بسم الله الرحمن الرحيم

٣٠٩١٤

مرکز اطلاعات علمی ایران
تاریخ مدارک
۱۳۷۹/۸/۱

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی
بخش مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - سازه

تحت عنوان

طراحی بهینه قابهای فولادی با اعمال بار زلزله به روش استاتیکی معادل و شبه دینامیکی آئین نامه

نگارش:

علی توکلی

8489

استاد راهنما:

پرفسور عیسی سلاجقه

شهریور ماه ۱۳۷۸

۳۰۹۸۴

(ب)

بسمه تعالی

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی عمران

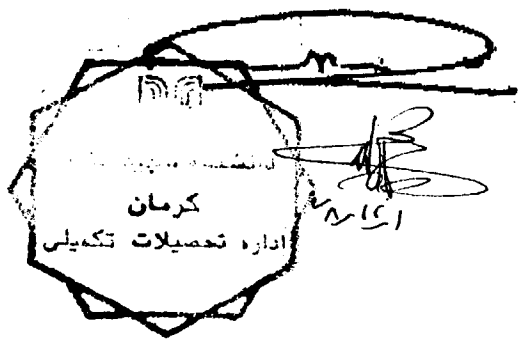
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور

شناخته نمی شود

دانشجو: علی توکلی

استاد راهنما: دکتر عیسی سلاجقه



داور۱: دکتر علیرضا رهائی

داور۲: دکتر محمد جواد فدائی

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که واژه‌های فداکاری و استقامت را به زیبایی برایم معنا نمودند.

و همسر مهربانم که امیدبخش لحظه‌لحظهٔ تکاپویم بود.

به نام یکانه معبود

سپاس خداوند را که ما را توان آموختن علم عطا فرمود و گوهر علم را زیبا بنمود تا در پی کسب آن برائیم. بار پروردگارا علم و دانش دنیوی‌یمان را پله‌ای جهت گام نهادن در وادی علم اخروی قرار ده و ما را از سیاهی و ظلمت جهل بسوی نورانیت و روشنایی علم رهنمون فرما.

بر خود لازم می‌دانم از تمامی عزیزانی که در به انجام رسیدن این تحقیق اینجانب را یاری نمودند کمال تشکر و امتنان خود را ابراز نمایم چه اینکه آفریدگار بی‌همتا فرمود.

«من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق»

از استاد گرانقدر و ارجمندم جناب آقای پرفسور سلاجقه بجهت راهنمائیهای ارزنده و تشویق و ترغیبهای فراوانشان که مسلماً بدون رهنمودهای ارزشمند ایشان امکان دستیابی به نتیجه مطلوب مسیر نمی‌گشت. از داوران محترم جناب آقای دکتر رهایی و دکتر فدایی که قبول زحمت نموده و ضمن مطالعه این تحقیق نکاتی جهت ارتقاء سطح کیفی آن متذکر شدند. از مدیریت محترم بخش عمران جناب آقای دکتر رهگذر، ریاست محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه جناب آقای دکتر ناصح زاده و همچنین مشوق و معلم محترمم جناب آقای حسین‌پور تشکر می‌نمایم.

ضمناً ازکلیه دوستان عزیزم خصوصاً آقای دکتر علی حیدری، زنده یاد دکتر ترکمانی، آقای مهندس رحمانی، آقای مهندس مهدی مریدی، آقای مهندس محسن شعاعی، آقای مهندس مهدی کیانی نژاد، آقای محسن یزدانی، آقای جمال آرا، آقای وحید یزدانفر، آقای محمد کوهپازاده، آقای اکبر خادم حسینی و برادر ارجمندم آقا رضا تشکر نموده و برای همگی آنها آرزوی موفقیت می‌نمایم.

چکیده

دستیابی به بهترین نتیجه ممکن برای یک سیستم در شرایط داده شده را بهینه سازی گویند . اگرچه بسته به نوع سیستم بهترین نتیجه متفاوت خواهد بود ، اما هدف نهائی در تمام آنها کمینه کردن هزینه لازم و یا بیشینه نمودن سود موردنظر میباشد . دربهینه سازی قابهای فولادی نیز تلاش می شود تاطرح نهائی قاب دارای حداقل وزن باشد زیرا کاهش وزن قاب در سازه های فولادی تاثیر مستقیم بر کاهش هزینه ها خواهد داشت . در طراحی قابهای فولادی عموما ارضای کلیه ضوابط آئین نامه ای شرط لازم برای قابل قبول بود ن مشخصات یک عضو می باشد ، اما در بهینه سازی قابهای فولادی علاوه بر تامین ضوابط آئین نامه شرط حداقل نمودن وزن قاب نیز در نظر گرفته میشود .دراین تحقیق برای بهینه سازی قاب از روش جهات امکان پذیر استفاده شده است . در این روش جهت حرکت به سمت نقطه بهینه به گونه ای انتخاب می شود که اولا بایک حرکت کوچک در آن جهت هیچ قیدی نقض نشود وثانیا مقدار تابع هدف بتواند در آن جهت کاهش یابد . برای طراحی قاب علاوه بر بارهای ثقلی بایستی بارهای جانبی ناشی از زلزله نیز در نظر گرفته شود . برای محاسبه بار جانبی ناشی از زلزله ، آئین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران سه روش زیر را مشخص نموده است:

الف) روش تحلیل استاتیکی معادل ، ب) روش تحلیل شبه دینامیکی ، پ) روش تحلیل دینامیکی

در این تحقیق بار جانبی زلزله به دو روش تحلیل استاتیکی معادل وتحلیل شبه دینامیکی به قاب اعمال شده و قاب بهینه می گردد از آنجا که لازمه بهینه سازی در دست بودن تابع هدف وتوابع محدودیت می باشد ودر اکثر مسائل مهندسی از جمله بهینه سازی قابها توابع محدودیت بصورت صریح در دسترس نبوده و بصورت ضمنی می باشند ، لذا چنانچه بتوان آنها را بنحو مناسبی تقریب سازی نمود هزینه محاسبات کامپیوتری بنحو چشمگیری کاهش خواهد یافت . بدیهی است هرچه تابع تقریب زده شده به تابع واقعی نزدیکتر باشد تقریب سازی دقیقتر وطرح بهینه در زمان کوتاهتری حاصل میشود . در این تحقیق با توجه به روشهای اعمال بار جانبی از تقریب سازیهای متفاوت برای محاسبه توابع محدودیت در هر روش استفاده می شود . در روش تحلیل استاتیکی معادل نیروهای داخلی اعضا به روش خطی تقریب سازی می شوند وبرای محاسبه مشتق نیروهای داخلی از روش تفاضل محدود استفاده می شود . در روش تحلیل شبه دینا میکی نیز جهت محاسبه فرکانس طبیعی ومودهای ارتعاشی سازه از تقریب خطی آنها وبرای محاسبه مشتقات آنها از روشهای عددی استفاده میشود . علاوه بر

مسائل فوق ، بالا بودن تعداد متغیرهای طراحی نیز موجب افزایش هزینه محاسبات کامپیوتری خواهد شد . لذا بایستی تا حد امکان از تعداد آنها کاسته شود . یکی از راههای کاهش تعداد متغییرهای طراحی مرتبط ساختن آنها به یکدیگر میباشد . در این تحقیق نشان خواهیم دا د برای پروفیلهای استاندارد می توان خصو صیات یک مقطع مانند ممان اینرسی ، مدول مقطع ومساحت مقطع را به هم مرتبط ساخت .در پایان علاوه بر بیان روند بهینه سازی قابهای فولادی باروشهای مختلف اعمال بار زلزله چند مثال عددی ارائه میشود .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: روش بهینه سازی

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ تاریخچه ۱

۱-۳ بیان مسئله بهینه سازی ۳

۱-۳-۱ بردار طراحی ۴

۱-۳-۲ قیدهای طراحی ۴

۱-۳-۳ سطح قید ۴

۱-۳-۴ تابع هدف ۶

۱-۳-۵ سطوح تابع هدف ۷

۱-۴ روشهای بهینه سازی ۸

۱-۵ روش جهات امکان پذیر ۹

۱-۵-۱ یافتن جهت‌های جستجو ۱۲

۱-۵-۱-۱ محدودیتهای غیر فعال ۱۳

۱-۵-۱-۲ محدودیتهای فعال ۱۳

۱-۵-۱-۳ محدودیتهای نقض شده ۱۴

۱-۵-۲ تعیین طول گام ۱۵

فصل دوم: محدودیتهای طراحی

۲-۱ متغیرهای طراحی و چگونگی کاهش تعداد آنها ۱۸

۲-۲ قیدهای طراحی ۲۱

۲-۲-۱ تنش مجاز خمشی ۲۱

عنوان **صفحه**

۲-۲-۲ تنش مجاز فشاری ۲۲

۲-۲-۳ تنش مجاز کششی ۲۳

۲-۲-۴ تنش مجاز برشی ۲۳

۲-۲-۵ محدودیت ضریب لاغری ۲۳

۲-۲-۶ محدودیت تغییر مکان نسبی طبقات ۲۴

۲-۳ استاندارد کردن ضوابط و شرایط آئین نامه ۲۴

فصل سوم: اصول کلی طرح بهینه قابهای فولادی

۳-۱ مقدمه ۲۷

۳-۲ روند اجرای برنامه ۲۹

۳-۳ تشریح برنامه تحلیل ماتریسی ۳۱

۳-۴ محاسبه بار زلزله ۳۵

۳-۴-۱ روش تحلیل استاتیکی معادل ۳۶

۳-۴-۲ روش تحلیل شبه دینامیکی ۳۷

۳-۵ تعیین ماتریس جرم برای یک تیر تحت بار یکنواخت ۳۹

فصل چهارم: تقریب سازی توابع محدودیت

۴-۱ مقدمه ۴۱

۴-۲ تقریب سازی یک نقطه ۴۱

۴-۲-۱ تقریب خطی ۴۱

۴-۲-۲ تقریب معکوس ۴۲

۴-۳ تقریب دو نقطه‌ای ۴۲

۴-۳-۱ تقریب معکوس اصلاح شده ۴۳

عنوان **صفحه**

۴-۳-۲ تقریب توانی ۴۳

۴-۳-۳ تقریب توانی با توان ثابت ۴۴

۴-۳-۴ تقریب توانی اصلاح شده I ۴۵

۴-۳-۵ تقریب توانی اصلاح شده II ۴۵

۴-۴ محاسبه مشتقات ۴۶

۴-۴-۱ محاسبه مشتق نیروهای داخلی بروش دقیق ۴۷

۴-۴-۲ محاسبه مشتق نیروهای داخلی بروش تفاضل محدود ۴۸

۴-۴-۳ مشتق مقادیر و برادرهای ویژه ۴۹

۴-۴-۴ مشتق ماتریسهای سختی و جرم ۵۰

فصل پنجم: روند اجرای برنامه در هر روش و ارائه مثالهای عددی

۵-۱ مقدمه ۵۱

۵-۲ طراحی بهینه قابهای فولادی با اعمال بار زلزله به روش استاتیکی معادل و بصورت دقیق ... ۵۲

۵-۳ طراحی بهینه قابهای فولادی با اعمال بار زلزله به روش استاتیکی معادل و بصورت تقریبی .. ۶۹

۵-۴ طراحی بهینه قابهای فولادی با اعمال بار زلزله به روش شبه دینامیکی و بصورت دقیق ۷۸

۵-۵ طراحی بهینه قابهای فولادی با اعمال بار زلزله به روش شبه دینامیکی و بصورت تقریبی ... ۹۱

۵-۶ طراحی بهینه قابهای فولادی با اعمال بار زلزله به روش شبه دینامیکی و با دو تقریب متوالی ۹۸

۵-۷ نتیجه گیری ۱۰۲

۵-۸ ارائه پیشنهاد برای تحقیقات بعدی ۱۰۳

مراجع

ضمیمه: برنامه بهینه سازی با پنج روش مختلف

فصل اول

روش بهینه سازی

۱-۱) مقدمه

دستیابی به بهترین نتیجه در شرایط داده شده را بهینه سازی گویند . در طراحی ساخت ، نگهداری هر سیستم مهندسی ، مهندسان باید تصمیمات تکنولوژی و مدیریتی بسیاری را در چند مرحله بگیرند . هدف نهایی چنین تصمیماتی کمینه کردن تلاش لازم و یا بیشینه کردن سود مورد نظر است . تلاش لازم یا سود مورد نظر در هر وضعیت عملی را می توان بصورت تابعی از متغیرهای تصمیم مشخص بیان کرد . بنابراین می توان بهینه سازی را به عنوان فرآیند یافتن شرایطی که مقدار بیشینه یا کمینه یک تابع را بدست میدهد تعریف کرد .

روشهای جستجوی بهینه را با عنوان روشهای برنامه ریزی ریاضی هم می شناسند که عموماً بصورت بخشی از تحقیق در عملیات مطالعه می شوند . تحقیق در عملیات شاخه ای از ریاضیات است که به کاربرد روشهای علمی در مسائل تصمیم گیری و رسیدن به بهترین جواب ، یا جواب بهینه می پردازد . روشهای برنامه ریزی ریاضی ، در یافتن کمینه تابعی از چند متغیر ، با توجه به مجموعه ای از قیدها مورد استفاده قرار می گیرند .

۱-۲) تاریخچه

گذشتهٔ روشهای بهینه سازی را می توان در روزگار نیوتن[۱] ، لاگرانژ[۲] و کوشی[۳] ردیابی کرد بسط روشهای بهینه سازی حساب دیفرانسیل با کارهای نیوتن و لایبنیتز[۴] ممکن گشت . حساب تغییرات توسط برنولی[۵] ، اولر[۶] ، لاگرانژ و ویرشتراس[۷] بنیانگذاری

---

[1] Newton
[2] Lagrange
[3] Cauchy
[4] Leibnitz
[5] Bernoli
[6] Euler
[7] Weirshtrass

شد . کوشی برای اولین بار روش تندترین کاهش را در حل مسائل کمینه سازی نامقید به کار گرفت . با این وجود در روند بهینه سازی تا قرن بیستم پیشرفت بسیار اندکی حاصل شد . در این قرن کامپیوترهای رقمی سریع ، به کارگیری روشهای بهینه سازی را ممکن ساخت و تحقیقات بیشتر برای روشهای جدید را برانگیخت . پیشرفتهای بعدی به روشهای بهینه سازی ابعاد گسترده ای داد . این پیشرفتها به چند زمینه جدید در تئوری بهینه سازی انجامید .

قابل توجه است که توسعه اصلی در زمینه روشهای عددی بهینه سازی نامقید تنها در دهه ۱۹۶۰ صورت گرفت . بسط روش سیمپلکس در ۱۹۶۳ توسط دنتزیک[1] |۱| برای مسائل برنامه ریزی خطی راه را برای توسعه روشهای بهینه سازی مقید کشود . سهم زوتندیک[2] |۲| و روزن[3] |۳و٤| در اوایل دهه ۱۹۶۰ در برنامه ریزی غیر خطی بسیار با اهمیت بوده است . گرچه روش یگانه ای که به طور کلی برای حل همه مسائل برنامه ریزی غیر خطی قابل اعمال باشد یافت نشد . کارهای کارول[4] |۵| و فیاکو[5] و مک کورمیک[6] |٦| یک مسئله مشکل را که می بایست با استفاده از روشهای شناخته شده بهینه سازی نامقید حل شود آسان کرد . برنامه ریزی هندسی در دهه ۱۹۶۰ توسط دوفین[7] ، زنر[8] و پیترسون[9] |۷| بسط یافت .

---

[1] Dantzing
[2] Zoutendijk
[3] Rosen
[4] Carroll
[5] Fiacco
[6] Mc Cormick
[7] Duffin
[8] Zener
[9] Peterson

در سالهای اخیر برای روشهای پیشرفته بهینه سازی از مفاهیم تقریبی استفاده میشود . توابعی که محاسبه آنها وقت گیر است در هر چرخه طراحی تقریب سازی میشوند . سلاجقه و وندرپلاتس [1] |۱۰-۸| در دهه ۱۹۸۰ به تقریب سازی توابع مورد نیاز در سازه های اسکلتی پرداخته اند . همچنین سلاجقه در |۱۳-۱۱| به طرح بهینه ورقها و پوسته ها با استفاده از تقریب نیروهای داخلی آنها و بکارگیری متغیرهای کسسته پرداخته است .

گراندهی [2] |۱٤| و ونگ [3] |۱۵| نیز بر روی طرح بهینه سازه ها با محدودیت فرکانس کار کرده اند . آنها نیز برای حل مشکل حجم بالای عملیات کامپیوتری از روشهای تقریبی برای حل معادلات استفاده کرده اند .

۱-۳) بیان یک مسئله بهینه سازی

یک مسئله بهینه سازی یا برنامه ریزی را می توان به صورت زیر بیان کرد : |۱٦|

$X = \{x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n\}$ را به گونه ای بیابید که $f(X)$ را به شرط قیدهای زیر کمینه کند :

$$g_j(X) \le 0 \qquad , \qquad j = 1,2,\ldots,m \qquad (۱-۱)$$

$$l_i(X) = 0 \qquad , \qquad i = 1,2,\ldots,p \qquad (۱-۲)$$

که X یک بردار n بعدی است و بردار طراحی نامیده می شود . $f(X)$ تابع هدف ، $g_j(X)$ و $l_i(X)$ به ترتیب قیدهای نامساوی و قیدهای مساوی هستند . معمولا برای آسانی در بیان شکل کلی یک مسئله بهینه سازی مقید ، از ذکر قیدهای مساوی خودداری می شود . هرچندکه روشهای متعددی برای حل مسائل با قیدهای مساوی وجود دارد . هیچ لزومی

---

[1] Vanderplaats

[2] Grandhi

[3] Wang

ندارد که تعداد متغیرها (n) و تعداد قیدهای نامساوی (m) و قیدهای مساوی (p) ارتباطی با هم داشته باشند . مسئله با شرایط فوق را یک مسئله بهینه سازی مقید مینامند .

۱-۳-۱) بردار طراحی

هر سیستم یا عنصر مهندسی با مجموعه ای از کمیتها بیان می شود که برخی از آنها به صورت متغیرهایی در فرایند تصمیم گیری ظاهر می شوند . کمیتهای معینی را که در خارج از مسئله دارای مقدار ثابتی هستند ، پارامترهای معلوم می نامند . همه کمیتهای دیگر به صورت متغیرهایی در فرآیند طراحی رفتار می کنند و متغیرهای طراحی یا تصمیم نامیده می شوند . این متغیرها را با x_i و $(i = 1,2,...,n)$ نشان می دهیم و مجموعه متغیرهای طراحی به صورت بردار طراحی $X = \{x_1, x_2, x_3, ..., x_n\}$ ارائه می شوند .

۱-۳-۲) قیدهای طراحی

در بسیاری از مسائل عملی ، نمی توان متغیرهای طراحی را به دلخواه انتخاب کرد ، بلکه این متغیرها باید ویژگیهای عملی مشخص و دیگر نیازمندیها را برآورده کنند . قیدهایی را که باید به منظور تهیه یک طرح مورد قبول ، برآورده شوند ، قیدهای طراحی میکویند . قیدهایی که محدودیتی را در رفتار و کار سیستم ارائه می کنند قیدهای رفتاری یا عملی نامیده می شوند و قیدهائیکه محدودیتهای فیزیکی مانند موجودیت ، محدوده اندازه فیزیکی ، قابلیت بسته بندی را برای متغیرهای طراحی ارائه می کنند قیدهای هندسی می نامند .

۱-۳-۳) سطح قید

یک مسئله بهینه سازی را که تنها دارای قیدهای نامساوی $g_j(X) \leq 0$ است را در نظر بگیرید . مجموعه مقادیر X که در رابطه $g_j(X)$ صدق می کنند یک ابرصفحه را در