

UDK 692.232.4

OTKONSTRUKCIJSKI NOSEĆI SISTEMI FASADNIH ZIDOVA OD STAKLA

Nikola Srbinoski¹, Danijela Đurić-Mijović², Miomir Vasov³

Rezime: Staklo spada u atraktivne i izazovne materijale za primenu na fasadama savremenih objekata. Potkonstrukcija staklenog fasadnog zida jeste konstrukcija koja treba da prenese sve spoljašnje uticaje sa fasade na noseću konstrukciju objekta. U radu je dat pregled sledećih savremenih potkonstrukcijskih sistema: linijski rešetkasti nosači, nosač sa pilonom, kablovski nosači, kablovske konstrukcije i kablovske mreže.

Ključne reči: fasada, staklo, panel, stakleni zid, potkonstrukcija, pilon, kablovi.

SUBSTRUCTURE SYSTEMS OF GLASS FACADE WALLS

Summary: Glass is attractive and challenging material for application on modern building facades. Substructure of glass wall is a structure which has to transfer all external loads from facade to building bearing structure. In the paper the state-of-the-art of the following contemporary substructure systems is given: simple trusses, mast trusses, cable trusses, cable hung structures, cable nets.

Key words: facade, glass, pane, glass wall, substructure, pylon, cables

¹ Inženjer arhitekture, BSc, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

² Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

³ Docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

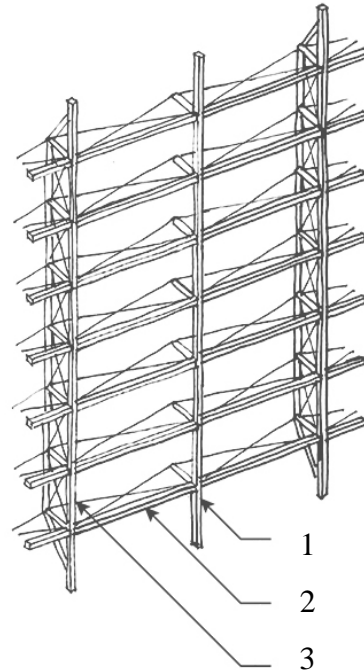
1 UVOD

Fasada predstavlja multifunkcionalni omotač objekta koji treba da zadovolji mnoge kriterijume. Raznovrsnost savremenih fasadnih sistema se ogleda i u činjenici da one mogu biti projektovane sa akcentom na ekološki aspekt [1], kao interaktivni omotač zgrade [2], ali i kao sistem za proizvodnju električne energije [3,4]. Obzirom na veliki izbor kako savremenih tako i tradicionalnih materijala [5] koji se koriste na fasadama, objekti plene svojom atraktivnošću i funkcionalnošću. Današnje objekte je teško zamisliti bez stakla. Staklo kao transparentan materijal [6] poslužio je da se u objekte unese svetlost i da se unutrašnjost objekta poveže sa okolinom [6,7]. Prelaskom sa masivnog na skeletni noseći sistem stvorili su se uslovi za realizaciju velikih transparentnih površina na fasadama objekata. Ove staklene površine predstavljaju izazov kako za projektovanje tako i za izvodjenje. Stakleni zid (window wall) je definisan standardom DIN 18056 [8] i mora biti površine veće od 9 m². Velike staklene površine bilo da su ravne ili zakrivljene zahtevaju i adekvatnu potkonstrukciju koja će sve uticaje sa fasade preneti na noseću konstrukciju objekta (vetar, sopstvena težina fasade, seizmički uticaji i dr). U radu je dat pregled sledećih potkonstrukcijskih sistema: linijski rešetkasti nosači, nosač sa pilonom, kablovski nosači, kablovske konstrukcije i kablovske mreže.

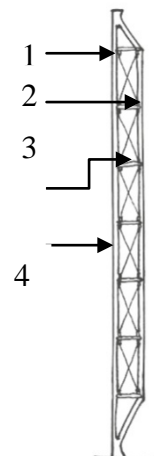
2 LINIJSKI REŠETKASTI NOSAČI

Kao potkonstrukcija koja prenosi opterećenje sa fasade na noseću konstrukciju objekta mogu se pojaviti različiti tipovi linijskih rešetki. Najčešće primenjivani tip rešetke postavlja se upravno na ravan stakla (Slika 1,2). Raspored rešetki odnosno njihov razmak definisan je veličinom staklenih panela. Rešetkasti sistem u svom sastavu pored nosećih vertikalnih rešetki može da poseduje i druge elemente: na primer između nosećih rešetki postavljaju se vertikalni aluminijumski ili čelični profili (Slika 1) koji služe za prihvatanje fasadnog panela a izvode se u cilju smanjenja njegove dužine [9]. Između nosećih, linijskih rešetki mogu se postavljati kablovske rešetke koje omogućavaju povećanje transparentnosti fasade. Kod ovakvog rešetkastog sistema jedna vertikalna

noseća rešetka sastoji se od (Slika 2) prednjeg i zadnjeg pojasa koji su sačinjeni od čeličnih ili aluminijumskih profila, kao i horizontalnih štapova ispune koji su upravni na pojasne štapove, dok se između horizontalnih štapova postavljaju zategnuti



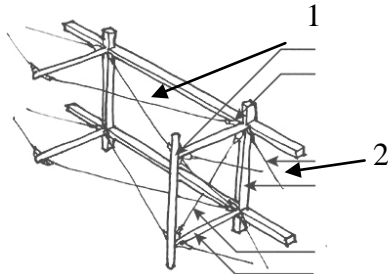
Slika 1- Elementi nosećeg sistema: 1. Vertikalna noseća rešetka; 2. Horizontalni profil; 3. Vertikalni profil



Slika 2- Elementi nosaće rešetke: 1. Prednji pojas; 2. Zadnji pojas; 3. Horizontalni štap ispune; 4. Spreg

kablovi, koji deluju poput spregova u cilju smanjenja uticaja vetra na fasadu. Veza kablova sa profilima ostvaruje se pomoću zavrtnjeva. Kako bi se sprečilo bočno izvijanje vertikalnih rešetki u horizontalnom ravcu postavljaju se kablovski spregovi, a sa prednje fasade nalaze se profili za

prihvatanje panela (Slika 3). Mogu se postaviti i lakše horizontalne rešetke. Ovakvi sistemi se mogu koristiti kako u slučaju ravnih fasadnih površina tako i kada se one zakrivljene. U tom slučaju noseći sistem prilagođava se zakrivljenosti fasade.



Slika 3- Segment nosećeg sistema: 1. Horizontalni spreg; 2. Horizontalni profil za prihvatanje panela

3 NOSAČI SA PILONOM

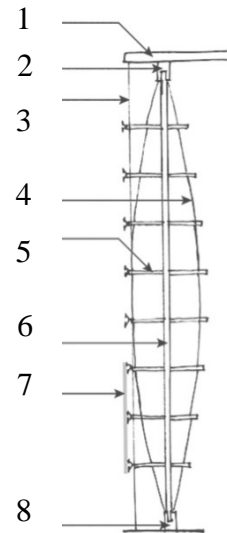
Ovi nosači (Slika 4) koriste zategnute kablove kako bi se stabilizovao centralni pritisnuti element „pilon“. Najčešće je to čelični profil kružnog oblika.



Slika 4- Nosač sa centralnim pilonom

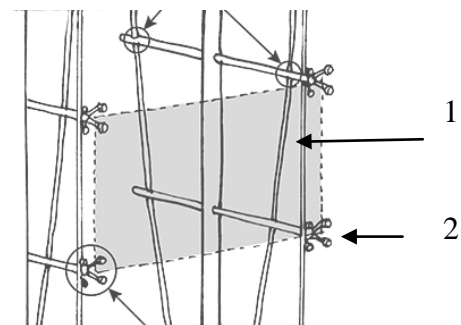
Kablovi se kače za krajeve pilona, a po svojoj dužini vezani su za čelične podupirače koji se postavljaju duž pilona. Čelični podupirači promjenljive su dužine i to na krajevima pilona su najkraći, a u sredini pilona najduži (Slika 5). Na ovaj način dobijamo kablovske lukove. Dva, tri ili više ovakvih kablovskih lukova mogu se postaviti oko pilona [9] i na taj način se povećava otpornost pilona na izvijanje i smanjuje se njegov poprečni presek. Nosač sa pilonom koji se formira od dva kablovska luka, koji su postavljeni pod uglom od 180° , može se upotrebiti kao primarni noseći

element kod strukturalnih fasada od stakla. Staklena površina može biti pozicionirana u ravni pilona ili u ravni kablovskih lukova sa spoljašnje ili



Slika 5- Elementi nosača: 1. Konzolni nosač; 2. Gornji oslonac; 3. Dead load cable; 4. Zategnuti kabl; 5. Podupirači; 6. Pilon; 7. Stakleni paneli; 8. Donji oslonac

unutrašnje strane nosača. U slučaju pomeranja staklene ravni u odnosu na pylon, potrebno je postaviti kabl koji služi za prihvatanje opterećenja od sopstvene težine (dead load cable). Kabl se vezuje na vrhu za konzolni nosač, vertikalno se spušta nadole iza staklene površine, a vezan je za čelične podupirače po svojoj dužini. Na vrhovima čeličnih podupirača nalaze se tačkasti oslonci za prihvatanje staklenih panela, preko kojih se opterećenje prenosi na rešetku.

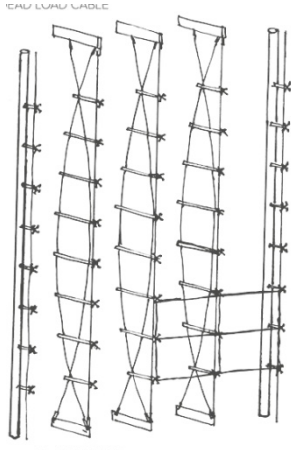


Slika 6- Segment nosećeg sistema: 1. Stakleni paneli; 2. Tačkasti oslonac

4 NOSAČI OD ČELIČNIH KABLOVA

Razvojem sistema rešetki došlo se do naprednijih rešenja (Slika 7), a jedno od njih je podrazmevalo uklanjanje centralnog pritisnutog pilona (Slika 8). Posledica uklanjanja pritisnutog pilona jeste da su jedini pritisnuti elementi ovog sistema horizontalni podupirači. Ovakav način nošenja fasade postignut je zatezanjem kablova o noseću konstrukciju samog objekta i često se definiše kao kao „otvoreni sistem“.

Prethodno opisani sistem je bio zatvoren: da bi se



Slika 7- Nosaći sistem dobijen uklanjanjem centralnog pilona

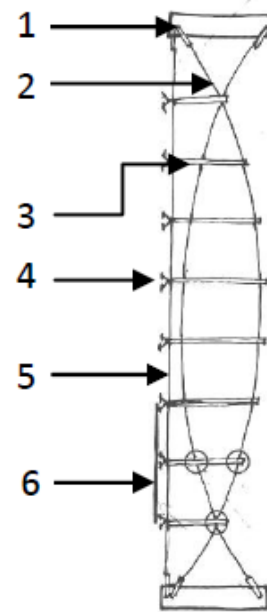
postigla stabilnost sistema nije potrebna interakcija sa nosećom konstrukcijom objekta, već se stabilnost postiže uz pomoć same konstrukcije sistema. Važno je napomenuti da kod ovakvog sistema sile prednaprezanja moraju biti u ravnoteži sa reakcionim silama koje se javljaju u oslanačkoj konstrukciji.



Slika 8.

Što je veći dozvoljeni ugib, veća sila prednaprezanja je potrebna i veće su reakcione sile koje se javljaju u oslanačkoj konstrukciji. Dozvoljeni

ugib kod ovog sistema iznosi $L/140$ ili više. Veoma je bitno da se pri proraračunu i konstruisanju nosećeg sistema objekta uzme u obzir uticaj sila reakcija koje će se javiti i manifestovati na samoj nosećoj konstrukciji usled prednaprezanja kablovske konstrukcije. Drugi izazov je da se odgovarajuće sile prednaprezanja unesu u sam kablovski sistem. Kod sistema sa velikim rasponom jedini način prednaprezanja je uz pomoć hidraulične prese. Kablovske rešetke mogu se postaviti i horizontalno između vertikalnih nosača.



Slika 9- Elementi nosača: 1. Konstrukcija objekta; 2. Zategnuti kabl; 3. Pritisnuti element; 4. Tačkasti oslonac; 5. Dead load cable; 6. Stakleni paneli;

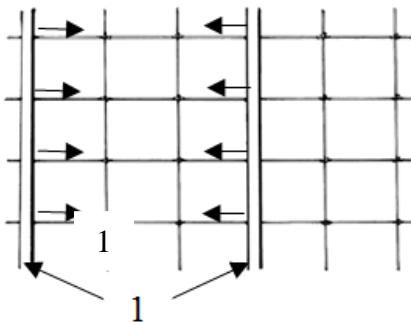
5 KABLOVSKE KONSTRUKCIJE

Sledeći korak u povećanju transparentnosti fasada (Slika 10) jeste smanjenje upotrebe rešetkastih sistema tako što se pritisnuti elementi isključuju iz upotrebe. Ovo dovodi do stvaranja novog sistema za nošenje fasada koji se bazira na činjenici da se fasade podržavaju isključivo kablovima za razliku od prethodnih sistema gde su se za prihvatanje fasade koristile određene vrste nosača.



Slika 10- Transparentna fasada od staklenih panela

To dovodi do formiranja sistema koji se sastoji samo od vertikalnih ili horizontalnih zategnutih kablova koji se vešaju za konstrukciju samog objekta [10]. Kada se postignu adekvatne sile prednaprezanja u kablovima oni sada mogu nositi i staklene panele. Staklena fasada može biti ravna ili zakrivljena. Tanji stakleni elementi traže i veću



Slika 10- Sistem vešane fasadne konstrukcije, gdje se prednaprežu horizontalni kablovi: 1. Konstrukcija za vešanje kablova

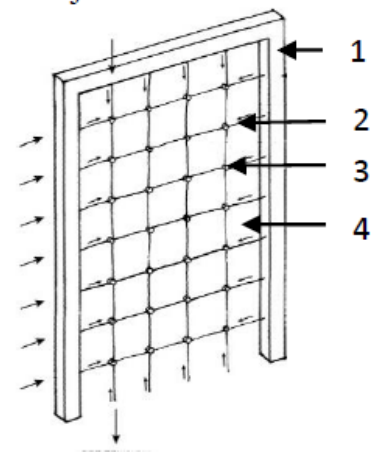
gustinu kablova što dovodi do manje sile prednaprezanja u svakom pojedinačnom kablov. Velike sile prednaprezanja služe za suprotavljanje ugibu na staklenoj fasadi, a najčešće dozvoljeni ugibi iznose $L/45$ ili $L/50$, što dovodi do stvaranja jedne fleksibilne mreže koja je veoma otporna na opterećenje od vetra.

6 KABLOVSKE MREŽE

Kablovske mreže [9,10] dobijaju se kada se pored vertikalnih ili horizontalnih nosećih, zategnutih kablova dodaju i noseći zategnuti kablovi upravni na postojeće kablove. Na ovaj način dobijamo ravanski, kablovski mrežni sistem. Razmak kablova zavisi od veličine fasadnih panela i od sile



Slika 11- Kablovki mrežni sistem za podršku staklenih panela



Slika 12- Kablovski mrežni sistem sa silama u kablovima: 1. Noseća konstrukcija objekta; 2. Zategnuti kabl; 3. Tačka vezivanja horizontalnog i vertikalnog kabla; 4. Stakleni panel

prednaprezanja koju unosimo u kablove. Zbog toga što u ovakvom sistemu imamo noseće kablove u dva upravna pravca kontrola ugiba koji se javlja je jednostavnija. Uzimajući u obzir da je efektivni razmak između kablova manji veličina sile prednaprezanja koja se aplicira u svakom kablov je manja.

7 ZAKLJUČAK

Tendencija arhitekata da stvore što je moguće transparentniju konstrukciju koja će omogućiti gotovo nesmetan pogled iz unutrašnjosti objekta prema spoljašnjosti dovodi do usavršavanja fasadnih sistema pa uz razvoj tehnologije stakla, ali i lepkova i sredstava za zaptivanje kao rezultat imamo objekte koji plene svojim atraktivnim izgledom. Staklo kao transparentan materijal koji se često koristi kao završna obloga na savremenim objektima zahteva odgovarajuću potkonstrukciju obzirom na činjenicu da

spada u krte materijale čijim oštećenjem i konačno lomom, bi osim narušene fasade objekta potencijalno bili ugroženi kako korisnici objekta tako i prolaznici. Iz tih razloga ovi fasadni sistemi podrazumevaju veliku pažnju kako projekatnata tako i izvodjača. U radu je dat razvojni put potkonstrukcijskih sistema staklenih fasadnih zidova koji je za cilj imao postizanje maksimalne transparentnosti.

LITERATURA

[1] *Ekološko oblikovanje fasada*, Nikola Cekić, Miloš Dačić, Aleksandar Jovanović, *Facta Universitatis, Univerzitet u Nišu*, 2011.

[2] *Posebni problemi projektovanja medija fasada*, Jasna Čikić, Nenad Šekularac, Jelena Ivanović-Šekularac, *Facta Universitatis, Univerzitet u Nišu*, 2011.

[3] *Integracija fotonaponskih modula u fasadni omotač zgrade*, D. Jovanović, D. Đurić-Mijović, *Nauka+Praksa, br. 14, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2011., str. 9-14.*

[4] *Fotonaponske ćelije kao deo krovne konstrukcije*, M. Nedeljković, *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš, 2013., br. 28, str. 173-184.*

[5] *Tradicionalni materijali u projektovanju savremenih fasada*, J. Prolović, *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš, 2008., br. 23, str. 311-321.*

[6] *Architectural glass: types, performance and legislation*, J. Savić, D. Đurić-Mijović, V. Bogdanović, *Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, 2013., Vol. 11, No. 1, str. 35-45.*

[7] *Staklo i konstruktivna primena u arhitekturi*, J. Čikić, *Građevinska knjiga, Beograd, 2007.*

[8] *DIN 18056:1966-06 window walls; design and construction.*

[9] *Structural glass facades: a unique building technology*, Ed by Michael R. Patterson, *Faculty of the School of Architecture University of Southern California, 2008.*

[10] <http://www.enclos.com/>