



Tihomir Štefčić¹, Aleksandar Jurić², Siniša Maričić³

NOSIVOST UZORAKA OD STAKLOPLASTIKE ISPITIVANA TENZOMETRIMA I MJERAČIMA POMAKA (LVDT-IMA)

Sažetak

Prilikom ispitivanja uzoraka od stakloplastike na vlačno opterećenje u smislu određivanja osnovnih karakteristika materijala uobičajena su dva načina mjerenja. Mjerenje tenzometrijskim trakama je iznimno precizno te je pomoću rezultata lako odrediti karakteristike materijala uzorka, i kao takvog ga možemo smatrati vrlo točnim. Mane ovog načina mjerenja su relativno kompliciran način postavljanja traka te neusklađenost u deformacijskim mogućnostima mjerenog materijala i materijala traka. Drugi način ne traži zahtjevno postavljanje mjernih uređaja te ima mogućnost pružanja podataka do samog sloma materijala. Ideja ovog rada je pronaći poveznicu ova dva načina ispitivanja kako bi se u budućnosti unificirao i skratio postupak ispitivanja ovog materijala, ali ne na uštrb kvalitete mjerenih rezultata, kao i proračunatih karakteristika mjerenog materijala.

Ključne riječi

Stakloplastika, tenzometri, mjerači pomaka, ispitivanje.

STRENGTH OF GLASS FIBER REINFORCED POLYMERS TESTED USING STRAIN GAUGES AND DISPLACEMENT METERS (LVDT-S)

Summary

When testing samples of glass fiber reinforced polymers in tension to determine the basic characteristics of a material there are two usual ways. Measuring with strain gauges, which is very precise and with the results it's easy to determine the characteristics of the sample, and can be considered to be very accurate. The flaws of this testing method are relatively complicated application of the strain gauges and different deformation capabilities of the measured material and the material of strain gauges. The other way does not require complicated application of the equipment and has a possibility to measure data all the way till the breaking of the specimen. The idea of this paper is to find a relation to connect these two ways of testing in order to unify

¹ Tihomir Štefčić, dipl.ing.građ., asistent, Građevinski fakultet u Osijeku, Drinska 16a, 31000 Osijek, tstefic@gfos.hr.

² Doc.dr.sc. Aleksandar Jurić, dipl.ing.građ., docent, Građevinski fakultet u Osijeku, Drinska 16a, 31000 Osijek, ajuric@gfos.hr.

³ Mr.sc. Siniša Maričić, dipl.ing.građ., viši predavač, Građevinski fakultet u Osijeku, Drinska 16a, 31000 Osijek, smaricic@gfos.hr.

and shorten the testing procedure, but not to the account of the quality of measured data and calculated characteristics of the tested material.

Key words

Glass fiber reinforced polymer, strain gauges, displacement meters, testing.

1. UVOD

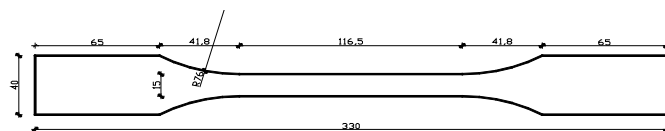
Jedno od stalnosti u graditeljstvu je svakako želja za novinama, kako u oblicima, formama, proračunima i slično, tako i u materijalima. Stakloplastika odnosno *Glass fiber reinforced polymer* ili GFPR jedan je od „novijih“ materijala koji se primjenjuju u građevinarstvu. Sve u građevinarstvu teži većim dostignućima, kroz raspone i slično, uz što manju potrošnju, kako resursa, materijala i slično, tako i novca. Svi kompoziti su u stvari moderne inačice betona. Kompoziti se sastoje od matrice koju čine čvrsti, lagani i jaki materijali, koji su povezani ispunom koja ima ipak izraženija elastična svojstva, a služi povezivanju i zaštiti matrice.

Kompoziti su idealna rješenja za pojedine „specifične“ probleme odnosno konstrukcije. Ukoliko je potrebno da materijal podnosi velike uzdužne sile, vlak ili tlak, moguće je odabirom matrice i/ili ispune korigirati svojstva konačnog proizvoda. Osim tipa matrice i ispune moguće je i preko volumenskog omjera matrice i ispune dobiti poprilično drugačiji materijal kao konačni proizvod.

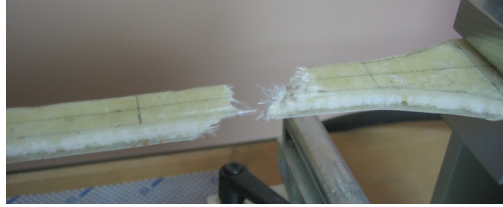
U svakodnevnoj navali novih i poboljšanih materijala, teško je nositi se s već sada ogromnim rasponom različitih karakteristika različitih materijala. Ono što bi svako morao moći napraviti je provjera materijala u smislu osnovnih karakteristika, kao što je modul elastičnosti, dijagram deformacija/naprezanje, ukupnu nosivost do sloma, i slično. Kako bi ta provjera bila što pouzdanija uz što je manje utrošenog vremena, novca i što manje prostora za pogreške, pokušano je uz dva različita ispitivanja oblikovati jedan način ispitivanja koji bi mogao dati podatke o osnovnim svojstvima materijala na jednostavan i lako ponovljiv način ispitivanja. Sama stakloplastika je materijal koji puca izrazito krto i iako ima plastičnih deformacija, sam slom je poprilično brz i veličina deformacije uzoraka je najčešće prevelika za tenzometre što je također jedan od razloga traženja poveznica te pribjegavanju jednostavnijem načinu ispitivanja.

2. OSNOVE ISPITIVANJA UZORAKA OD GFRP-A

Ispitivanja karakteristika GFRP-a su rađena na uzorcima propisanim američkim propisima ASTM D 3039, a geometrijske karakteristike istog mogu se vidjeti na slici 1.



Slika 1. Geometrija ispitivanih uzoraka GFRP-a [mm]

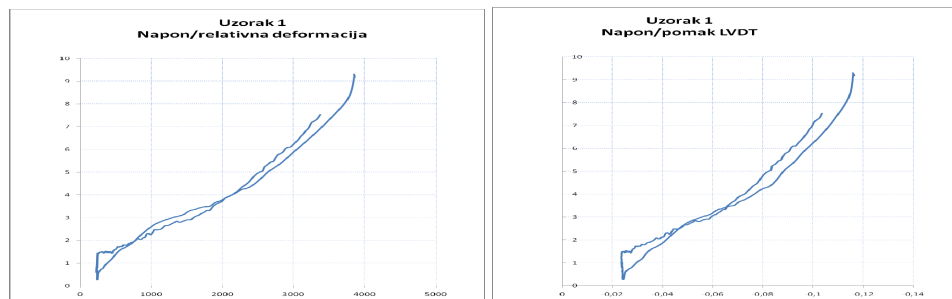


Slika 5: Slomljeni uzorak

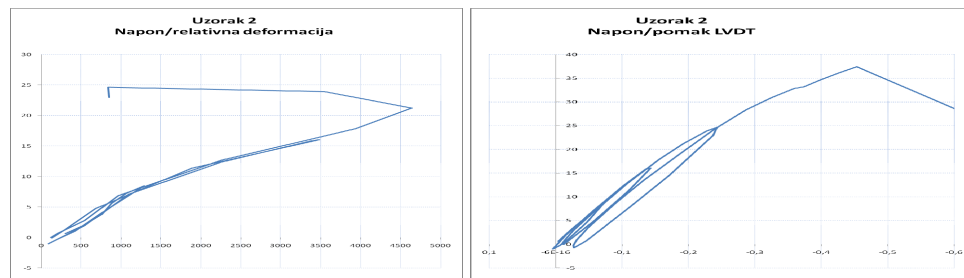
Uzorci su ispitivani na vlačnu silu do sloma. Opterećenje je nanošeno u inkrementima s time da je svaki inkrement imao isti porast u opterećenju sve do sloma uzorka (slika 5). Ispitivana su dva tipa uzorka. Prva dva uzorka sadržavala su koremat (jezgra od poliestera koja se koristi za postizanje većih debljina ploča uz manji utrošak materijala), a druga dva su bila sačinjena samo od vlakana i ispune (čista stakloplastika). Uzorci su bili dimenzija kao na slici 1, širina i visina, sile sloma, čvrstoće prema tablici 1:

Oznaka uzorka	b [mm]	h [mm]	F_u [kN]	f_u [N/mm ²]
UK1	16.05	6.60	3.73	42.88
UK2	16.70	6.85	4.66	37.41
U3	15.75	3.80	4.08	62.73
U4	15.57	4.07	4.05	58.58

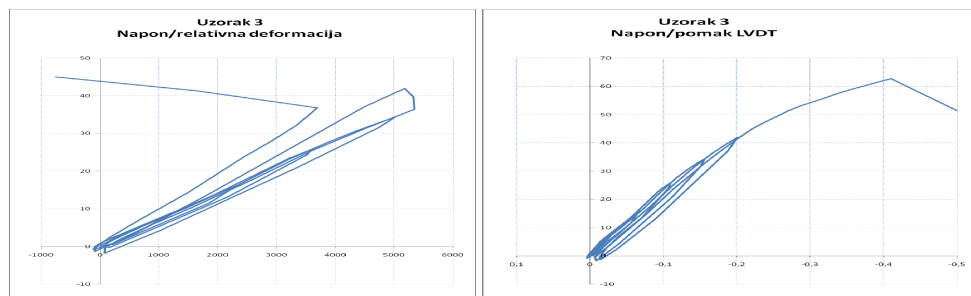
Tablica 1: Karakteristike ispitanih uzoraka



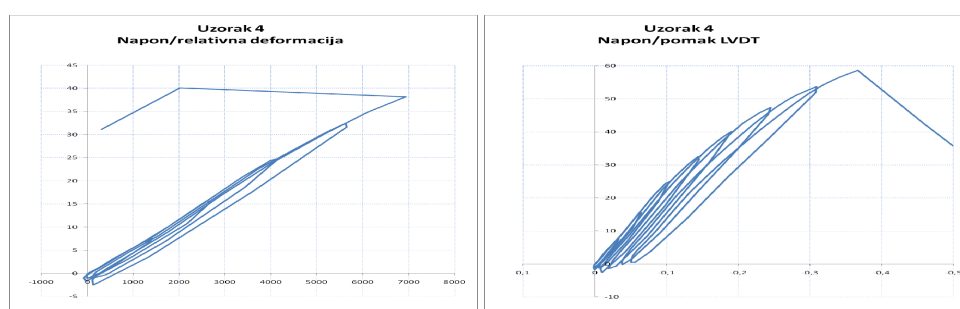
Dijagram 1: Dijagrami za uzorak 1



Dijagram 2: Dijagrami za uzorak 2



Dijagram 3: Dijagrami za uzorak 3



Dijagram 4: Dijagrami za uzorak 4

Kako vidimo iz dijagrama 1 bilo da se mjeri relativna deformacija ili se mjeri samo pomak odnosno razvlačenje uzorka dijagram ima sličan karakter. Kod dijagrama 2 vidimo kako uzorak pokazuje nelinearnost odnosno kako naprezanje ne raste linearno s relativnom deformacijom. Taj fenomen ne primjećujemo na dijagramu s mjerenim pomakom. Kod 3. dijagrama vidimo nešto veće napone kod slomnog opterećenja, dok dijagram s pomacima pokazuje sve veće nepovratne deformacije od inkrementa do inkrementa. Kod 4. dijagrama fenomeni iz prethodnog postaju izraženiji.

Za određivanje ukupne nosivosti potrebna nam je samo najveća sila i površina poprečnog presjeka i te karakteristike su neovisne o načinu ispitivanja odnosno mjerenja. Osim vlačne čvrstoće prilikom mjerenja modula elastičnosti potrebna nam je relativna deformacija koju možemo mjeriti tenzometarskim trakama ili kao omjer produljenja i mjerne baze. Za mjernu bazu potrebno je odabrati dio uzorka na kojem se pojavljuje naprezanje, a kod ispitanih uzoraka uzeta je duljina između rupa za vijke.

Uzorak	E [N/mm ²] LVDT	E [N/mm ²] tenz.trake
UK1	3075	2272
UK2	3186	5258
U3	6216	7270
U4	6565	5809

Tablica 2: Moduli elastičnosti izračunati ispitivanjem

3. USPOREDBA REZULTATA ISPITIVANJA

Prema tablici 2 vidljivo je kako manja odstupanja od uzorka do uzorka pokazuju moduli računati iz podataka dobivenih mjerenjem razvlačenja uzorka odnosno mjerenjem pomaka s LVDT-ima. Svakako treba naglasiti i specifičnu površinu materijala koja je kod ispitanih uzoraka bila neobrađena, na strani gdje je ljepljena tenzometarska traka, odnosno bojana na drugoj strani. Takve uvjete imali su ovi uzorci te je svakako bitno za buduća ispitivanja pokušati osigurati iste uvjete ljepljenja kako bi rezultati bili usporedivi. Osim različite obrade i različiti materijali drugačije reagiraju na ljepilo i tenzometarske trake te je to još jedna varijabla koja može poremetiti rezultate mjerenja.

Prema dijagramima napon/pomak LVDT vidimo kako materijal pokazuje plastične deformacije što je također vidljivo iz dijagrama napon/relativna deformacija ali u manjoj mjeri. Ova spoznaja nam govori kako ispitivanja neće biti uskraćena za plastične deformacije ukoliko granicu popuštanja diktiramo određenom plastičnom deformacijom. Blago zakošenje dijagrama napon/pomak LVDT otkriva činjenicu kako s porastom napona plastične deformacije se dešavaju preko popuštanja vlakana, što se tijekom ispitivanja očitovalo pucketanjem, dok se ta činjenica ne nazire u dijagramima napon/relativna deformacija.

4. ZAKLJUČAK

Jednostavnost ispitivanja, manje osipanje rezultata i računatih vrijednosti, neovisnost o većini karakteristika materijala i obrade, daju prednost ispitivanju stakloplastike i sličnih materijala, možemo reći kompozitnih u cijelosti, naspram ispitivanja tenzometarskim trakama. Prema provedenim ispitivanjima i literaturi u ovom radu je također pokazana veća sličnost dosadašnjim podacima za GFRP te time također prednost dajemo ispitivanju LVDT-ima.

Iako ovaj način ispitivanja ne otkriva sve karakteristike materijala, smatra se dovoljnim za stjecanje osnovnih znanja o materijalu. Te je osim toga moguće aparaturu koja je inače skupa i nedostupna, zamjeniti priručnom i mjeriti deformacije te doći do istih podataka kao i s tenzometarskim trakama, a na jednostavniji i brži način. Svakako je potrebno imati na umu kako klizanje aparature može poremetiti rezultate ispitivanja, te iste treba pokušati svesti na minimum.

LITERATURA

- [1] Šimunić, Ž.: "Polimeri u graditeljstvu", Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2006.,
- [2] Gerdeen, J. C., Lord, H. W., Rorrer, R. A., : "Engineering Design with Polymers and Composites", CRC Press, Taylor & Fancis Group, 2006.,
- [3] Rak, M., Krolo, J., Demirović, S.: "Elastomehanička svojstva vlaknima armiranih polimernih kompozita", GRAĐEVINAR 53 (2001) 5, 323-329.,
- [4] Rakočević, M.: "Naprezanje u slojevitim kompozitnim pločama", GRAĐEVINAR 57 (2005) 7, 503-509.