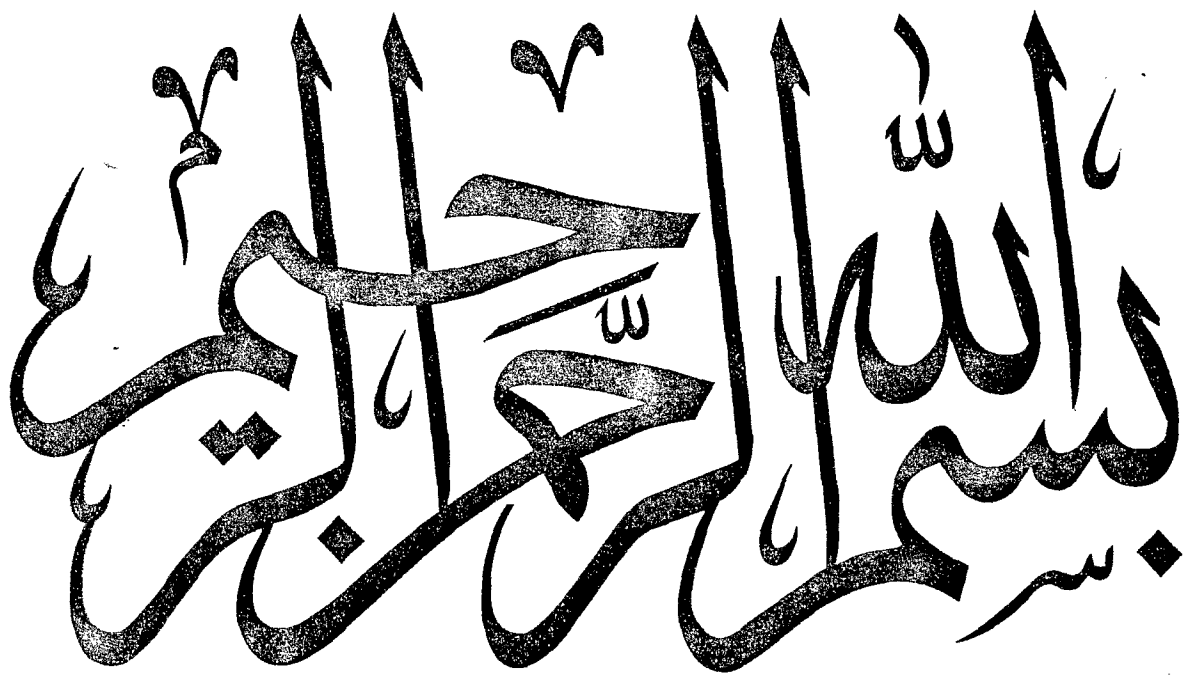
بسم الله الرحمن الرحيم

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
شماره مدارک
۱۳۷۹/۹/۲۰

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی - بخش مهندسی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی

تحت عنوان :

بهینه سازی سد بتنی وزنی با محدودیت تنش و تغییر مکان

استاد راهنما : دکتر عیسی سلاجقه

نگارش : علی رحمانی فیروزجائی

آبان ۱۳۷۷

به نام خدا

این پایان‌نامه
به عنوان یکی از شرایط احراز درجهٔ کارشناسی ارشد
به
بخش مهندسی عمران دانشکدهٔ فنی دانشگاه شهید باهنرکرمان
تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دورهٔ مزبور شناخته نمی‌شود.

نام و نام خانوادگی **امضاء**

دانشجو: علی رحمانی فیروزجائی

استاد راهنما: پروفسور عیسی سلاجقه

داور ۱: پروفسور علی کاوه

داور ۲: دکتر حامد صفاری

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به مؤلف است.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

که...

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش، سزاوار خداوندیست که قلم را آفرید و روح انسان را جستجوگر خواست تا شور شکوفایی فن و دانش در او فراهم آید و لایق آموختن گردد.

بهترین و صمیمانه‌ترین سپاسها تقدیم حضور استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر سلاجقه که همواره در طول انجام پایان‌نامه مشوق و راهنمایم بودند ودر راه به ثمر نشستن این نوشتار از هیچ لطف و رهنمودی دریغ نورزیدند.

از جناب آقای دکتر خانجانی که در مسائل هیدرولیکی پایان‌نامه یاری‌ام دادند سپاسگزارم و سلامت ایشان را از خداوند متعال خواستارم.

از دوستان بسیار عزیزم، جناب آقای مهندس غلامرضا ستار شیخی، مهندس آرش ضیایی و مهندس عبدالحسین فاضلی که در دوران انجام این پایان‌نامه یار و همراهم بودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از کمکهای بی‌شائبه مرکز بین‌المللی علوم و علوم محیطی و تکنولوژی پیشرفته تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای قاسم رحمانی فیروزجایی که در تهیه و رفع اشکال زیر برنامه *Producer* نهایت همکاری را مبذول داشتند، بسیار متشکرم.

همچنین از همسر مهربانم که در ویرایش و تایپ پایان‌نامه متحمل زحمات فراوان شدند، صمیمانه سپاسگزارم.

در پایان مراتب تشکر و قدردانی خود را از تمامی دوستان و عزیزانی که در به اتمام رساندن این نوشتار یاری‌ام دادند، اعلام می‌دارم.

چکیده

بهینه سازی سازه عبارتست از انتخاب متغیرهای طراحی به طوریکه وزن یا قیمت سازه به کمترین مقدار ممکن برسد و در عین حال تنشها و تغییر مکانها ارضا شوند. شکل عمومی مساله بهینه سازی در حالت کلی به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} &\textit{Minimize} \quad F(X) \\ &\textit{Subject to}: \\ &g_j(X) \le 0 \qquad j = 1,m \\ &h_k(X) = 0 \qquad k = 1,l \\ &x_i^L \le x_i \le x_i^U \qquad i = 1,nvar \end{aligned}$$

که در آن X بردار متغیر طراحی می‌باشد، x_1 و x_2 و ... و x_{nvar} متغیرهای طراحی، $F(X)$ تابع هدف، $g_j(X)$، jامین قید نامساوی و $h_k(X)$، kامین قید مساوی می‌باشد. m و l به ترتیب تعداد قیدهای نامساوی و قیدهای مساوی بوده و x_i^L و x_i^u حدود پایین و بالای متغیر طراحی x_i می‌باشند.

با توجه به شکل عمومی ذکر شده، با داشتن تابع هدف، قیود و حدود بالا و پایین متغیرهای طراحی مساله فوق قابل حل است، اما در اکثر مسائل مهندسی قیدها به صورت صریح در دست نمی‌باشند. در این شرایط تعیین مقدار قیود (در این پایان‌نامه تنشها و تغییر مکانها) در هر نقطه طراحی، به یک تحلیل سازه نیاز دارد و تحلیل سازه نیز عملی بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است. بنابر این سعی می‌شود تا با تقریب سازی قیود، مشکل فوق را حل نمود و از حجم عملیات کامپیوتری کاست. واضح است هرچه تقریب سازی، دقیقتر، کاملتر و به تابع واقعی نزدیکتر باشد مساله بهینه سازی فوق، در تکرارهای کمتری حل خواهد شد.

در این پایان‌نامه پس از مرور روشهای تقریب سازی موجود، دو روش تقریب سازی جدید تحت عناوین زیر ارائه شده است.

۱- تقریب درجه دوم ۲- تقریب درجه دوم توانی

با توجه به اینکه محاسبه مشتقات دوم به روش دقیق بسیار وقتگیر است، در این روشها مشتقات دوم به روش تقریبی محاسبه شده‌اند. در این پایان‌نامه روشهای جدید ارائه شده با روشهای تقریب سازی موجود مقایسه شده و کارایی روشهای جدید به اثبات رسیده است. در پایان این روشها در بهینه سازی سد بتنی وزنی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج حاصله ارائه شده‌اند.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱ - فصل اول : مقدمه ۱

۲ - فصل دوم : مروری بر روشهای بهینه‌سازی ۵
۲-۱ - مقدمه ۶
۲-۲ - شکل عمومی مساله بهینه‌سازی ۶
۲-۳ - روشهای عددی ۷
۲-۳-۱ - مسائل یک متغیره نامقید ۸
۲-۳-۲ - مسائل چند متغیره نامقید ۸
۲-۳-۲-۱ - روشهای درجه صفر ۹
۲-۳-۲-۲ - روشهای درجه اول ۹
۲-۳-۲-۳ - روشهای درجه دوم ۹
۲-۳-۳ - مسائل چند متغیره مقید ۹
۲-۴ - روش صفحه برش ۱۰
۲-۵ - روش جهات امکان‌پذیر ۱۲
۲-۵-۱ - تعیین جهت جستجو ۱۲
۲-۵-۲ - تعیین طول گام ۱۵
۲-۵-۳ - معیار توقف ۱۵

۳ - فصل سوم : تحلیل حساسیت ۱۷
۳-۱ - مقدمه ۱۸
۳-۲ - روش تفاضلات محدود ۱۸
۳-۳ - روش نیمه تحلیلی ۱۸
۳-۳-۱ - محاسبه مشتقات تغییر مکان ۱۹

عنوان | صفحه

۳-۳-۱-۱ - محاسبه مشتقات نیرو ۱۹
۳-۳-۱-۲ - محاسبه مشتقات ماتریس سختی ۱۹
۳-۳-۲ - محاسبه مشتقات تنش ۲۰
۳-۴ - روش نیمه تحلیلی دقیق شده ۲۰
۳-۴-۱ - محاسبه مشتق دقیق ماتریس سختی المان ۲۰
۳-۴-۲ - ماتریس کرنش-تغییرمکان و ماتریس ژاکوبین ۲۱
۳-۴-۳ - محاسبه مشتقات دقیق دترمینان ژاکوبین و ماتریس کرنش-تغییرمکان ... ۲۳
۳-۴-۳-۱ - مشتق دترمینان ژاکوبین ۲۳
۳-۴-۳-۲ - مشتق دقیق ماتریس کرنش-تغییرمکان ۲۴
۳-۵ - مقایسه روشهای ذکر شده ۲۵

۴ - فصل چهارم: روشهای تقریب سازی ۲۶
۴-۱ - مقدمه ۲۷
۴-۲ - تقریب یک نقطه‌ای ۲۷
۴-۲-۱- تقریب خطی ۲۷
۴-۲-۲- تقریب معکوس ۲۸
۴-۳ - تقریب دو نقطه‌ای ۲۹
۴-۳-۱- تقریب معکوس اصلاح شده ۳۰
۴-۳-۲- تقریب پازینمیال ۳۱
۴-۳-۳- تقریب توانی ۳۲
۴-۳-۴- تقریب توانی با توان ثابت ۳۳
۴-۳-۵- تقریب توانی اصلاح شده I ۳۴
۴-۳-۶- تقریب توانی اصلاح شده II ۳۶
۴-۴- تقریب سه نقطه‌ای ۳۶

عنوان | صفحه

۵ - فصل پنجم : روشهای جدید تقریب سازی ۳۸

۵-۱- مقدمه ۳۹

۵-۲- تقریب دو نقطه‌ای درجه دوم ۳۹

۵-۲-۱ مثال ۱ ..... ۴۳

۵-۳- تقریب دو نقطه‌ای درجه دوم توانی ۴۴

۵-۴-مسائل نمونه ۴۸

۵-۴-۱ - مسئله نمونه ۱ ..... ۴۸

۵-۴-۲ - مسئله نمونه ۲ ..... ۴۸

۵-۴-۳ - مسئله نمونه ۳ ..... ۴۹

۵-۴-۴ - مسئله نمونه ۴ ..... ۴۹

۵-۴-۵ - مسئله نمونه ۵ ..... ۵۰

۶ - فصل ششم : سد بتنی و بهینه سازی آن و ارائه نتایج ۶۵

۶-۱- مقدمه ۶۶

۶-۲- تاریخچه ۶۶

۶-۳- بارگذاری سد بتنی و ترکیب بارهای محتمل ۶۶

۶-۴- تحلیل سازه ، کنترلها و معین نمودن قیود ۶۷

۶-۴-۱ پایداری در مقابل واژگونی ۶۷

۶-۴-۲ پایداری در مقابل لغزش ۶۸

۶-۴-۳ تحلیل تنشها و کنترل آنها ۶۸

۶-۵- انتخاب شکل عمومی سد بتنی وزنی و متغیرهای طراحی ۷۰

۶-۶- قدمهای اساسی مسئله بهینه‌سازی سازهها ۷۲

۶-۷- طرح مساله و بهینه سازی آن ۷۲

۶-۷-۱- بارگذاری سد بتنی وزنی در نظرگرفته شده ۷۳

۶-۷-۲- طرح اولیه و جواب بهینه سد بتنی ۷۶

۶-۸- توصیه های لازم جهت تحقیقات آینده ۸۲

عنوان صفحه

مراجع : ۸۳
پیوست A :برنامه کامپیوتری طرح بهینه ۸۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

بهینه سازی شاخه‌ای از ریاضیات می‌باشد که همواره مورد توجه مهندسان بوده است. آنها به منظور بهینه سازی سازه‌ها با مشکلاتی مواجه بوده‌اند. در این فصل مروری گذرا داریم بر آنچه که تا به امروز، مهندسان و محققان در زمینه بهینه سازی سازه‌ها با آن مواجه شده‌اند و مرور می‌کنیم که چگونه آن موانع را از سر راه خود برداشته‌اند.

از صد سال پیش بهینه سازی سازه‌ها نظر محققان را به خود جلب کرد که از جمله اولین محققان می‌توان به ماکسول [۱] (۱۸۶۹) و میشل [۲] (۱۹۰۴) اشاره نمود. در آن سالها که کامپیوترها رفته رفته پیشرفت می‌نمودند، دانتزیک [۳] روشی را برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی ارائه نمود. این دو عامل سبب گردید تا در بهینه سازی سازه‌ها پیشرفت قابل ملاحظه‌ای حاصل شود، در سال ۱۹۵۱ بود که هیمن [۴] طرح بهینه قابها به روش خمیری را ارائه نمود [۱].

با توجه به اینکه تحلیل صفحات، پوسته‌ها و ... با توجه به معادلات حاکم بسیار مشکل بود، لذا مهندسان برای بهینه نمودن این سازه‌ها دچار مشکل بودند. این مشکل نیز در سال ۱۹۶۰ توسط اشمیت [۵] برطرف شد. او بیان نمود که برای تحلیل سازه‌ها می‌توان از روش اجزای محدود استفاده کرد [۲] .

پس از بکارگیری روش اجزای محدود، نیاز محاسبه مشتقات قیود (تغییر مکان گره‌ها، تنش المانها و ...) به منظور بهبود بخشیدن تقریب سازی‌ها، احساس می‌شد. این نیاز نیز با مشتق‌گیری از رابطه ($Kd=F$) روش اجزای محدود برطرف شد.[۶]

در سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۴ تحقیقات زیادی در زمینه بهینه سازی سازه‌ها انجام گرفت، اما هیچ یک

2-Michel

4-Heyman

4-Maxwell

3-Dantzig

5-Schmit

۶- چگونگی محاسبه مشتقات به طور کامل در فصل سوم ارائه گردیده است.

از آنها شکل کاربردی نداشت، چرا که تمام تحقیقات انجام شده حداکثر دارای ۱۰ متغیر طراحی بوده، با این حال تا بیش از ۱۰۰ بار تحلیل اجزای محدود نیاز داشتند. البته سرعت کم کامپیوترها در آن زمان در این امر بی‌تاثیر نبود [۳].

بهینه سازی سازه‌ها که دوران رکود خود را می‌گذراند، در سال ۱۹۷۴ زمانی که اشمیت و همکارانش مقاله‌ای تحت عنوان " مفاهیم تقریب سازی برای سازه‌ها" را به چاپ رساندند تولدی دوباره یافت، در این مقاله نشان داده شده است که برای میله‌ای تحت پیچش با در نظر گرفتن یک متغیر واسطه به صورت معکوس متغیر طراحی تقریب حاصله بسیار باکیفیت‌تر از تقریب خطی بر حسب متغیر طراحی می‌باشد.

با توجه به اینکه در مسائل سازه‌ای تعداد قیود نسبتا زیاد می‌باشد و بسیاری از قیود، تعیین کننده نمی‌باشند، به منظور کاهش دادن زمان کامپیوتر روشهایی برای کاهش قیود بکار گرفته می‌شده است. از جمله آنها می‌توان به روشهای زیر اشاره نمود:

مرتب نمودن قیود و حذف کردن قیدهایی که مقدار آنها به اندازه کافی کوچکتر از صفر باشد. برای مثال، کلیه قیدهای کوچکتر از (۰/۳-) کنار گذاشته می‌شوند.

در المان‌بندی‌های ریز برای روش اجزای محدود، بسیاری از گره‌های مجاور هم، تنشها و تغییر مکانهای تقریبا مساوی دارند، بنابراین لازم نیست تنش و تغییرمکان تمام گره‌ها کنترل گردد. در این شرایط کافی است تا یک گره، نماینده چند گره مجاور باشد.

در بسیاری از موارد با توجه به قضاوت مهندسی می‌توان ناحیه تعیین کننده را حدس زد و تنها تنشها، تغییرمکانها و ... را در آن منطقه کنترل نمود. برای مثال در طراحی سد می‌توان پیش‌بینی نمود که تنشها تنها در پاشنه و پنجه سد، تنشهای کنترل کننده باشند.

با توجه به مطالب فوق رفته رفته مسائل بهینه سازی سازه‌ها شکل کاربردی

به خود گرفت. از سال ۱۹۸۰ تاکنون روشهای تقریب سازیی ارائه شده‌اند[1] که تعدادی از آنها در این پایان‌نامه بیان شده و دو روش جدید نیز ارائه گشته است. نتایج حاصل از آن روشها، با روشهای موجود مقایسه گردیده و کارایی روشهای جدید به وضوح مشخص شده است.

۱- مروری به روشهای تقریب سازی در فصل ۴ و روشهای جدید تقریب سازی در فصل ۵ ارائه شده است.

فصل دوم

روشهای بهینه سازی