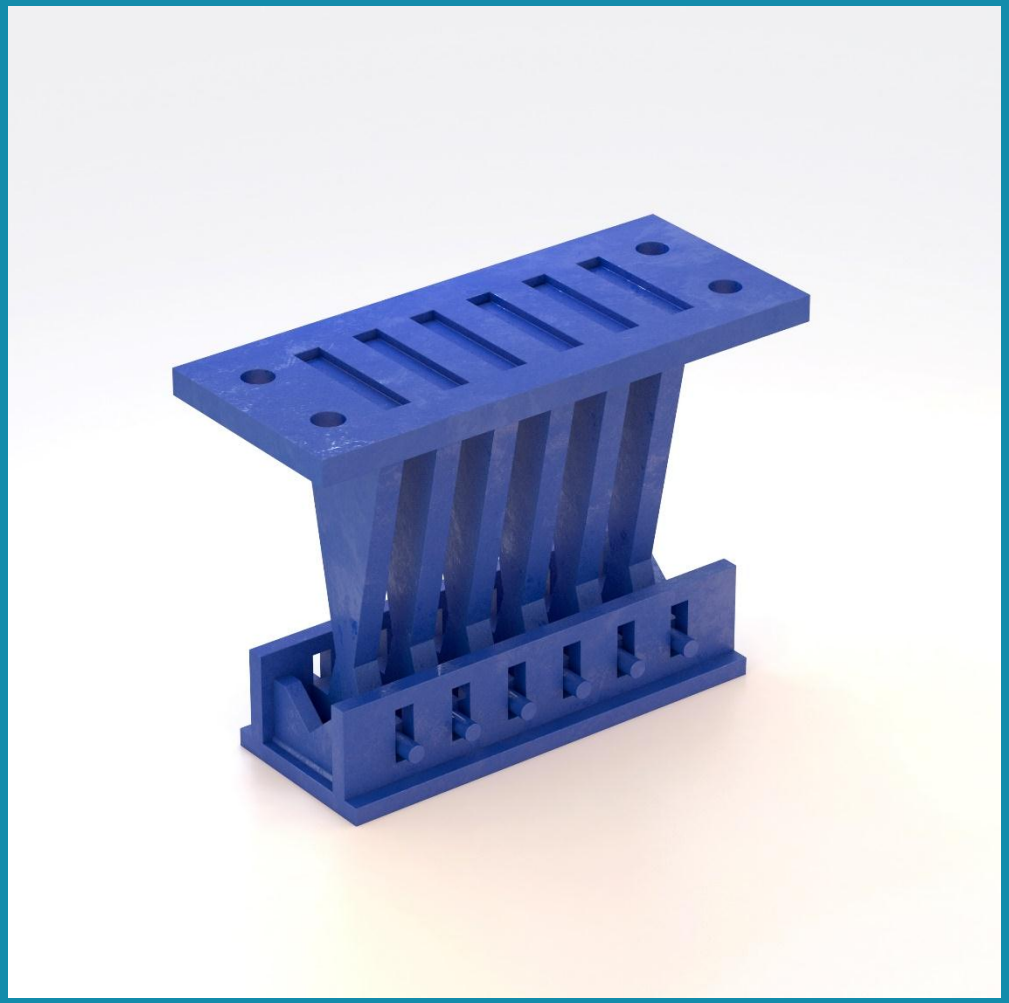
به نام خداوند بخشنده مهربان

شرکت دانش بنیان مورد تایید
معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری



کنترل سازه ها & پایش سلامت

بخش دوم:

مفاهیم و کلیات پایش سلامت سازه ها

- در طولِ زمان بهره‌برداری از سازه‌ها ممکن است آسیب‌هایی در قسمت‌های حیاتی آنها ایجاد شده و به مرور زمان گسترش یابد؛ عوامل بسیاری از قبیل وارد آمدن نیروهایی بزرگ‌تر از نیروهای پیش‌بینی شده، شرایط نامناسب پیرامون سازه، قرار گرفتن در معرض تغییرات شدید آب و هوایی، خطاهای ساخت، ضربه، خستگی، خوردگی و ... می‌توانند منجر به وقوع آسیب سازه‌ها شوند.

- از گذشته تعیین وضعیت سلامت و یا آسیب دیدگی سازه ها، مخصوصا سازه های با اهمیت نظیر پل ها، سدها، تونل ها، ساختمان های با تعداد ساکنان بالا و یا دارای تجهیزات گران قیمت، ساختمان های مهم که لازم است بهره برداری آنها متوقف نگردد، ساختمان های تاریخی و ... همواره حائز اهمیت بوده است.

Econon

- بر اساس شیوه‌ی کلاسیک و قدیمی، بررسی وضعیت سازه با استفاده از بازبینی چشمی توسط یک متخصص انجام می شود که این مسئله چند ضعف عمده دارد:

۱ – به صورت ذاتی طبیعتا خطای این روش بالا می‌باشد.

۲ - پوشیده بودن اجزای اصلی و همین‌طور اتصالات سازه و همچنین بخش های داخلی سازه یکی دیگر از مشکلات بازرسی چشمی است. بسیاری از خرابی ها از بخش های داخل المان ها آغاز می شود که با چشم قابل رویت نمی باشد.

۳ – امکان دسترسی به بسیاری از بخش های برخی از سازه ها مانند سکوهای دریایی، پل های با دهانه بلند، سازه های فضاکار و ... به طور کلی وجود ندارد.

بر این اساس روش های ارزیابی غیرمخرب به وجود آمد.

ارزیابی غیرمخرب وضعیت سلامت سازه ها موضوع علم نوین پایش سلامت سازه‌هاست. این ارزیابی معمولا سه هدف عمده را مد نظر قرار می‌دهد:

۱ – پایش سلامت سازه‌ای به عنوان فراهم‌کننده‌ی اطلاعات مورد نیاز در بحث ترمیم و مقاوم‌سازی سازه‌ها. در این مورد علاوه بر تعیین موقعیت مکانی آسیب‌ها و نیز شدت آنها می‌توان هزینه‌ی ترمیم و مقاوم‌سازی و نیز مدت زمان لازم برای انجام عملیات ترمیم و مقاوم‌سازی را نیز براورد نمود.

۲ – ابزاری به جهت براورد و تخمین باقیمانده‌ی عمر مفید سازه؛ دانستن باقیمانده‌ی عمر سازه می‌تواند منجر به اخذ تصمیم درست در قبال سازه از طرف مالک، بیمه‌گذار، ساکنین و ... گردد.

۳ – ابزاری به جهت اعلام هشدار قبل از خرابی سازه و نیز تعیین مسیرهای فرار و نقاط امن سازه در مواقع بحرانی مانند جنگ، زلزله (کاهش تلفات پس لرزه ها)، بادهای شدید و ... .

به طور کلی روش های انجام ارزیابی غیرمخرب در گذشته بیشتر به صورت روش های تست محلی بوده است. این روش ها عبارتند از:

۱ – روش های آکوستیک و اولتراسونیک.

۲ – روش های میدان مغناطیسی.

۳ – رادیوگرافی.

٤ – روش های ادی – کورنت.

٥ – روش های میدان حرارتی.

روش هایی که در گذشته برای پایش سلامت سازه ها مورد استفاده قرار می گرفته است دچار چند ضعف عمده می باشد:

۱ – برای استفاده از تمام روش هایی که در اسلاید قبل ذکر گردید باید محدوده مکان آسیب از قبل مشخص باشد چرا که انجام تست موضعی بر روی کل یک سازه عملا امکان پذیر نمی باشد.

۲ – محدوده مورد نظر باید حتما قابل دسترسی باشد. همانگونه که قبلا دیدیم در بسیاری از مواقع دسترسی به بخش های مختلفی از سازه امکان پذیر نمی باشد.

۳ – در اغلب موارد لازم است که بهره برداری از سازه برای مدتی متوقف گردد تا بررسی ها و تست های لازم انجام گردد. این مسئله در بسیاری از موارد امکان پذیر نمی باشد و یا اینکه ممکن است خسارت های مالی به بار آورد.

٤ – ارزیابی با این روش ها معمولا بسیار زمان بر است.

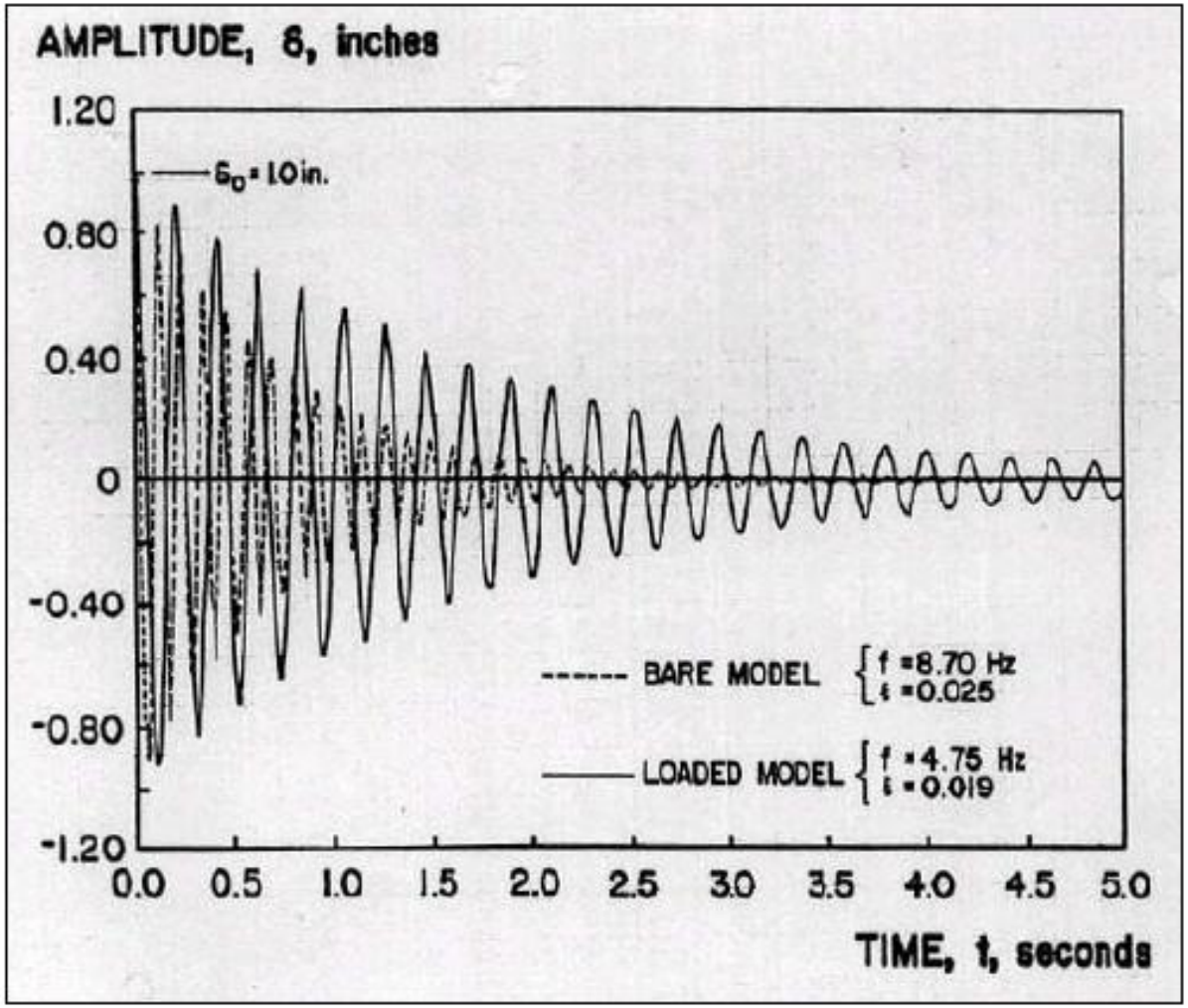
با توجه به ایرادات ذکر شده، امروزه انجام تمام عملیات پایش سلامت سازه با این روش ها محدود به سازه های کوچک و نیز آسیب یابی در سطوح قابل دسترسی (خارجی) سازه ها می گردد. البته به عنوان مکمل پایش سلامت در برخی موارد از روش های ذکر شده استفاده می شود.

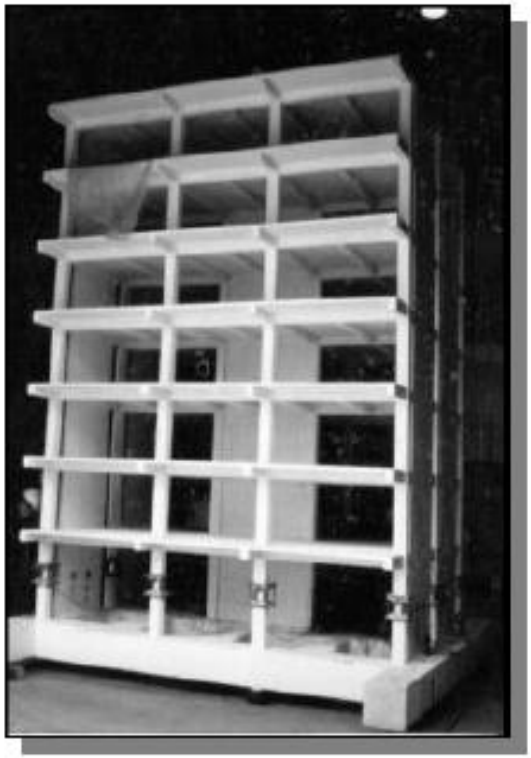
با توجه به تمام موارد ذکر شده نیاز به روشی که بتواند در کنار دقت بالا با هزینه کم از لحاظ مالی و زمانی قابل اجرا باشد وجود داشته است.

بر این اساس روش های پایش سلامت بر مبنای اطلاعات لرزه ای سازه توسعه داده شده اند. در این روش ها از نکته زیر استفاده می شود:

هر آسیبی در سازه منجر به تغییر در مشخصات فیزیکی سازه (جرم، سختی و میرایی) می گردد؛ این مسئله منجر به تغییر در ویژگی های دینامیکی (فرکانس مودها، بردار شکل مودها، میرایی مودها، توابع انتقال، پاسخ سازه و ...) سازه خواهد شد.

1981/1982 US-JAPAN PROJECT
Response of Bare Frame Before and After Adding Ballast



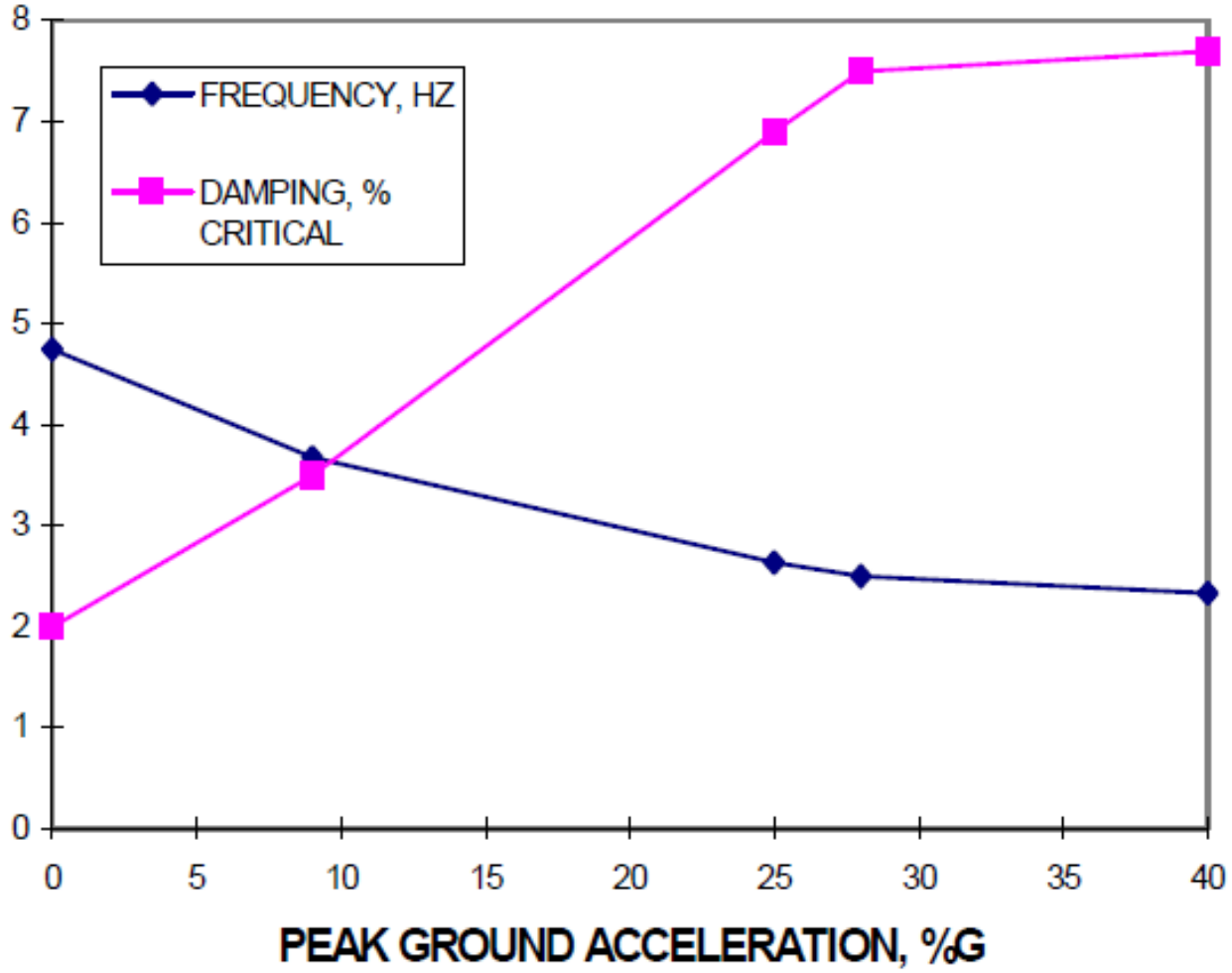


Model Weight

Bare Model	18 kips
Loaded Model	105 kips

1981/1982 US-JAPAN PROJECT

Change in Damping and Frequency with Accumulated Damage



سیستم پایش سلامت سازه‌ای شامل مراحل مختلف می باشد و در صورتی که یک مرحله انجام نگردد عملیات پایش سلامت انجام نشده است:

۱ – جمع آوری اطلاعات. در این مرحله با انجام کار تخصصی سازه ای باید از الف) حسگرهای متناسب با نیاز سازه مورد بررسی، ب) در مکان مناسب و پ) به تعداد لازم استفاده شود. حسگرهای شتاب، سرعت، جابه جایی، کرنش، باد، دما، فشار و ... از جمله ابزار مورد استفاده به جهت جمع آوری اطلاعات می باشند.

۲ – انتقال اطلاعات. در این مرحله داده های جمع آوری شده به دستگاه های ثبت داده ها منتقل می شوند. انتخاب سیستم انتقال اطلاعات مناسب در کیفیت کار و هزینه نهایی تاثیر گذار است.

AC
RUN
EVENT
ERROR
GeoSIG
SENSOR
RS-232
INTERCON
OPTION
POWER

سیستم پایش سلامت سازه‌ای شامل مراحل مختلف می باشد و در صورتی که یک مرحله انجام نگردد عملیات پایش سلامت انجام نشده است:

۳ – ثبت اطلاعات. در این مرحله از دستگاه های مختلف جهت جمع آوری و ثبت اطلاعات استفاده می شود.

٤ – پردازش اطلاعات. می توان گفت این بخش مهمترین قسمت عملیات پایش سلامت می باشد. در این بخش لازم است اطلاعات گرداوری شده در طی فرایند تخصصی سازه ای به درستی تفسیر و ارزیابی گردند. در زمینه پردازش اطلاعات سالیانه تعداد بسیاری مقاله توسط محققین و متخصصین عمران تهیه و چاپ می گردد.

ASUS

AC
RUN
EVENT
ERROR
GeoSIG
SENSOR
RS-232
INTERCON
OPTION
POWER

روش های انجام پایش سلامت سازه ها بر اساس اطلاعات لرزه ای

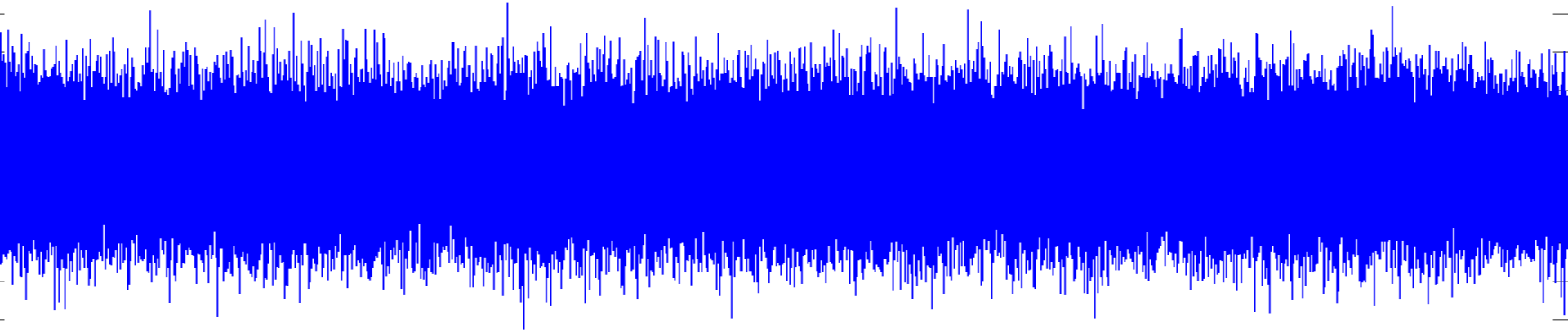
۱ – آسیب یابی بر اساس تغییر در اطلاعات پایه ای مودال.

- الف – تغییر فرکانس ها
- ب – تغییر شکل های مودی
- پ – تغییر در نرمی سازه
- ت – تغییر انحنا و کرنش مودها
- ث – تغییر در میرایی مودها

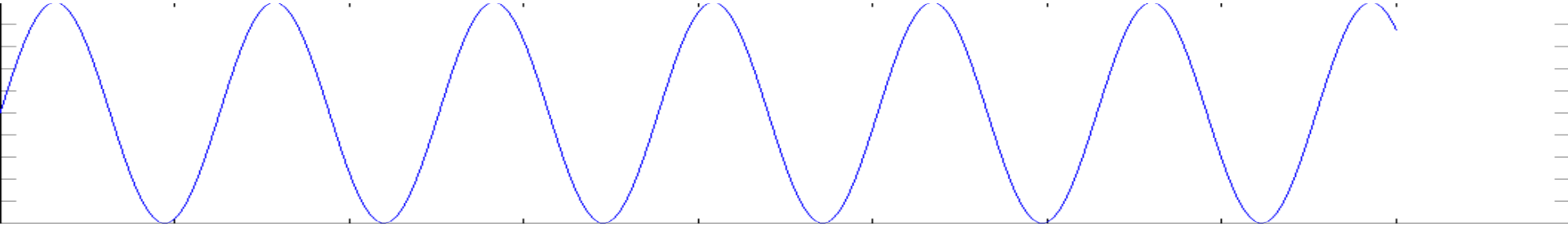
۲ – آسیب یابی بر اساس به روز رسانی مدل المان محدود سازه.

در ابتدا پاسخ سازه با استفاده از حسگرها جمع آوری می گردد.

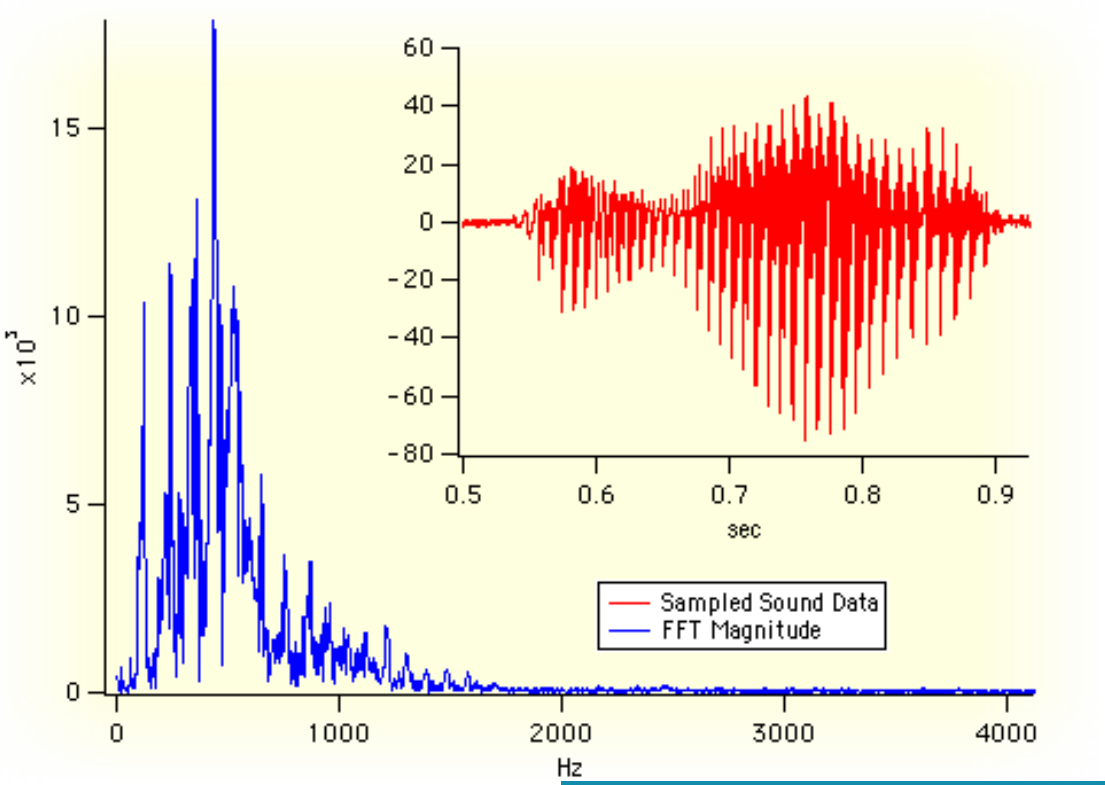
تست ارتعاش محیطی: تنها خروجی اندازه گیری می شود.



تست ارتعاش اجباری: هم ورودی و هم خروجی باید اندازه گیری شود.



در مرحله دوم یا به صورت مستقیم تاریخچه زمانی پاسخ سازه در نظر گرفته می شود و یا بر روی این داده ها تحلیل مودال انجام می شود در این مرحله پارامترهایی همچون فرکانس مودهای مختلف، میرایی مودها بردارهای شکل مودی و ... استخراج می شود.



در مرحله سوم بر اساس پاسخ سازه و نیز اطلاعات مرحله قبل و با استفاده از یک

الگوریتم پایش سلامت، عملیات آسیب یابی انجام می گردد.