بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی عمران

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی عمران

گرایش سازه

کاربرد روش‌های تنظیم‌کننده در عیب‌یابی سازه‌ها جهت مقاوم‌شدن در برابر خطاهای آزمایشگاهی

مؤلف :

حمزه کاراموزیان

استاد راهنما :

دکتر عیسی سلاجقه

استاد مشاور :

دکتر جواد سلاجقه

بهمن‌ماه ۱۳۹۰

تقدیم به :

پدر و مادرم

و

همه‌ی کسانی که آموختند به من آموختن را.

تشکر و قدردانی :

"الحمدالله رب العالمین"

سپاس فقط از آن خداییست که منشأ تمام خوبی‌هاست. بی‌شک لطف خدای مهربان موجب موفقیت تمامی موجودات است.

"من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق"

بر خود لازم می‌دانم از استاد بزرگوار، جناب آقای پروفسور عیسی سلاجقه که راهنمایی‌های بی‌دریغ و ارزشمند ایشان راهگشای بنده در تهیه این پایان‌نامه بوده است، صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

از زحمات جناب آقای سیدصادق ناصرعلوی که از ابتدا زحمات فراوانی جهت راهنمایی بنده متحمل شدند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین از زحمات و راهنمایی‌های جناب آقای دکتر عبدالرضا صفری عضو هیئت علمی بخش نقشه‌برداری دانشگاه تهران، در زمینه حل معکوس تشکر فراوان دارم.

در پایان از پشتیبانی‌های خانواده عزیزم و مساعدت دوستان مهربانم کمال تشکر را دارم.

برای تمامی کسانی که به نحوی به بنده در تهیه این پایان‌نامه، یاری رسانده‌اند، آرزوی سلامتی و موفقیت دارم. دعای خیر حقیر پشتیبان آن‌ها خواهد بود. ان‌شاالله.

چکیده

امروزه عیب‌یابی سازه‌ها به منظور جلوگیری از خرابی سازه‌ها یکی از فعال‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی است که توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است. به طور کلی می‌توان به مسئله عیب‌یابی به صورت حل دستگاه معادلات غیرخطی نگاه کرد. جهت بدست‌آوردن پارامترهای خرابی، دستگاه معادلات غیرخطی وابسته پس از خطی‌سازی حل می‌شود. این تحقیق به عیب‌یابی سازه‌ها تحت تحریک دینامیکی با استفاده از پاسخ‌های اندازه‌گیری‌شده می‌پردازد. پاسخ‌های شتاب سازه بوسیله شتاب‌سنج‌ها ثبت می‌شوند که برای عیب‌یابی تحت بار دینامیکی تعبیه شده‌اند. از این رو شتاب‌های ثبت‌شده منشأ خطا می‌باشند. این خطاها ممکن است به نتایج نادرست برای شناسایی پارامترهای خرابی منجر شوند. در ریاضیات برای تسهیل حل دستگاه معادلات خطی در مقابل این قبیل خطاها، روش‌های پایدارسازی(منظم‌سازی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. پایدارسازی تیخونوف و پایدارسازی تجزیه مقادیر منفرد منقطع دو روش از بهترین روش‌های پایدارسازی می‌باشند. ایده اصلی این روش‌ها، مقیاس‌کردن خطای گوسی به سمت مبدأ در جهت‌های متعامد مختلف با ضرایب مقیاس متفاوت و کوچک‌تر از یک می‌باشد. در تحقیق حاضر این روش‌ها برای بهبود نتایج در مقابل شتاب‌های اندازه‌گیری‌شده خطادار استفاده می‌شوند. برای مطالعه موردی خرپای دوبعدی در نظر گرفته شده است. نتایج بدست‌آمده اثر مثبت این روش را در عیب‌یابی دقیق سازه‌ها نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی : عیب‌یابی سازه‌ها، روش‌های پایدارسازی، حل معکوس، خطاهای اندازه‌گیری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کلیات ۲

۱-۲- هدف پژوهش ۲

۱-۳- روش‌های انجام پژوهش ۲

۱-۴- فرآیند انجام پژوهش ۳

۱-۵- نرم‌افزارهای مورد استفاده ۳

فصل دوم: عیب‌یابی سازه‌ها

۲-۱- مقدمه ۵

۲-۲- بیان مسئله عیب‌یابی سازه‌ها ۸

۲-۳- آنالیز حساسیت در مسئله عیب‌یابی ۱۰

۲-۴- روش تکرار نیوتن-رافسون ۱۲

۲-۵- انواع خطاها و مدل‌سازی خطا ۱۴

فصل سوم: روش‌های حل معکوس و پایدارسازی(منظم‌سازی)

۳-۱- مقدمه ۱۹

۳-۲- تفاوت دستگاه معادلات خوش‌شرایط و بدشرایط ۲۰

۳-۳- حل معکوس ۲۲

۳-۴- شبه‌معکوس ۲۳

۳-۵- تجزیه مقادیر منفرد ۲۵

۳-۵-۱- تجزیه مقادیر منفرد معمولی ۲۶

۳-۵-۲- تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته ۲۸

فهرست مطالب(ادامه)

عنوان **صفحه**

۳-۶- محاسبه شبه‌معکوس از روش تجزیه مقادیر منفرد ۳۰

۳-۷- روش حداقل مربعات ۳۲

۳-۸- روش‌های پایدارسازی در حل معکوس ۳۲

۳-۸-۱- انواع روش‌های پایدارسازی(منظم‌سازی) ۳۳

۳-۸-۲- پایدارسازی تیخونوف ۳۶

۳-۸-۳- پایدارسازی تجزیه مقادیر منفرد منقطع ۴۰

۳-۹- استراتژی پایدارسازی ۴۵

۳-۱۰- انتخاب پارامتر پایدارسازی بهینه ۴۷

۳-۱۰-۱- روش منحنی "ال-شکل" (LCM) ۴۸

۳-۱۰-۲- روش اعتبار متقاطع تعمیم‌یافته (GCV) ۵۰

۳-۱۱- تعبیر هندسی پایدارسازی ۵۲

۳-۱۲- انطباق روش‌های پایدارسازی در عیب‌یابی سازه‌ها ۵۵

۳-۱۳- ضابطه همگرایی در روش‌های پایدارسازی ۵۵

۳-۱۳-۱- ضابطه همگرایی در پایدارسازی تیخونوف ۵۶

۳-۱۳-۲- ضابطه همگرایی در پایدارسازی تجزیه مقادیر منفرد منقطع ۵۷

۳-۱۳-۳- ضابطه همگرایی در پایدارسازی تیخونوف انطباقی ۵۸

۳-۱۴- روش انتخاب زیرمجموعه ۵۸

فصل چهارم: مثال‌ها و ارائه نتایج

۴-۱- مقدمه ۶۰

۴-۲- خرپای سی‌ویک عضوی ۶۰

فهرست مطالب(ادامه)

عنوان **صفحه**

۴-۲-۱- خرپای سی و یک عضوی بدون خطای وارد شده به پاسخ‌های آن..... ۶۱
۴-۲-۲- خرپای سی و یک عضوی با ۱٪ خطای وارد شده به پاسخ‌های آن ۶۳
۴-۲-۳- خرپای سی و یک عضوی با ۵٪ خطای وارد شده به پاسخ‌های آن ۶۶
۴-۲-۴- خرپای سی و یک عضوی با ۱۰٪ خطای وارد شده به پاسخ‌های آن ۶۸
۴-۲-۵- بررسی تکرار پایدارسازی..... ۶۹
۴-۲-۶- بررسی ضابطه همگرایی ۷۱
۴-۳- نتیجه‌گیری..... ۷۴
۴-۴- پیشنهادها ۷۵

منابع و مأخذ

منابع ۷۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱ : نمایش اجزای روش‌های عیب‌یابی کلی[۱].....۶

شکل۲-۲ : نمایش شماتیک روش نیوتن-رافسون ۱۳

شکل۳-۱ : انواع روش‌های پایدارسازی.....۳۵

شکل۳-۲ : تغییرات ضرایب فیلتر در مقابل مقادیر منفرد برای دو روش پایدارسازی[۲۳] ۴۲

شکل۳-۳ : نمایش شماتیک منحنی "ال-شکل"[۲۰].....۴۹

شکل۳-۴ : منحنی "ال-شکل" و انحنای آن[۶].....۵۰

شکل۳-۵ : پارامتر پایدارسازی در مقابل a) (GCV) و b) خطا[۲۳].....۵۲

شکل۳-۶ : بردار پاسخ در فضای پاسخ دوبعدی و مدل کره خطا.....۵۳

شکل۳-۷ : بردار تغییرات خرابی در فضای جواب (پارامتر بروزرسانی).....۵۴

شکل۳-۸ : ضابطه همگرایی در پایدارسازی تیخونوف در هر تکرار[۶].....۵۷

شکل۴-۱ : سازه خرپایی سی‌ویک عضوی دوبعدی.....۶۰

شکل۴-۲ : نمودار همگرایی خرابی در مقابل تکرارها در روش حداقل مربعات.....۶۲

شکل۴-۳ : نمودار مقدار خرابی هر المان در روش‌های حل معکوس ۶۲

شکل۴-۴ : منحنی "ال-شکل" و انحنای متناظر با گوشه و پارامتر پایدارسازی انتخابی ۶۴

شکل۴-۵ : تابع اعتبار متقاطع تعمیم‌یافته و مقدار پارامتر پایدارسازی بهینه انتخابی ۶۴

شکل۴-۶ : نمودار جعبه‌ای با ۲۰ تکرار روش پایدارسازی تیخونوف-خطا ۵ درصد ۶۷

شکل۴-۷ : مقایسه مؤلفه فیزیکال در روش‌های حل معکوس.....۶۹

شکل۴-۸ : ضابطه همگرایی در پایدارسازی تیخونوف در هر تکرار ۷۱

شکل۴-۹ : ضوابط همگرایی در پایدارسازی منقطع در هر تکرار.....۷۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱ : مقایسه دستگاه معادلات بدشرایط و خوش‌شرایط..... ۲۲

جدول۴-۱ : مقایسه روش‌های پایدارسازی-سطح خطای ۱ درصد..... ۶۵

جدول۴-۲ : مقایسه روش‌های پایدارسازی-سطح خطای ۵ درصد..... ۶۶

جدول۴-۳ : مقایسه روش‌های پایدارسازی-سطح خطای ۱۰ درصد..... ۶۸

جدول۴-۴ : مقایسه روش پایدارسازی تیخونوف با تکرار تیخونوف..... ۷۰

جدول۴-۵ : سناریوهای خرابی مورد بررسی در خرپای ۳۱ عضوی..... ۷۳

فهرست علائم

a: پاسخ شتاب سازه

$a_{measured}$: پاسخ اندازه‌گیری شده از سازه در آزمایشگاه

$a_{calculated}$: پاسخ بدست‌آمده از سازه مدل‌شده در رایانه

Δa: تغییرات پاسخ شتاب سازه

Δa^{exact}: تغییرات پاسخ شتاب بدون خطا

A: سطح مقطع اعضای سازه

A_k: ماتریس ضرائب در پایدارسازی تیخونوف(تکرار k اُم)

e: خطای ناشی از اندازه‌گیری پاسخ‌ها

E: مدول الاستیسیته یا مدول یانگ

E_p: سطح خطا

f_i: ضرایب فیلتر در روش‌های پایدارسازی

$F_{Tikhonov}$: تابع هدف در روش پایدارسازی تیخونوف

$F_{Adp-tikh}$: تابع هدف در روش پایدارسازی تیخونوف انطباقی

I: ماتریس همانی

k: شماره گام در تکرار نیوتن-رافسون

K: دامنه اعداد ماتریس، ماتریس فرضی در بخش اپراتور معکوس

l: درجه آزادی دارای حسگر

L: پایه مناسب برای فضای جواب‌ها در تجریه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

m: تعداد اعضای سازه، تعداد ستون‌های ماتریس حساسیت

M: ماتریس قطری شامل مقادیر منفرد L در تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

n: تعداد سطرهای ماتریس حساسیت

فهرست علائم(ادامه)

ne: تعداد اعضای سازه

nse: تعداد حسگرها

nt: تعداد گام‌های شتاب ثبت‌شده

N: تعداد حسگرها

N_{oise}: بردار متغیر تصادفی نرمال با میانگین صفر و انحراف معیار واحد

$N(,)$: توزیع نرمال

p: تعداد مقادیر منفرد در تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

r: پارامتر پایدارسازی در روش پایدارسازی تجزیه مقادیر منفرد منقطع

r_k: بردار معلومات در پایدارسازی تیخونوف(تکرار k اُم)

$rank(S)$: رتبه ماتریس حساسیت

R: بردار شامل پاسخ‌های سازه

R_d: بردار شامل پاسخ‌های سازه ناسالم

R_{di}: پاسخ ناشی از خرابی مصنوعی عضو i اُم

R_h: بردار شامل پاسخ‌های سازه سالم

ΔR: تغییرات پاسخ سازه

$\frac{\partial R}{\partial X}$: مشتق پاسخ نسبت به خرابی

$\frac{\partial^2 R}{\partial X^2}$: مشتق دوم پاسخ نسبت به خرابی

s_i: ستون i اُم ماتریس حساسیت

S: ماتریس حساسیت

S^+: شبه‌معکوس ماتریس حساسیت

$S^\dagger$: شبه‌معکوس ماتریس حساسیت

فهرست علائم(ادامه)

S^{-1}: معکوس ماتریس حساسیت

S^{T}: ترانسپوز ماتریس حساسیت

S^{*}: هرمیتین ترانسپوز ماتریس

$S^{\#}$: شبه‌معکوس پایدارشده

$S1$: ماتریس قطری شامل مقادیر منفرد S در تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

t: زمان

u_i: بردار منفرد چپ i اُم در تجزیه مقادیر منفرد

U: ماتریس شامل بردارهای منفرد چپ در تجزیه مقادیر منفرد

v_i: بردار منفرد راست i اُم در تجزیه مقادیر منفرد

V: ماتریس شامل بردارهای منفرد راست در تجزیه مقادیر منفرد

x_i: میزان آسیب در عضو i اُم

X: بردار شامل خرابی اعضای سازه

$X1$: ماتریس شامل بردارهای منفرد راست در تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

$X_{*,k}$: بردار پایدارسازی انطباقی در گام k اُم

ΔX: پارامتر بروزآوری خرابی سازه

ΔX^{exact}: پارامتر بروزآوری بدست آمده از پاسخ‌های بدون خطا

$\Delta X^{inexact}$: پارامتر بروزآوری بدست آمده از پاسخ‌های خطادار

ΔX^{error}: پارامتر بروزآوری بدست آمده از خطا

Y: بردار متغیر تصادفی با توزیع نرمال

λ: پارامتر پایدارسازی در روش‌های پایدارسازی

λ_{opt}: پارامتر پایدارسازی بهینه در روش‌های پایدارسازی

فهرست علائم(ادامه)

γ_i: مقدار منفرد i اُم در تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

μ_i: مقادیر منفرد L در تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

$\mu 1$: بردار میانگین

σ_i: مقدار منفرد i اُم در تجزیه مقادیر منفرد

ε: مقدار عددی بسیار کوچک

ε_1: رواداری حل در روش منظم‌سازی منقطع(معیار همگرایی)

ε_2: رواداری حل در روش منظم‌سازی منقطع(معیار همگرایی)

ξ_1: ضریب ماتریس سختی جهت مدل‌سازی ماتریس میرایی در میرایی رایلی

ξ_2: ضریب ماتریس جرم جهت مدل‌سازی ماتریس میرایی در میرایی رایلی

η: اندازه جواب بدست آمده از روش‌های پایدارسازی

ρ: اندازه باقیمانده بدست آمده از روش‌های پایدارسازی

$\boldsymbol{\rho}$: جرم حجمی

Σ: ماتریس قطری شامل مقادیر منفرد در تجزیه مقادیر منفرد

$\Sigma 1$: ماتریس کواریانس

Γ: ماتریس قطری شامل مقادیر منفرد در تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

Ω: تابع جریمه در روش پایدارسازی تیخونوف

Θ: ماتریس قطری شامل ضرایب فیلتر در روش‌های پایدارسازی

$\| \|_2$: نرم ۲ یا اندازه بردار یا مجذور مجموع مربعات درایه‌های ماتریس

فهرست اختصارات

diag: تابعی که اعداد ورودی را روی قطر اصلی ماتریس مربعی با درایه‌های صفر قرار می‌دهد.

GCV: روش اعتبار متقاطع تعمیم‌یافته جهت انتخاب پارامتر پایدارسازی بهینه

GSVD: تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته

G −Tikh: روش پایدارسازی تیخونوف تعمیم‌یافته

LS: روش حداقل مربعات

L −curve: روش منحنی "ال-شکل" جهت انتخاب پارامتر پایدارسازی بهینه

LCM: روش منحنی "ال-شکل" جهت انتخاب پارامتر پایدارسازی بهینه

min: مقدار حداقل

$r(S)$: رتبه ماتریس حساسیت

Reg: روش پایدارسازی

SDD: عیب‌یابی سازه

SHM: کنترل سلامتی سازه

SVD: تجزیه مقادیر منفرد معمولی

trace: تابعی که مجموع درایه‌های روی قطر اصلی را محاسبه می‌کند.

TGSVD: روش پایدارسازی تجزیه مقادیر منفرد تعمیم‌یافته منقطع

Tikh: روش پایدارسازی تیخونوف

TSVD: روش پایدارسازی تجزیه مقادیر منفرد منقطع

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- کلیات

در این فصل به تعریف موضوع پژوهش، ضرورت و هدف از انجام آن و روش‌های انجام این تحقیق پرداخته می‌شود. در پایان خلاصه‌ای در مورد فصول مختلف این پژوهش بیان می‌شود.

با توجه به اهمییت قابل توجه سازه‌های مهم عمرانی از جمله پل‌ها، اطمینان از صحت ساخت و نگهداری آنها در زمان بهره‌برداری ضروری می‌باشد. از این رو بررسی مداوم و دوره‌ای و کنترل سلامتی سازه[1] (SHM) برای تشخیص سریع عیوب سازه بخصوص پس از حوادث فجیع اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. عیب‌یابی سازه‌ها[2] (SDD) با دو روش محلی و کلی صورت می‌گیرد. روش‌های محلی همچون بازدید عینی و اشعه ایکس در سازه‌های بزرگ وقت‌گیر، پرهزینه و مستلزم دسترسی به اعضای سازه می‌باشند. روش‌های کلی برای غلبه بر این مشکلات با استفاده از پاسخ‌های ناشی از تحریک سازه شکل گرفتند. تحلیل بر روی پاسخ‌های ثبت شده توسط حسگرها صورت می‌گیرد. ضمناً حسگرها دارای خطای اندازه‌گیری ذاتی می‌باشند. با توجه به اینکه به مسئله عیب‌یابی به صورت حل معکوس دستگاه معادلات توجه می‌شود؛ بنابراین این خطاها حل دقیق مسئله و عیب‌یابی را دچار مشکل می‌سازند. برای مقابله با این مشکل روش‌های پایدارسازی توسعه یافتند. این روش‌ها به مقاوم شدن مسئله به خطا کمک زیادی کرده و فرآیند حل را همگرا می‌سازند.

۱-۲- هدف پژوهش

در این پژوهش هدف به حداقل رساندن اثر خطا بر عیب‌یابی سازه‌ها با استفاده از روش‌های پایدارسازی می‌باشد. با توجه به اینکه در مسائل عملی خطا جزئی از مسئله است، توجه به این مقوله در عیب‌یابی سازه‌ها ضروری بنظر می‌رسد.

۱-۳- روش‌های انجام پژوهش

در این پژوهش مسئله عیب‌یابی، به صورت حل دستگاه معادلات غیرخطی بیان می‌شود که در آن پاسخ‌های سازه بردار معلومات و عیوب اعضای سازه، بردار مجهولات می‌باشند. با حل معکوس

[1] Structural Health Monitoring
[2] Structural Damage Detection

دستگاه معادلات فوق، بردار خرابی حاصل می‌شود. برای خطی‌سازی دستگاه معادلات مطرح‌شده، از روش نیوتن-رافسون استفاده شده است. محاسبه ماتریس ضرایب در این دستگاه معادلات، با تحلیل حساسیت انجام شده است. روش حداقل مربعات در حل معکوس و روش‌های پایدارسازی تیخونوف و تجزیه مقادیر منفرد منقطع در حل معکوس پایدار مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با روش‌های مطرح‌شده می‌توان به عیب‌یابی مقاوم سازه‌ها در برابر خطا پرداخت.

۱-۴- فرآیند انجام پژوهش

در این قسمت برای توضیح فرآیند انجام پژوهش، به تشریح کلی مطالب هر فصل پرداخته می‌شود. در فصل دوم مباحث عیب‌یابی سازه‌ها، روش‌های مورد استفاده در این پژوهش برای عیب‌یابی سازه‌ها، تحلیل حساسیت و خطی‌سازی و مدل بروز شونده توضیح داده شده‌اند. در ادامه در فصل سوم روش‌های ریاضی حل معکوس و روش‌های پایدارسازی حل معکوس مورد استفاده در مسئله عیب‌یابی، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای مقایسه و تفهیم مطالب بیان شده، در فصل چهارم مثال‌ها و نتیجه‌گیری پژوهش قرار گرفته است.

۱-۵- نرم‌افزارهای مورد استفاده

مدل‌سازی سازه در نرم‌افزار اپن‌سیس[1] صورت گرفته است. از خصوصیات بارز این نرم‌افزار سرعت بالای تحلیل آن می‌باشد که به فرآیند حل مسئله عیب‌یابی مطرح شده کمک بسیار زیادی می‌کند. تحلیل و اجرای روش‌های ریاضی جهت عیب‌یابی در نرم‌افزار متلب[2] انجام شده است. از مزایای این دو نرم‌افزار ارتباط آسان و سریع آن‌هاست که عیب‌یابی سازه‌ها را با رایانه شخصی در مدت زمان مناسبی قابل انجام می‌سازد.

[1] Open System For Earthquake Engineering Simulation (OpenSees)
[2] Matrix Laboratory (Matlab)

فصل دوم:

عیب یابی سازه ها

۲-۱- مقدمه

عیب‌یابی به موقع سازه به منظور تعمیر سریع، جهت جلوگیری از پیشروی آسیب و تأمین ایمنی و کارایی سازه با حداقل هزینه ضرورت دارد. وجود عیب و خرابی جزئی در سازه منشأ وقوع خرابی کلی و تهدیدی در رفتار سازه‌ها محسوب می‌شود. از طرفی برای ساختمان‌های مهم مانند بیمارستان‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز کنترل، پل‌های بزرگ، نیروگاه‌ها و منابع آب، ارزیابی فوری سلامتی آن‌ها بعد از حوادث بزرگ ضروری است. در بسیاری از موارد، خرابی قریب‌الوقوع ساختمان ممکن است از ظاهر آن مشهود نباشد. بعنوان نمونه در زلزله سال ۱۹۹۴ نورث‌ریج کالیفرنیا، چندین ساختمان که بوسیله زلزله اصلی ضعیف شده‌بودند اما فرونریخته بودند، وقتی که یک پس‌لرزه شدید اتفاق افتاد فروریختند. بنابراین، با شناسایی به موقع ساختمان‌های بحرانی تخریب‌نشده و تخلیه‌ی ساکنین آن‌ها می‌توان از تلفات جانی بسیاری جلوگیری کرد[۱]. از این رو عیب‌یابی سازه‌ها یکی از ضروری‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی می‌باشد که به افزایش عمر سازه و کنترل خرابی در سازه‌ها کمک می‌کند. روش‌های عیب‌یابی بطور کلی به دو دسته روش‌های محلی و کلی تقسیم‌بندی می‌شوند. در گذشته روش‌های عیب‌یابی محلی[۱] بیشترین کاربرد را در تشخیص آسیب‌های سازه‌ای داشتند. از ابتدایی‌ترین این روش‌ها می‌توان به بازدید چشمی اشاره کرد. امروزه تکنیک‌های غیرمخرب و پرهزینه‌ای برای عیب‌یابی محلی گسترش یافته‌اند که ازجمله آن‌ها می‌توان به روش‌های صوتی، فراصوتی، مغناطیسی و استفاده از اشعه ایکس اشاره نمود. استفاده از روش‌های محلی علاوه بر وقت‌گیر بودن مستلزم دسترسی به اعضای سازه می‌باشد که در اکثر مواقع امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرفی ناحیه آسیب‌دیده باید مشخص باشد. امروزه به دلیل افزایش ابعاد سازه‌ها و پیچیده‌تر شدن ساختار آن‌ها از کارایی این روش کاسته شده‌است. با توجه به معایب و مشکلات ذکر شده در روش‌های محلی، روش‌های عیب‌یابی کلی[۲] شکل گرفتند. این روش‌ها مبتنی بر پاسخ‌های[۳] ناشی از تحریک[۴] سازه می‌باشند. همانطورکه می‌دانیم وجود آسیب در سازه موجب تغییر در مشخصات فیزیکی سازه و به طبع آن، تغییر در پاسخ‌های ناشی از تحریک سازه می‌گردد. برای مثال، کاهش در سختی که به علت وجود خرابی ایجاد شده ممکن است فرکانس طبیعی سازه و سایر پاسخ‌های سازه را تغییر دهد. بنابراین واضح است که خرابی می‌تواند توسط تحلیل پاسخ‌ها و تغییرشکل‌های ارتعاشی سازه شناخته شود. با بررسی و

[1] Local Damage Detection
[2] Global Damage Detection
[3] Responses
[4] Excitation