

Vijačna zveza prirobničnega konzolnega nosilca: porazdelitev delovne sile po vijakih

Simon Oman* – Marko Nagode

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Za spajanje nosilcev v jeklenih konstrukcijah se pogosto uporabljajo vijačni spoji. Ker je večina jeklenih konstrukcij obremenjena dinamično, se za spajanje posameznih delov navadno uporablja prednapeto vijačno zvezo. Pri prednapeti vijačni zvezi se zaradi ustvarjenega tlaka med spojnima površinama in koeficienta trenja med njima obremenitve prenašajo preko trenja. V takšni povezavi zdrsi navadno niso dovoljeni, kar pomeni, da mora biti ustvarjena sila trenja v najbolj neugodnem obremenitvenem primeru večja od tangencialne sile, ki zaradi zunanje obremenitve deluje na spoj. To se doseže s pravilno določitvijo potrebne sile prednapetja in posledično potrebnega momenta privitja posameznih vijakov v spoju. Poleg tangencialne sile lahko na spoj deluje tudi sila v normalni smeri stičnih površin, ki jo imenujemo delovna sila. Delovna sila povzroči zmanjšanje kontaktnega tlaka in posledično zmanjšanje sile trenja. Zaradi tega dejstva je pri določitvi sile prednapetja potrebno upoštevati tudi delovno silo. Delovna sila se pri prirobničnih konzolnih nosilcih, ki so obremenjeni upogibno, po posameznih vijakih spoja ne porazdeli enakomerno. Porazdelitev je odvisna od številnih parametrov pri čemer so najbolj pomembni: geometrija prirobnice, postavitve vijakov na prirobnici ter debelina oz. togost prirobnice. Za določitev delovne sile po posameznih vijakih prirobničnega konzolnega nosilca obstaja kar nekaj analitičnih metod, ki pa v določenih primerih niso dovolj natančne. V tem prispevku je zato predstavljena alternativna metoda za določitev delovne sile po posameznih vijakih takšnega prednapetega spoja. Za ovrednotenje predstavljene metode so rezultati obstoječih analitičnih metod primerjani z rezultati alternativne metode in rezultati dobljenimi s pomočjo metode s končnimi elementi (MKE).

Predstavljena metoda pri določitvi delovnih sil upošteva obliko in s tem togost nosilca, ki je navadno privarjen na prirobnico, ne upošteva pa togosti prirobnice. Temelji na enostavni ideji transformacije natezno tlačnih napetosti po prerezu nosilca na najbolj obremenjenem mestu (spoj s prirobnico) v dve nasproti usmerjeni normalni sili, katerih prijemališča so določena glede na ravnotežje momentov. Ena od sil prirobnico nosilca potiska k podpori, druga pa prirobnico vleče proč od podpore. Glede na velikost obeh sil in njuni prijemališči se nato glede na oddaljenost prijemališča od mesta vijakov določi delovna sila. Glede na predpostavko metode se delovna sila prerazporedi le na vijake, ki so v coni nateznih napetosti nosilca. Po predpostavki metode nosilec v tlačni coni prirobnico pritiska ob podporo in zato vijaki, ki so v tej coni niso dodatno obremenjeni.

Primerjava rezultatov predstavljene alternativne metode, obstoječih analitičnih metod in MKE analize je napravljena na dveh primerih nosilca (IPE 120 profil in T-profil) ter dveh debelinah prirobnice (12 mm in 20 mm). Spoj prirobnice s podporo je v vseh primerih izveden z osmimi vijaki M16. Primerjava rezultatov kaže na precejšnje odstopanje rezultatov med posameznimi metodami. Izkaže se, da vse obstoječe metode predpostavljajo, da se največja delovna sila pojavi v vijakih, ki se nahajajo na skrajnem robu prirobnice. Rezultati alternativne metode za razliko od obstoječih metod kažejo, da se največja sila pojavi v drugi vrsti vijakov, kar sovпада z rezultati MKE analize.

Za potrditev ustreznosti rezultatov je bil opravljen tudi eksperiment na primeru IPE 120 nosilca z identičnimi pogoji kot so bili upoštevani pri analitičnih izračunih in MKE analizi. Dobljeni eksperimentalni rezultati so zaradi relativno majhne dodatne sile na vijakih, ki nastane kot posledica zunanje obremenitve, nekoliko manj zanesljivi, vendar kažejo zelo podobno sliko kot rezultati MKE analize.

Glede na dobljene rezultate lahko zaključimo, da je predstavljena alternativna metoda za določitev delovne sile po vijakih, za primer obravnavanega prirobničnega konzolnega nosilca od analitičnih metod najbolj natančna. Pri tem je potrebno izpostaviti, da morajo biti za natančno določitev delovne sile izpolnjeni naslednji pogoji:

- vrednost sile prednapetja tako velika, da v okolici prepreči nastanek špranje med stičnima površinama,
- upogibna togost prirobnice mnogo manjša od aksialne togosti vijakov,
- upogibna togost podporne plošče mnogo večja od upogibne togosti prirobnice.

V primeru, da se pri dimenzioniranju takšnega spoja upošteva standarde in priporočila, so vsi zgoraj navedeni pogoji izpolnjeni in s tem predstavljena metoda uporabna.

Ključne besede: vijačna zveza, prirobnični spoj, delovna sila, prednapeti vijak, konstrukcijsko jeklo, MKE