

## PONAŠANJE VIJČANIH VEZA U DRVENIM KONSTRUKCIJAMA PRI SEIZMIČKIM OPTEREĆENJIMA

Edvin Bolic, Dženana Gačo, Samir Mustafić  
Tehnicki fakultet Bihac, Irfana Ljubijankica bb, edvinbolic@hotmail.com

**Ključne riječi: drvene konstrukcije, vijčane veze, duktilnost, kapacitet, opterećenje, deformacije.**

### **SAŽETAK:**

*Rad se bazira na analizi kapaciteta vijčane veze u drvenim konstrukcijama pri seizmičkim uticajima. Posmatra se duktilnost ovakvih veza i njihov kapacitet. Ova je problematika aktualizirana zadnjih godina obzirom da su u porastu proizvodnja stambenih i poslovnih objekata od drveta gdje moramo voditi računa o sigurnosti korisnika i pri ekstremnim opterećenjima. Rezultati ispitivanja su dobiveni pod uticajem kvazistatičkog i cikličkog opterećenja. Veza je izvedena prema uputama koje daje EC 5 (EN 1998-1-1) za formiranje vijčanih veza. Kako ovakve veze ovise o više geometrijskih parametara i dva različita materijala koja se nalaze u toj vezi, model za ispitivanje je pripremljen tako da variramo pojedine od ovih karakteristika i pratimo ponašanje veze. Rezultati testiranja ovako sačinjene veze pod navedenim opterećenjem su sumirani i predstavljeni u ovom radu.*

### **1. UVOD**

Vijčane veze u današnjim konstrukcijama upućuju nas na jeftin i jednostavan način gradnje. Ovakve veze su vremenom našle svoju primjenu u mnogim konstruktivnim elementima drvenih konstrukcija kao što su rešetke, ramovi, zidovi i slično. Većina eksperimentalnih istraživanja koja su doprinijela razumjevanju ovih veza bila su bazirana na kvazistatičkim opterećenjima gdje je nivo apliciranog opterećenja bio toliki da nije stvarao trajne deformacije u konstrukcijama i vezama. Moderna tehnologija i najnovija ispitivanja omogućila su pružanje informacija o dinamičkim opterećenjima kao što su potresi. Opšta priroda ovakvih događaja jeste da se konstrukciji predaju bočna ubrzanja tako da opterećenje pored gravitacione komponente ima i horizontalnu komponentu na koju uticaj imaju inercijalne sile koje pokazuju ciklično ponašanje. Za potpuno razumjevanje neophodno je laboratorijsko utvrđivanje parametara koji direktno utiču na čvrstoću i karakteristike ovakve veze pri dinamičkim opterećenjima.

Kolika će nosivost i trajnost jednog drvenog objekta biti u mnogome zavisi od ponašanja veza koje su oformljene u konstrukciji. Kako u svakoj od veza dolazi do oslabljivanja poprečnog presjeka javljaju se i koncentracije napona što ne rijetko predstavlja i slabu tačku u cijeloj konstrukciji.

Ovakve veze moraju biti sposobne da prenesu opterećenje sa jednog elementa na drugi a da pri tome i same imaju dovoljnu nosivost (kapacitet) koji će osigurati bezbjednu eksploataciju konstrukcije.

U Europskoj normi, Eurocode 5 (EN 1995-1-1) date su upute kako formirati veze u drvenim konstrukcijama. U ovako formiranim vezama postoji mnogo parametara koji utiču na ponašanje veze od kojih su brojni geometrijski parametri i dva parametra koji se odnose na materijale.

Dva parametra koji se odnose na materijale su drvo kao osnovni materijal kojeg treba povezati i u ovom slučaju čelični vijci koji služe kao sredstvo za povezivanje u jednu cjelinu.

U ovim vezama posmatramo čvrstoću drveta na gnječenje po omotaču rupe kao i popuštanje spojnog sredstva ( tečenje vijka u vezi ). Ovo se ispitivanje bazira na određivanju sile koju može da primi veza u ovisnosti od vrste drveta, njegove zapreminske mase i prečnika vijka.

U analizi su korištene dvije vrste drvene građe, četinari i listače. Što se tiče četinara korištena je jelova građa sa zapreminskom masom od  $410 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  a od listača korisimo bukvu kao epruvetu za ispitivanje vijčanog spoja sa zapreminskom masom od  $690 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ .

Drveni uzorci na kojima je vršeno ispitivanje su pravougaonog poprečnog presjeka  $b/h = 100 \text{ [mm]} / 100 \text{ [mm]}$  i dužine uzorka  $600 \text{ [mm]}$ .

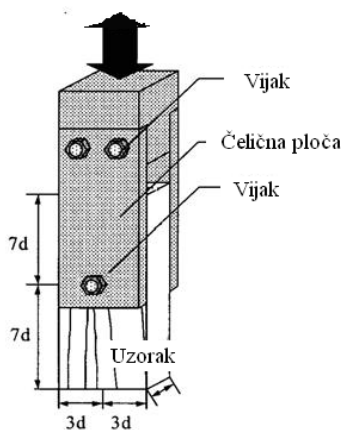
Kao spojno sredstvo korišteni su vijci koji su rađeni od čelika klase čvrstoće 4.8. i prečnika  $16 \text{ [mm]}$ .

Položaj vijaka u vezi u skladu je sa preporukama gore navedenih Europskih normi i promatran je slučaj naprezanja paralelno vlaknima.

Opterećenje se nanosi presom tipa Zwick/Roell kao monotono i kao cikličko opterećenje te se posmatra kapacitet veze pri ovakvim opterećenjima.

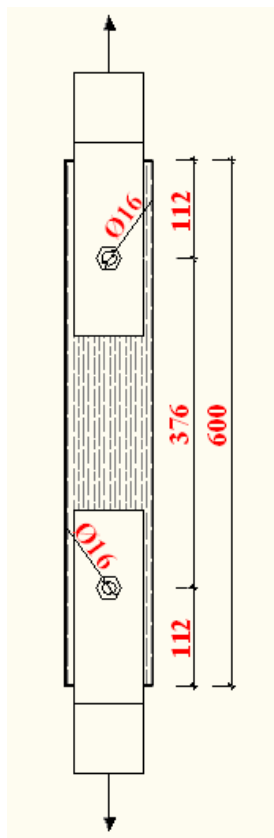
## 2. FORMIRANJE UZORKA

Kako je nosivost drveta u pravcu vlakana i okomito na pravac vlakana različita tako su i propisani uslovi kako se mora formirati vijčana veza u ova dva slučaja.



Slika 1: Raspored vijaka u vezi izloženoj zatezanju

Veoma je važno da svaka veza u drvenim konstrukcijama bude propisno i precizno izvedena da ne bi dolazilo do neželjenih dodatnih naprezanja uslijed loše konstruisane ili izvedene veze.



Slika 2: Prikaz pripremljenog uzorka za ispitivanje

Vijak je postavljan u vezi shodno uputama koje daje EC 5 (EN 1998-1-1). Položaj rasporeda vijka prikazan je na slici 1.

Udaljenost vijak od kraja opterećenog ruba kako se može vidjeti na slici 1 je :

$$7 \cdot d = 7 \cdot 16 = 112 \text{ [mm]} \quad (1)$$

što je i odredilo dužinu uzorka koji je dugačak 600 [mm].

Širina uzorka je neophodno da bude :

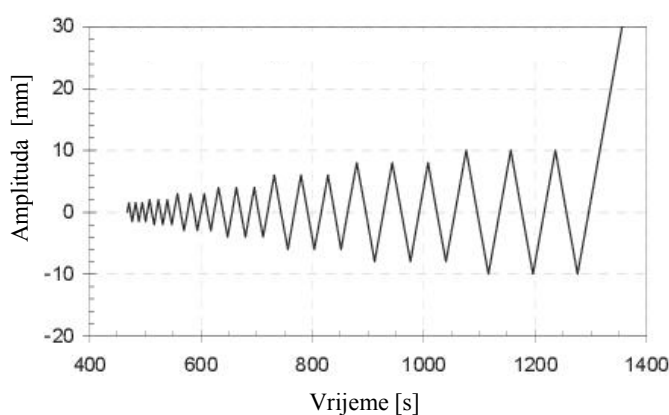
$$\min 6 \cdot d = 6 \cdot 16 = 96 \text{ [mm]} \approx 100 \text{ [mm]} \quad (2)$$

tako da je korišten poprečni presjek b/h 100 [mm] /100 [mm]. Ovako pripremljen uzorak u presu se postavlja pomoću obraza od čeličnih ploča koje su postavljene kako je pokazano na slici 2. U ispitivanjima je korištena presa tipa Zwick/Roell 600 [kN].

## 2.1. Nanošenje opterećenja

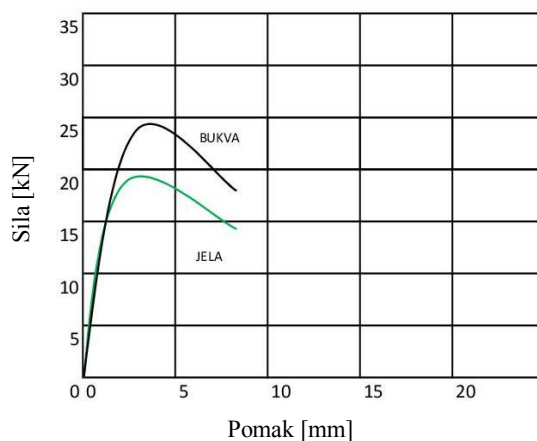
Tokom testiranja uzoraka opterećenje se nanosi prema predloženoj funkciji pomjeranja od strane EN26891 za vijčane veze. Opterećenje je ciklički nanošeno brzinom od 0,1 [mm/s]. Svako od pomjeranja se ponavlja u svojoj vrijednosti tri puta.

Pomjeranja su tako prilagođena da se svaki put za značajan broj ciklusa, veza nalazi u elastičnom području, zatim naprezanja prelaze u stanje plastičnih deformacija gdje se veza podvrgava takvom opterećenju značajan broj ciklusa. Na kraju kada veza dosegne svoju nosivost opterećenje se monotono povećava do potpunog kolapsa.



Slika 3: Način nanošenja cikličnog opterećenja

Tokom statičnog monotonog opterećivanja uzorka došlo se do referentnih podataka o pomjeranjima, deformacijama i kapacitetu na po tri uzorka različite vrste drveta. Ovakvo sumirani prosječni podaci prikazani su u sljedećoj tabeli.



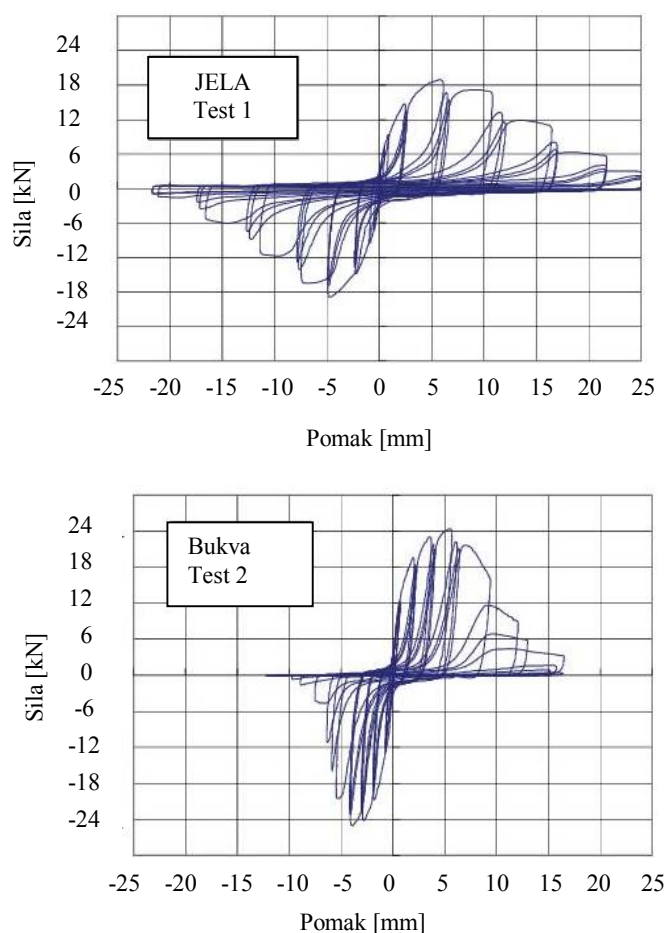
Slika 4: Prosječna nosivost dva ispitivana materijala (zatezanje)

Ove dvije vrste drveta pokazuju slične karakteristike samo shodno svojoj gustoći možemo vidjeti da drvo sa većom gustoćom ima veći kapacitet ali se ponašalo malo kruće.

Deformacije su bile neznatno manje u vrijeme dostizanja maksimalne sile u vezi u odnosu na drvo manje gustoće.

U toku tipične krive opterećenje-deformacija koje su dobivene iz cikličkih ispitivanja ova dva uzorka su pokazane na slici 5. Vidljivo je da dolazi do značajnih preklapanja histereza u svim slučajevima a što je svakako rezultat gnječenja drveta u okolini vijka što ostavlja prazninu pri apliciranju cikličkog opterećenja. Rasipanje energije javlja se gotovo u cijelosti u okolini vijka.

Stoga prve histerezne petlje u ciklusu od tri su najšire i pokazuju najveći otpor dok su kasniji ciklusi uži i postižu manju otpornost za isto pomjeranje. Ovo nagovještava da se popuštanje unutar veze stabilizira nakon tri ciklusa tako da treći ciklus smatramo da predstavlja stvarnu otpornost koja se očekuje kod cikličkih opterećenja.



Slika 5: Krive cikličnog opterećenja

Vidi se da je gnječenje u blizini vijaka bilo najznačajnije u području visokih deformacija dok su histerezne krive bile šire na područjima sa nižim deformacijama.

Ova površina unutar histereznih petlji za svaki ciklus predstavlja količinu rasipanja energije unutar veze i predstavlja jedan od važnih parametara seizmičkog ponašanja.

Mogućnost veze da održi značajnu nosivost i pri velikim deformacijama okarakterisala je ovu vezu pri cikličkim ispitivanjima.

Drvo je gnječeno sa dvije strane vijka u pravcu nanošenja sile a do loma je došlo popuštanjem drveta na gnječenje.

Tabela 1: Prikaz prosječnih rezultata testa

	Jela	Bukva
Poprečni presjek [mm <sup>2</sup> ]	10·10 <sup>3</sup>	10·10 <sup>3</sup>
Dužina uzorka [mm]	600	600
Prečnik vijka [mm]	16	16
Klasa čvrstoće vijka	4.8.	4.8.
Sila na granici razvlačenja F <sub>v</sub> [kN]	7,79	12,50
Vrijednost pomaka Δ <sub>v</sub> [mm]	0,5	0,4
Maksimalno opterećenje F <sub>max</sub> [kN]	19,2	24,98
Pomak za F <sub>max</sub> [mm]	3	2,8
Krajnje deformacije Δ <sub>u</sub> [mm]	7,2	7
Gustoća materijala γ <sub>s</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	350	690
Duktilnost [Δ <sub>u</sub> / Δ <sub>v</sub> ]	14,4	17,5

### 3. ZAKLJUČAK

Iz pregleda rezultata da se zaključiti da nosivost ovakve veze sa jednim vijkom ne može se direktno interpolirati tako da bi smo mogli predvidjeti ponašanje viševijčane veze. Granica tečenja u ovakvim vezama nije jako izražena.

Što se tiče mehanizma loma ovakva veza pokazuje karakteristike krhkog loma što je nepovoljno u slučaju seizmičkih opterećenja. Ovo navodi da bi sa razradom ovog problema trebalo nastaviti i da se na isti način provjere i komplikovanije ciklički opterećene vijčane veze.

### 4. LITERATURA

- [1] EN 1995-1-1. 2004. *Eurocode 5 – Design of timber structures*, CEN, Brussels
- [2] CEN (2001). EN 12512: *Timber Structures-Test methods-Cyclic testing of joints made with mechanical fasteners*, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium
- [3] CEN (2004b). Eurocode 8: *Design of structures for earthquake resistance. Part 1-1: General rules, seismic actions and rules for buildings*, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium
- [4] Gojković M.: *Drvene konstrukcije*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1983