

تعیین مشخصات مودی سازه‌ها تنها با استفاده از پاسخ‌های دینامیکی به کمک روش تجزیه تنسورها

فریبرز ناطقی الهی و فریا آب آذرسا- سال ۱۳۹۱

مقدمه

شناسایی مشخصات دینامیکی سازه‌ها نقشی اساسی در پیش‌بینی صحیح از نحوه رفتار آنها در برابر بارهای دینامیکی نظیر زلزله را دارا می‌باشد. اهمیت این موضوع نه تنها در مرحله طراحی، بلکه به صورت مداوم جهت ارزیابی سلامت سازه‌ها خصوصا پس از رویدادهای مهم، نظیر زلزله، نیز احساس می‌گردد. با توجه به موارد مذکور، شناسایی خصوصیات دینامیکی سازه امری حیاتی به شمار می‌رود. اگرچه خصوصیات دینامیکی سازه‌ها در مراتب مختلفی قابل تعریف است، در اینجا منظور از خصوصیات دینامیکی خصوصیات مودی شامل اشکال مودی، فرکانس‌های طبیعی و نسبت‌های میرایی است. چالش بزرگی که انگیزه اصلی جهت انجام این پروژه به شمار می‌رود، ضعف روشهای متداول شناسایی خصوصیات مودی از سیگنالهای ثبت شده برروی سازه‌هاست. در این تحقیق دو روش جدید در قالب یک الگو جهت شناسایی خصوصیات مودی سیستم‌های سازه‌ای ارائه می‌گردد که با استفاده از آنها مواردی نظیر عدم امکان ثبت تحریک ورودی به سازه‌ها چه در ارتعاشات محیطی و چه در زلزله، محدودیت در تعداد سنسورهای بکاررفته، وجود نوفه، و وجود میرایی غیر کلاسیک پاسخ داده می‌شود.

۲- سازه آزمایشگاهی IIEES



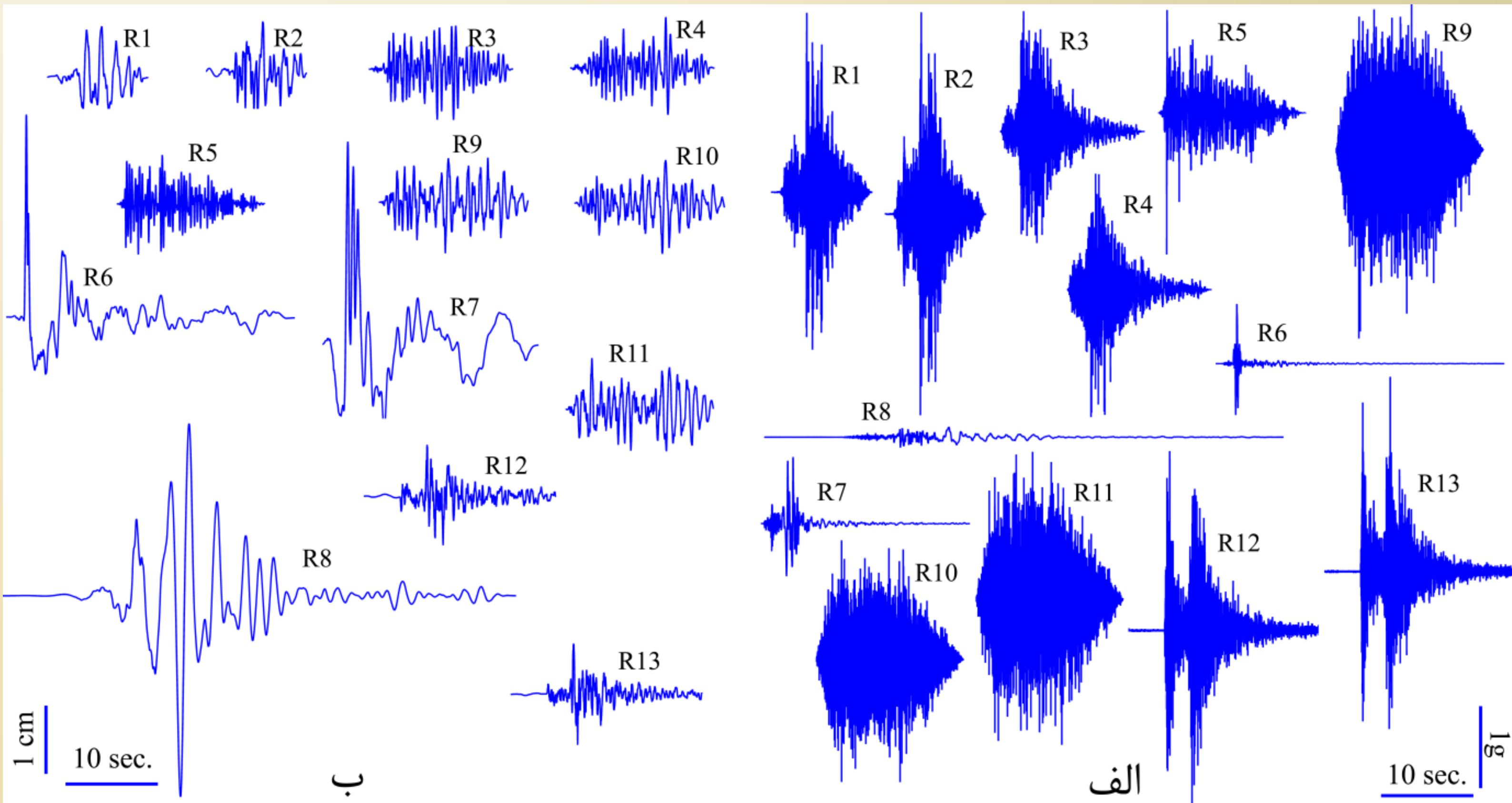
سازه ۱۰ طبقه فولادی با مقیاس ۱/۱۰ در آزمایشگاه سازه پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله طراحی و ساخته شد. طراحی و ساخت سازه مذکور به نحوی انجام گرفت تا بتواند جهت مطالعات آینده نیز قابل استفاده باشد. برای این منظور، اتصالات پچی با قابلیت جدا شدن از تیرها و ستونها و تعویض آن با نوع دیگری از اتصالات مورد استفاده قرارگرفت. وجود این نوع از اتصالات کمک می‌کند تا تعداد طبقات و دهانه‌های سازه در هر دو راستا قابل تغییر باشد. در هریک از طبقات ۶ ورق فولادی برای ایجاد یک دیافراگم نسبتا صلب به‌کارفت. بر روی هر ورق یک جرم متمرکز به وزن حدودا ۴ کیلوگرم قرارداده‌شد. جهت درنظرگیری امکان پیچش در مطالعات آینده، ورق‌های کف به گونه‌ای طراحی شدند تا امکان نصب جرم‌های متمرکز در چند نقطه فراهم گردد.

۴- آزمایشهای میز لرزان

ازآنجاکه سازه مورد آزمایش تقریبا متقارن بوده و میز لرزان فقط قادر به تحریک سازه در جهت Y می‌باشد، لذا در آزمایش‌های میز لرزان پاسخ سازه فقط در این جهت ثبت گردید. جهت آزمایش‌های میز لرزان از ۱۳ شتاب‌نگاشت استفاده گردید. ازآنجاکه هر آزمایش میز لرزان برای هر تحریک ورودی انتخاب‌شده با دو چیدمان متفاوت سنسور S1 و S2 انجام گردید، بنابراین جمعا ۲۶ آزمایش میز لرزان در اول اکتبر ۲۰۱۲ انجام‌گرفت.

نگاشت‌های مورد استفاده جهت آزمایش‌های میز لرزان

Record* No.	Earthquake	Date	Station	NGA No.	Component	Type	Original f_d (Hz)	New f_d (Hz)**
R1	Borah Peak	1983	HAU	444	Fault Normal	I	200	512
R2	Borah Peak	1983	HAU	444	Fault Parallel	I	200	512
R3	Whittier Narrows-01	1987	Rancho Cucamonga-FF	686	Fault Normal	I	200	512
R4	Whittier Narrows-01	1987	Rancho Cucamonga-FF	686	Fault Parallel	I	200	512
R5***	Imperial Valley	1940	El Centro Array #9	---	270°	II	100	256
R6	Coalinga-07	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	418	Fault Normal	III	200	256
R7	Morgan Hill	1984	Coyote Lake Dam (SW Abut)	451	Fault Normal	III	200	256
R8	Yountville	2000	Napa Fire Station #3	1853	Fault Normal	III	200	256
R9	Spectrum Matched	---	---	---	---	IV	---	256
R10	Spectrum Matched	---	---	---	---	IV	---	256
R11	Spectrum Matched	---	---	---	---	IV	---	256
R12	Anza-02	2001	Whitewater Trout Farm	1989	Fault Normal	I	200	512
R13	Anza-02	2001	Whitewater Trout Farm	1989	Fault Parallel	I	200	512



تاریخچه زمانی نگاشت‌های به‌کاررفته در این مطالعه، الف- شتاب و ب- جابجایی.

۳- آزمایشهای ضربه

به جهت سیستم جمع آوری اطلاعات تنها می‌توان از ۸ سنسور جهت ثبت پاسخ استفاده کرد. بنابراین به دلیل محدودیت در تعداد سنسورها، برای هر راستا بیشتر از یک آزمایش مورد نیاز است. به طور کلی ۱۲ آزمایش ضربه جداگانه انجام گردید که در آن‌ها سنسورها در محل‌های متفاوتی قرار گرفتند و محل اعمال ضربه نیز تغییر کرد.



سیستم جمع‌آوری اطلاعات DMCPlus



سنسور شتاب‌سنج ARF-A

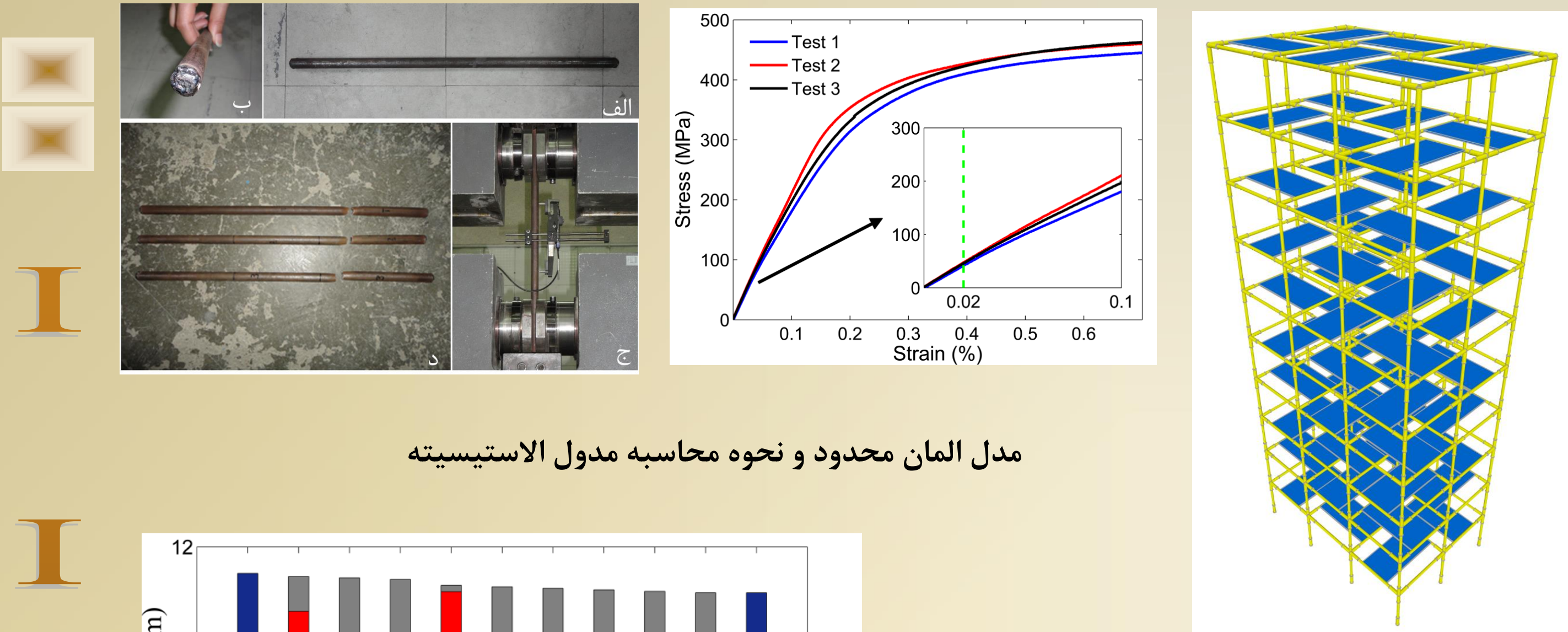
۵- مشاهدات و نتایج

نتایج اصلی این پژوهش می‌تواند در موارد زیر خلاصه گردد:

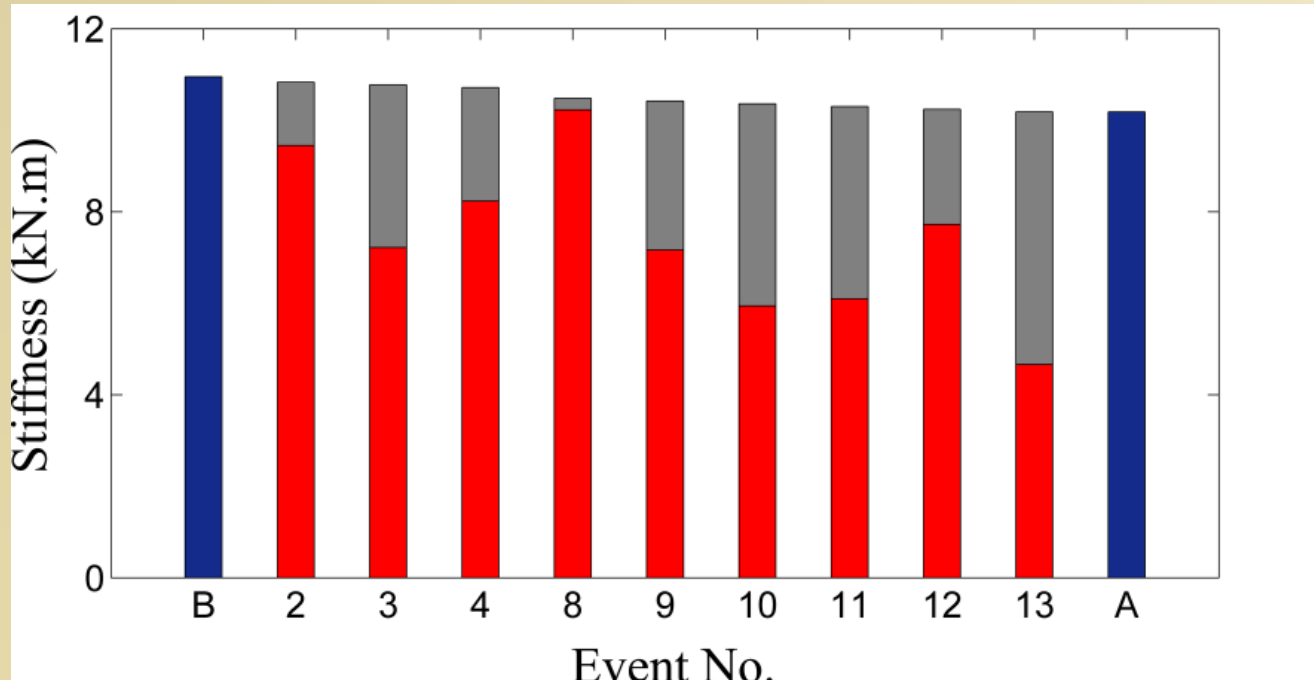
۱- با اعمال روش‌های شناسایی ارائه شده بر پاسخ‌های ثبت شده در آزمایش‌های ضربه و میز لرزان انجام شده به خوبی توانایی روش‌های پیشنهاد شده نشان داده شد.

۲- بررسی نتایج بیانگر وجود تغییرات در سازه در طول بازه زمانی آزمایش‌ها بود. با توجه به انجام آزمایشهای کم دامنه ضربه قبل و بعد از آزمایش‌های میز لرزان و همچنین نتایج بدست آمده از آزمایش‌های میز لرزان، مشاهده گردید که قسمتی از تغییرات ایجاد شده در سازه آزمایشگاهی، دائمی (خرابی) و قسمتی دیگر موقتی (رفتار غیرخطی) بوده است.

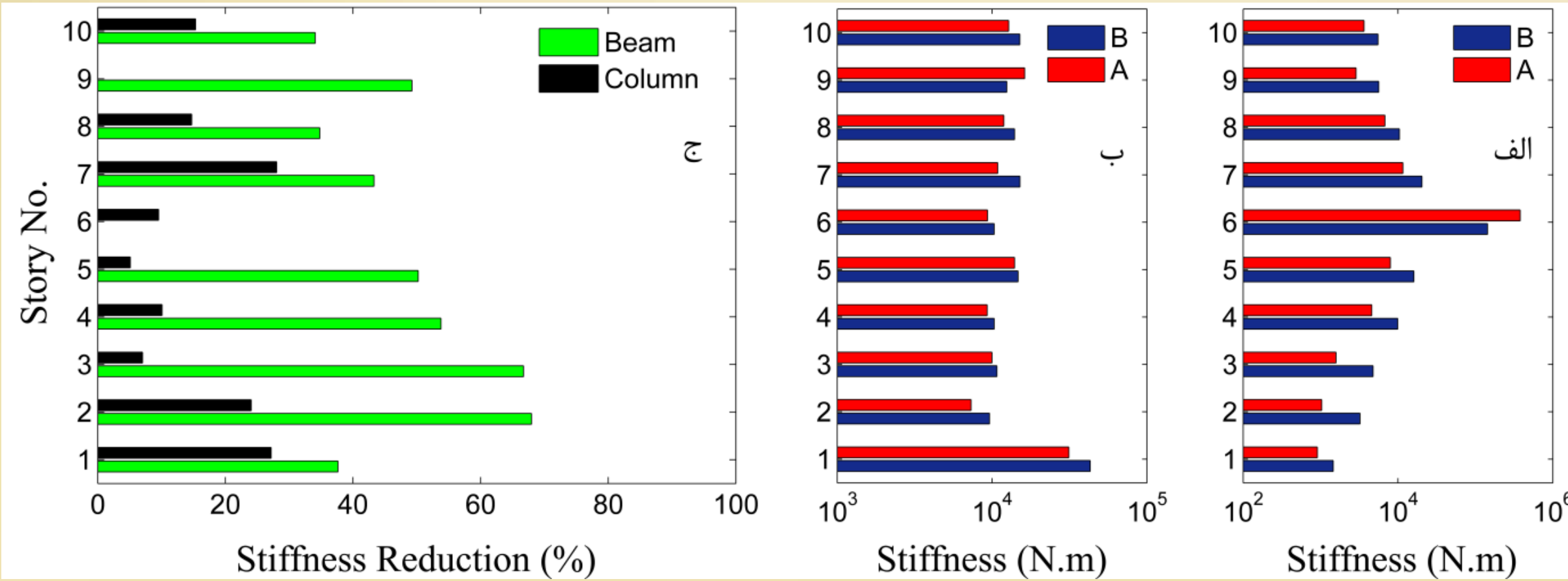
۳- با انجام به‌روز رسانی مدل اجزاء محدود سازه در نرم‌افزار SAP2000 میزان سختی اتصالات (تنها منبع تغییرات سازه) جهت رسیدن به تطابق مناسب میان خصوصیات مودی حاصل از آزمایش‌ها و مدل اجزاء محدود، تعیین گردید.



مدل المان محدود و نحوه محاسبه مدول الاستیسیته



تغییرات سختی اتصالات ستون‌های طبقه سوم



مقایسه بین سختی اتصالات قبل (B) و بعد (A) از آزمایش‌های میز لرزان برای الف- تیرها و ب- ستون‌ها و ج- درصد کاهش سختی برای تیرها و ستون‌ها