



بهینه‌سازی شکل سازه‌های پوسته‌ای با استفاده از تکنیک نربز

بهروز حسینی^۱، سید مهدی توکلی^۲، حسین قاسم نژاد مقری^۳

۱- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- دکتری سازه دانشگاه علم و صنعت

۳- دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود

Hossein.ghasemnejad@yahoo.com

خلاصه

مسئله بهینه‌سازی شکل سازه‌ها پوسته‌ای در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. از سطوح بی اسپالین نسبی غیر یکنواخت (نربز) برای تولید و کنترل شکل سازه استفاده شده است. مسئله بهینه‌سازی شامل حداقل سازی انرژی کرنشی مورد بررسی قرار گرفته و از روش مجاب های متحرک جهت انجام بهینه‌سازی استفاده شده است. بدین منظور برای بدست آوردن مشتقات توابع هدف و قید تحلیل حساسیت به روش نیمه تحلیلی انجام شده است. به این ترتیب انجام بهینه‌سازی به صورت یک فرایند تکراری شامل تولید هندسه، تولید شبکه اجزا محدود، تحلیل سازه، تحلیل حساسیت، تشکیل مسئله و بهینه‌سازی انجام می‌شود و تا رسیدن به همگرایی ادامه می‌یابد. برای نشان دادن درستی روش مثال‌هایی حل شده و نتایج بررسی شده‌اند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی سازه‌ای، سازه پوسته‌ای، نربز، تحلیل حساسیت

۱ مقدمه

امروزه بحث بهینه‌سازی در بسیاری از رشته‌های مهندسی مانند عمران، مکانیک، هوافضا و... مورد توجه قرار گرفته است. می‌توان گفت به خاطر محدود بودن منابع در طبیعت، همواره نیاز به داشتن روشی برای پیدا کردن نحوه استفاده بهینه از این منابع وجود داشته است. از این رو در بحث طراحی در علوم مهندسی، این سوال مطرح می‌شود که چطور می‌توان با استفاده از کمترین منابع، بهترین طراحی را انجام داد.

بحث بهینه‌سازی سازه‌ای در دهه‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین در مهندسی سازه قرار گرفته است. در یک دسته‌بندی کلی بهینه‌سازی سازه‌ای به سه دسته کلی بهینه‌سازی توپولوژی، بهینه‌سازی شکل و بهینه‌سازی ابعاد تقسیم می‌شود. در بهینه‌سازی توپولوژی هدف پیدا کردن نحوه قرار گیری مناسب اعضا یا چیدمان سازه است. در حالی که بهینه‌سازی شکل بهترین موقعیت قرارگیری مرزهای سازه را مشخص می‌کند. در نهایت در بهینه‌سازی ابعاد، ابعاد سازه مانند سطح مقطع، ارتفاع و... بهینه می‌شوند.

مسائل بهینه‌سازی اولین بار در سالهای بسیار دور مورد توجه اشخاصی مانند لاگرانژ و کوشی قرار گرفت [۲]. اما در دهه‌های گذشته با به کارگیری کامپیوترهای پرسرعت، مسائل بهینه‌سازی به طور گسترده‌ای مطرح شدند. یکی از اولین کارها در مورد بهینه‌سازی شکل توسط زینکوویچ انجام شد [۳]. او شکل اولیه سازه و مدل طراحی را به صورت یک مدل محاسباتی اجزاء محدود تبدیل کرده و سپس با چشم پوشی کامل از مدل هندسی مساله، منحصر بر روی مدل محاسباتی کار می‌کرد. در این حالت مختصات نقاط اجزاء محدود واقع بر روی مرزهای سازه به عنوان متغیرهای طراحی مساله در نظر گرفته می‌شد. این کار خود مستلزم در نظر گرفتن تعداد زیادی متغیرهای طراحی بود که از اشکالات مهم این روش به شمار می‌آمد. همچنین بعد از چند بار تکرار و ایجاد تغییرات در متغیرهای طراحی برای رسیدن به جواب بهینه، مرزهای شکل هندسی مورد نظر، نرمی و یکنواختی خود را از دست داده و اغلب شکل‌هایی نه چندان جالب پدیدار می‌شد. در پایان فرآیند بهینه‌سازی نیز، نتایج بدست آمده به یک مدل کننده هندسی (مثلا برنامه‌های کامپیوتری) داده شده و بوسیله آن شکل‌هایی با مرزهای پیوسته برای سازه تولید می‌شد. باویکاتی [۱] از چند جمله‌ایهای جبری برای بیان نمودن شکل هندسی سازه‌ها استفاده نمود. در این حالت ضرایب چند جمله‌ایها به عنوان متغیرهای طراحی مساله در نظر گرفته می‌شد. به کار بردن چند جمله‌ای‌ها به وضوح باعث کاهش قابل توجه متغیرهای طراحی در مساله بهینه‌سازی می‌شد اما ممکن بود که استفاده از چند جمله‌ای‌های با درجات بالاتر، سبب ایجاد ناپایداری عددی و نوسان در شکل سازه شود [۱].