بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

تشخیص خرابی در تیرهای یکسره ی فلزی با ممان اینرسی ثابت و متغیر با روشهای استاتیکی

استاد راهنمای اول:

آقای دکتر محمد قاسم سحاب

استاد راهنمای دوم:

آقای دکتر اردشیر دیلمی

دانشجو:

سیده زهرا میررضایی

۱۳۹۱

تاریخ: ۱۳۹۱ / ۷ / ۲۰
شماره: ۶۵۴۹/۱۶۱۷
پیوست: .....

دانشگاه تفرش

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی: سیده زهرا میر رضایی شماره دانشجویی: ۸۸۳۱۲۲۰۱۶ دانشکده: مهندسی عمران

رشته تحصیلی/گرایش: مهندسی عمران/سازه

عنوان پروژه: تشخیص خرابی تیرهای یکسره فلزی با ممان اینرسی ثابت و متغیر با استفاده از روشهای استاتیکی

تعداد واحد: ۶ تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۰۹/۰۱ تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۰۶/۳۰

نمره نهایی به عدد: ۱۸ به حروف: هجده

نام و نام خانوادگی	سمت	رتبه	محل اشتغال	محل امضا
دکتر محمد قاسم سحاب	استاد راهنمای اول	استادیار	دانشگاه تفرش	
دکتر اردشیر دیلمی	استاد راهنمای دوم	استادیار	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	
-	استاد مشاور		-	
دکتر افشین مصلحی تبار	داور داخلی	استادیار	دانشگاه تفرش	
دکتر موسی مظلوم	داور خارجی	استادیار	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	
دکتر افشین مصلحی تبار	نماینده تحصیلات تکمیلی	استادیار	دانشگاه تفرش	

رئیس دانشکده: دکتر محمد قاسم سحاب

امضاء:

تاریخ: ۹۱/۷/۲۲

مهر: دانشگاه تفرش — گروه مهندسی عمران

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر حمید رضا دهقانپور

امضاء:

تاریخ:

مهر: دانشگاه تفرش — اداره کل تحصیلات تکمیلی

تقدیم به

پدر و مادر

و

همسر عزیزم

به خاطر زحمات بی دریغشان

با تقدیر و تشکر شایسته از

استاد فرهیخته و فرزانه

جناب آقای دکتر محمد قاسم سحاب

که با راهنمایی ها، پیشنهادات و نکات ارزشمند خود مرا یاری داده و نیز با نظرات و راهکارهای فنی خود، راهگشا و راهنمای نگارنده در اتمام و اکمال این پایان نامه بودند.

چکیده

هدف از انجام این پایان نامه، ارائه‌ی راه حلی مناسب جهت تشخیص خرابی در تیرهای سراسری با مقطع ثابت و متغیر توسط روش‌های استاتیکی با استفاده از اندازه‌گیری کرنش می‌باشد. مقطع تیر سراسری مورد نظر جهت تشخیص خرابی I شکل در نظر گرفته شده و شکل تغییر آن در طول تیر می‌تواند بطور خطی یا منحنی باشد. همچنین در روش ارائه شده، خرابی در تیر سراسری، بصورت کاهش ضخامت بال ها و یا جان آن در نظر گرفته شده است. جهت نیل به اهداف مورد نظر، یک برنامه‌ی کامپیوتری تشخیص خرابی در محیط متلب نوشته می‌شود. داده‌های ورودی مورد نیاز برای تشخیص خرابی در این برنامه، کرنش‌های سازه می‌باشند. از آنجا که در این پایان‌نامه، کار آزمایشگاهی انجام نمی‌شود.

لذا داده های کرنش‌های مورد نیاز در مکان‌های دلخواه بر روی تیر سراسری توسط شبیه سازی کامپیوتری بدست می - آیند. به این صورت که داده‌های مربوط به خصوصیات مقطع و هندسه تیر سراسری آسیب دیده به برنامه داده شده، سپس مدل تیر ایجاد شده و کرنش‌ها در نقاط دلخواه تحت بارهای آزمایشی وارد شده، بدست می آید. سپس از این کرنش‌ها به عنوان داده ورودی برنامه اصلی استفاده می‌شود. فرآیند کار به این شکل است که با مینیمم کردن اختلاف بین کرنش‌های سازه واقعی و سازه مدل شده در برنامه، مقاطع مجهول سازه واقعی بدست می‌آید. در نهایت با مقایسه تیر سراسری واقعی با تیر سراسری اولیه (بدون هیچ‌گونه خرابی) مکان و میزان خرابی در سازه تشخیص داده می‌شود. روش مینیمم سازی در این پایان نامه با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. در پایان با ارائه چند مثال، مکان و مقدار خرابی فرضی تیرهای مورد نظر با موفقیت شناسایی می شود.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : اهمیت تشخیص خرابی در پلهای فلزی

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۱-۱ تعریف خرابی ۱

۱-۱-۲ اهمیت روشهای تشخیص خرابی عمومی در پل ها ۲

۱-۲ کنترل سلامت سازه ۲

۱-۲-۱ چند مثال از کاربرد کنترل سلامت سازه در پل ها ۳

۱-۳ دسته بندی انواع مختلف پل های فولادی ۵

۱-۳-۱ دسته بندی کلی پلهای فلزی ۶

۱-۳-۲ پلهای تیری یا دالی ۸

۱-۳-۳ پل با عرشه های چند شاهتیری ۹

۱-۳-۴ عرشه های نردبانی ۱۰

۱-۴ اهمیت تشخیص خرابی در پل ها ۱۱

۱-۵ چند مثال از مهمترین شکست پلها در طول ۱۰۰گذشته ۱۲

۱-۶ شرح موضوع بررسی شده در این پایان نامه ۱۴

۱-۶-۱ روش شناسی ۱۶

۱-۷ مروری بر فصول مختلف ۱۷

فصل دوم : بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه تشخیص خرابی در پلها

۲-۱ دسته بندی روشهای تشخیص خرابی ۱۸

۲-۱-۱روشهای تشخیص خرابی موضعی ۱۹

۲-۱-۲ معایب روشهای موضعی تشخیص خرابی ۱۹

۲-۲ روشهای تشخیص خرابی عمومی ۲۰

۲-۲-۱ مفهوم پایه ای روشهای دینامیکی ۲۰

۲-۲-۲ مسائل مطرح در پیاده سازی روشهای دینامیکی ۲۱

۲-۲-۳ مفهوم پایه‌ای روش‌های تشخیص خرابی بر پایه ارتعاش (روش‌های دینامیکی) ۲۲

۲-۳ دسته بندی روشهای دینامیکی ۲۴

۲-۳-۱روشهای مبتنی بر تغییر در فرکانس های طبیعی..... ۲۵
۲-۳-۲روشهای بر پایه ی میرایی..... ۲۷
۲-۳-۳ روشهای بر پایه ی تغییر در شکل های مودی..... ۲۷
۲-۳-۴ روشهای بر پایه ی نرمی سازه..... ۳۱
۲-۴ کاربرد روش بهنگام سازی مدل در روشهای تشخیص خرابی دینامیکی ۳۳
۲-۵ مقایسه و بررسی انواع روشهای دینامیکی..... ۳۵
۲-۶ روشهای استاتیکی تشخیص خرابی..... ۳۵
۲-۶-۱ روشهای مبتنی بر اندازه‌گیری تغییر مکان..... ۳۶
۲-۶-۲ روشهای مبتنی بر اندازه‌گیری کرنش..... ۳۷
۲-۶-۳ روشهای مبتنی بر اندازه‌گیری تغییرات تغییر مکان و انحنا..... ۳۹
۲-۶-۴ روشهای مبتنی بر اندازه‌گیری تغییرات نیرو..... ۳۹
۲-۷ بررسی مقالات ارائه شده در زمینه ی تشخیص خرابی به روش استاتیکی..... ۴۰
۲-۸ مقایسه بین روشهای دینامیکی و استاتیکی تشخیص خرابی..... ۴۵
۲-۸-۱ محاسن و معایب روشهای استاتیکی..... ۴۶

فصل سوم : درآمدی بر روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک

۳-۱ مقدمه ۴۷

۳-۲ ویژگی‌های روش الگوریتم ژنتیک ۴۸

۳-۳ اصول اساسی الگوریتم ژنتیک ۴۹

۳-۴ پارامترهای الگوریتم ژنتیک ۵۱

۳-۵ روش‌های نمایش کروموزوم‌ها ۵۲

۳-۶ تولید جمعیت اولیه ۵۲

۳-۷ تعیین عدد برازندگی دنباله‌ها ۵۲

۳-۸ مکانیزم‌های انتخاب کروموزوم‌های جمعیت والد برای حوضچه لقاح ۵۳

۳-۸-۱ چرخ رولت ۵۳

۳-۹ عملگرهای ژنتیکی ۵۴

۳-۹-۱ عملگر ترکیب ۵۹

۳-۹-۲ نحوه‌ی اجرای عملگر ترکیب در حالت باینری ۵۹

۳-۹-۳ نحوه‌ی اجرای عملگر ترکیب در حالت نمایش با اعداد حقیقی ۵۶

۳-۹-۴ عملگر جهش ۵۶

فصل چهارم : رابطه سازی ریاضی و برنامه نویسی کامپیوتری جهت تشخیص خرابی در تیر سراسری

۴-۱ رابطه سازی ریاضی ۵۸

۴-۱-۱ ساخت ماتریس تبدیل و ماتریس [B] ۵۹

۴-۱-۲ تشکیل فرم کلی رابطه ی سختی کرنش جهت تشخیص خرابی ۶۳

۴-۱-۳ تشکیل تابع هدف ۶۳

۴-۲ فلوچارت برنامه ۶۴

۴-۳ مراحل اجرای برنامه ۶۸

۴-۳-۱ وارد کردن داده های اولیه جهت تشکیل مدل اجزای محدود ۶۸

۴-۳-۲ وارد کردن داده های مورد نیاز الگوریتم ژنتیک ۷۱

۴-۳-۳ کنترل داده های ورودی ۷۲

۴-۳-۴ اصلاح داده های ورودی جهت تقسیم المانها به المانهای کوچکتر ۷۳

۴-۳-۵ تعیین خصوصیات تیر سراسری جدید ۷۶

۴-۳-۶ کد الگوریتم ژنتیک ۷۶
۴-۴ بخش نهایی: تشخیص وجود یا عدم وجود خرابی در سازه ۸۱
فصل پنجم : بکارگیری برنامه کامپیوتری جهت تشخیص خرابی در سازه های نمونه و بررسی صحت عملکرد آن
۵-۱ بررسی صحت زیر برنامه ی تعیین کرنش در کد ۸۲
۵-۱-۱ صحت سنجی زیربرنامه ی کرنش در تیر سراسری با مقطع منشوری ۸۲
۵-۱-۲ صحت سنجی زیربرنامه ی کرنش در تیر سراسری با مقطع غیرمنشوری ۸۴
۵-۲ مطالعات عددی ۸۷
۵-۲-۱ صحت سنجی تشخیص خرابی در تیر سراسری با مقطع منشوری ۸۷
۵-۲-۲ رسم نمودار همگرایی تیر سراسری با مقطع منشوری ۸۹
۵-۲-۳ بررسی نمودارهای همگرایی مربوط به تیر سراسری با مقطع منشوری ۹۱
۵-۲-۴ رسم نمودار همگرایی بهترین تابع هدف در هر نسل برای تیر سراسری منشوری ۹۱
۵-۲-۵ صحت سنجی تشخیص خرابی در تیر سراسری با مقطع غیرمنشوری با شیب خطی ۹۲
۵-۲-۶ رسم نمودارهای همگرایی تیرسراسری غیرمنشوری با تغییرات خطی ارتفاع سطح مقطع ۹۴
۵-۲-۷ بررسی نمودارهای همگرایی مربوط به تیر سراسری با مقطع غیر منشوری با شیب خطی ۹۵
۵-۲-۸ رسم نمودار همگرایی بهترین تابع هدف در هر نسل برای تیرسراسری غیرمنشوری با شیب خطی ۹۶
۵-۲-۹ صحت سنجی تشخیص خرابی در تیر سراسری با مقطع غیرمنشوری با شیب غیرخطی ۹۶
۵-۲-۱۰ رسم نمودارهای همگرایی مربوط به دو پارامترضخامت تیرسراسری غیرمنشوری غیرخطی ۹۸
۵-۳ بررسی تاثیر تعداد کرنش سنج ها بر تشخیص خرابی تیر سراسری ۹۹
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهاد برای کارهای آینده ۱۰۱
فهرست منابع ۱۰۳

پیشگفتار

در این پایان نامه روشی برای تشخیص عمومی خرابی در پل های یکسره ی فلزی که ممان اینرسی شاهتیر آنها ثابت یا متغیر است، ارائه می گردد. روش انتخابی مورد استفاده در این پایان نامه، روش استاتیکی است. همچنین به علت مزایای روش اندازه گیری کرنش نسبت به جابجایی در روشهای استاتیکی، در این پایان نامه سعی شده است تا روش تشخیص خرابی استاتیکی برمبنای اندازه گیری کرنش مورد استفاده قرار گیرد. به این صورت که از روی کرنش سازه ی کنونی پی به خصوصیات مقاطع مجهول آن از قبیل سطح مقطع، ممان اینرسی یا ابعاد مقطع پی برد. سپس از مقایسه ی مقدار این پارامتر ها با مقادیر متناظر آنها در سازه ی اولیه، می توان خرابی و موقعیت آن را تشخیص داد.

فصول مختلف پایان نامه

فصل اول : اهمیت تشخیص خرابی در پلهای فلزی

فصل دوم : بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه تشخیص خرابی در پلها

فصل سوم : درآمدی بر روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک

فصل چهارم : رابطه سازی ریاضی و برنامه نویسی کامپیوتری جهت تشخیص خرابی در تیر سراسری

فصل پنجم : بکارگیری برنامه کامپیوتری جهت تشخیص خرابی در سازه های نمونه و بررسی صحت عملکرد آن

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهاد برای کارهای آینده

لیست جداول

۵-۱ مقایسه ی تغییر مکانهای بدست آمده ی در تیر سراسری نمونه با استفاده از نرم افزار SAP و کد پیشنهادی..... ۸۷

۵-۲ نتایج تشخیص خرابی در تیر سراسری با مقطع منشوری..... ۸۹

۵-۳ نتایج تشخیص خرابی در تیر سراسری با مقطع غیرمنشوری با شیب خطی..... ۹۳

۵-۴ نتایج تشخیص خرابی در تیر سراسری با مقطع غیرمنشوری با شیب غیرخطی..... ۹۷

لیست اشکال

۱-۱ یک نمونه پل فولادی تیری ۶

۱-۲ یک نمونه پل فولادی قوسی ۷

۱-۳ یک نمونه پل فولادی معلق ۷

۱-۴ یک نمونه پل شاهتیر متکی ۸

۱-۵ یک نمونه پل فولادی با عرشه های چند شاهتیری ۹

۱-۶ سطح مقطع یک نمونه پل فولادی با عرشه های چند شاهتیری..... ۹

۱-۷ یک نمونه پل فولادی با عرشه های نردبانی..... ۱۰

۱-۸ سطح مقطع یک نمونه پل فولادی با عرشه های نردبانی..... ۱۰

۱-۹ خرابی پل Quebec در کانادا ۱۲

۱-۱۰ خرابی پل سیلور در آمریکا..... ۱۳

۱-۱۱ خرابی پل لودندولف در آلمان..... ۱۳

۱-۱۲ خرابی پل مینی پلیس در آمریکا ۱۴

۱-۱۳ تفاوت تغییر مکان در تیر سالم و آسیب دیده..... ۱۵

۱-۱۴ نمونه ای از تیر سراسری با ارتفاع مقطع متغیر به شکل منحنی..... ۱۵

۱-۱۵ نمونه ای از تیر سراسری با مقطع ثابت ۱۵

۱-۱۶ نمونه ای از تیر سراسری با ارتفاع مقطع متغیر به شکل خطی..... ۱۶

۲-۱ دسته بندی روشهای تشخیص خرابی ۱۸

۲-۲ دسته بندی روشهای عمومی تشخیص خرابی..... ۲۰

۲-۳ پروسه ی روشهای تشخیص خرابی برپایه ی ارتعاش..... ۲۳

۲-۴ دسته بندی روشهای دینامیکی ۲۴

۳-۱ نموداری از مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک..... ۵۰

۲-۳ ترکیب یک نقطه‌ای دو والد..... ۵۵
۳-۳ ترکیب دو نقطه‌ای دو والد..... ۵۵
۴-۳ ترکیب یکنواخت دو والد..... ۵۵
۵-۳ نمونه‌ای از اجرای عملگر جهش در حالت باینری..... ۵۶
۱-۴ دیاگرام یک المان تیر ستون..... ۵۹
۲-۴ اشکال توابع انترپوله ی هرمیتی المان تیر ۶۰
۳-۴ تیر سراسری با مقطع متغیر در طول شامل دو المان و سه گره..... ۶۸
۴-۴ تابع تغییرات ارتفاع المان در طول..... ۶۹
۵-۴ مقطع معادل المان تیر با سطح مقطع متغیر..... ۷۳
۶-۴ تیر سراسری با مقطع متغیر در طول شامل چهار المان و پنج گره..... ۷۳
۱-۵ یک نمونه تیر سراسری به همراه دیاگرام ممان خمشی..... ۸۲
۲-۵ مقطع تیر سراسری شکل ۵-۱..... ۸۳
۳-۵ نتایج بدست آمده کرنش با استفاده از کد پیشنهادی در متلب برای تیر سراسری شکل ۵-۱..... ۸۳
۴-۵ یک نمونه تیر سراسری غیر منشوری جهت صحت سنجی کد..... ۸۴
۵-۵ فرم سه بعدی شکل ۵-۴ در محیط sap..... ۸۴
۶-۵ تغییر مکان و دوران گره های انتهایی تیر شکل ۵-۴ بدست آمده از sap..... ۸۵
۷-۵ تغییر مکان و دوران گره های میانی تیر شکل ۵-۴ بدست آمده از sap..... ۸۵
۸-۵ تغییر مکان و دوران گره مرکزی تیر شکل ۵-۴ بدست آمده از sap..... ۸۶
۹-۵ نتایج بدست آمده کرنش با استفاده از کد پیشنهادی در متلب برای تیر سراسری شکل ۵-۴..... ۸۶
۱۰-۵ تیر سراسری سه دهانه با مقطع منشوری..... ۸۷
۱۱-۵ نمودار همگرایی پارامتر ضخامت جان المان شماره ۲ شکل ۵-۱۰..... ۸۹
۱۲-۵ نمودار همگرایی پارامتر ضخامت بال المان شماره ۸ شکل ۵-۱۰..... ۹۰
۱۳-۵ نمودار همگرایی پارامتر ضخامت جان المان شماره ۱۴ شکل ۵-۱۰..... ۹۰
۱۴-۵ نمودار همگرایی بهترین تابع هدف در هر نسل برای تیر شکل ۵-۱۰..... ۹۲
۱۵-۵ تیر سراسری سه دهانه با مقطع غیر منشوری با شیب خطی..... ۹۲

۵-۱۶ نمودار همگرایی پارامتر ضخامت بال پایینی المان شماره ۱ شکل ۵-۱۵..... ۹۴
۵-۱۷ نمودار همگرایی پارامتر ضخامت بال پایینی المان شماره ۲ شکل ۵-۱۵..... ۹۴
۵-۱۸ نمودار همگرایی پارامتر ضخامت جان المان شماره ۷ شکل ۵-۱۵..... ۹۵
۵-۱۹ نمودار همگرایی بهترین تابع هدف در هر نسل برای تیر شکل ۵-۱۵..... ۹۶
۵-۲۰ تیر سراسری سه دهانه با مقطع غیر منشوری با شیب غیرخطی..... ۹۶
۵-۲۱ نمودارهای همگرایی مربوط به پارامترضخامت بال بالایی المان ۱ تیر شکل ۵-۱۵..... ۹۸
۵-۲۲ نمودارهای همگرایی مربوط به پارامترضخامت جان المان ۱۱ تیر شکل ۵-۱۵..... ۹۸
۵-۲۳ یک نمونه تیر سراسری سه دهانه با مقاطع منشوری و غیر منشوری با شیب خطی..... ۹۹

فهرست علائم و اختصارات

ϕ_j شکل مودی دردرجه ی آزادی j در سازه ی سالم

ϕ_j^* شکل مودی دردرجه ی آزادی j در سازه ی آسیب دیده

$\phi_{j,i}$ شکل مودی دردرجه ی آزادی j در مود m ام سازه ی سالم

$\phi_{j,i}^*$ شکل مودی دردرجه ی آزادی j در مود m ام سازه ی آسیب دیده

φ_i i امین شکل مودی نرمالیزه شده به واحد قبل از خرابی

φ_i^* i امین شکل مودی نرمالیزه شده به واحد پس از خرابی

ε کرنش در یک نقطه ی معین از سازه

y فاصله ی عمود از نقطه مورد نظر تا محور خنثی

R شعاع انحناء در یک نقطه ی معین از سازه

k انحناء در یک نقطه ی معین از سازه

φ_i'' بردار انحنای شکل مودی φ_i

$\varphi_i^{*''}$ بردار انحنای شکل مودی φ_i^*

$\Delta\varphi_i''$ تفاضل قدر مطلق بردار انحنای شکل مودی φ_i و φ_i^*

$\Delta\varphi''$ جمع تفاضل قدر مطلق بردارهای انحنای شکل مودی φ_i و φ_i^* برای تمامی مودها

φ_{ji}'' انحنا در نقطه ی j ام مربوط به مود i ام

φ_{ji} تغییر مکان در نقطه ی j مربوط به i امین مود

h متوسط فاصله ی بین نقاط گسسته در بردار φ_i

β_{ji} شاخص خرابی برپایه ی تغییر در انرژی کرنشی مودال در محل j ام برای i امین مود

F ماتریس نرمی سازه ی بدون خرابی

F^* ماتریس نرمی سازه ی آسیب دیده

ω_i فرکانس زاویه ای طبیعی i امین مود

f نرمی بار یکنواخت

f'' انحنای نرمی بار یکنواخت

ω_i فرکانس زاویه ای طبیعی i امین مود

K ماتریس سختی سازه

U بردار جابجایی سازه

F بردار نیروی استاتیکی سازه

U_d بردار جابجایی سازه ی آسیب دیده

$[A]$ ماتریس تبدیل ماتریس سختی از دستگاه مختصات محلی به دستگاه مختصات کلی

F_a نیروی تحلیلی

F_m نیروی اندازه گیری شده

[B] ماتریس تبدیل تغییرمکان به کرنش

$[T_n]$ ماتریس تبدیل تغییر مکان محلی به کلی برای المان n ام

$\bar{\upsilon}$ خیز تیر در جهت y

ε_a کرنش اندازه گیری شده

ε_b کرنش اندازه گیری نشده

$[\varepsilon_a]^a$ ماتریس کرنش اندازه گیری شده تحلیلی

$[\varepsilon_a]^m$ ماتریس کرنش اندازه گیری شده اندازه گیری شده

COMAC معیار اطمینان مودال هم رتبه

DOF درجات آزادی

FE اجزای محدود

FFT تبدیل سریع فوریه

MAC معیار اطمینان مودال

SHM کنترل سلامت سازه

VBDD تشخیص خرابی برپایه ی ارتعاش

فصل اول

اهمیت تشخیص خرابی در پلهای فلزی

۱-۱ مقدمه

۱-۱-۱ تعریف خرابی

هرگونه تغییرمنفی در مواد یا خواص هندسی یک سیستم که همراه با تغییراتی در شرایط مرزی یا پیوستگی آن است، به عنوان خرابی یک سیستم درنظرگرفته می شود که بر روی کارایی سیستم تاثیر نامطلوب گذاشته و باعث کاهش سطح ایمنی سازه می شود. خرابی می تواند در مراحل مختلفی از طول عمر سازه در آن ایجاد شود و تشخیص آن از مقایسه ی رفتار سازه در دوحالت اولیه و حالت کنونی سیستم ممکن می شود. در ابتدا ممکن است که خرابی کاهش محسوسی در کارایی سیستم ایجاد نکند، اما موجب اختلال در عملکرد سیستم بصورت بهینه شود. به تدریج با رشد خرابی به مرحله ای می رسیم که در آن تغییرات قابل توجهی در کارایی سیستم ایجاد شده و سازه کارایی ایده آل خود را از دست می دهد. از ورود سازه به این مرحله به عنوان خرابی [1] آن یاد می شود. (Farrar and Worden ۲۰۰٦)

اهمیت تشخیص خرابی از آنجا معلوم می شود که در صورت عدم توانایی در پیش بینی درست آن، امکان ایجاد شکست های فاجعه باری وجود دارد که می تواند تهدید بزرگی برای جان انسان ها باشد. از این رو تلاش های بیشتری جهت دستیابی به روشهای دقیق تر و کامل تر در این زمینه، رو به گسترش است.

[1] .Failure

۱-۱-۲ اهمیت روشهای تشخیص خرابی عمومی در پل ها

از آنجا که بسیاری از سازه های بزرگ دنیا در طی ۴۰ تا ۵۰ سال اخیر ساخته شده اند، می توان گفت که عمر مفید اکثر این سازه ها رو به اتمام است. از جمله سازه هایی که تشخیص خرابی در آنها اهمیت زیادی دارد، پل ها می باشند. معمولا خرابی در پل ها بصورت ترک، فرسایش و از بین رفتن خصوصیات مصالح تشکیل دهنده ی سازه رخ می دهد، که با چشم قابل تشخیص نمی باشند. در روشهای سنتی، کنترل سلامت سازه[۱] معمولا براساس ارزیابی های دوره ای که توسط طراحان و سازندگان سازه پیشنهاد می شد، انجام می گرفت. همچنین بازرسی در نقاط خاصی از سازه که با توجه به تجربیات گذشته تعیین شده بودند، صورت می گرفت. این بازرسی ها یا چشمی بوده و یا به کمک روشهای اکوستیک[۲] یا آلتراسونیک[۳]، رادیوگرافی[۴]، روشهای میدان مغناطیسی[۵] و ... اجرا می شوند. مبنای اصلی این روش ها، اطلاع اولیه از محل احتمالی خرابی و قضاوت فردی که بازرسی را انجام می دهد، می باشد. تمامی این روشها نیازمند وقت، هزینه فراوان وکار زیاد است. علاوه بر این، لازمه ی اصلی آنها دسترسی مناسب به محل احتمالی خرابی است که ممکن است در برخی از موارد، بعضی از نواحی بحرانی سازه غیر قابل دسترس باشند.

به علت محدودیت های روشهای موضعی[۶]، تلاشها بر روی گسترش روش های تشخیص خرابی برپایه ی روشهای استاتیکی و دینامیکی که روشهای عمومی کنترل سلامت سازه هستند، متمرکز شدند. در روش های عمومی، تغییرات پارامترهایی از سازه مانند جابجایی، کرنش و پارامترهای مودال، در نتیجه ی خرابی را، به تغییرخواص فیزیکی سازه از قبیل سختی(سطح مقطع، ممان اینرسی)، جرم ومیرایی آن نسبت می دهند. در این نوع روش ها ابتدا از طریق آزمایشات، تغییرات پارامترهای مودال و یا پارامترهای استاتیکی از قبیل کرنش و یا جابجایی بدست آمده و سپس از طریق آنها، خرابی و مکان آن بر روی سازه تعیین می شوند. بسته به پارامترهای انتخاب شده و نیز راه های مختلف تفسیر نتایج، روشهای مختلفی برای تشخیص خرابی بدست می آیند. (Liu et al ۲۰۰٤)

۱-۲ کنترل سلامت سازه

اجرای یک استراتژی تشخیص خرابی که با تحت نظر گرفتن مداوم سازه در طول زمان و با استفاده از اندازه گیری های انجام شده در فاصله های متناوب می تواند وضعیت سلامت سازه را معین کند، کنترل سلامت سازه نامیده می شود. این روش در ابتدا تنها در صنعت هوا فضا بکارگرفته شده و ایده ی اصلی آن تحت نظر داشتن قسمت های حیاتی سازه و گرفتن اخطارهای اولیه در صورت خرابی در زمان مناسب بود، اما امروزه این روش برای تشخیص خرابی درسازه های مهندسی هوافضا، عمران و مکانیک بکارگرفته می شود و با گذشت زمان با توجه به پیشرفت های صورت گرفته و کاهش قیمت حسگرها، استفاده از آن در سازه های عمرانی رواج بیشتری پیدا کرده است.

---

۱. Structural Health Monitoring
۲. Acoustic
۳. Ultrasonics
٤. Radiography
٥. Magnetic particles
٦. Local