

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه ساری

۱۳۸۱ / ۱۲ / ۱۰

مجتمع فنی مهندسی

دانشکده مهندسی عمران

رئیس هیئت مدیره
دانشگاه ساری

عنوان پایان نامه:

بررسی آسیب دیدگی سازه بوسیله خواص دینامیکی سازه

رشته تحصیلی: عمران-سازه

استاد راهنما: آقای دکتر ایرج هشیاری (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان)

استاد مشاور: آقای دکتر حسینعلی رحیمی

پژوهش و تدوین: حسن باغبان بصیر

بهار ۱۳۸۱

۵۱۳۴۵

تقدیم بہ:

موسم

با تشکر از:

پدر و مادرم

تشکر و قدر دانی:

اینک که کار تدوین این رساله به پایان رسید، خداوند بی همتا را سپاسگذارم که الطاف بیکران خود را مرهون اینجانب نمود تا در این راستا بتوانم خدمتی هرچند ناچیز به صحنه علم و دانش کشور بنمایم. همچنین از زحمات استاد گرامی آقای دکتر ایرج هشیاری، که در تمامی مراحل تهیه و تدوین این پایان نامه از رهنمودهای ارزنده ایشان بهره گرفته‌ام، کمال تشکر را می‌نمایم و از درگاه پروردگار بزرگ توفیق روز افزون ایشان را مسئلت دارم. از آقای دکتر حسینعلی رحیمی نیز که در تکمیل این پایان نامه از راهنمایی‌های سودمند ایشان استفاده کردم، سپاسگذاری می‌نمایم. همچنین از زحمات آقای دکتر کاظم برخورداری و آقای مهندس محمد صالحی کههریزسنگی در تدوین این پایان نامه تشکر می‌نمایم.

صورتجلسه دفاع پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: حسن باغبان بصیر

رشته: مهندسی عمران سازه

عنوان پایان نامه: بررسی آسیب دیدگی سازه بلا استفاده از خواص دینامیکی سازه

استاد راهنما: دکتر ایرج هشیاری

استاد مشاور: دکتر حسین علی حیمی

متخصص و صاحب نظر از دانشگاه یزد: دکتر نادر عبدلی

متخصص و صاحب نظر خارج از گروه: دکتر منصور رفیعیان

نماینده تحصیلات تکمیلی: مهندس مهدی خداداد

امتیازات بدست آمده (بر اساس ماده چهار آئین نامه آموزشی) به شرح ذیل می باشد.

۱۸	امتیاز از ۱ تا ۲۰	۱- میزان انطباق محتوی با عنوان پایان نامه
۱۸	امتیاز از ۱ تا ۲۰	۲- اهمیت نظری، توسعه ای، کاربردی، موضوع تحقیق
۱۷	امتیاز از ۱ تا ۲۰	۳- نحوه ارائه، کیفیت دفاع و چگونگی پاسخگویی به سوالات
۱۷	امتیاز از ۱ تا ۲۰	۴- کیفیت تجزیه و تحلیل و انسجام مطالب
۱۸	امتیاز از ۱ تا ۲۰	۵- توانایی دانشجو در نتیجه گیری و اهمیت نتایج بدست آمده از لحاظ بنیادی، توسعه ای و کاربردی
۱۷	امتیاز از ۱ تا ۲۰	۶- نحوه نگارش

دفاع از پایان نامه مورد تایید هیات داوران قرار گرفت.

و با نمره به عدد ۱۷/۵ با حروف هفده و نیم و امتیاز به تصویب رسید.

امضاء هیات داوران

۱-

۲-

۳-

۴-

۵-

۶-

مفتخر رئیس هیات

تاریخ دفاع: ۱۱/۱/۱۳۹۰

تأییدیه دانشکده

بدینوسیله انجام کار و اتمام پروژه فوق گواهی می شود.

رئیس دانشکده/گروه:

تاریخ:

عنوان	سه
تقدیم	چهار
تشکر و قدردانی	پنج
برگه ارزیابی و امتیاز	شش
فهرست مطالب	هفت
چکیده	۱

فصل اول: مقدمه و تعریف موضوع پایان نامه ۲

۱-۱-پشگفتار	۲
۲-۱-اهداف این پایان نامه	۴
۳-۱-مروری بر فصول این پایان نامه	۵

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشتگان ۷

۱-۲-مقدمه	۷
۲-۲-روشهای شناسایی آسیب دیدگی	۸
۱-۲-۲-تغییرات فرکانس	۹
۱-۱-۲-۲-تعیین مرحله اول آسیب دیدگی بوسیله تغییرات فرکانس	۱۰
۲-۱-۲-۲-تعیین مراحل دوم و سوم آسیب دیدگی بوسیله تغییرات فرکانس	۱۱
۲-۲-۲-تغییرات مودشپها	۱۴
۳-۲-۲-تغییرات کرنشی و انحنای مودشپها	۱۵
۴-۲-۲-روش هائی بر اساس نرمی دینامیکی اندازه گیری شده	۱۶
۱-۴-۲-۲-مقایسه ای از تغییرات نرمی	۱۷
۲-۴-۲-۲-روش کنترل واحد	۱۷
۳-۴-۲-۲-روش ماتریس خطای سختی	۱۸
۵-۲-۲-روشهای به هنگام کردن ماتریس	۱۹
۱-۵-۲-۲-توابع هدف	۱۹
۲-۵-۲-۲-روشهای به هنگام کردن بر اساس حساسیت	۲۱

۲۳-۳- تعیین روش مورد استفاده در این پایان نامه..... ۲۳

فصل سوم: توضیح مراحل تعیین آسیب دیدگی در سازه ۲۴

۱-۳- مقدمه ۲۴

۲-۳- سابقه نظری ۲۶

۳-۳- تعیین وجود آسیب دیدگی در سازه ۲۸

۴-۳- تعیین محل نواحی آسیب دیده ۳۰

۵-۳- اندازه گیری شدت آسیب دیدگی ۳۲

۱-۵-۳- استفاده از حل مقادیر ویژه و بردارهای ویژه برای اولین تخمین ۳۳

۲-۵-۳- استخراج معادلات شناسایی سیستم آماری ۳۸

۳-۵-۳- روش اجرا نمودن ۴۲

۴-۵-۳- تعیین شدت آسیب دیدگی در ناحیه معلوم آسیب دیده ۴۶

فصل چهارم: برنامه کامپیوتری نوشته شده برای تعیین آسیب دیدگی در سازه . . . ۴۸

۱-۴- مقدمه ۴۸

۲-۴- الگوریتم کلی برنامه ۵۰

۳-۴- فایل های ورودی ۵۱

۱-۳-۴- فایل ورودی مدل تحلیلی ۵۱

۲-۳-۴- فایل ورودی با پسوند (*.DMG) ۵۳

۳-۳-۴- فایل ورودی با پسوند (*.BAS) ۵۴

۴-۴- پیکر بندی برنامه ۵۵

۱-۴-۴- محاسبه ماتریس سختی کل سازه ۵۶

۱-۱-۴-۴- ماتریس سختی هر المان ۵۶

۲-۱-۴-۴- نوشتن جدول بردارهای موقعیت ۵۸

۳-۱-۴-۴- گرد آوری ماتریس سختی کل سازه ۵۹

۲-۴-۴- محاسبه ماتریس جرم مدل تحلیلی سازه ۶۱

۳-۴-۴- تراکم استاتیکی ۶۲

۶۳	.....	حل معادله حرکت برای بدست آوردن مقادیر ویژه و بردارهای ویژه
۶۴	.....	۱-۴-۴-۴ مفاهیم پایه و روش عمومی در روش تکرار بردار معکوس
۶۶	.....	۵-۴-۴ بررسی آسیب دیدگی سازه
۶۶	.....	۱-۵-۴-۴ تعیین وجود آسیب دیدگی در سازه
۶۷	.....	۲-۵-۴-۴ تعیین محل آسیب دیدگی در سازه
۶۸	.....	۳-۵-۴-۴ تعیین شدت آسیب دیدگی در محل آسیب دیدگی سازه
۶۹	.....	۵-۴ اجرا نمودن برنامه
۷۰	.....	۶-۴ فایل های خروجی برنامه
۷۰	.....	۱-۶-۴ فایل خروجی با پسوند (*ANL)
۷۱	.....	۲-۶-۴ فایل خروجی با پسوند (*EIG)
۷۴	.....	۳-۶-۴ فایل خروجی با پسوند (*1P2)
۷۹	.....	۴-۶-۴ فایل خروجی با پسوند (*3P3)

۸۱	.....	فصل پنجم: حل چند مثال برای بررسی تعیین آسیب دیدگی
۸۱	.....	۱-۵- مقدمه
۸۲	.....	۲-۵- مثال اول : بررسی آسیب دیدگی در تیر یک قاب دو طبقه
۸۷	.....	۳-۵- مثال دوم : بررسی آسیب دیدگی در ستون یک قاب دو طبقه
۹۲	.....	۴-۵- مثال سوم : بررسی آسیب دیدگی در تیر کنسول

۹۷	.....	فصل ششم: خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۷	.....	۱-۶- خلاصه
۹۸	.....	۲-۶- مروری بر نتایج این تحقیق
۹۹	.....	۳-۶- پیشنهادات برای ادامه کار
۱۰۰	.....	چکیده انگلیسی
۱۰۱	.....	مراجع
۱۰۳	.....	پیوست الف

- چکیده

موضوع این پایان نامه روشی غیر مخرب برای تعیین آسیب دیدگی در سازه‌ها می‌باشد. تعیین آسیب دیدگی سازه بوسیله بررسی تغییرات بوجود آمده در خواص دینامیکی موضوعی است که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. این روش مبتنی بر این فرض است که خواص مودال (فرکانس‌های طبیعی و شکل مودها) عملکرد خواص فیزیکی سازه (جرم و سختی) می‌باشند. بنابراین، تغییرات در خواص فیزیکی، تغییراتی را در خواص مودال بوجود خواهد آورد. برای تعیین آسیب دیدگی در سازه به خواص دینامیکی سازه اولیه سالم بعنوان مبنای اولیه احتیاج می‌باشد. در مرحله اول با مقایسه خواص دینامیکی سازه مورد بررسی با سازه مبنای، آسیب دیدگی در سازه تشخیص داده می‌شود. در مرحله دوم نواحی آسیب دیده با استفاده از بردارهای نیروهای مودال باقیمانده تعیین می‌شود. برای انجام این دو مرحله آسیب دیدگی به خواص ارتعاشی سازه مبنای احتیاج می‌باشد. آسیب دیدگی باعث کاهش سختی در ناحیه معلوم آسیب دیده می‌شود. در مرحله سوم با بدست آوردن خواص فیزیکی در این ناحیه بوسیله روش‌های آنالیز حساسیت و روش‌های آماری این کاهش سختی مشخص می‌گردد. در این روش‌ها با داشتن خواص ارتعاشی هر سازه‌ای می‌توان خواص فیزیکی آن سازه را محاسبه نمود و احتیاج به خواص ارتعاشی سازه مبنای برای انجام این مرحله نمی‌باشد. در این پایان نامه فرض شده که خواص ارتعاشی سازه مبنای و سازه آسیب دیده موجود می‌باشد. در ابتدا با داشتن این خواص به بررسی مراحل آسیب دیدگی پرداخته‌ایم. سپس با توجه به حجم زیاد محاسبات، برنامه کامپیوتری برای بررسی آسیب دیدگی نوشته و در انتها مثال‌هایی از تعیین آسیب دیدگی را مورد بررسی قرار داده‌ایم.

فصل اول:

مقدمه و تعریف موضوع پایان‌نامه

۱-۱- پیشگفتار

در مهندسی عمران، مهندسی مکانیک و هوافضا، توانایی در نظارت بر عملکرد سازه و تشخیص آسیب‌دیدگی^۱ در کوتاه‌ترین زمان ممکن بسیار مهم می‌باشد. روشهای کنونی تشخیص آسیب‌دیدگی مانند روشهای صوتی^۲ یا فوق صوتی^۳، روشهای مغناطیسی^۴، پرتونگاری^۵ و روشهای حرارتی^۶ روشهایی تجربی و محلی هستند. لازمه تمامی این روشهای تجربی اینست که ابتدا محل آسیب‌دیدگی شناخته شود و همچنین این بخش سازه به آسانی قابل دسترس باشد. با توجه به این محدودیت‌ها روش‌های تجربی می‌توانند آسیب‌دیدگی را در محل آسیب‌دیده و یا نزدیکی آن بررسی کنند.

-
- 1-Damage Detection
 - 2-Acoustic
 - 3-Ultrasonic
 - 4-Magnet Field
 - 5-Radiograp
 - 6-Thermal Field

نیاز به استفاده از روش‌های تشخیص آسیب‌دیدگی که بتوانند بصورت کلی برای سازه‌های پیچیده بکار برده شوند، منجر به توسعه روش‌هایی شده است که از تغییرات خصوصیات ارتعاشی سازه بعنوان معیاری برای تعیین و ارزیابی آسیب‌دیدگی استفاده می‌کنند.

تعیین آسیب‌دیدگی یا خسارت سازه بوسیله تغییرات موجود در خواص دینامیکی یا جواب‌های سازه‌ای، موضوعی است که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. نظریه پایه اینست که خواص مودال^۱ (فرکانس‌های طبیعی^۲ و شکل مودها^۳) تابعی از خواص فیزیکی سازه (جرم^۴، سختی^۵، و میرایی^۶) می‌باشند. بنابراین تغییرات در خواص فیزیکی، تغییراتی را در خواص مودال بوجود خواهند آورد.

یک طرح خوب برای بررسی آسیب‌دیدگی قادر خواهد بود که آسیب‌دیدگی را در همان مراحل اولیه تشخیص دهد، محل آن را مشخص نماید، مقدار و شدت آسیب‌دیدگی برآورد نماید و عمر مفید باقیمانده سازه را پیش‌بینی نماید، اینها مراحل آسیب‌دیدگی در سازه می‌باشند که در فصل‌های بعدی پیرامون آنها بحث خواهد شد. هدف صرف زمان کمتر، توانایی بیشتر، و توسعه روشی شامل مراحل ذکر شده بالا می‌باشد. اما این مسأله به اندازه‌گیری اولیه یک سازه آسیب‌ندیده بعنوان سازه اولیه برای مقایسه بعدی جواب‌های اندازه‌گیری شده، نیاز دارد. همچنین روش‌ها باید قادر باشند شرایط عملی مانند خطاهای اندازه‌گیری را نیز بحساب بیاورند. یکی دیگر از موارد مهم روش‌های بررسی آسیب‌دیدگی بویژه روش‌هایی که از مدل‌های اولیه استفاده می‌کنند، توانایی آنها در تشخیص اختلافات داده‌های حاصله از مدل کردن سازه و همینطور تشخیص اختلافاتی که نتیجه آسیب‌دیدگی هستند، می‌باشد.

-
- 1-Modal
 - 2-Frequencies
 - 3-Mode Shapes
 - 4-Mass
 - 5-Stiffness
 - 6-Damping

۱-۲-اهداف این پایان نامه

موضوع این پایان نامه بررسی آسیب‌دیدگی سازه با استفاده از خواص مودال می‌باشد، که برای درک آسیب‌دیدگی، از تغییرات خصوصیات ارتعاشی سازه استفاده می‌شود. محققان بسیاری با استفاده از خصوصیات ارتعاشی یک سازه، برای تعیین آسیب‌دیدگی، تحقیق کرده‌اند. بعضی از این محققان به تحریکات سازه و اهمیت اندازه‌گیری آن پرداخته‌اند که شامل منتخبی از انواع و موقعیت شتاب‌سنجها^۱ و انواع و موقعیت تحریک‌کننده‌ها^۲ می‌باشد. موضوع مهم دیگر، پردازش سیگنال‌ها^۳ است که شامل روشهایی مثل آنالیز فوریه و آنالیز فرکانس زمان است. این پایان نامه شامل موضوعات فوق‌الذکر نمی‌باشد. در این پایان نامه فرض گردیده است که خواص مودال سازه اولیه بعنوان سازه مبنا، و همچنین خواص مودال سازه آسیب‌دیده بعنوان سازه مورد بررسی، موجود می‌باشد. هدف ما از این پایان نامه بررسی آسیب‌دیدگی با استفاده از خواص مودال موجود (فرکانس، شکل مودها) سازه مبنا و سازه آسیب‌دیده می‌باشد. با مقایسه خواص مودال سازه آسیب‌دیده با خواص مودال سازه مبنا، وجود آسیب‌دیدگی در سازه بررسی می‌گردد. سپس با استفاده از بردارهای نیروهای باقیمانده مودال در هر مودی، محل آسیب‌دیدگی بدست می‌آید. با مشخص شدن محل آسیب‌دیدگی، با استفاده از آنالیز حساسیت و روش‌های آماری، شدت آسیب‌دیدگی در ناحیه معلوم آسیب‌دیده مشخص می‌شود. در این پایان نامه پس از توضیح مراحل آسیب‌دیدگی در سازه، برنامه کامپیوتری برای بررسی آسیب‌دیدگی نوشته و همچنین با ارائه مثال‌هایی مراحل بررسی آسیب‌دیدگی توضیح داده شده است.

-
- 1-Accelerometers
 - 2-Ecitaters
 - 3-Signal Processing

۱-۳- مروری بر فصول این پایان نامه

در این قسمت بر موضوعاتی که در هر یک از فصول آینده مورد توجه قرار خواهند گرفت، مرور گذرایی خواهد شد. فصل دوم به بررسی تحقیقات انجام گرفته در سال‌های اخیر در مورد روش‌های بررسی آسیب‌دیدگی سازه اختصاص داده شده است. در این فصل، با تفکیک روش‌های مختلف آسیب‌دیدگی که مبتنی بر خواص مودال عمل می‌کنند، با توضیح مختصری در مورد هر روش، به بیان تحقیق انجام گرفته توسط محققین و نتایج بدست آمده توسط آنها پرداخته می‌شود. در انتهای فصل دوم، روش مورد استفاده در این پایان نامه با توجه به روش‌های موجود، مشخص می‌شود. در فصل سوم، به بررسی سه مرحله تعیین آسیب‌دیدگی، پرداخته می‌شود. مراحل آسیب دیدگی عبارتند از:

(۱) تعیین وجود آسیب‌دیدگی

(۲) تعیین محل آسیب‌دیدگی بوسیله بردار نیروهای باقیمانده مودال

(۳) تعیین شدت آسیب‌دیدگی در محل مشخص آسیب‌دیده با کمک روش‌های آماری

در فصل چهارم، به توضیح برنامه کامپیوتری نوشته شده برای انجام مراحل تعیین آسیب‌دیدگی پرداخته می‌شود. در این فصل ابتدا فایل‌های ورودی، سپس پیکربندی برنامه، و در انتها فایل‌های خروجی برنامه توضیح داده می‌شود. توضیح این سه قسمت برنامه، همراه با مثال قاب دو بعدی می‌باشد. نتایج دینامیکی تولید شده توسط این برنامه برای مدل تحلیلی، با برنامه Sap90 مقایسه شده است. آسیب‌دیدگی مشخصی فرض شده و نتایج دینامیکی آن به برنامه داده شده است، برنامه با داشتن این نتایج دینامیکی به بررسی آسیب‌دیدگی می‌پردازد، ابتدا وجود آسیب‌دیدگی، سپس محل و شدت آسیب‌دیدگی را مشخص می‌نماید.

در فصل پنجم فقط به بررسی چند مثال از آسیب‌دیدگی پرداخته شده است.
در فصل ششم، خلاصه‌ای از پایان‌نامه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای تحقیقات بعدی آورده شده است.

در پیوست الف، برنامه کامپیوتری نوشته شده که به زبان فرترن است ارائه شده است.

فصل دوم :

مروری بر تحقیقات گذشتگان

۱-۲- مقدمه

زمینه تعیین آسیب‌دیدگی^۱ بسیار گسترده است و شامل روشهای کلی و محلی می‌باشد. این بررسی محدود به روش‌های کلی می‌باشد که برای درک آسیب‌دیدگی، از تغییرات خصوصیات ارتعاشی سازه استفاده می‌شود. مقالات بسیار موفقی در استفاده از خصوصیات ارتعاشی یک سازه، برای تعیین آسیب‌دیدگی و مشاهده سلامتی^۲ سازه، بچاپ رسیده‌اند. درمیان این مقالات به تحریک سازه و اهمیت اندازه‌گیری آن اشاره شده است که شامل منتخبی از انواع و موقعیت شتاب سنجها و انواع و موقعیت تحریک‌کننده‌ها می‌باشد. موضوع مهم دیگر، پردازش سیگنال‌ها است که شامل روش‌هایی مثل آنالیز فوریه و آنالیز فرکانس زمان است. در اینجا به این موضوعات

1-Damage Detection

2-Health Monitoring