

روش‌های آزمون و نمونه‌های آزمون

8.1 مقدمه:

8.1.1 سه روش اصلی ارتعاشی وجود دارد:

8.1.1.1 ارتعاش اجباری یک سیستم غیررزونانسی که تنها شامل نمونه آزمون است،

8.1.1.2 ارتعاش آزاد یک سیستم رزونانسی که شامل نمونه آزمون و یک جرم است، و

8.1.1.3 ارتعاش اجباری سیستم رزونانسی فوق.

8.1.2 روش اول و سوم را می‌توان بیش از این به دو نوع دستگاه تقسیم کرد: دستگاه‌هایی که حرکت دینامیکی اعمال می‌کنند و دستگاه‌هایی که نیروی دینامیکی اعمال می‌کنند. پارامتر اعمال‌شده می‌تواند هر یک از شکل‌موج‌های زیر را داشته باشد: سینوسی، مثلثی، مربعی یا تصادفی. در این راهنما فرض می‌کنیم که پارامتر اعمال‌شده همیشه سینوسی است.

8.1.3 علاوه بر وجود سه روش، امکان انتخاب هندسه نمونه آزمون نیز وجود دارد. الاستومرها را می‌توان به روش‌های زیر تحت کرنش قرار داد:

8.1.3.1 برش—می‌تواند تک‌برشی، دوبرشی یا چهاربرشی باشد. معمولاً از نوع دوبرشی است و دو عنصر لاستیکی یکسان به صورت متقارن در دو طرف عضو صلب مرکزی قرار می‌گیرند.

8.1.3.2 فشار—می‌تواند چسبیده، نجسبیده یا روان‌کاری‌شده باشد. 8.1.3.3 کشش.

8.1.3.4 خمش—تیرها می‌توانند به صورت یک سرگیردار-آزاد، دو سرگیردار، گیردار-راهنما یا با خمش سه نقطه‌ای باشند.

8.1.3.5 پیچش.

8.1.4 برخی مواد با تغییر کرنش دینامیکی، تغییر بزرگی در مدول دینامیکی نشان می‌دهند. در کاربردهایی که این موضوع اهمیت دارد، باید توجه شود که آیا هندسه نمونه آزمون و روش خمش، کرنش یکنواختی را در سراسر بدنه نمونه آزمون ایجاد می‌کنند یا کرنش درون نمونه آزمون تغییر می‌کند.

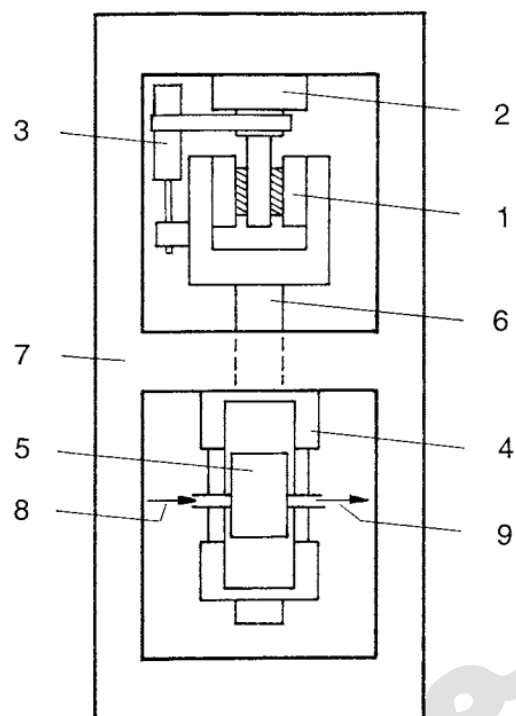
8.2 ارتعاش اجباری غیررزونانسی:

8.2.1 ارتعاش اجباری غیررزونانسی وسیع‌ترین محدوده فرکانسی را در میان تمام روش‌ها فراهم می‌کند. این روش را می‌توان با مکانیزم‌های میل‌لنگ و رابط مکانیکی، موتورهای خطی نیروی الکترو دینامیکی و سامانه‌های سروهیدرولیک اجرا کرد. استفاده از سامانه‌های الکترو دینامیکی یا سروهیدرولیک، تنظیم دامنه را آسان می‌کند. سامانه‌های سروهیدرولیک همچنین امکان دستیابی به داده‌های مورد نیاز را در کمتر از یک چرخه فراهم می‌کنند؛ بنابراین افزایش دما در طول آزمون ناچیز خواهد بود.

8.2.2 یک سامانه آزمون سرویهیدرولیک معمولی در شکل 1 نشان داده شده است. یک سامانه کاملاً مکانیکی با بسیاری از ویژگی‌های مشابه در شکل 2 ارائه شده است. سامانه اول می‌تواند حرکت یا نیرو را به عنوان ورودی اعمال کند. سامانه مکانیکی نشان داده شده فقط قادر به اعمال حرکت ارتعاشی است. شکل 3 سامانه‌ای را نشان می‌دهد که به صورت الکتروپنوماتیکی تحریک می‌شود. (دستگاه‌های کاملاً مکانیکی که با استفاده از وزنه‌های چرخان یا جرم‌های نوسان‌کننده، نیروهای سینوسی ایجاد می‌کنند نیز امکان‌پذیرند، اما بسیار پیچیده هستند و در اینجا بررسی نمی‌شوند).

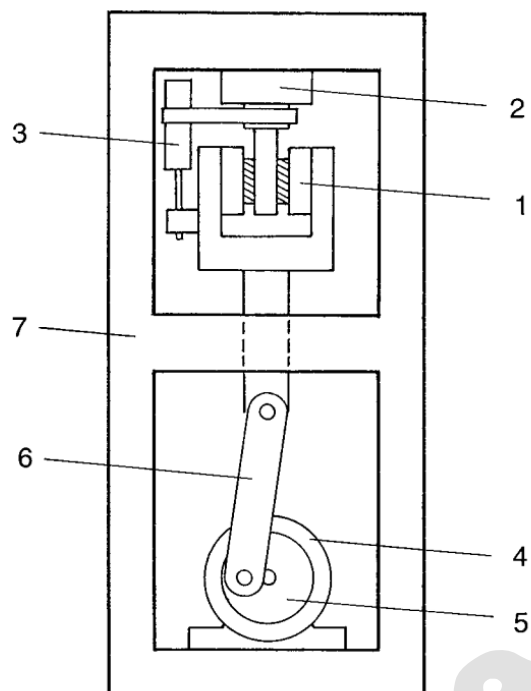
8.3 ارتعاش رزونانسی آزاد:

8.3.1 هر سیستم رزونانسی از دو عنصر اصلی تشکیل می‌شود: یک فنر و یک جرم. می‌توان عنصر سومی به نام میراگر نیز اضافه کرد تا باعث کاهش دامنه ارتعاش رزونانسی شود. در الاستومرها، کشسانی (فنریت) و میرایی هر دو ذاتاً در ماده وجود دارند. آزمون با ارتعاش رزونانسی آزاد



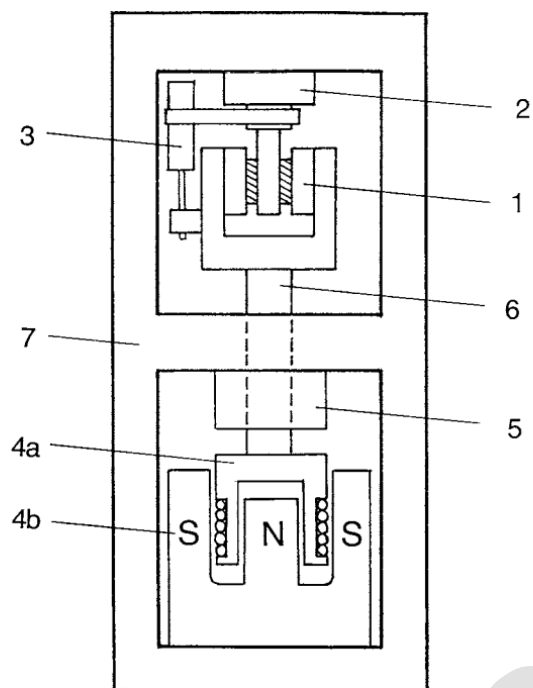
- | | | | |
|---|-----------------------|------------------|-----------------------------|
| 1 | Test Specimen | 5 | Electrohydraulic Servovalve |
| 2 | Force Transducer | 6 | Actuator Piston Rod |
| 3 | Deflection Transducer | 7 | Rigid Frame |
| 4 | Hydraulic Actuator | 8 | Hydraulic Supply |
| | 9 | Hydraulic Return | |

FIG. 1 Typical Servohydraulic Test System



- | | | | |
|---|-----------------------|---|---------------------|
| 1 | Test Specimen | 5 | Eccentric |
| 2 | Force Transducer | | (may be adjustable) |
| 3 | Deflection Transducer | 6 | Connecting Rod |
| 4 | Motor | 7 | Rigid Frame |

FIG. 2 Typical All-Mechanical Test System



- | | | | |
|----|-----------------------|----|----------------------|
| 1 | Test Specimen | 4b | Actuator Magnet |
| 2 | Force Transducer | 5 | Piston Guide Bearing |
| 3 | Deflection Transducer | 6 | Piston Rod |
| 4a | Actuator Coil | 7 | Rigid Frame |

FIG. 3 Typical Test System Utilizing an Electrodynamic Exciter

جرم آزادانه نوسان می‌کند (ازاین‌رو «ارتعاش آزاد» نامیده می‌شود) و فرکانس آن به سختی نمونه آزمون و مقدار جرم بستگی دارد. این فرکانس نوسان

طبیعی، به درستی «فرکانس طبیعی» نامیده می‌شود.

8.3.2 هنگامی که جرم و فنر نوسان می‌کنند، انرژی را به صورت رفت و برگشتی مبادله می‌کنند. انرژی به تناوب به شکل انرژی ذخیره شده و انرژی جنبشی ظاهر می‌شود. بخشی از انرژی به دلیل میرایی از دست می‌رود و به گرما تبدیل می‌شود. با از دست رفتن انرژی، دامنه نوسان به تدریج کاهش می‌یابد یا «میرایی می‌شود». با اندازه‌گیری دامنه تغییر مکان هر چرخه متوالی، می‌توان با استفاده از کاهش لگاریتمی، یا «کاهش لگاریتمی»، معیاری از میرایی به دست آورد که نماد آن D است. شکل 4 نشان می‌دهد که قله‌های پاسخ ارتعاشی چگونه با زمان کاهش می‌یابند.

8.3.3 مزیت این روش، نیاز آن به تجهیزات اندک است؛ اما از مشکل ذاتی و مهم ناتوانی در تأمین دامنه کرنش ثابت رنج می‌برد. این موضوع در تعیین تأثیر کرنش دینامیکی بر سختی‌های کشسانی و میرایی مشکل ایجاد می‌کند. در الاستومرهای با میرایی زیاد، اجرای این روش دشوار است، زیرا چرخه‌های بسیار کمی برای استفاده در دسترس هستند. معادلات کاهش لگاریتمی برحسب دامنه‌های کاهش، خطی بودن سیستم و مستقل بودن مدول‌ها از دامنه کرنش را فرض می‌کنند.

8.3.4 از همان منحنی کاهش که کاهش لگاریتمی از آن به دست می‌آید، می‌توان برای محاسبه سختی نمونه آزمون نیز استفاده کرد. محاسبه کاهش لگاریتمی از دامنه‌ها استفاده می‌کند؛ در حالی که محاسبه سختی از دوره نوسان و جرم، در حالت انتقالی، یا از ممان اینرسی، در حالت پیچشی، استفاده خواهد کرد.

8.3.5 پیوست X5 این روش را با جزئیات بیشتری توضیح می‌دهد و معادلات کاهش لگاریتمی، ضریب اتلاف و سختی را ارائه می‌کند.

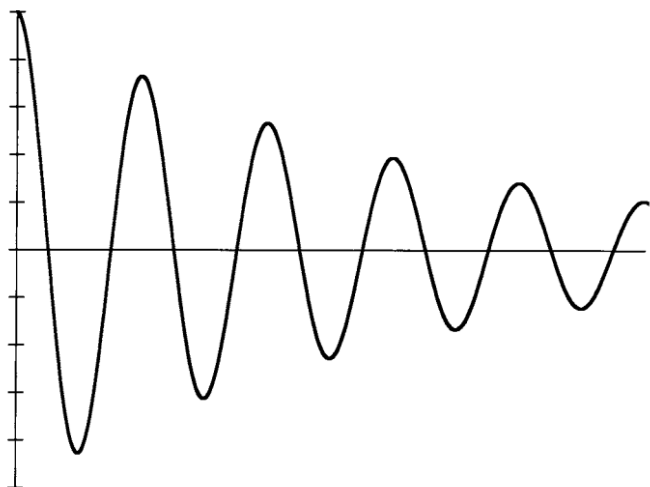


FIG. 4 Typical Decay Wave

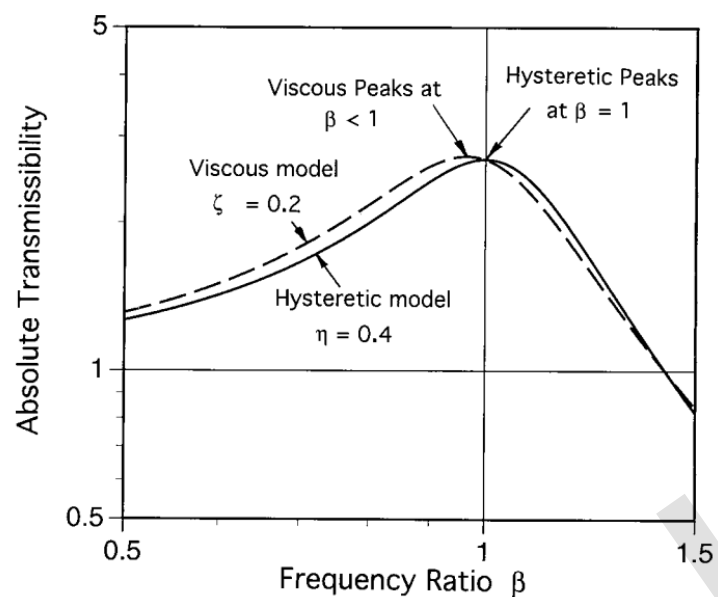


FIG. 5 Absolute Transmissibility Versus β

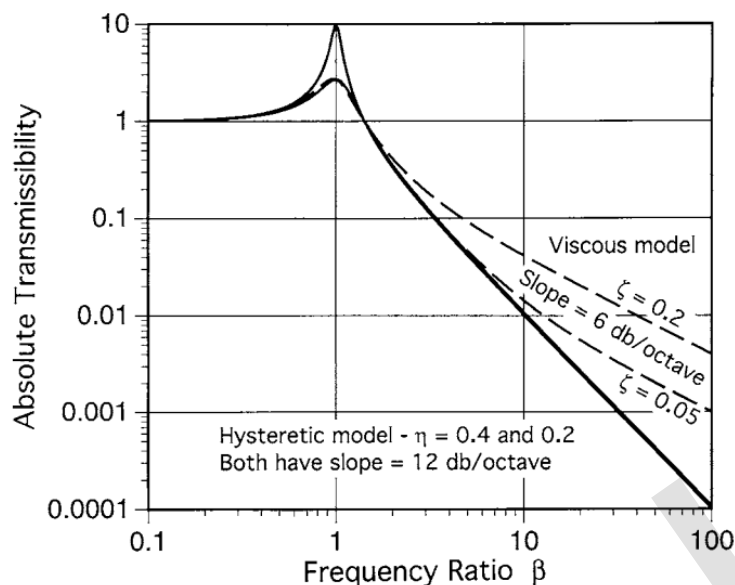


FIG. 6 Absolute Transmissibility Versus β

8.4 ارتعاش رزونانسی اجباری:

8.4.1 همانند سیستم رزونانسی آزاد، وجود فنر الاستومری با میرایی ذاتی آن و یک جرم ضروری است. باین حال، این روش به یک منبع خارجی انرژی ارتعاشی نیاز دارد. دو منبع امکان پذیر است: تحریک حرکتی («میز لرزان») و تحریک نیرویی. اجرای حالت میز لرزان آسان تر است و تنها همین حالت در اینجا توضیح داده می شود.

8.4.2 متون سنتی نظریه ارتعاش، سیستم هایی با فنرهای کاملاً کشسان و میراگرهای ویسکوز را بررسی می کنند. توجه به تفاوت میان میرایی ویسکوز و میرایی موجود در لاستیک اهمیت دارد. نیروی ناشی از میرایی ویسکوز با سرعت متناسب است و در نتیجه تابعی از درجه اول فرکانس محسوب می شود؛ اما نیروی میرایی در الاستومرها تقریباً مستقل از فرکانس است. برای استفاده از بیشتر معادلات کتاب های درسی درباره جداگرهای الاستومری، باید از

- «میرایی ویسکوز معادل» برای فرکانس موردنظر استفاده کرد یا از مدلی کاملاً متفاوت بهره گرفت. مدل مبتنی بر «میرایی هیستریزیسی» نمایش بهتری از رفتار میرایی الاستومرهای معمول ارائه می‌دهد. این مدل اغلب با عناوین «مختلط»، «جامد» یا «سازه‌ای» نیز شناخته می‌شود.
- 8.4.3 حرکت‌های مطلق و نسبی:
- 8.4.3.1 در بررسی ارتعاش رزونانسی اجباری، تشخیص انتقال‌پذیری و فاز «مطلق» از «نسبی» اهمیت دارد. انتقال‌پذیری مطلق، دامنه حرکت پاسخ جرم نگه‌داری شده تقسیم بر دامنه حرکت ورودی است. فاز مطلق، زاویه فاز بین این دو کمیت است که به صورت موج‌های سینوسی در نظر گرفته می‌شوند. انتقال‌پذیری نسبی، دامنه تغییرمکان فرکانس تقسیم بر دامنه حرکت ورودی میز لرزان است. فاز نسبی، زاویه فاز بین این دو کمیت است که به صورت موج‌های سینوسی در نظر گرفته می‌شوند. حرکت پاسخ جرم نگه‌داری شده و تغییرمکان نمونه آزمون کاملاً متفاوت هستند. همه متون این روابط را به روشنی توضیح نمی‌دهند.
- 8.4.3.2 شکل‌های 5 تا 7 حالت انتقال‌پذیری و فاز مطلق را نشان می‌دهند. شکل‌های 8 تا 10 انتقال‌پذیری و فاز نسبی را نمایش می‌دهند. نمودارهای ارائه‌شده منحنی‌های نظری مبتنی بر معادلات ریاضی هستند و داده آزمون نیستند. در همه آن‌ها، «نسبت فرکانس» b ، نسبت فرکانس ارتعاش به فرکانس طبیعی بدون میرایی است. فرکانس طبیعی بدون میرایی با استفاده از جرم و سختی کشسانی و طبق معادله $X5.5$ یا $X5.7$ محاسبه می‌شود (به پیوست $X5$ مراجعه کنید). در نمودارها، فرکانس طبیعی بدون میرایی با $\beta = 1$ نشان داده شده است.
- 8.4.4 اثرات میرایی هیستریزیسی و ویسکوز—حالت مطلق:
- 8.4.4.1 منحنی‌های انتقال‌پذیری و فاز مطلق برای حالت‌های دارای میرایی ویسکوز و هیستریزیسی یکسان نیستند. این منحنی‌ها از دو جهت تفاوت دارند: (1) فرکانسی که در آن دامنه بیشینه رخ می‌دهد متفاوت است، و (2) شیب منحنی‌های انتقال‌پذیری در محدوده جداسازی متفاوت است.
- 8.4.4.2 شکل‌های 5 و 6 انتقال‌پذیری مطلق را برای هر دو نوع میرایی در نمودارهای یکسان و با هدف مقایسه نشان می‌دهند. شکل اول فقط فرکانس‌های نزدیک به انتقال‌پذیری قله را شامل می‌شود تا مشخص شود قله‌ها در فرکانس‌های متفاوت رخ می‌دهند. شکل دوم تا محدوده جداسازی امتداد می‌یابد تا تفاوت شیب‌ها را نشان دهد. میرایی ویسکوز باعث می‌شود انتقال‌پذیری مطلق بیشینه در β کمتر از یک رخ دهد. در میرایی هیستریزیسی، این رخداد همیشه در $\beta = 1$ اتفاق می‌افتد. در محدوده جداسازی، شیب

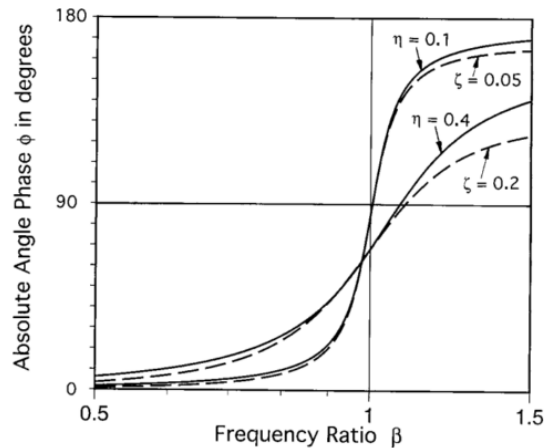


FIG. 7 Absolute Phase Versus β

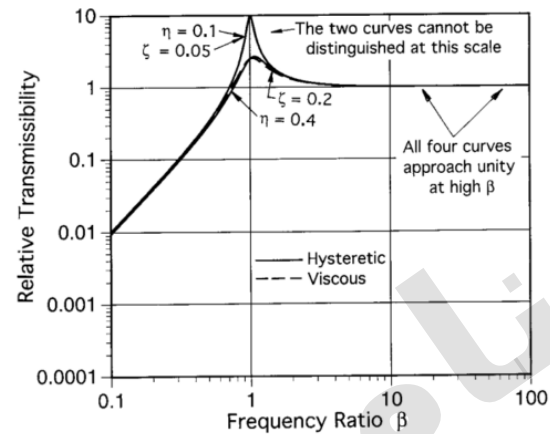


FIG. 9 Relative Transmissibility Versus β

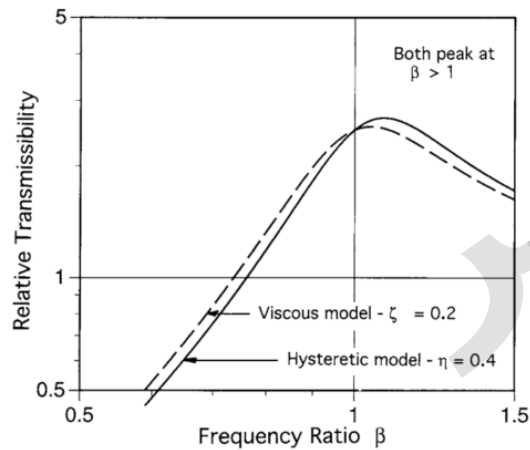


FIG. 8 Relative Transmissibility Versus β

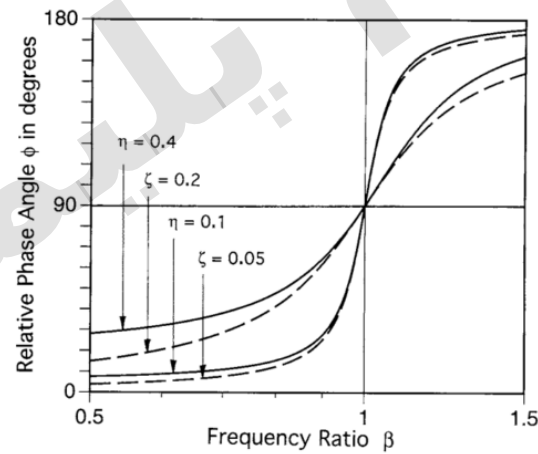


FIG. 10 Relative Phase Versus β

حالت دارای میرایی هیستریزیسی، که برای جداگرهای ارتعاشی الاستومری معمول است، 12 dB/octave است. شیب حالت دارای میرایی ویسکوز 6 dB/octave است. اندازه‌گیری این شیب یکی از روش‌های نشان‌دادن این موضوع است که الاستومرها دارای میرایی هیستریزیسی، نه ویسکوز، هستند. 8.4.4.3 شکل 7 فاز مطلق را برحسب فرکانس، در بازه فرکانسی کوچک‌تر، نشان می‌دهد. در این منحنی باید توجه داشت که برای هیچ‌یک از دو نوع میرایی ویسکوز یا هیستریزیسی، تغییر فاز 90° در $\beta = 1$ رخ نمی‌دهد.

8.4.5.1 اثرات میرایی هیستریزیسی و ویسکوز—حالت نسبی: 8.4.5.1 شکل‌های 8 تا 10 همین روابط را برای حالت انتقال‌پذیری و فاز نسبی بررسی می‌کنند. اکنون انتقال‌پذیری بیشینه برای هر دو نوع میرایی ویسکوز و هیستریزیسی در $\beta = 1$ رخ می‌دهد. اما توجه کنید که تغییر فاز 90° اکنون برای هر دو نوع میرایی در $\beta = 1$ اتفاق می‌افتد. شکل 9 نشان می‌دهد که هر دو مدل میرایی در مقادیر زیاد b ، انتقال‌پذیری یکنواخت برابر با 1 دارند؛ تغییرمکان نمونه آزمون برابر با ورودی میز لرزان است، زیرا جرم نگه‌داری شده جدا شده و ثابت است.

8.4.5.2 در حالت انتقال‌پذیری نسبی میز لرزان، برای هر دو مدل هیستریزیسی و ویسکوز، زاویه فاز نسبی در فرکانس طبیعی بدون میرایی 90° است. از دیدگاه آزمایشگر، استفاده از این واقعیت برای تعیین فرکانس طبیعی بدون میرایی و سپس محاسبه سختی کشسانی مطلوب است. متأسفانه اندازه‌گیری تغییرمکان دینامیکی نمونه آزمون (حرکت نسبی) به‌سادگی انجام نمی‌شود.

8.4.6 مزایا و معایب روش رزونانسی اجباری:

8.4.6.1 تعیین خواص دینامیکی در محدوده گسترده‌ای از فرکانس با ارتعاش رزونانسی اجباری عملی نیست. برای یک نمونه آزمون معین، تنها متغیر قابل‌دسترس برای تغییر فرکانس رزونانسی، جرم است و تغییر آن در محدوده‌ای بیش از ده برابر به‌ندرت عملی است. این کار فرکانس رزونانسی را تنها به ضریبی حدود سه برابر تغییر می‌دهد (جذر ده).

8.4.6.2 در مقایسه با ارتعاش رزونانسی آزاد، روش رزونانسی اجباری این مزیت را دارد که آزمایشگر می‌تواند دامنه رزونانسی مطلوب را تنظیم و حفظ کند. عیب آن نیاز به ارتعاش حالت پایدار است و بنابراین از تولید گرمای داخلی در نمونه آزمون و تغییر متعاقب دمای نمونه آزمون رنج می‌برد. برای عوامل ترمودینامیکی و تأثیر آن‌ها بر اندازه‌گیری دینامیکی، به بخش 7 مراجعه کنید.

8.4.6.3 همچنین باید توجه داشت که شکل منحنی انتقال‌پذیری، در اثر حساسیت مدول‌های الاستومر به دامنه و/یا فرکانس کرنش دینامیکی، نسبت به منحنی‌های نظری تغییر شکل خواهد داد. هرگاه این تأثیر قابل‌توجه باشد، می‌توان انتظار تغییراتی در شکل منحنی انتقال‌پذیری داشت.

8.4.7 به‌دست‌آوردن ضریب اتلاف و سختی از ارتعاش رزونانسی اجباری:

8.4.7.1 ضریب اتلاف را به‌طور کلی می‌توان از ارتفاع منحنی انتقال‌پذیری تعیین کرد. سختی دینامیکی را نیز به‌طور کلی می‌توان از فرکانس رزونانسی،

مشروط بر معلوم بودن جرم نگه‌داری شده (یا ممان اینرسی)، تعیین کرد.

اگر الاستومر میرایی قابل‌توجهی داشته باشد، برای مثال زمانی که t_{and} بزرگ‌تر از 0.2 باشد، هیچ‌یک از این روابط ساده نیست. X6.1 دستورالعمل‌های دقیقی برای به‌دست‌آوردن ضریب اتلاف و سختی‌های دینامیکی از منحنی‌های انتقال‌پذیری ارائه می‌کند و فاز را نیز بررسی می‌کند.

8.5 انتخاب هندسه نمونه آزمون برای اندازه‌گیری مدول:

8.5.1 تاکنون بحث کاملاً کلی بوده است؛ روش‌های شرح‌داده‌شده را می‌توان به یک اندازه برای اندازه‌گیری سختی مختلط دینامیکی یا مدول مختلط دینامیکی به کار برد. تبدیل نتایج سختی به مدول، به تحلیل مکانیکی تنش و کرنش در نمونه آزمون نیاز دارد، زیرا مدول به‌صورت خارج‌قسمت آن‌ها تعریف می‌شود. بنابراین، انتخاب هندسه نمونه آزمون به میزان یکنواخت بودن تنش و کرنش در سراسر بدنه نمونه آزمون و اهمیت این یکنواختی برای اندازه‌گیری موردنظر بستگی دارد.

8.5.2 الاستومرها عموماً به کرنش حساس هستند؛ مدول‌های دینامیکی تابعی از دامنه کرنش دینامیکی‌اند. شدت این رابطه از ترکیبی به ترکیب دیگر متفاوت است و با افزایش سختی و میرایی، آشکارتر می‌شود. تا حدی که این اثر قابل‌توجه باشد، نمونه آزمون باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که کرنش‌ها در همه نقاط داخل نمونه آزمون برابر باشند. 8.5.3 همچنین دامنه کرنش دینامیکی باید در تمام مدت آزمون ثابت بماند. این امر استفاده از روش‌های کاهش ارتعاش آزاد را محدود می‌کند، زیرا دامنه کرنش در این روش‌ها پیوسته تغییر می‌کند.

8.6 نمونه‌های آزمون دوبرشی:

8.6.1 به دلایل ذکرشده در بالا، مناسب‌ترین نمونه آزمون برای اندازه‌گیری مدول، نمونه دوبرشی است که با روش اجباری غیررزونانسی آزمون می‌شود. برش، در صورتی که هندسه به‌درستی انتخاب شود و نسبت ارتفاع به ضخامت زیاد باشد (8 تا 10)، کرنش تقریباً ثابتی را در سراسر نمونه آزمون ایجاد می‌کند.

8.6.2 شکل 11 یک نمونه آزمون دوبرشی معمولی را نشان می‌دهد که دو عضو خارجی آن در یک فیکسچر مهار شده‌اند؛ این فیکسچر آن‌ها را ملزم می‌کند فاصله ثابتی از یکدیگر داشته باشند و هماهنگ حرکت کنند. بسته به دستگاه آزمون، ممکن است اعضای خارجی یا عضو داخلی توسط بخش متحرک دستگاه به حرکت درآیند و بخش دیگر ثابت نگه داشته شود.

8.6.3 برای نمونه‌های آزمون دوبرشی، رابطه میان مدول برشی ماده، سختی نمونه آزمون و هندسه نمونه آزمون در پیوست X2 استخراج شده است. استخراج روابط برای مقاطع مستطیلی کشیده، مربعی و دایروی ارائه شده و ابعاد نمونه‌های آزمون پیشنهادی نیز بیان شده است.

8.7 نمونه‌های آزمون پیچشی:

8.7.1 شکل 12 نمونه‌های آزمون با مقطع مستطیلی و دایروی را نشان می‌دهد که تحت پیچش تابانده شده‌اند. فرمول‌های مدول برشی و کرنش در پیوست X3 ارائه شده‌اند. هر دو شکل مربوط به حالت ارتعاش اجباری غیررزونانسی هستند.

8.8 نمونه‌های آزمون فشاری/کششی:

8.8.1 شکل 13 نمونه‌های آزمون با مقطع مستطیلی و دایروی را نشان می‌دهد که تحت فشار و کشش (که امتداد نیز نامیده می‌شود) بارگذاری شده‌اند. نمونه آزمون پیش‌فشارده را می‌توان به صورت یک دکمه نجسب آزمون کرد. روش‌های روان‌کاری شده و بدون روان‌کاری هر دو به کار می‌روند؛ در روش دوم اغلب از کاغذ سنباده برای جلوگیری از تغییر سطح تماس هنگام تغییر مکان نمونه آزمون استفاده می‌شود.

8.8.2 پیوست X4 استخراج معادلات مدول امتدادی E را بر حسب نیرو، تغییر مکان، سختی نمونه آزمون و ابعاد نمونه‌های آزمون ارائه می‌کند. نسبت‌ها و ابعاد پیشنهادی، برگرفته از روش‌های آزمون ISO 2856، D945 و DIN 53 513، برای مراجعه ارائه شده‌اند.

8.9 نمونه‌های آزمون خمشی:

8.9.1 تیرهای تحت خمش در چندین نوع دستگاه به کار می‌روند. انواع دستگاه‌ها از نظر قیود اعمال‌شده بر نمونه آزمون متفاوت هستند. شکل 14 برخی از طرح‌های قیود مورد استفاده را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. درک قیود انتهایی برای انتخاب معادلات تحلیل مناسب ضروری است. در انواع نشان‌داده‌شده، نمونه‌های a، b، d و f دارای

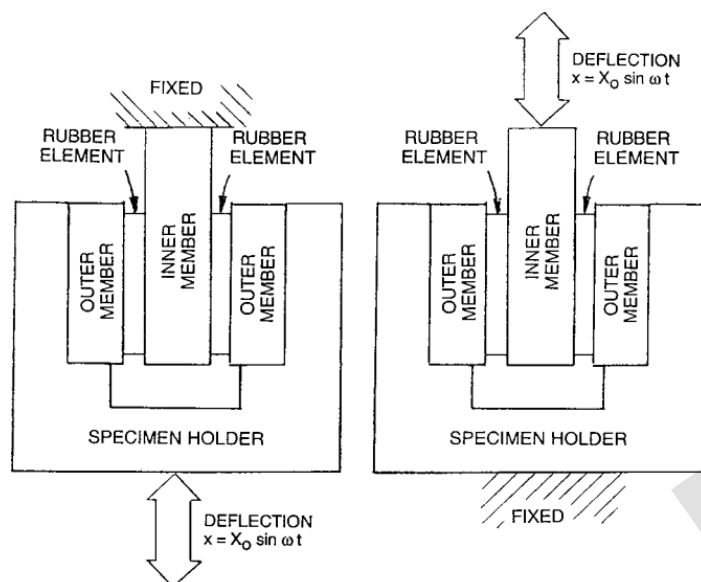


FIG. 11 Double-Shear Specimen, Outer Members Constrained at Constant Spacing

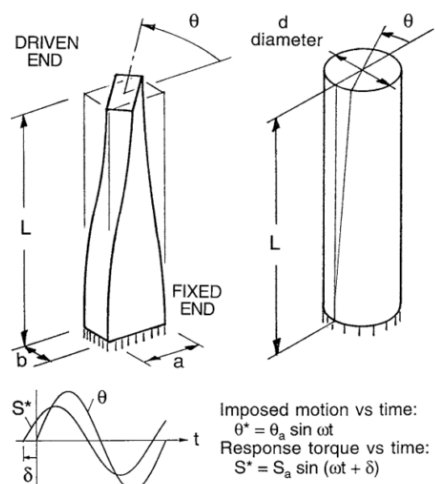


FIG. 12 Torsion Specimens, Rectangular and Circular Cross Sections

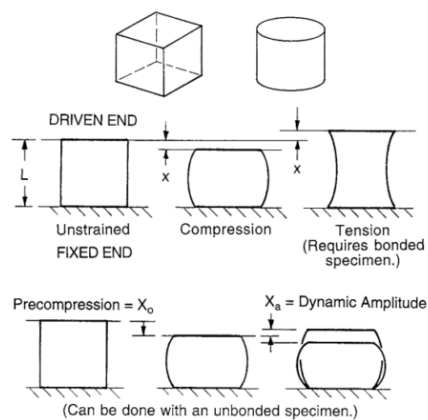


FIG. 13 Compression/Extension Specimens

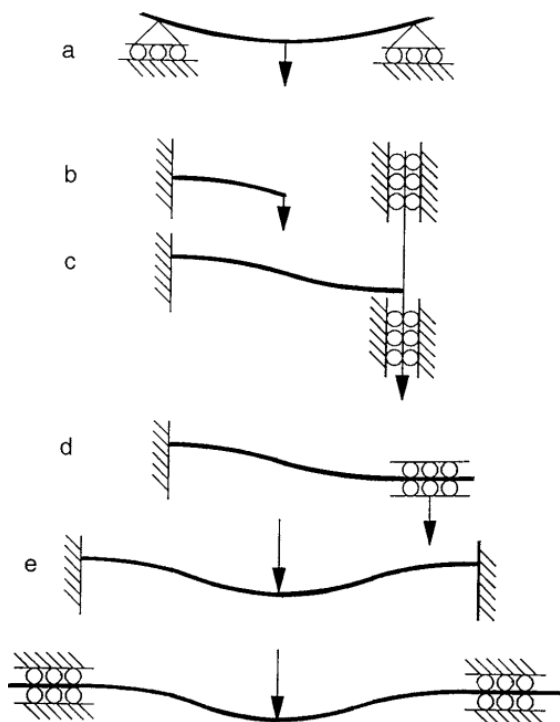


FIG. 14 Bending With Various End Constraints

طول تیر بدون قید هستند؛ نمونه‌های c و e طول را به گونه‌ای مقید می‌کنند که همیشه در اندازه اولیه خود باقی بماند. (نمودارها شماتیک هستند؛ دستگاه ممکن است از فیویدی کاملاً متفاوت با غلتک‌های راهنمای نشان داده شده استفاده کند).
8.10 مصالحه میان روش‌ها:

- 8.10.1 هنگام انتخاب روش آزمون، دو ملاحظه اصلی وجود دارد: (1) نیاز به کرنش ثابت در طول آزمون، و (2) تولید گرما در طول آزمون.
- 8.10.2 روش‌های غیررزونانسی تحریک‌شده با حرکت، دامنه ورودی دینامیکی ثابتی را در طول آزمون فراهم می‌کنند. ارتعاش رزونانسی آزاد چنین قابلیت ندارد. در میان روش‌های غیررزونانسی، سامانه‌های سروهیدرولیک مناسب‌ترین روش را برای اعمال طیف گسترده‌ای از شرایط آزمون و نیروهای زیاد فراهم می‌کنند. (در یک سامانه سروهیدرولیک تحریک‌شده با حرکت، حلقه سروو بر اساس بازخورد حرکت بسته می‌شود).
- 8.10.3 همان‌طور که در بخش 7 بحث شد، اگر ماده دارای میرایی قابل‌توجه باشد، ممکن است بهتر باشد داده‌های دینامیکی در یک بسته شامل چند چرخه گردآوری شوند تا افزایش دما درون نمونه آزمون به حداقل برسد. روش‌های غیررزونانسی تحریک‌شده با حرکت، به‌ویژه سامانه‌های سروهیدرولیک، قادر به انجام این کار هستند.
- 8.10.4 به‌طور کلی، روش‌های مبتنی بر ارتعاش رزونانسی آزاد کم‌هزینه‌ترین روش‌ها هستند و پس از آن‌ها روش‌های رزونانسی اجباری قرار می‌گیرند. روش‌های غیررزونانسی اجباری پرهزینه‌ترین روش‌ها هستند، اما جامع‌ترین نتایج را ارائه می‌کنند.
- 8.11 عوامل مؤثر بر دقت:
- 8.11.1 دقت اندازه‌گیری سختی نمی‌تواند بهتر از دقت اندازه‌گیری نیرو و تغییر مکان باشد. از میان این دو، اندازه‌گیری تغییر مکان معمولاً دشوارتر است، به‌ویژه در فرکانس‌های بالا که تغییر مکان‌ها کوچک می‌شوند. با افزایش فرکانس، اندازه‌گیری نیرو نیز به دلیل نیروهای واکنشی جرم در فیکسچر و کوچک‌بودن نیروها با مشکل مواجه می‌شود.
- 8.11.2 دقت اندازه‌گیری مدول نمی‌تواند بهتر از دقت اندازه‌گیری ابعاد نمونه آزمون باشد. کوچک‌ترین بُعد، که معمولاً ضخامت است، همیشه بحرانی‌ترین بُعد محسوب می‌شود. مدول از سختی و هندسه نمونه آزمون محاسبه می‌شود؛ بنابراین ابعاد نمونه آزمون برای دقت اهمیت حیاتی دارند.
- 8.11.3 دقت اندازه‌گیری میرایی نمی‌تواند بهتر از کیفیت اتصال میان نمونه آزمون و دستگاه آزمون باشد. گیره‌ها، فیکسچرها و موارد مشابه نباید اجازه لغزش بدهند؛ زیرا لغزش خود نوعی میرایی است و در صورت وجود، به میرایی ظاهری اضافه خواهد شد.