



دانشکده علوم پایه - مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی

محدودیت های کنترل کننده عددی مکانی

در کارکرد میز لرزان

نگارش:

نعمت الله آقاخانی هارونی

استاد راهنما:

دکتر احمد شوشتری

استاد مشاور:

دکتر حسین صادقی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی

بهار ۱۳۹۰



تقدیم به پدر و مادر مهربان و دلسوزم

که همواره پشتیبان من بودند

تشکر و قدردانی

با تشکر و سپاس از استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر احمد شوشتری بدینوسیله از استاد مشاورم جناب آقای دکتر حسین صادقی و همچنین از جناب آقای دکتر سید کیوان حسینی و جناب آقای دکتر رضا خواجهی اساتید محترم مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی مشهد تشکر و قدردانی مینمایم.

در اینجا بر خود لازم می دانم از زحمات بی شائبه جناب آقای عماد فدایی وطن که در کار ساخت میز لرزان نقش عمده را بر عهده داشتند و در این راه زحمت زیادی کشیدند کمال تشکر را داشته باشم.

فهرست

فصل اول: پیشگفتار

- فصل دوم: ملاحظات در مورد میز لرزان..... ۵
- ۱-۲: مقدمه..... ۵
- ۲-۲: تاریخچه میز لرزان..... ۶
- ۳-۲: شرح مختصری از آزمایشهای انجام شده با میز لرزان..... ۱۱
- ۴-۲: انواع میزهای لرزان از نظر نیروی محرکه..... ۱۳
- فصل سوم: معرفی قطعات به کار رفته در میزهای لرزان..... ۱۷
- ۱-۳: انواع موتورهای الکتریکی..... ۱۸
- ۲-۳: شرح مختصری در مورد انواع پمپ ها..... ۲۳
- فصل چهارم: ایجاد و برپایی میز لرزان..... 26
- ۱-۴: مقدمه..... ۲۸
- ۲-۴: معرفی میز لرزان..... ۲۸
- ۳-۴: دستگاههای سی ان سی..... ۳۰
- ۴-۴: تفاوت سیستمهای سی ان سی و ان سی..... ۳۲
- ۵-۴: کنترل کننده میز لرزان..... ۳۴
- ۶-۴: آزمایشهای انجام شده توسط میز لرزان..... ۴۲

۵۴.....GSK.COM ۷-۴: معرفی نرم افزار

60.....مراجع

۶۳..... پیوست پ 1

فصل اول

پیشگفتار

با توجه به قرار گرفتن کشور ایران بر روی کمربند زلزله هرساله شاهد وقوع زلزله‌های فراوان می‌باشیم. به دلیل آنکه زلزله‌ها در مدت زمان بسیار کم و بدون اطلاع قبلی به وقوع می‌پیوندند تحقیقات بر روی اثرات ناشی از این پدیده مخرب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. برای انجام پژوهش دقیق‌تر بر روی پدیده زلزله میز لرزان می‌تواند وسیله بسیار مناسبی باشد زیرا با ایجاد زلزله‌های مصنوعی و در زمان دلخواه و تکرار آن می‌توان در مورد اثرات زمین لرزه بر روی سازه‌ها مطالعات جامعی را انجام داد. از آنجاییکه میزهای لرزان ساخته شده در خارج از کشور با مبالغ گزاف ارزی خریداری می‌شوند و غالباً برای استفاده از آنها در زمان‌های طولانی، تامین قطعات لازم نیز با مشکل مواجه می‌شود پروژه‌ای تحقیقاتی در این زمینه تعریف شد. در این پایان‌نامه به دنبال طراحی و ساخت میز لرزانی هستیم که با کنترل کننده عددی مکانی قابل کنترل باشد و سپس محدودیت‌های آن را بررسی کنیم. امید است کاری ثمر بخش برای انجام تحقیقات در مرکز زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد باشد. از آنجاییکه فعلاً در مراحل ابتدایی طراحی و ساخت اینگونه تجهیزات حساس می‌باشیم حداکثر ظرفیت این میز لرزان ۱۰۰ کیلو گرم و با مشخصات ارائه شده در فصل سوم می‌باشد. علاوه بر این فصل مطالب در سه فصل دیگر به شرح زیر ارائه خواهد شد.

درفصل دوم نکاتی در مورد میز لرزان آورده و توضیحات مختصری در مورد تاریخچه میز لرزان ارائه خواهد شد.

درفصل سوم به معرفی قطعات به کار رفته در میزهای لرزان خواهیم پرداخت و به انواع میزهای لرزان که در مراکز تحقیقاتی دیگر به کار گرفته شده اند اشاره می‌شود.

درفصل چهارم به میز لرزان ساخته شده در مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد پرداخته خواهد شد. ضمناً در این فصل به بررسی نتایج حاصل از چند آزمایش انجام گرفته شده خواهیم پرداخت. و در پایان این فصل به بیان نتایج این پژوهش و ارائه پیشنهاداتی برای آیندگان پرداخته می‌شود.

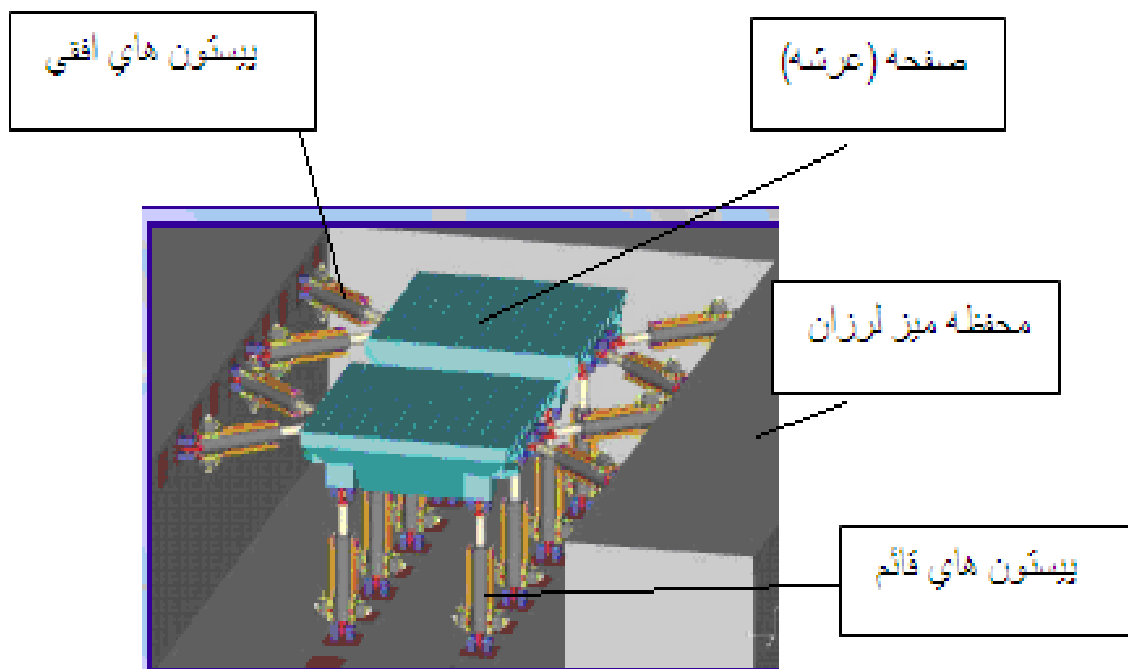
امید است با انجام این پژوهش زمینه طراحی و ساخت میزهای لرزان با ابعاد بزرگ و ظرفیت بالاتر امکان پذیر گردد تا در آینده‌ای نه چندان دور شاهد ساخت و به کار اندازی میزهای لرزان برای ساختمانهای بلند با ابعاد واقعی باشیم.

فصل دوم

ملاحظاتى در مورد ميز لرزان

۱-۲: مقدمه

میز لرزان یک دستگاه الکترومکانیکی می باشد که می تواند حرکات زمین در هنگام زلزله را شبیه سازی کند. تاکنون شکل های مختلفی از این نوع دستگاه ساخته شده است که از نظر ابعاد، درجات آزادی و ظرفیت تنوع بسیار زیادی دارند. به حداکثر وزن سازه مورد مطالعه که میتوان بر روی میز لرزان قرار داد به نحوی که میز بتواند در محدوده فرکانسی خود براحتی ارتعاش نماید، ظرفیت میز لرزان می گویند که معمولاً بر حسب کیلوگرم یا تن بیان میشود. میزهای لرزان میتوانند از ۱ تا ۶۰ درجه آزادی داشته باشند. سه درجه آزادی مربوط به حرکت در امتداد محورهای مختصات سه درجه آزادی مربوط به چرخش حول این محورها می باشد. ساده ترین نوع میز لرزان فقط یک درجه آزادی دارد که در جهت افقی حرکت می کند و پیچیده ترین آنها شامل هر شش درجه آزادی می باشد. در شکل 1-2 یک میز لرزان و قسمتهای مختلف آن ارائه شده است.



شکل 1-2 شماتیکی کلی از میز لرزان با سه درجه آزادی

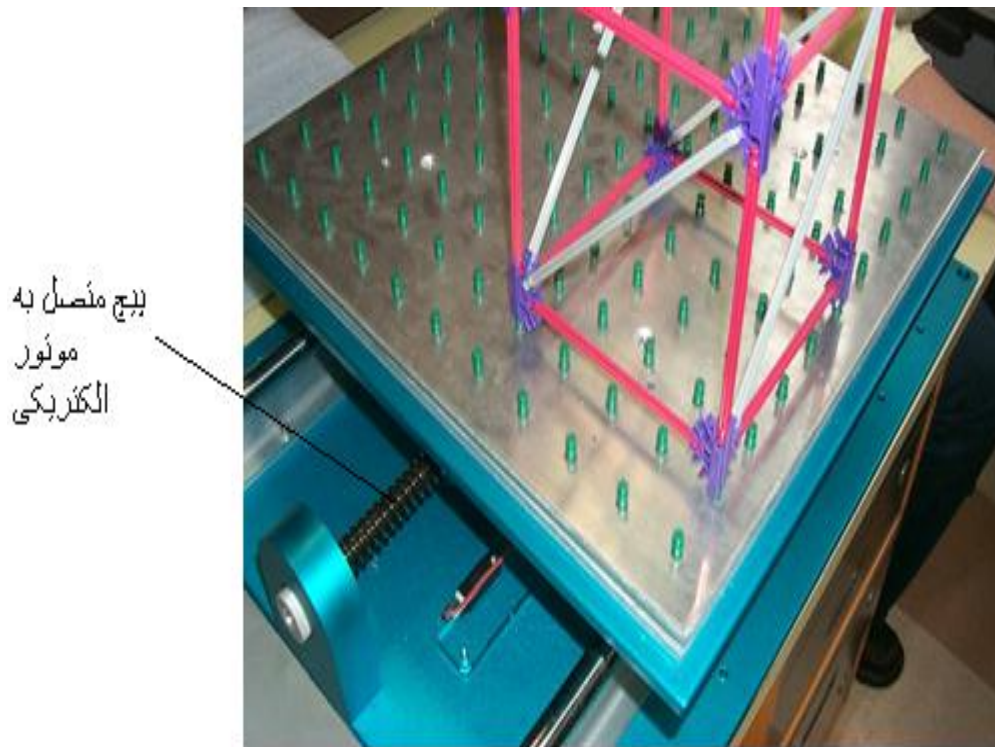
همانگونه که در تصویر دیده می شود صفحه میز لرزان توسط پیستون ها حرکت می کند. این پیستون ها با جریان مایعی توسط پمپ ها یا جک ها رانده می شوند حرکت می کنند و این حرکت سبب حرکت صفحه میز لرزان

می‌شود. سرعت حرکت این پیستون‌ها بستگی به تعداد پمپ‌های تغذیه کننده هر پیستون و همچنین مقدار مایع رانده شده در واحد زمان دارد. در واقع هر چه مقدار مایع بیشتری در واحد زمان به درون پیستون رانده شود پیستون با سرعت بیشتری حرکت می‌کند. کنترلر وظیفه تنظیم سرعت حرکت پیستون‌ها را به عهده دارد. کنترلر با روشن و خاموش کردن پمپ‌ها حرکات پیستون‌ها را تنظیم می‌کند.

۲-۲: تاریخچه میز لرزان

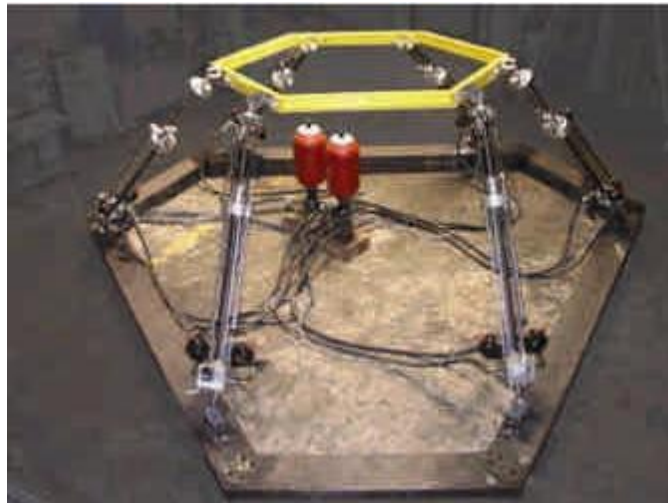
تا قبل از ساخت میزهای لرزان که بتوان سازه با ابعاد واقعی را بر روی آن قرار داد، نمونه‌های آزمایشگاهی زیادی ساخته شد که همه آنها در محیط آزمایشگاه و با ابعاد کوچک ساخته شدند تا مدل‌هایی از ساختمان با مقیاس کوچک بر روی آنها قرار داده شود و مورد آزمایش قرار گیرد. اولین میز لرزان آزمایشگاهی توسط ژاپنی‌ها در سال ۱۸۹۹ ساخته شد که نمونه‌ای بسیار ساده بود و اکثر قطعات آن نیز از چوب ساخته شده بود [1].

در شکل ۲-۲ یک میز لرزان آزمایشگاهی دیده می‌شود [2]. نیروی محرکه این میز لرزان توسط موتور الکتریکی تامین می‌شود که با به کار افتادن موتور الکتریکی، پیچ متصل به موتور الکتریکی که در زیر صفحه میز لرزان قرار گرفته است، به چرخش در می‌آید و باعث حرکت عرشه میز می‌شود. با چرخش موتور الکتریکی در جهت معکوس، عرشه میز نیز به سمت دیگر حرکت می‌کند و بدین ترتیب حرکت در راستای یکی از محورهای مختصات به صورت رفت و برگشتی توسط موتور الکتریکی تامین می‌شود. همانطور که قبلاً ذکر شد از آنجایی که این میز تنها توانایی حرکت در امتداد یکی از محورهای افقی را دارا می‌باشد اصطلاحاً میز با یک درجه آزادی نامیده می‌شود..



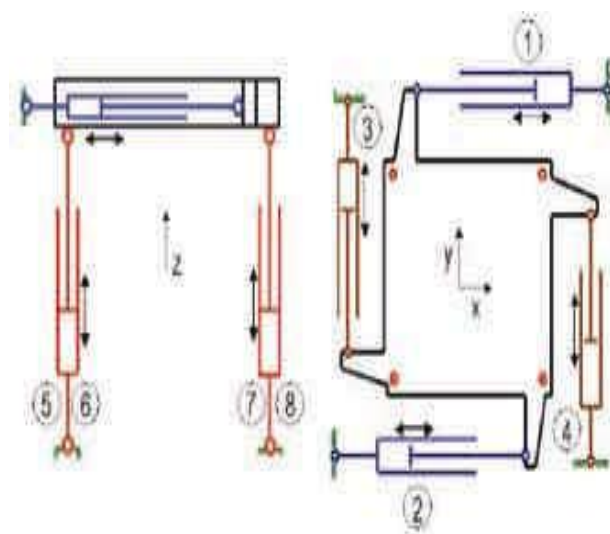
شکل ۲-۲ یک میز لرزان با یک درجه آزادی و ظرفیت کم [2]

همانطور که ذکر شد میزهای لرزان زیادی در مراکز تحقیقاتی دنیا به کار گرفته شده اند که هر یک مشخصات و ویژگیهای خاص خود را دارد بعنوان نمونه یکی از این میزهای لرزان که در سال ۲۰۰۳ در کشور هندوستان ساخته شده در شکل ۲-۳ مشاهده می شود. همانطور که از شکل پیداست در ساخت این دستگاه از ۶ پیستون استفاده شده است که می توانند ۶ درجه آزادی برای میز لرزان ایجاد کنند. این دستگاه به دلیل قابل کنترل نبودن با کامپیوتر از کارایی بالایی برخوردار نیست. و صرفاً می توان با ایجاد حرکت های ابتدایی از آن در جهت آموزش سود جست.



شکل ۲-۳ نمایی از یک میز لرزان ساخته شده در هندوستان در سال ۲۰۰۳ [3]

برای حرکت میز لرزان در امتداد هریک از محورهای مختصات حرکت خطی می‌باشد. بنابراین نیروی محرکه لازم برای به حرکت در آوردن صفحه میز باید با بکارگیری مکانیزمی تبدیل به حرکت خطی شود که این کار به شیوه‌های مختلفی انجام می‌شود. به عنوان نمونه از پمپها برای حرکت دادن پیستون‌ها استفاده می‌شود و حرکت مایع از پمپ‌ها را تبدیل به حرکت خطی می‌کند. برای چرخش صفحه میز لرزان حول هریک از محورهای مختصات نیز از مکانیزم‌های مختلفی استفاده می‌شود. همانطور که در شکل ۲-۴ مشاهده می‌شود می‌توان با استفاده از حرکت پیستون‌ها، چرخش حول محورهای مختصات را بوجود آورد [3].



شکل ۲-۴ نمایش نحوه استفاده از پیستون‌ها برای ایجاد چرخش حول محورهای مختصات [3].

برای ساخت یک میز لرزان بزرگ که بتوان یک ساختمان با ابعاد واقعی را بر روی آن قرار داد باید مکان مناسبی در خارج آزمایشگاه و در فضای باز در نظر گرفته شود. به این نوع میزها میزهای لرزان بیرونی اطلاق می کنند. اولین میز لرزان بیرونی در کشور آمریکا در سال ۱۹۸۴ ساخته شد [4]. نمایی از این میز لرزان در شکل ۲-۵ آورده شده است. نکته قابل توجه آنکه فاصله زمانی بین ساخت اولین میز لرزان آزمایشگاهی و اولین میز لرزان بیرونی زمانی حدود ۸۵ سال می باشد که موید آنست که ساخت یک میز لرزان بیرونی روندی بسیار طولانی را طی کرده است. این امر ناشی از پیچیده بودن و هزینه بر بودن میز لرزان بیرونی می باشد. این میز لرزان بیرونی بزرگترین میز لرزانی است که تا کنون در آمریکا ساخته شده و مشخصات عمده آن عبارتند از:

ابعاد میز بر حسب متر: ۱۳×۸

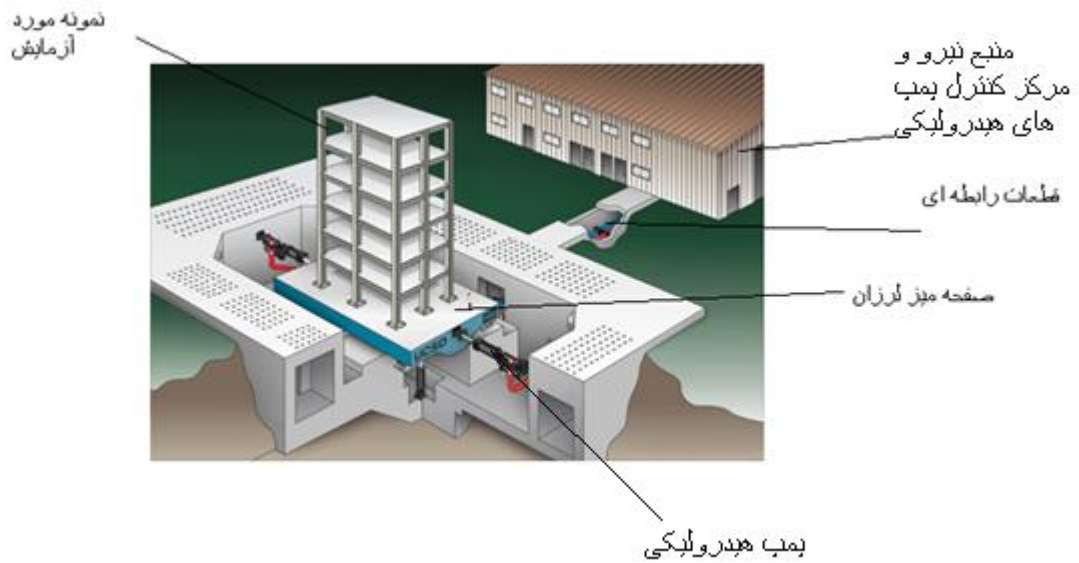
ظرفیت: ۲۲۰۰ تن با ارتفاع حداکثر ۳۳ متر

حداکثر سرعت پیستونها: ۲ متر بر ثانیه

محدوده فرکانسی: ۰-۵۰ هرتز

به طور کلی میزهای لرزان از اجزاء زیر تشکیل شده است.

- ۱- کنترلر-کنترل کننده حرکت میز لرزان می باشد. این که در چه جهتی و با چه سرعتی حرکت کند.
- ۲- منبع نیرو-تامین کننده نیروی میز لرزان می باشد. موتورهای احتراقی و موتورهای الکتریکی از اجزاء منبع نیرو می باشند.
- ۳- قطعات رابط و واسطه ای-این قطعات شامل پیستونها ، تسمه ها و دیگر قطعات کمکی برای تکمیل میز لرزان می باشند.
- ۴- صفحه میز لرزان-صفحه میز که در ابعاد مختلفی می باشد جزئی است که نمونه مورد آزمایش بر روی آن قرار گرفته و با پیچ یا مکانیزمی دیگر محکم می شود تا حرکات میز به نمونه مورد آزمایش منتقل شود.



شکل ۲-۵ اولین میز لرزان بیرونی ساخته شده در جهان در ۱۵ کیلومتری دانشگاه کالیفرنیا در ایالات متحده [4].

در ادامه فهرست مختصری از میزهای لرزان ساخته شده در کشورهای دیگر ارائه می شود. همانطور که در جدول ۱-۲ مشاهده می شود میزهای لرزان با ظرفیت یکسان می توانند با حداکثر دامنه و حداکثر شتاب متفاوت در آزمایشگاه به کار گرفته شوند ضمناً در پ-۱ نیز جدول کاملتری در این مورد آورده شده است.

جدول ۱-۲ فهرست مختصری از میزهای لرزان موجود در کشورهای دیگر

کشور سازنده	حداکثر ظرفیت (تن)	درجه آزادی	دامنه حرکت (متر)	حداکثر سرعت (m/s)	حداکثر شتاب m/s ²	حداکثر فرکانس هرتز
		۱-۶				

	۱۵	۱	۰.۳			
۵۰	۱۰	۱.۲	۰.۵	۶	۶۰	چین
	۸	۰.۸	۰.۲			
	۴۰	۱	۰.۲			
۵۰	۲۰	۰.۶	۰.۱	۳	۲۵	چین
	۴۰	۰.۶	۰.۱			
۵۰	۱۰	۰.۹	۰.۴۴	۱	۵۰۰	ژاپن
	۱۰	۰.۰۵	۰.۱۵			
؟	۱۰	۰.۰۵	۰.۱۵	۲	۵	کره جنوبی

۳-۲: شرح مختصری از آزمایشهای انجام شده با میز لرزان

در این بخش به شرح محدودی از آزمایشات انجام شده با میزهای لرزان ایران و دیگر کشورها می پردازیم.

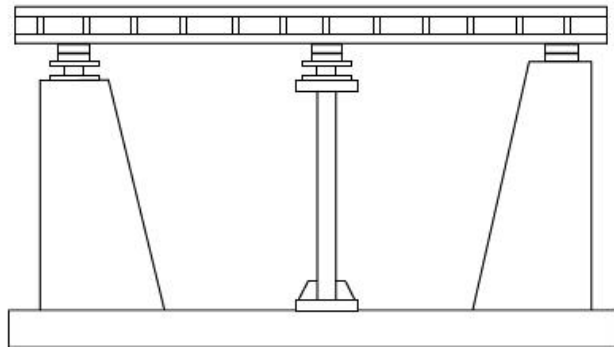
۳-۲-۱: آزمایش بر روی میز لرزان ساخته شده در ایران

آزمایش انجام شده توسط میز لرزان دانشگاه صنعتی شریف [9]. میز لرزان این مرکز شامل تجهیزات پیشرفته ای است که امکان شبیه سازی زلزله ها را میسر می سازد تا بتوان رفتار سازه ها و اجزای آنها را هنگام زلزله مورد بررسی قرار داد. این میز امکان انجام آزمایش با ورودی شتاب در دو بعد افقی بر روی انواع سازه های آجری، فلزی و بتونی را دارا است. ضمناً استحکام و پایداری تجهیزات الحاقی ساختمانها نیز با استفاده از این میز لرزان قابل بررسی است. اولین میز لرزان ساخت ایران توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در تاریخ ۳ مرداد ۱۳۸۸ ساخته شد که البته تمام قطعات آن ساخت داخل می باشد ابعاد این میز ۴×۴ متر است و می تواند جابجایی افقی

۳۵ سانتیمتر و جابجایی قائم ۵ سانتیمتر را ایجاد کند. این میز لرزان، قابلیت آزمایش مفید سازه‌ی ۸ تنی را دارا بوده و قادر به ایجاد سه درجه آزادی خطی می‌باشد. بر روی این میز یک ساختمان پانلی سه بعدی سه طبقه با موفقیت آزمایش شد. این ساختمان پانلی با صفحات ساندویچی (سه بعدی) سه طبقه دارای پارکینگ با مقیاس یک دوم بر روی میز لرزه انجام شد. ضمناً مجری این پروژه نیز دانشگاه صنعتی امیر کبیر بود. ضمناً این میز لرزان می‌تواند در دو جهت افقی و قائم را شبیه سازی کند [10].

۲-۳-۲: آزمایشهای انجام شده بر روی میزهای لرزان کشورهای دیگر

در این قسمت به شرح مختصری از آزمایشهایی که در کشورهای دیگر انجام شده است ارائه می‌گردد. لازم به ذکر است که فیلم‌های گوناگونی از اینگونه آزمایشات در اینترنت وجود دارد که امکان ارائه آنها در متن رساله وجود ندارد. یکی از کاربردی‌ترین آزمایشات با میز لرزان آزمایش بر روی پایه‌های پل می‌باشد تا بتوان تاثیر حرکت زمین را بر رفتار لرزه‌ای پلها مشاهده نمود. در آزمایشی که در ژاپن بر روی ماکت پل انجام شد با ارتعاش پایه‌های پل میزان ارتعاش عرشه پل مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲-۶ طرح شماتیک آزمایش و همچنین تصویری از قطعه آزمایش شده مشاهده می‌گردد در این آزمایش از دو شتاب نگار برای ثبت شتابها یکی در روی عرشه پل و یکی بر روی صفحه میز لرزان استفاده شده است. همچنین در سال ۲۰۰۹ در ژاپن یک ساختمان چوبی هفت طبقه که مطابق با ضوابط جاری طراحی و ساخته شده بود بر روی میز لرزان آزمایش شد. این سازه تحت زلزله‌ای به بزرگی حدود ۵.۷ ریشتر قرار گرفت. آزمایش در سه مرحله که به ترتیب معادل ۶۰، ۱۲۰ و سپس ۱۸۰ درصد زلزله نورشاریج بود انجام شد. پس از هر مرحله وضعیت دیوارها و شکلهای ساختمان مورد بررسی دقیق قرار گرفت نتایج نشان داد که با این زلزله‌های شدید نیز ساختمان چوبی به خوبی مقاومت کرده و فرو نریخته است که علت عمده آن سبک بودن سازه‌های چوبی می‌باشد. [8].



شکل ۶-۲ مدل‌های پل تست شده توسط میز لرزان در ژاپن [7]

میزهای لرزان هیدرولیکی با سه درجه آزادی در تحقیقات زلزله شناسی بر روی پلها کاربردهای زیادی دارند. همانطور که در شکل ۲-۷ مشاهده می شود در میز لرزان هیدرولیکی ارائه شده امکان حرکت در سه جهت X و Y و Z فراهم شده است.

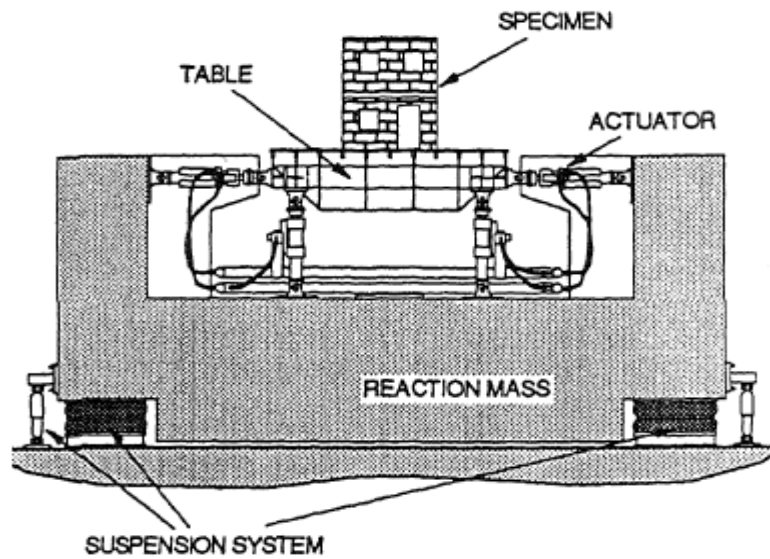


شکل ۲-۷: نمایی از یک میز لرزان با سه درجه آزادی [5]

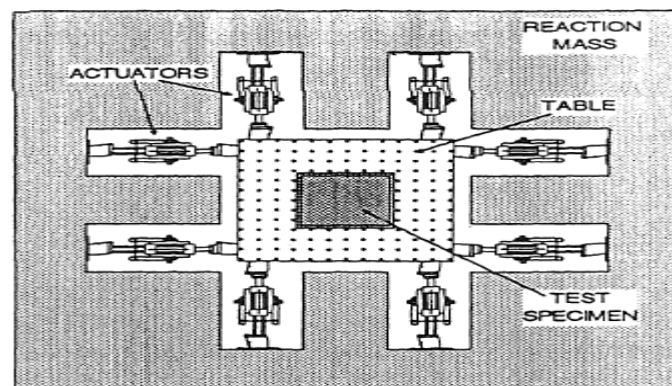
۴-۲: انواع میزهای لرزان از نظر نیروی محرکه

می توان میزهای لرزان را از نظر نیروی محرکه به چندین بخش عمده تقسیم نمود که عبارتند از
 ۱- میزهای لرزان الکتریکی که در آنها نیروی محرکه توسط موتورهای الکتریکی تامین می‌گردد

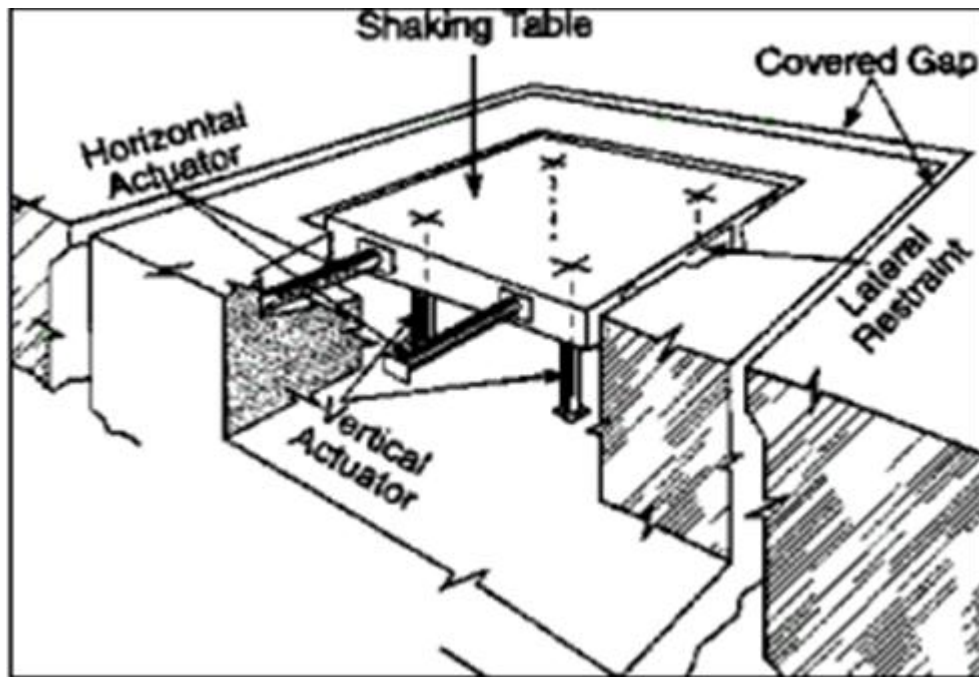
۲- میزهای لرزان هیدرولیکی و نیوماتیکی نیرو محرکه توسط موتورهای احتراقی تامین می شود. برای آشنایی بیشتر شمای کلی از میزهای لرزان هیدرولیکی در شکل‌های ۲-۸ الی ۲-۱۱ آورده شده است.



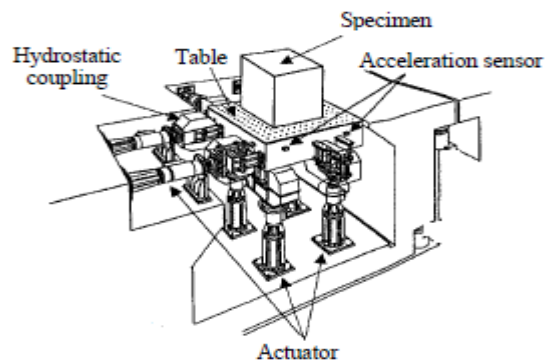
شکل ۲-۸- شمایی کلی از یک میز هیدرولیکی همراه با سیستم نگهدارنده [27]



شکل ۲-۹- نمایی از پلان یک میز لرزان هیدرولیکی [11]



شکل 2-10- مقطعی از یک میز لرزان هیدرولیکی [11]



شکل 2-11- نمایی سه بعدی از یک میز لرزان هیدرولیکی [27]

مشخصات میز لرزان نمایش داده شده در شکل 2-11 در جدول 2-2 آورده شده است.

جدول 2-2: مشخصات میز لرزان ارائه شده در شکل 2-11 [27]