



[1] 2013 1[1]

AGG+ časopis za arhitekturu, građevinarstvo, geodeziju i srodne naučne oblasti
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

166-171

Stručni rad | Professional paper

UDK | UDC 624.072.336.042(497.6Pale)

DOI 10.7251/AGGPLUS1301166J

Rad primljen | Paper received 15/11/2013

Rad prihvaćen | Paper accepted 26/11/2013

Dejana Jokić

Institut za ispitivanje materijala i konstrukcija Republike Srpske, Jasenovačkih logoraša 4a, Banja Luka

Marina Latinović

Institut za ispitivanje materijala i konstrukcija Republike Srpske, Jasenovačkih logoraša 4a, Banja Luka

ISPITIVANJE KROVNE
KONSTRUKCIJE SPORTSKE
DVORANE U PALAMA
PROBNIM OPTEREĆENJEM

TEST LOADING ON ROOF
STRUCTURE OF SPORTS HALL
IN PALE

Stručni rad
Professional paper
Рад примљен | Paper accepted
26/11/2013
UDK I UDC
624.072.336.042(497.6Pale)
DOI
10.7251/AGGPLUS1301166J

Dejana Jokić

Institut za ispitivanje materijala i konstrukcija Republike Srpske, Jasenovačkih logoraša 4a, Banja Luka

Marina Latinović

Institut za ispitivanje materijala i konstrukcija Republike Srpske, Jasenovačkih logoraša 4a, Banja Luka

ISPITIVANJE KROVNE KONSTRUKCIJE SPORTSKE DVORANE U PALAMA PROBNIM OPTEREĆENJEM

APSTRAKT

U radu je prikazan princip statičkog ispitivanja rešetkastog krovnog nosača sportske dvorane, izgrađene uz osnovnu školu „Srbija“ u Palama. Prilikom ispitivanja vršena je simulacija opterećenja od snježnog pokrivača na krovu, a obuhvaćen je jedan glavni čelični rešetkasti (tropojasni) krovni nosač, raspona $L=23$ m. Izvršena su sljedeća mjerenja i osmatranja krovne rešetke: mjerenje vertikalnih ugiba na mjestima $L/2$, $L/4$ i $L/8$ raspona konstrukcije, mjerenje pomjeranja oslonaca, mjerenje lokalnih deformacija i mjerenje trajnih ugiba i deformacija konstrukcije poslije rasterećenja, te je izvršeno njihovo poređenje sa projektovanim vrijednostima.

Ključne riječi: čelična rešetka, ispitivanje, ugibi, naponi, deformacije, pomjeranja.

TEST LOADING ON ROOF STRUCTURE OF SPORTS HALL IN PALE

APSTRACT

This paper treats the principle of static testing on braced girder of a sport hall built by the primary school "Srbija" in Pale. During testing simulated snow load was performed on the roof and was applied on a major steel braced (three-band) roof girder, with span $L = 23$ m. The following measurements and observations were performed: measurement of vertical deflection at $L/2$, $L/4$ and $L/8$ of structure span; measurement of displacements of supports; measurement of local deformation and permanent deflection and deformation after unloading, and than these values were compared to the designed values.

Keywords: steel braced girder, testing, deflection, stress, deformation, displacement.

1. UVODNE NAPOMENE

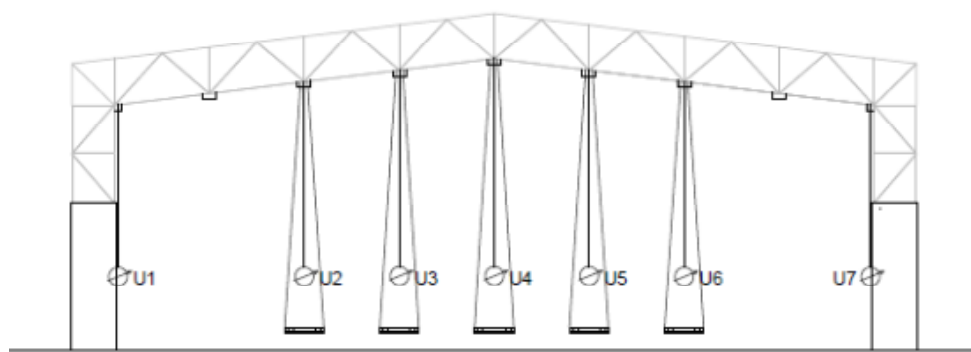
Krovna konstrukcija dvorane sastoji se od čeličnih rešetkastih nosača koji su međusobno povezani rožnjačama u nivou donjeg pojasa na rastojanjima od 6,80 m. Čelične rešetke su izvedene kao tropojasne sa štapovima ispune. Raspon donjih pojaseva je 23,00 m, dok je gornji pojas raspona 25,60 m. Veze štapova ispune sa pojasnim štapovima ostvarene su zavarivanjem, dok su nastavci pojasnih štapova izvedeni dijelom preko visokovrijednih vijaka, a dijelom zavarivanjem. Glavni krovni nosač zajedno sa rešetkastim čeličnim stubovima formira glavne čelične ramove, koji su usidreni u AB stubove do kote +4,50 m.

Prije ispitivanja čelične krovne rešetke izrađen je program ispitivanja. Programom su definisana mjerna mjesta, veličina i položaj opterećenja, očekivani uticaji (ugibi, naponi) i definisan je sam postupak ispitivanja. Izvršena je simulacija opterećenja od snježnog pokrivača na krovu, a tereti su nanoseni na glavni čelični rešetkasti (tropojasni) krovni nosač, raspona $L=23$ m.

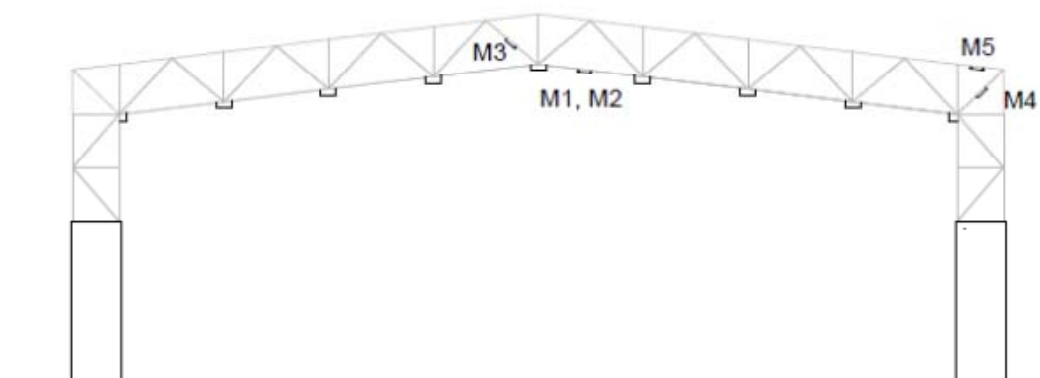
Poštovanjem zahtjeva JUS-a U.M1.047, obuhvaćeno je mjerenje sljedećih veličina:

- vertikalnih ugiba na mjestima $L/2$, $L/4$ i $L/8$ raspona konstrukcije;
- pomjeranja oslonaca;
- lokalnih deformacija;
- trajnih ugiba i deformacija konstrukcije poslije rasterećenja.

Mjerenje ugiba je izvršeno ugibomjerima tipa „Hottinger“, tačnosti 0,05 mm. Lokalne deformacije mjerene su mjernim trakama, postavljenim na gornjem i donjem pojasu, kao i na srednjim štapovima ispune. Mjerne trake su tipa „Hottinger“, mjerne baze 20 mm i mjernog mosta „B&K“.



Slika 1. Raspored ugibomjera



Slika 2. Raspored mjernih traka

Veličina probnog opterećenja je određena tako da se u glavnim štapovima krovne rešetke izazovu normalne sile približno jednake maksimalnim vrijednostima iz projekta. Probim opterećenjem je simulirana težina snijega na krovu u iznosu od $1,1 \text{ kN/m}^2$. Simulacija snijega izvršena je nanošenjem betonskih blokova na drvene platforme neposredno iznad podne ploče. S obzirom na to da je nosač tropojasna rešetka, pozicionirana tako da se donji pojas sastoji iz dva dijela a gornji iz jednog, probno opterećenje raspoređeno je na 10 čvorova (5 čvorova na jednom dijelu donjeg pojasa, a 5 čvorova na drugom dijelu). Opterećenje sa platforme prenosilo se užadima, nosivosti 30 kN, u donje pojaseve rešetke.

Kontrolni statički proračun je urađen programskim paketom „Tower6“, Radimpex – Beograd. U nastavku su tabelarno prikazane karakteristične vrijednosti ugiba i napona, pri različitim fazama opterećenja.

Tabela 1. Računski ugibi

Mjerno mjesto	Računske vrijednosti					
	Vrijednosti ugiba u rešetkastom nosaču od projektovanog opterećenja [mm]		Vrijednost ugiba po fazama izazvanim probnim opterećenjem (simulacija opterećenja od snijega) [mm]			
	Stalno opterećenje	Opterećenje od snijega	F1	F2	F3	F4
L/2	-9.20	-19.44	-4.80	-9.60	-14.40	-19.20

Tabela 2. Računski naponi

Mjerno mjesto		Računske vrijednosti			
		Vrijednosti napona u rešetkastom nosaču od projektovanog opterećenja [MPa]		Vrijednosti napona po fazama izazvanim probnim opterećenjem (simulacija opterećenja od snijega) [MPa]	
		Stalno opterećenje	Opterećenje od snijega	F2	F4
Donji pojas	L/2 ^{Lijevo}	10.60	22.10	11.00	22.00
	L/2 ^{Desno}	10.50	22.00	11.00	21.90
Gornji pojas	L	34.70	68.04	33.90	67.70



Slika 3. Probno opterećenje

2. IZVRŠENA MJERENJA I DOBIJENI REZULTATI

Prije početka ispitivanja rešetkastog nosača izvršen je uvid u potrebnu dokumentaciju i izvršen detaljan vizuelni pregled krovne konstrukcije.

U skladu sa kontrolnim proračunom, opterećenje na konstrukciji nanosilo se u četiri faze:

- Faza 1: ukupno opterećenje - 27 kN (2.7 kN/čvoru);
- Faza 2: ukupno opterećenje - 54 kN (5.4 kN/čvoru);
- Faza 3: ukupno opterećenje - 81 kN (8.1 kN/čvoru);
- Faza 4: ukupno opterećenje - 108 kN (10.8 kN/čvoru).

Nakon svake faze opterećenja izvršena su odgovarajuća mjerenja i osmatranja, bez rasterećenja između pojedinih faza. Nakon *Faze 4* opterećenja, teret je zadržan 4 h na platformi uz periodična posmatranja.

Izmjereni ugibi i dilatacije prikazani su u sljedećim tabelama.

Tabela 3. Mjereni ugibi

Mjerene vrijednosti										
Mjerno mjesto		Očitane vrijednosti					Dobijeni ugibi			
		Nule O [cm]	Faza F1 [cm]	Faza F2 [cm]	Faza F3 [cm]	Faza F4 [cm]	Raste-rećenje R [cm]	$U_{max} = F4 - O$ [mm]	$U_{pl} = R - O$ [mm]	$U = (U_{pl} / U_{max}) \cdot 100$ [%]
Oslonac	U1	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	0.00	0.00	0.00
L/4 ^l	U2	1.32	1.30	0.87	0.40	0.05	1.19	-12.70	-1.30	10.24
	U3	2.56	2.67	1.97	1.35	0.92	2.40	-16.40	-1.60	9.76
L/2	U4	2.77	2.64	2.02	1.34	0.86	2.65	-19.10	-1.20	6.28
	U5	3.71	3.78	3.14	2.50	2.06	3.56	-16.50	-1.50	9.09
L/4 ^d	U6	3.24	3.21	2.79	2.35	2.04	3.18	-12.00	-0.60	5.00
	Oslonac	U7	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	0.00	0.00	0.00

Tabela 4. Mjerenje dilatacije – naponi

Mjerene vrijednosti								
Mjerno mjesto		Očitane vrijednosti				Dobijeni naponi		
		Nule O [μstrain]	Faza F2 [μstrain]	Faza F4 [μstrain]	Rast. R [μstrain]	$\sigma_{max} = (F4 - O) \cdot 0.21$ [MPa]	$\sigma_{pl} = (R - O) \cdot 0.21$ [MPa]	$\sigma = \sigma_{pl} / \sigma_{max} \cdot 100$ [MPa]
Donji pojas	M1	-2	51	102	9	21.9	2.3	10.5
	M2	-3	49	100	3	21.6	1.3	6.02
Dijagonale	M3	0	19	39	3	8.1	0.6	7.40
	M4	-3	-67	-120	0	-24.6	-0.6	2.44
Gornji pojas	M5	-5	87	213	2	45.8	1.5	3.27

3. ANALIZA REZULTATA

Poređenjem vrijednosti izmjerenih ugiba, kao i izmjerenih dilatacija – napona, od probnog opterećenja sa odgovarajućim računskim, vidljivo je da su izmjerene vrijednosti manje od odgovarajućih računskih za sve faze ispitivanja čelične krovne rešetke. Ostvaren je koeficijent efikasnosti probnog opterećenja prema ugibima $U=0.98$ i prema naponima $U=0.99$, što zadovoljava uslove standarda.

Tabela 5. Računski i mjereni ugibi

Mjerno mjesto	Faze	Ugibomjer	Izmjeren ugib (mm)	Proračunski ugib (mm)	Razlika ugiba (mm)	Zaostali ugib [%]	Dopušteni zaostali ugib [%]
L/2	F2	U ₄	-7,50	-9,60	-2,10	0	15
	F4	U ₄	-19,10	-19,20	-0,10	6,28	15

Tabela 6. Računske i mjerene dilatacije – naponi

Mjerno mjesto		Faze	Izmjereni naponi [MPa]	Proračunski naponi [MPa]	Razlika napona [MPa]	Zaostali naponi [%]	Dopušteni zaostali naponi [%]
L	Gornji pojas	F2	19.30	33.90	14.60	0	15
		F4	45.80	67.70	21.90	3.27	15
L/2 ^{lijevo}	Donji pojas	F2	10.90	11.00	0.10	0	15
		F4	21.60	22.00	0.40	6.10	15

4. ZAKLJUČAK

Ispitivanje čelične krovne rešetke probnim opterećenjem, sportske dvorane u Palama, izvršeno je u skladu sa važećim standardom *JUS U M1. 047 – Ispitivanje konstrukcija visokogradnje probnim opterećenjem i ispitivanje do loma.*

Na osnovu analize dobijenih rezultata, vizuelnog pregleda rešetke i pregleda tehničke dokumentacije, može se konstatovati sljedeće:

- da su izmjereni ugibi manji od računskih i po vrijednostima ne mogu negativno uticati na funkcionalnost i estetski izgled konstrukcije;
- trajni ugibi su ispod gornje granice dozvoljenih i radi se o konstrukciji koja u eksploataciji pokazuje dovoljan stepen elastičnosti;
- izmjereni naponi su manji od računskih i po vrijednostima su u granicama dopuštenih, čime je zadovoljena nosivost i sigurnost nosača;
- nije uočena pojava defomacija i popuštanje spojeva i zadovoljeni su osnovni uslovi za ovakvu vrstu konstrukcija;

5. LITERATURA

- [1] "Izvještaj o ispitivanju probnim opterećenjem čelične krovne rešetke sportske dvorane uz OŠ „Srbija“ u Palama," Banja Luka: IMK RS, 2013.
- [2] "Ispitivanje konstrukcija visokogradnje probnim opterećenjem i ispitivanje do loma, *JUS U.M1.047,*" Beograd: Službeni list SFRJ 4/1987