

Metoda topološke optimizacije z omejevanjem lastnih frekvenc in redukcijo konstrukcijskih spremenljivk

Wenchang Liu – Chaohua Wu* – Xingan Chen

Tehniška univerza v Wuhanu, Šola za strojništvo in elektroniko, Kitajska

Dinamični odziv konstrukcij je v veliki meri odvisen od lastnih frekvenc, optimizacija le-teh v različnih obratovalnih pogojih pa je zato pomembna naloga. V članku je predstavljen predlog optimizacijske metode, ki omogoča povečanje lastne frekvence konstrukcij in preprečuje pojav resonance.

Omejitev pri topoloških optimizacijah v okviru projektiranja konstrukcij je običajno volumen, cilj optimizacije pa je minimalna podajnost. Togost je namreč izjemno pomemben kriterij pri tradicionalnem projektiranju konstrukcij. Model topološke optimizacije vključuje več ciljev, omejitev in drugih povezanih pogojev za izpolnjevanje tehničnih zahtev oz. za kompleksne obratovalne pogoje.

Metoda dvosmerne evolucijske optimizacije konstrukcij (BESO) je razširjena v praksi, ker odpravlja sive elemente. Predstavljena je metoda topološke optimizacije na podlagi pristopa BESO, ki vključuje omejitve lastne frekvence ter zmanjšano število konstrukcijskih spremenljivk. Cilj metode je minimalna podajnost. Omejitve lastne frekvence so bile vpeljane z Lagrangeovim multiplikatorjem za usklajen nadzor nad podajnostjo in lastno frekvenco. Občutljivost je bila normalizirana, da med procesom optimizacije ne bi prihajalo do oscilacij. Spremenljivke so bile po omejitvi volumna reducirane za hitrejšo konvergenco. Učinkovitost metode pri povečevanju lastne frekvence konstrukcij in preprečevanju resonance je ilustriрана z numeričnimi primeri.

Obravnavana raziskovalna področja vključujejo statiko, dinamiko konstrukcij ter analizo po metodi končnih elementov.

Po izpolnitvi omejitve volumna so bile reducirane konstrukcijske spremenljivke, kar lahko znatno zmanjša število iteracij in pospeši konvergenco. Lastna frekvenca prvega reda v 2D in 3D numeričnih primerih se lahko poveča za 42 % oz. 26,7 %.

Predstavljena raziskava obravnava samo lastno frekvenco prvega reda, ne pa tudi tistih višjega reda. Iz raznih objav je razvidno, da tudi lastne frekvence konstrukcij višjega reda ostajajo pomemben predmet zanimanja. Med optimizacijo se pojavljajo medsebojni vplivi lastnih frekvenc različnih redov, z višanjem reda lastne frekvence pa se povečuje kompleksnost optimizacijskega problema. Razvoj učinkovitega modela za optimizacijo lastnih frekvenc in uvajanje primernih strategij za izboljšanje stabilnosti optimizacijskega procesa bosta lahko temi prihodnjih raziskav.

Članek predstavlja omejitev lastne frekvence po metodi Lagrangeovega multiplikatorja za uspešno obvladovanje podajnosti in lastne frekvence konstrukcij. Metoda hitro konvergira po redukciji konstrukcijskih spremenljivk. Učinkovitost metode je ilustriрана z numeričnimi primeri.

Predstavljena teorija optimizacijskega modela temelji na metodi dvosmerne evolucijske optimizacije konstrukcij (BESO), ki je preprosto razumljiv koncept. Metoda Lagrangeovega multiplikatorja ima prednosti pri analizi občutljivosti in pri programiranju. Med iterativnim postopkom optimizacije je bilo ugotovljeno, da nekatere spremenljivke konvergirajo prej kot druge in na tej osnovi so bile opredeljene stabilne in proste spremenljivke. Po omejitvi volumna z optimizacijo konstrukcije je bila uporabljena strategija za reduciranje konstrukcijskih spremenljivk. To pomeni, da se vrednost stabilnih spremenljivk ne spreminja oz., da se spremenljivke ne posodablajo več. Numerični primeri demonstrirajo, da lahko strategija za reduciranje konstrukcijskih spremenljivk učinkovito zmanjša število iteracij in pospeši konvergenco.

Pričujoča raziskava je multidisciplinarna, saj zajema znanja iz različnih področij, vključno z računalniško mehaniko, optimizacijo in projektiranjem konstrukcij ter analizo po metodi končnih elementov. Članek bo tako uporaben kot pomembno izhodišče pri optimizaciji konstrukcij.

Ključne besede: omejitev lastne frekvence; topološka optimizacija; BESO; redukcija konstrukcijskih spremenljivk; metoda Lagrangeovega multiplikatorja