٢٧٨٣٩

۱۳۸۰ /۲/ ۲۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشگاه مازندران
دانشکده فنی

موضوع :

روش پاره‌سازه‌ها برای تحلیل قاب‌های بزرگ مقیاس با استفاده از روش نیروها

جهت اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد
رشتهٔ عمران گرایش سازه

اساتید راهنما :

پروفسور علی کاوه
دکتر مرتضی نقی‌پور

011971
۳۵۵۳۹

نگارش :

مسعود پوربابا

فروردین ۱۳۸۰

تشکر و قدردانی

لازم می‌دانم با قدردانی از کسانی که مرا در تهیهٔ این پایان‌نامه یاری نمودند، قسمت ناچیزی از دین خود را نسبت به آنها ادا نمایم.

بدینوسیله از زحمات و راهنمائی‌های ارزشمند استاد ارجمندم جناب پروفسور علی کاوه سپاسگذاری می‌نمایم. من در محضر ایشان با تئوری گراف آشنا شدم که بدون این علم امکان تحقیق در این موضوع میسر نبود.

از راهنمائی‌های ارزندهٔ استاد ارجمندم جناب دکتر مرتضی نقی‌پور نیز تشکر و قدردانی می‌کنم.

همچنین از راهنمائی‌های سودمند جناب دکتر علاءالدین بهروش و جناب دکتر علی داوران در ارتباط با روش نیروها و پاره‌سازه‌ها تشکر و قدرانی می‌کنم.

از جناب آقایان، مهندس بهراد جبارپور، مهندس رضا سوادکوهی، مهندس محمد نقی مجد قراملکی و مهندس رامین وفائی بخاطر مساعدت‌های بیدریغشان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در خاتمه لازم می‌دانم از آقای اسماعیل ابراهیمیان و خانم رویا پهلوان بدلیل تایپ و ترسیم اشکال اتوکد تشکر و قدردانی نمایم.

تقدیم به :

مادر فداکار و مهربانم

و پدر علم دوستم

به طلب لبخند رضایت‌شان

چکیده

در این پایان نامه با بکارگیری مفاهیمی از تئوری گراف‌ها، تحلیل سازه‌ها به روش نیروها و پاره‌سازه‌ها، روش‌هایی برای تحلیل بهینهٔ سازه‌ها و نیز تحلیل قاب‌های بزرگ مقیاس با استفاده از پاره‌سازه‌ها مطرح گردیده است. از روش نیروها برای تحلیل بهینه و تحلیل قاب‌های بزرگ مقیاس استفاده شده است. از بین انواع روش نیروها، از روش ترکیباتی استفاده شده است.

قاب‌های صلب دوبعدی با فرض رفتار خطی و تغییرشکل‌های کوچک، به روش نیروها تحلیل بهینه شده است. برای این منظور یک نرم افزار محاسباتی بنام FORCE در زبان فرترن تهیه شده است. این نرم افزار در زمان و حجم محاسباتی کمتری نسبت به نرم افزارهای دیگر مانند SAP90 تحلیل قاب‌های صلب دو بعدی را انجام می‌دهد.

قاب‌های صلب دو بعدی بزرگ مقیاس با فرض رفتار خطی (بدون در نظر گرفتن اثرات P-Δ و ...) تحلیل شده‌اند. برای این منظور یک نرم افزار محاسباتی دیگر بنام SUBFRAME در زبان فرترن تهیه شده است. در این نرم افزار کلیهٔ اصول تحلیل موازی پاره‌سازه‌ها رعایت گردیده است. استفاده از روش پاره‌سازه‌ها (SUBFRAME)، تحلیل سازه‌های بزرگ مقیاس را که نرم افزارهایی مانند SAP90 بعلت تعداد زیاد المان قادر به تحلیل این سازه‌ها نمی‌باشد، ممکن می‌سازد. کاهش حجم محاسبات، کاهش زمان عملیات کامپیوتر از دیگر نتایج حاصل از این نرم افزار است که برای مسائل تحلیل بهینه و غیرخطی و مسائل طراحی مجدد بسیار مؤثر است.

فهرست مطالب

فصل اول

مقدمه

مقدمه ۱

فصل دوم

مقدمه‌ای بر تئوری گراف‌ها و تعیین درجهٔ نامعینی سازه‌ها بوسیلهٔ گراف‌ها

۲-۱ مقدمه ۵
۲-۲ مفاهیم محض ۵
۲-۳ مفاهیم نمایشی ۶
۲-۴ تعاریف اساسی ۷
۲-۵ درخت‌ها ۸
۲-۶ عملیات بر روی گراف‌ها ۱۱
۲-۷ گراف دوپارچه ۱۱
۲-۸ اهمیت کوتاه‌ترین مسیر درختی SRT در تحلیل سازه‌ها ۱۱
۲-۸-۱ نقطهٔ شروع خوب گراف ۱۲
۲-۸-۲ افراز گرهی اولیه ۱۳
۲-۸-۳ تنهٔ درختی P یک SRT ۱۳
۲-۸-۴ ترتیب گره‌ها ۱۴
۲-۹ فضای سیکل‌های گراف قاب‌ها ۱۴
۲-۹-۱ پایهٔ سیکل‌ها ۱۴
۲-۹-۲ سیکل‌های مجاز ۱۵
۲-۹-۳ تشکیل یک سیکل کمینه بر روی یک عضو ۱۵
۲-۹-۴ معیارهای لازم در انتخاب پایهٔ سیکل‌ها ۱۶
۲-۹-۵ مجموعهٔ سیکل‌های متفاوت برای گزینش یک پایهٔ سیکل ۱۶
۲-۹-۶ کنترل استقلال ۱۸
۲-۱۰ نحوهٔ تعیین درجهٔ نامعینی سازه‌ها ۱۸
۲-۱۰-۱ تعاریف ۱۸
۲-۱۰-۲ دوباره‌سازی مدل ریاضی یک سازه ۱۹
۲-۱۰-۳ قضیهٔ تقاطع ۲۰
۲-۱۰-۴ نحوهٔ تعیین درجهٔ نامعینی سازه‌ها ۲۰
۲-۱۰-۵ مطالعهٔ حالات خاص ۲۰

فصل سوم

کاربردهای روش ترکیباتی گسترشی نیروها

بخش ۱ تحلیل بهینهٔ ماتریسی نیروها

۳-ب۱-۱ مقدمه ۲۵

۳-ب۱-۲ روش ترکیباتی نیروها ۲۶
۳-ب۱-۲-۱ روابط اساسی نیروها ۲۶
۳-ب۱-۲-۲ الگوریتم تولید خودکار نیروهای مجهول اضافی ۲۹
۳-ب۱-۲-۳ تشکیل ماتریس‌های ضرایب تعادل B_1,B_0 ..... ۳۰
۳-ب۱-۳ انواع روش‌های ترکیباتی نیروها ۳۲
۳-ب۱-۳-۱ روش گسترشی ۳۲
۳-ب۱-۳-۲ روش گریدی ۳۳
۳-ب۱-۳-۳ روش گریدی اصلاحی ۳۴
۳-ب۱-۴ روش‌های جبری نیروها ۳۵
۳-ب۱-۴-۱ روش افراز گاوس - جردن ۳۶
۳-ب۱-۴-۲ روش افراز LU ۳۷
۳-ب۱-۴-۳ روش برگشتی افراز LU ۳۷
۳-ب۱-۵ نمونه‌های تحلیلی ۳۷
بخش ۲ روش پاره‌سازه‌ها برای تحلیل قاب‌های بزرگ مقیاس
۳-ب۲-۱ مقدمه ۴۱
۳-ب۲-۲ مفاهیم اساسی پاره‌یابی مدل ریاضی سازه‌ها ۴۲
۳-ب۲-۳ اهمیت پاره‌یابی و ملاک‌های بهینگی پارش ۴۵
۳-ب۲-۴ انواع روش‌های موفق افراز ۴۶
۳-ب۲-۴-۱ روش گسترشی ۴۸
۳-ب۲-۴-۲ روش گسترشی کلی ۴۹
۳-ب۲-۴-۳ روش دو مرحله‌ای ۵۰
۳-ب۲-۴-۴ روش جبری تنصیف طیفی ۵۱
۳-ب۲-۴-۵ روش مختلط تئوری گراف - جبری ۵۳
۳-ب۲-۴-۱ روش مؤثر تئوری گراف ۵۶
۳-ب۲-۵ فرمول بندی روش ترکیباتی نیروها برای پاره‌یابی سازه‌ها ۵۷
فصل چهارم
برنامه‌های کامپیوتری و مثال‌های عددی
۴-۱ برنامهٔ محاسباتی FORCE ۶۰
۴-۲ برنامهٔ محاسباتی SUBFRAME ۶۰
۴-۳ مثال‌های عددی ۶۱
فصل پنجم
نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای کارهای آینده
۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۵۴
۵-۲ پیشنهاد برای کارهای آینده ۱۵۵
مراجع ۱۵۶

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ چند نمونه از سازه‌های اسکلتی با مدل‌های گراف‌شان ۷
شکل ۲-۲ تشکیل یک سیکل کمینه بر روی یک عضو ۱۵
شکل ۲-۳ گزینش پایهٔ سیکل برای یک گراف S با روند گسترشی کاوه ۱۷
شکل ۲-۴ یک گراف نمونهٔ S ۱۷
شکل ۲-۵ دو نمونه قاب صلب مستوی ۲۲
شکل ۲-۶ مقادیر $C(S^P)$ برای چند مدل مختلف ۲۳
شکل ۲-۷ یک نمونه قاب صلب فضایی با دو مدل گراف مختلف ۲۳
شکل ۲-۸ یک نمونه قاب صلب فضایی با مدل گراف مربوطه ۲۴
شکل ۲-۹ یک نمونه قاب صلب فضایی با مدل گراف مربوطه ۲۴
شکل ۳-۱ قاب صلب دو بعدی چهار دهانهٔ چهار طبقه ۳۸
شکل ۳-۲ الکوهای ماتریس‌های B_1 و $B_1{}^t B_1$ روش‌های ترکیباتی ۳۸
شکل ۳-۳ الکوی ماتریس‌های B_1 و $B_1{}^t B_1$ روش جبری حذفی گاوس - جردن ۳۹
شکل ۳-۴ الکوی ماتریس‌های B_1 و $B_1{}^t B_1$ روش جبری افراز LU ۳۹
شکل ۳-۵ الکوی ماتریس‌های B_1 و $B_1{}^t B_1$ روش جبری برگشتی افراز LU ۴۰
شکل ۳-۶ افراز یک دامنهٔ المان محدود به دو گونهٔ مختلف ۴۵
شکل ۳-۷ انواع شبکه‌های المان محدود ۴۷
شکل ۳-۸ نحوهٔ توسعهٔ زیردامنه‌ها در روش گسترشی ۴۹
شکل ۳-۹ جواب بدست آمده از روش RSB و جواب بهینه ۵۲
شکل ۳-۱۰ افراز دامنه با روش مختلط تئوری گراف - جبری ۵۳
شکل ۳-۱۱ تعبیر هندسی روش گراف تئوری - جبری ۵۵
شکل ۳-۱۲ نتیجهٔ گسترش بیش از حد دامنهٔ R_2 و R_3 ..... ۵۵
شکل ۳-۱۳ پاره‌یابی و افراز مدل ریاضی سقف چلیکی با روش مؤثر تئوری گراف ۵۷
شکل ۴-۱ سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱ و شماره‌گذاری گره‌ها و المان‌ها ۶۴
شکل ۴-۱ سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱ و شماره‌گذاری گره‌ها و المان‌ها ۶۴
شکل ۴-۲ سازهٔ مربوط به مثال ۴-۲ و شماره‌گذاری گره‌ها و المان‌ها ۶۷
شکل ۴-۳ سازهٔ مربوط به مثال ۴-۳ و شماره‌گذاری گره‌ها و المان‌ها ۷۱
شکل ۴-۴ سازهٔ مربوط به مثال ۴-۴ و شماره‌گذاری گره‌ها و المان‌ها ۷۵
شکل ۴-۵ سازهٔ مربوط به مثال ۴-۵ و شماره‌گذاری گره‌ها و المان‌ها ۸۰
شکل ۴-۶ سازهٔ قاب صلب مربوط به مثال ۴-۶ ..... ۸۵
شکل ۴-۷ شماره‌گذاری گره‌ها و المان‌ها برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۶ ..... ۸۶
شکل ۴-۸ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۶ ..... ۸۶
شکل ۴-۹ سازهٔ قاب صلب مربوط به مثال ۴-۷ ..... ۹۵
شکل ۴-۱۰ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۷ ..... ۹۶
شکل ۴-۱۱ سازهٔ قاب صلب مربوط به مثال ۴-۸ ..... ۱۰۷
شکل ۴-۱۲ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۸ ..... ۱۰۸

شکل ۴-۱۳ سازهٔ قاب صلب مربوط به مثال ۴-۹ ..... ۱۱۵
شکل ۴-۱۴ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۹ ..... ۱۱۶
شکل ۴-۱۵ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۹ ..... ۱۱۷
شکل ۴-۱۶ سازهٔ قاب صلب مربوط به مثال ۴-۱۰ ..... ۱۲۴
شکل ۴-۱۷ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۰ ..... ۱۲۵
شکل ۴-۱۸ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۰ ..... ۱۲۶
شکل ۴-۱۹ سازهٔ قاب صلب مربوط به مثال ۴-۱۱ ..... ۱۳۳
شکل ۴-۲۰ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۱ ..... ۱۳۴
شکل ۴-۲۱ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۱ ..... ۱۳۵
شکل ۴-۲۲ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۱ ..... ۱۳۶
شکل ۴-۲۳ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۱ ..... ۱۳۷
شکل ۴-۲۴ سازهٔ قاب صلب مربوط به مثال ۴-۱۲ ..... ۱۴۴
شکل ۴-۲۵ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۲ ..... ۱۴۵
شکل ۴-۲۶ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۲ ..... ۱۴۶
شکل ۴-۲۷ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۲ ..... ۱۴۷
شکل ۴-۲۸ پاره‌سازه‌های افراز شده برای سازهٔ مربوط به مثال ۴-۱۲ ..... ۱۴۸

فصل اول

مقدمه

فصل اول

مقدمه:

سازه‌ها از لحاظ روش تحلیل به دو دستهٔ سازه‌های معین ایستایی و سازه‌های نامعین ایستایی تقسیم می‌شوند. تحلیل سازه‌های معین، ساده‌ترین مسائل تحلیل سازه می‌باشند. در چنین مسائلی واکنش‌ها و نیروهای داخلی موجود در هر مقطع سازه را می‌توان با استفاده از معادلات تعادل، بدون توجه به تغییرشکل‌ها بدست آورد. به عبارت دیگر نیروهای واکنش تکیه‌گاهی و نیروهای داخلی به مشخصات اعضاء (سطح مقطع و ممان اینرسی) و جنس آنها بستگی ندارد. امروزه استفاده از سازه‌های نامعین ایستایی رواج زیادی پیدا کرده است. این موضوع بعلّت سختی زیاد (کمی تغییرشکل) اینگونه سازه‌ها در مقابل بارهای وارده، ایمن بودن و همچنین صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای است که هنگام استفاده از این سازه‌ها در مصالح بوجود می‌آید،[1].

تحلیل سازه‌های نامعین دو وجه متمایز مشخص با تحلیل سازه‌های معین دارد:

۱- تعیین واکنش‌های تکیه‌گاهی و نیروهای داخلی در سازه‌های نامعین نه تنها به هندسهٔ سازه بستگی دارد، بلکه به مشخصات الاستیک نظیر، مدول الاستیسیته، سطح مقطع و ممان اینرسی اعضاء نیز وابسته است،(در صورتی که تمام اعضای یک سازه از یک جنس باشند، واکنش‌های تکیه‌گاهی و نیروهای داخلی بستگی به مدول الاستیسیته نخواهند داشت).

۲- نیروهای داخلی در سازه‌های نامعین نه تنها از بارهای خارجی، بلکه از تغییر درجهٔ حرارت، نشست‌های نامساوی تکیه‌گاهی و عدم دقّت در مونتاژ سازه نیز ناشی می‌شوند.

لازم به تذکر است که در تحلیل هرگونه سازه، اعم از معین و نامعین، دو شرط باید تأمین گردند: اوّل شرط تعادل ایستایی و دوّم شرط سازگاری هندسی تغییرشکل‌ها.

در تحلیل سازه‌های معین، تأمین شرط تعادل ایستایی برای تعیین واکنش‌های تکیه‌گاهی و نیروهای داخلی کافی می‌باشد و شرط سازگاری هندسی تغییرشکل‌ها خود به خود تأمین می‌گردد. در مقابل در یک سازهٔ نامعین، بی‌نهایت ترکیب از واکنش‌ها می‌توان یافت که برای آنها شرط تعادل ایستایی سازه برقرار باشد، لیکن آن ترکیبی از واکنش‌ها جواب واقعی مسئله است که شرط سازگاری هندسی تغییرشکل‌های سازه را نیز تأمین نماید. رایجترین روش‌های معمول تحلیل سازه‌های نامعین، عبارتند از: روش نیرو[1] یا نرمی[2]، روش تغییر مکان[3] یا سختی[4]،[2].

در روش نیرو، نیروهای واکنش تکیه‌گاهی یا نیروهای داخلی اضافی به عنوان مجهول انتخاب

---

[1] Force method
[2] Flexibility method
[3] Displacement method
[4] Stiffness method

می‌شوند. سپس با استفاده از اصل جمع آثار قوا، سازهٔ نامعین ایستایی با حذف مجهولات اضافه به صورت معین درمی‌آید،(البته سازهٔ حاصل باید از لحاظ ایستایی پایدار باشد). سپس این مجهولات اضافه بصورت نیروهای خارجی در نظر گرفته می‌شوند و مقدار آنها طوری بدست می‌آید که شرایط واقعی هندسی برای تغییرشکل نقاط تأثیرشان را اقناع نمایند. پس از تعیین مجهولات اضافی، سیستم بصورت معین در می‌آید و نیروهای داخلی اعضاء و تغییرمکان‌های گره‌ها بدست می‌آیند.

روش نیرو کلی‌ترین روش برای تحلیل سازه‌ها محسوب می‌شود و با استفاده از این روش، می‌توان هر سازه‌ای اعم از تیرهای سراسری، قاب‌ها، خرپاها و سازه‌های مرکب را برای هر عاملی مانند نیروهای خارجی، تغییرات درجهٔ حرارت، نشست تکیه‌گاه‌ها و یا برای هرعامل دیگری تحلیل نمود. هنگامی که تعداد اعضای مدل سازه‌ای زیاد بوده و درجهٔ نامعینی استاتیکی آنها نسبتاً کوچک باشند، روش نیروها نسبت بروش تغییرمکان برتری قابل توجهی دارد. علّت عمدهٔ این برتری، حجم کوچک مسئلهٔ تحلیل عددی دستگاه معادلات خطی حاصل می‌باشد،[3].

در روش تغییرمکان یا سختی، تغییرمکان‌های گره‌های سازه به عنوان مجهول انتخاب می‌گردند. در روش تغییرمکان برخلاف روش نیرو که در آن ابتدا شرط ایستایی سازه تأمین می‌شد و بعد شرط سازگاری هندسی تغییرشکل، ابتدا شرط سازگاری تغییرشکل‌ها برقرار می‌گردد و سپس تغییرشکل‌های مجهول طوری تعیین می‌گردند که شرط ایستایی سازه تأمین گردد. روش تغییرمکان یک روش کلی تحلیل نمی‌باشد ولی کاربردش برای تحلیل بعضی از سازه‌ها سهلتر از روش نیروها می باشد.

در این پایان‌نامه از روش نیروها برای تحلیل بهینهٔ سازه‌ها و نیز تحلیل قاب‌های بزرگ مقیاس استفاده شده است. روش‌های نیروها در تحلیل سازه‌ها که در آن نیروهای عضوی بعنوان مجهولات برگزیده شده، برای مهندسان طراح بسیار جذاب و قابل توجه است. زیرا ویژگی‌های عضوی یک سازه اغلب به نیروهای عضوی مرتبط بوده و به جابجایی‌های گرهی ارتباط مستقیم ندارد. از طرفی درک رفتار فیزیکی و مکانیکی انواع سازه‌ها با روش‌های فرمول‌بندی نیروها بطور مستقیم و سرعت قابل حصول می‌باشد.

این روش در اوایل دههٔ ۱۹۶۰ درتحلیل سازه‌ها توسط آرجایرس[1] [4]، وبوکه[2] [37] و دنکه[3] [7] و بسیاری دیگر بکار گرفته شد. گرچه پیشرفت در روش نیروها آهسته بود، کارهای بسیاری در راستای گسترش فرمول‌بندی خودکار آن صورت پذیرفت. پنج روش در تحلیل سازه‌ها با این روش فرمول‌بندی مطرح شده که عبارتند از: روش‌های توپولوژیکی، روش‌های

---

[1]Argyris [2]Veubeke [3] Denke

ترکیباتی، روش‌های جبری، روش‌های مختلط جبری و ترکیبا تی و روش مجتمع نیروها.
روش‌های توپولوژیکی توسط هندرسن[1] [11]، هندرسن و مائوندر[2] [10]، مائوندر [31] وکاوه [22,24] برای سازه‌های اسکلتی و با استفاده از روش‌های مختلف خوابانیدن بمنظور گزینش دستگاه‌های مختلف خودمتعادل یا سیکل‌ها در مدل ریاضی سازه توسعه یافت. روش‌های ترکیباتی که به منظور برنامه‌نویسی رایانه‌ای و تهیهٔ مدول‌های محاسباتی مناسب بوده، به کارهای کاسل[3] و همکاران[6] و کاوه[20,21,23] باز می‌گردد. نخستین روش جبری برای تحلیل سازه‌ها توسط دنکه در سال ۱۹۶۲ مطرح گردید که در آن از روش حذفی گاوس-جردن برای بدست آوردن پایهٔ استاتیکی از معادلات تعادل سازه استفاده شده بود. پیشرفت‌های بعدی در این زمینه توسط رابینسون[4] و رابینسون-هاگن ماخر[5]، توپچی[6]، کانکو[7] و همکاران، بری[8] و همکاران به انجام رسید. روش‌های جبری ساده و عمومی بوده ولی حافظه و تعداد عملیات محاسباتی لازم در آنها بزرگتر از روش‌های ترکیباتی می‌باشد. مقایسهٔ روش‌های فوق (ترکیباتی و جبری) و بهینگی این روش‌های تحلیل بر مبنای تعداد کمینه اعضای غیرصفر ماتریس‌های اطّلاعاتی و ساختار منظّم آنها بطور کامل توسط کاوه[25,27] و کاوه و مختارزاده[13] انجام گرفته است.

روش پاره‌سازه‌ها نیز که در این پایان‌نامه استفاده شده است، به دلایل مختلفی برای مهندسان جذّاب و جالب توجه می‌باشد. در مراحل اوّلیه توسعهٔ این روش محدویت در ذخیره‌سازی اطّلاعات در حافظهٔ رایانه‌ها برای تحلیل مسائل بزرگ علّت عمدهٔ گرایش به سمت این روش‌ها بود. ولی اخیراً ارتباط نزدیک این روش‌ها و زمینهٔ تخصصی نوین پردازش موازی و امکان کاربرد آنها در ایجاد برنامه‌های محاسباتی جدید برای تحلیل مسائل بسیار بزرگ انگیزهٔ توّجه پژوهشگران را به این روش‌ها معطوف نموده است. همچنین دیگر جنبهٔ تحقیقاتی و کاربردی این روش را می‌توان در بهینه‌یابی توپولوژیکی سازه‌ها مشاهده نمود که این روش به عنوان یک روش مهمّ و توانا در آن شناخته شده است. در بسیاری از کاربردهای مهندسی، اغلب تقسیم‌بندی سازه به مولفه‌هایی که دارای گروه‌های طراحی خاص داشته، مناسب می‌باشد. در این موارد اغلب، مطالعه و محاسبهٔ هر مولفه بطور جداگانه به انجام رسیده و آنگاه وابستگی بین مولفه‌های گوناگون اعمال می‌شود. در اعمال این وابستگی‌ها ممکن است، طرح و محاسبهٔ محدود بعضی از مولفه‌ها، ضروری گردد. در این حالت مرحلهٔ تحلیل از ابتدا برای مولفه‌های مورد نظر تکرار خواهد شد. این موضوع روش پاره‌سازه‌ها را به عنوان روش موفق در این‌گونه

---

[1]Henderson [2]Maunder [3]Cassel [4]Robinson [5]Haggenmacher
[6]Topcu [7]Kaneko [8]Berry [9]Kron

مسائل طراحی مجدد مطرح می‌سازد. پژوهش در این زمینه را می‌توان در کارهای کرون[۹]، نور[۱]، اسپیلرس[۲]، جورج[۳]، پرزمینسکی[۴] [33,34]، کاوه [25]، کاوه و روستا[15,16,17]، کاوه، روستا و مختارزاده [14] ، کاوه و داوران [12]، یافت.

در این پایان‌نامه، روش ترکیباتی نیروها بمنظور تحلیل بهینهٔ سازه‌ها و استفاده از پاره‌سازه‌ها برای تحلیل سازه‌های بزرگ‌مقیاس(قاب‌های صلب دو بعدی بزرگ مقیاس)، بکار گرفته می‌شوند. در این روش‌ها پایهٔ استاتیکی برای مدل‌های سازه‌ای بر مبنای مفاهیم ترکیباتی از پایهٔ سیکلی مدل ریاضی استخراج شده‌اند. در این روش از پایهٔ استاتیکی کمینه و نزدیک به کمینه در فرمول‌بندی ماتریسی برای یک نرم‌افزار محاسباتی استفاده شده است. تحلیل قاب‌های صلب دو بعدی بزرگ‌مقیاس نیز توسط روش پاره‌سازه‌ها با ارائهٔ یک برنامهٔ محاسباتی نشان داده شده است.

با توجه به اینکه برای تحلیل بهینهٔ سازه‌ها و نیز تعیین درجهٔ نامعینی سازه‌ها از تئوری گراف‌ها استفاده شده است، فصل دوّم به مقدمه‌ای بر تئوری گراف‌ها و تعیین درجهٔ نامعینی سازه‌ها به روش گراف‌ها اختصاص یافته است، فصل سوّم مربوط به کاربردهای روش ترکیباتی نیروها می‌باشد که در بخش اوّل آن تحلیل بهینهٔ ماتریسی نیروها و در بخش دوّم آن روش پاره‌سازه‌ها برای تحلیل سازه‌های بزرگ‌مقیاس مورد بررسی قرار گرفته است، فصل چهارم مربوط به برنامه‌های کامپیوتری و مثال‌های عددی می‌باشد، فصل پنجم نیز نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای کارهای آینده می‌باشد.

---

[1]Noor [2]Spillers [3]George
[4]Prezeminecki

فصل دوم

مقدمه ای بر تئوری گراف ها و تعیین درجه نامعینی سازه ها بوسیله گراف ها