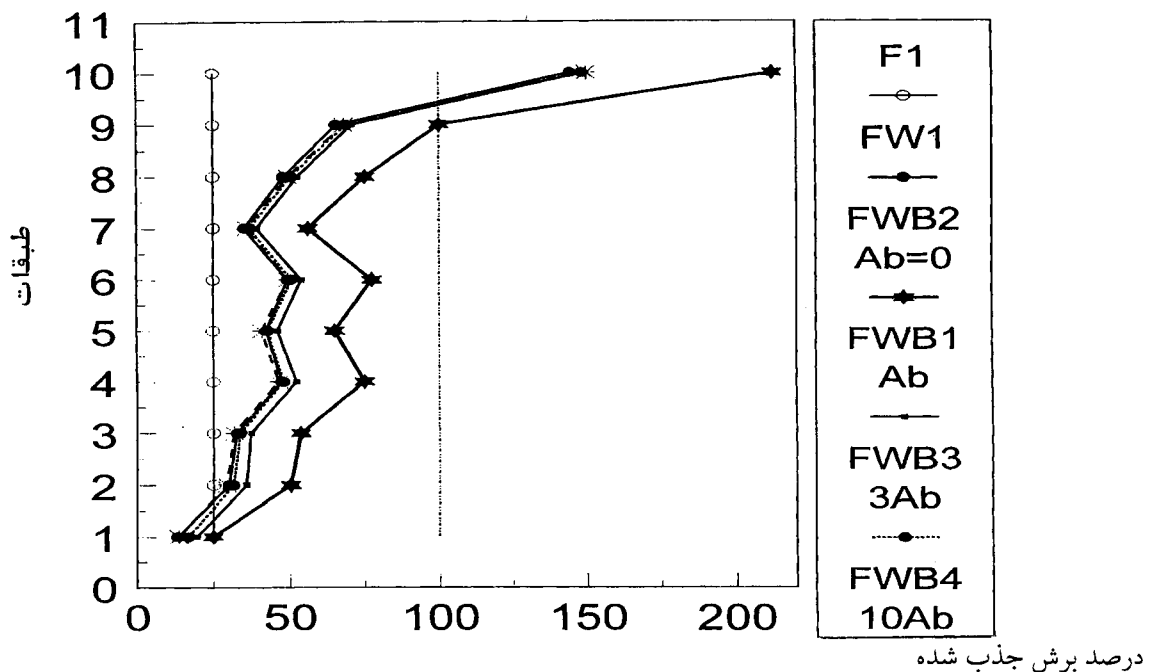
نتایج آنالیزهای متعدد نشان می‌دهد که اگر برای تمامی مشخصات، سازه FW1 استفاده شود و تنها برای بادبندهای ضربدری در طبقه اول و دوم از دو عدد ناودانی ۱۶ با مساحت ۴۸ سانتیمتر مربع و در طبقات سوم و چهارم از دو عدد ناودانی ۱۴ با مساحت ۴۱ سانتیمتر مربع و در طبقات پنجم و ششم از دو عدد ناودانی ۱۲ با مساحت ۳۴ سانتیمتر مربع و در طبقات هفتم و هشتم از دو عدد ناودانی ۱۰ با مساحت ۲۷ سانتیمتر مربع و در طبقات نهم و دهم از دو عدد ناودانی ۸ با مساحت ۲۲ سانتیمتر مربع استفاده شود تغییر مکان مراحل سوم و دوم آنالیز یکسان می‌شود. (سازه‌های FW1 و FWB1). شکل ۷ این مطلب را به طور واضح نشان می‌دهد. همانطور که از شکل ۷ دیده می‌شود حتی اگر مساحت بادبندها ۱۰ برابر نیز شوند (سازه FWB4) تغییر مکان سازه در این مرحله نمی‌تواند با حالت مرحله اول (۲۵ درصد نیروی زلزله و قاب تنها، سازه F1) برابر شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگر در یک سازه بتن آرمه موجود تغییر مکان جانبی از حد مجاز تجاوز کند تا مقدار مشخصی مساحت بادبند می‌تواند مؤثر واقع شود و بعد از حد معین تأثیر چندانی بر روی رفتار سازه نخواهد داشت. همچنین دیده می‌شود که اگر بادبندی مورد استفاده قرار نگیرد (سازه FWB2) تغییر مکان جانبی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد.

شکل ۸ نحوه جذب نیروی زلزله توسط قاب را برای مراحل اول و دوم و سوم آنالیز و تأثیر مساحت بادبندها بر روی رفتار سازه نشان می‌دهد. اگر مساحت بادبندها ۳ برابر مقادیر ذکر شده در بالا انتخاب گردد درصد جذب قاب در دو سازه FW1 و FWB3 یکی می‌شود، هر چند سازه FWB1 نیز منحنی تقریباً مشابهی را با سازه FW1 ارائه می‌دهد. بنابراین نهایتاً سازه FWB1 در این مرحله ملاک کار قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده، یک مساحت بهینه برای بادبندها جهت طراحی پیشنهاد می‌شود.



شکل ۷ - اثر مساحت بادبندها بر روی تغییر مکان جانبی سازه

در صورتیکه بادبندها از سیستم حذف شوند (مثل فایل FWB2 قلاب و دیوار برشی) جذب برش زلزله توسط قاب بسیار افزایش می‌یابد بطوریکه در طبقه آخر جذب برش توسط قاب به ۲۰۰٪ می‌رسد به عبارت دیگر دیوارهای برشی اثر منفی داشته و به قاب تکیه می‌دهند. با افزایش مساحت بادبندها جذب برش توسط قاب مخصوصاً در طبقه بالا کاهش می‌یابد و تأثیر منفی دیوار برشی از ۲۰۰٪ به ۱۵۰٪ کاهش یافته است.

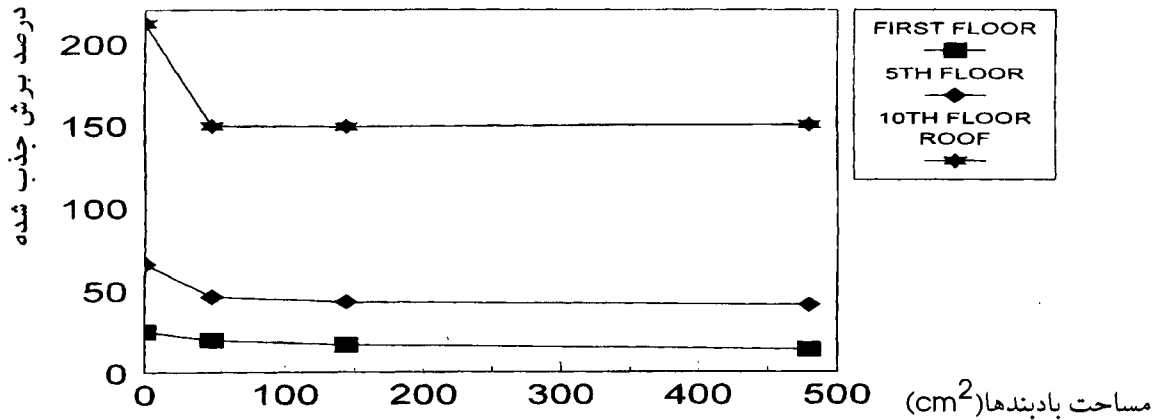


شکل ۸ - اثر مساحت بادبند بر روی جذب برش زلزله

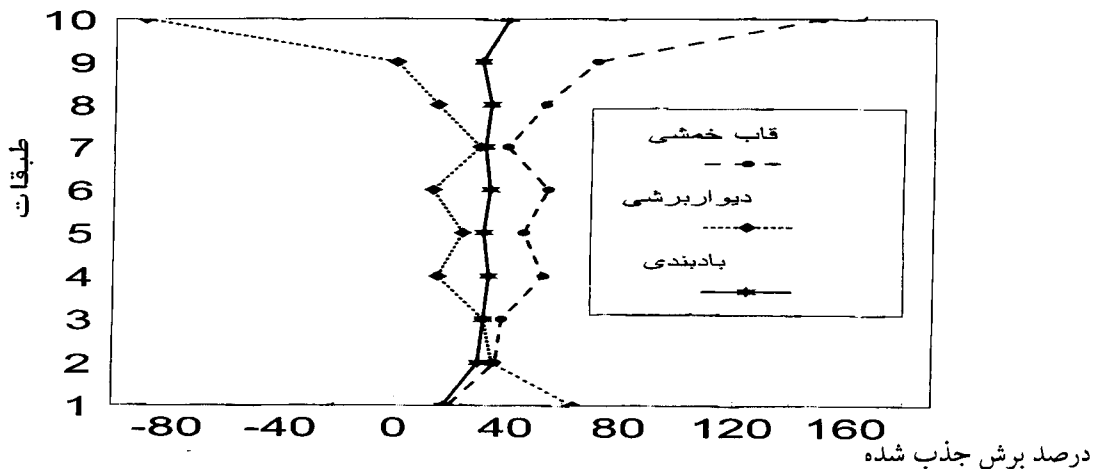
شکل ۹ تغییرات درصد جذب برش زلزله توسط قاب را نسبت به مساحت بادبندها مشخص می‌کند. همان‌طور که دیده می‌شود با افزایش مساحت بادبندها جذب برش توسط قاب کاهش یافته و از حد مشخصی (حدود ۵۰ سانتیمتر مربع)، بادبندها نقش خاصی را در جذب برش زلزله ندارند. به عبارت دیگر نمیتوان هر نوع ساختمان بتن آرمه را تنها با بادبند فلزی تقویت نمود. برای تعیین دقیق این حد، باید ساختمانهای مختلف بادخانه و ارتفاع متفاوت آنالیز و بررسی شوند.

شکل ۱۰ اندرکنش قاب - دیوار برشی و بادبند فلزی را در سازه FWB1 نشان می‌دهد. از این شکل مشاهده میشود که رفتار بادبند و قاب در پائین تقریباً مشابه یکدیگرند قاب در بالا دچار برش بسیار زیاد میشود (سازه FWB2). بادبند در بالا

و پائین رفتار مشابه‌ای دارد. با وجود بادبند جذب زلزله توسط دیوار کم شده ولی در طبقه آخر بادبند نیرو جذب کرده و از آنطرف برش منفی دیوار زیاد می‌شود (در سازه FWB1 جذب در بالا توسط دیوار ۴۴٪ - بوده در حالیکه در سازه FWB1 برابر ۸۴٪ - می‌باشد). این شکل همچنین نشان می‌دهد که وجود بادبند در تمامی طبقات مفید بوده و بصورت تقریباً ثابت (حدود ۴۰٪) جذب برش زلزله می‌کند. نتایج همچنین نشان می‌دهند که قطع دیوار در طبقات بالا ضروری بوده ولی قطع بادبند ضروری نیست ولی نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. تغییرات مساحت بادبند در طبقه بالا تأثیری بر روی جذب نیروی زلزله توسط قاب ندارد ولی برش منفی دیوار را زیاد می‌کند



شکل ۹ - تاثیر مساحت بادبندها بر روی درصد جذب برش زلزله توسط قاب (مرحله سوم آنالیز)



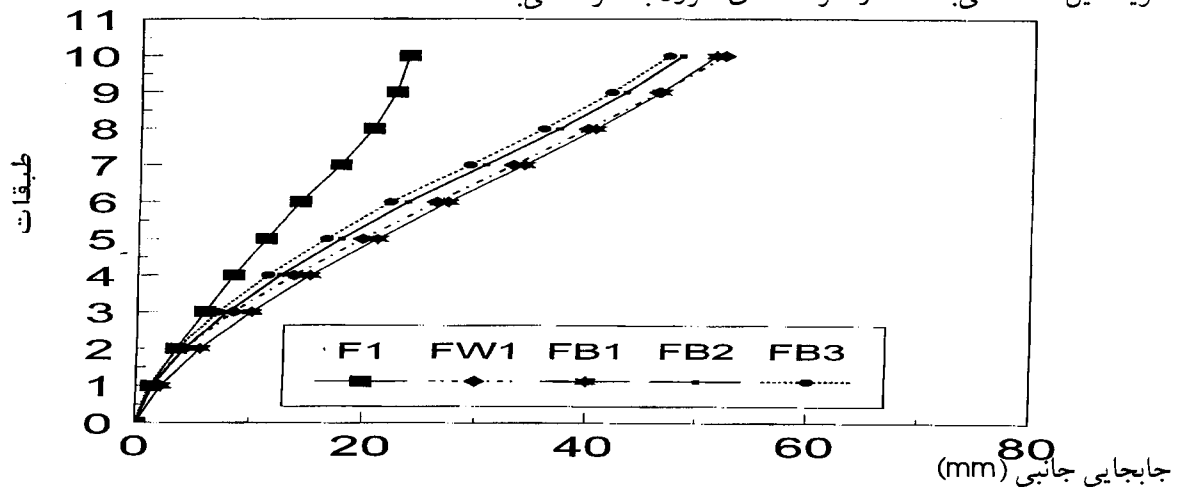
شکل ۱۰ - اندرکنش قاب، دیوار برشی و بادبند فلزی (سازه FWB1)

مرحله چهارم:

در این مرحله قاب به همراه بادبند ضربدری فلزی بدون دیوار برشی تحت اثر بار قائم و صد درصد نیروی زلزله آنالیز شده است. در مدل سازه کل دیوارهای برشی حذف شده و به جای آنها بادبند ضربدری فلزی مورد استفاده قرار گرفته است و تأثیر بادبندها بر روی رفتار یک قاب فضایی خمشی بتن آرمه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برای آنکه تغییر مکانهای جانبی سازه در مرحله دوم (قاب بادیوار برشی و بدون بادبند) و مرحله چهارم (قاب با بادبند و بدون دیوار برشی) یکی شود، از بادبندهای استفاده شده در سازه FWB1 استفاده شده است (سازه FB1). در این حالت جذب نیروی زلزله توسط قاب در طبقه اول حدود ۴۰ درصد است. برای آنکه جذب نیروی برشی زلزله در طبقه اول طبق آیین نامه به ۲۵ درصد برسد در طبقات اول تا ششم مساحت بادبندها نسبت به سازه FB1 ۲/۵ برابر افزایش یافته است (سازه FB2 در شکل ۱۱). اگر مساحت بادبندها در طبقات اول تا ششم ۵ برابر نسبت به سازه FB1 افزایش یابد جذب نیروی زلزله توسط قاب در طبقه اول به ۱۶ درصد می‌رسد (FB3). با توجه به مساحت‌های بدست آمده در سازه‌های FB2 و FB3 که از لحاظ اجرایی معقول به نظر نمی‌رسند، می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که سازه‌های بتن آرمه بهتر است توسط دیوار برشی یا ترکیبی از دیوار برشی و بادبند تقویت شوند و بادبندهای

نتیجه‌گیری کرد که سازه‌های بتن‌آرمه بهتر است توسط دیوار برشی یا ترکیبی از دیوار برشی و بادبند تقویت شوند و بادبندهای فلزی به تنهایی در سازه‌های بتن‌آرمه موجود باعث ایجاد نیروهای زیادی در اعضای قاب (تیر و ستون) می‌شوند که نیاز مجدد به تقویت این اعضا می‌باشد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد.



شکل ۱۱ - قاب به‌همراه بادبند فلزی بدون دیوار برشی (مرحله چهارم)

نتیجه‌گیری:

استفاده از بادبند جهت تقویت ساختمانهای بتن‌آرمه موجود که دارای دیواری برشی می‌باشند نشان می‌دهد که رفتار بادبند و قاب در طبقات پایین تقریباً مشابه یکدیگرند و در طبقات بالا نیروی برشی زلزله اکثراً توسط قاب تحمل می‌شود. از نتایج مشاهده می‌شود که رفتار بادبند در بالا و پایین تقریباً مشابه می‌باشد. وجود بادبند در تمامی طبقات مفید بوده و بصورت تقریباً ثابتی جذب برش زلزله می‌کند در حالیکه دیوار برشی در پایین خوب کار کرده و در طبقات بالا اثر منفی دارد. بادبندها تا حد مشخصی در تقویت سازه کمک می‌کنند و تعیین مقدار بهینه برای مساحت بادبندها نیاز به تحقیقات بیشتری داشته و باید ساختمانهای مختلف با دهانه و ارتفاع متفاوت آنالیز و بررسی شوند.

تشکر و قدردانی:

از راهنماییهای ارزنده مشاور طرح، جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی صمیمانه تقدیر و تشکر می‌گردد. همچنین از همکاری آقایان مهندس سید مسعود کسائی، مهندس عبدالرضا دامغانیان و مهندس بهرام یغمایی تشکر و قدردانی می‌گردد. ضمناً از حمایتهای مالی گروه پژوهش دانشکده مهندسی دانشگاه سمنان سپاسگزاری به عمل می‌آید.

مراجع:

1. Badux, M., and J. O. Jirsa; "Steel Bracing of RC Frames for Seismic Retrofitting" Journal of Structural Engineering, ASCE, 116(1), PP. 55_74, 1990
2. Nateghi-A., " Seismic Strengthening of Eight - Story RC Apartment Building Using Steel Brace " Engineering Structures; Vol. 17, No. 6, PP. 455_461, 1995
3. Pincheira, and J. O. Jirsa; "Seismic Response of RC Retrofitted with Steel Braces or Walls " Journal of Structural Engineering , ASCE, PP. 1225-1235, August 1995
4. Maheri, M. R., and A. Sahebi; "Experimental Investigations of Steel Braced Reinforced Concrete Frames " Proceeding of the Second International Conference on Seismology and Earthquake Engineering; Vol. 1, Tehran Islamic Republic of IRAN, PP. 775-784, May 15-17, 1995
- ۵- حاجی غفاری، حسین، " اندرکنش قاب و بادبند فولادی در سازه های بتن مسلح برای تحمل نیروهای جانبی " پنجمین کنفرانس مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی شریف - تهران - صفحه ۲۲۸ تا ۲۳۸، ۱۳۷۶.
- ۶- همتی، سیف ا...، " بررسی آزمایشگاهی اتصالات تقویت شده در ساختمانهای بتن مسلح در مقابل نیروهای جانبی"، تز کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.