

Analiza kontinuirnih sendvič plošč s profiliranim plaščem

Metod Čuk¹ – Franc Kosel¹ – Nenad Zrnić² – Boris Jerman^{1,*}

¹ Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

² Univerza v Beogradu, Fakulteta za strojništvo, Srbija

Uporaba numeričnih simulacij pri obravnavi strukturnega obnašanja strešnih kontinuirnih sendvič plošč (s profiliranim plaščem) pri prečni obtežbi in velikih razponih še vedno predstavlja izziv. Ob velikih dimenzijah konstrukcije in glede na obravnavano konfiguracijo (vrsta podpiranja, način obtežbe) so opazovani pojavi navadno zelo lokalni in zahtevajo zelo detajlno izdelan model.

Obravnavane lahke sendvič plošče so navadno sestavljene iz treh medsebojno zlepljenih plasti: dve zunanji tanki plasti sestavljata plašč iz jeklene pločevine; debela srednja plast toplotno izolativnega polnila iz mineralne volne pa tvori lahko jedro. Takšen lahek sovprežni element ima relativno visoko nosilnost in upogibno togost, varuje pred okoljskimi vplivi (veter, dež, itd.) ter zagotavlja toplotno in zvočno izolativnost. Pri uporabi za strešno kritino, kjer je pri večjih razponih zahtevana višja upogibna nosilnost in togost, pa je ena od krovnih pločevin globoko profilirana.

Cilj raziskave je bilo ugotoviti oz. potrditi ustreznost numerične simulacije pri obravnavi dejanskih konstrukcijskih primerov iz prakse. Za obravnavan primer strešne sendvič plošče z notranjo globoko trapezno profilirano krovno pločevino in gladko zunanjo krovno pločevino v obravnavani konfiguraciji – dvopoljna izvedba velikega razpona s prečno obtežbo – primarni način odpovedi nastopi v obliki gubanja (notranje) krovne pločevine neposredno nad srednjo (tlačno) podporo. V literaturi navedeni načini obravnave tega statično nedoločene problema temeljijo na izkustvenih enačbah, analitičen pristop z uporabo teorije linijskih upogibnih elementov namreč ni uspešen – upoštevati je potrebno tudi upogibno togost plašča ter tlačno porazdelitev med sendvič ploščo in vmesno podporo. Verjetnost, da bi bilo mogoče v okviru teoretične obravnave zajeti vse vplive z zadostno natančnostjo, je zelo majhna, zato je nujnost eksperimentalne obravnave nesporna.

V praksi je eksperimentalna obravnava posameznih primerov zahtevna (laboratorij, merilna oprema, osebje, priprava preizkusa, meritve, analiza, itd.), zato je uporaba numeričnih simulacij dobrodošla. Za obravnavan primer strešnega panela je bila izdelana testna konfiguracija in izvedene meritve na prirejenem preizkuševališču za izvajanje standardnega upogibnega preizkusa sendvič plošč. Prečna obtežba je bila izvedena z uporabo hidravličnega valja (preko razdelilnega mehanizma). Nameščena sta bila senzorja za spremljanje velikosti obtežbe in povesa. Z namenom spremljanja napetostnega stanja so bili na kritičnem mestu sendvič plošče nad srednjo podporo na ustreznih mestih (na spodnjo in zgornjo površino) notranje krovne pločevine nameščeni merilni lističi. Izdelan je bil numerični model testne konfiguracije z uporabo metode končnih elementov. V okviru modela so bili uporabljeni prostorski in ploskovni elementi (jedro in plašč) z ustreznimi materialnimi lastnostmi (podanimi s strani proizvajalca sendvič plošč) ter robnimi pogoji.

Rezultati simulacije se dobro ujemajo z rezultati preskusov; v območju pred odpovedjo relativna razlika pri povesu znaša do 5 %, razlika med izmerjeno in izračunano nosilnostjo pa ne presega 7 %. Zadovoljivo je tudi ujemanje med izračunanimi in izmerjenimi rezultati upogibnih napetostih v notranji krovni pločevini.

Opisano ujemanje potrjuje ustreznost uporabe numeričnih simulacij pri praktični analizi strukturnega obnašanja nosilnih elementov sovprežnih konstrukcij in podpira uporabo numerične simulacije za analizo mejnih stanj v podobnih primerih, še posebej tam, kjer uporaba analitičnih metod ni mogoča in alternativo predstavlja le eksperimentalna obravnava, ki je navadno (finančno in časovno) potratnejša.

Ključne besede: testiranje, metoda končnih elementov, analiza konstrukcije, sendvič konstrukcija, globoko profiliran plašč, mineralna volna, način odpovedi

*Naslov avtorja za dopisovanje: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana, Slovenija, boris.jerman@fs.uni-lj.si