



Nenad Fric<sup>1</sup>, Dragan Buđevac<sup>2</sup>, Zlatko Marković<sup>3</sup>, Marko Pavlović<sup>4</sup>

## ČELIČNA KONSTRUKCIJA SINEMAPLEKSA »STER« U TRŽNOM CENTRU DELTA CITY U BEOGRADU

### Rezime

U ovom radu je prikazana čelična konstrukcija sinemapleksa »Ster« u tržnom centru Delta City u Beogradu. Sinemapleks ima šest projekcionih sala i prateće sadržaje. Konstrukcija se može podeliti na tri celine: glavna noseća konstrukcija, konstrukcije bioskopskih sala i podignuti podovi, ukupne težine oko 600 t. Svi čelični stubovi su zglobno oslonjeni. Prostorna stabilnost je obezbeđena vertikalnim i krovim spregovima i krutim spregnutim međuspratnim konstrukcijama. Zbog složene geometrije krovne konstrukcije i specifičnosti izgradnje objekta, akcenat je stavljen na rešavanje detalja, izradu radioničke dokumentacije (primenjen je softver za 3D modeliranje) i montažu.

### Ključne reči

Čelične i spregnute konstrukcije, sinemapleks, montaža.

## STEEL STRUCTURE OF CINEMA »STER« IN SHOPPING MALL DELTA CITY IN BELGRADE

### Summary

This paper represents steel structure of the cinema »Ster« which is a part of the shopping mall Delta City in Belgrade. Cinema has six projection rooms with additional contents. There are three levels of structure: main bearing structure, structure of projection rooms and raised floors, gross weight approximately 600 t. All steel columns are free supported. Vertical and roof bracings and stiff composite floors provide stability of structure. Due to complex roof geometry and building particularity, special attention had to be paid to designing of joints, production of workshop drawings (software for 3D modeling was used) and planning erection technology.

### Key words

Steel and composite structures, cinema, erection

<sup>1</sup>Dipl.građ.inž, asistent, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73

<sup>2</sup>Dr, dipl.građ.inž, redovni profesor, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73

<sup>3</sup>Dr, dipl.građ.inž, vanredni profesor, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73

<sup>4</sup>Dipl.građ.inž, asistent, Građevinski fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73

## 1. UVOD

Jedan od sastavnih delova multifunkcionalnog tržnog centra Delta City u Beogradu je i sinemapleks »Ster«. Radi se o približno 600 t čelične konstrukcije, površine osnove oko 3000 m<sup>2</sup> koja je smeštena na poslednjoj etaži armirano-betonske konstrukcije tržnog centra.

Veoma visoki arhitektonski zahtevi, složena geometrija objekta, kratki rokovi od ukupno 18 meseci i primena koncepta istovremenog projektovanja i građenja, zahtevali su posebnu pažnju i angažovanje svih učesnika u procesu izgradnje tržnog centra sa posebnim akcentom na bioskop kao najsloženiji deo konstrukcije.

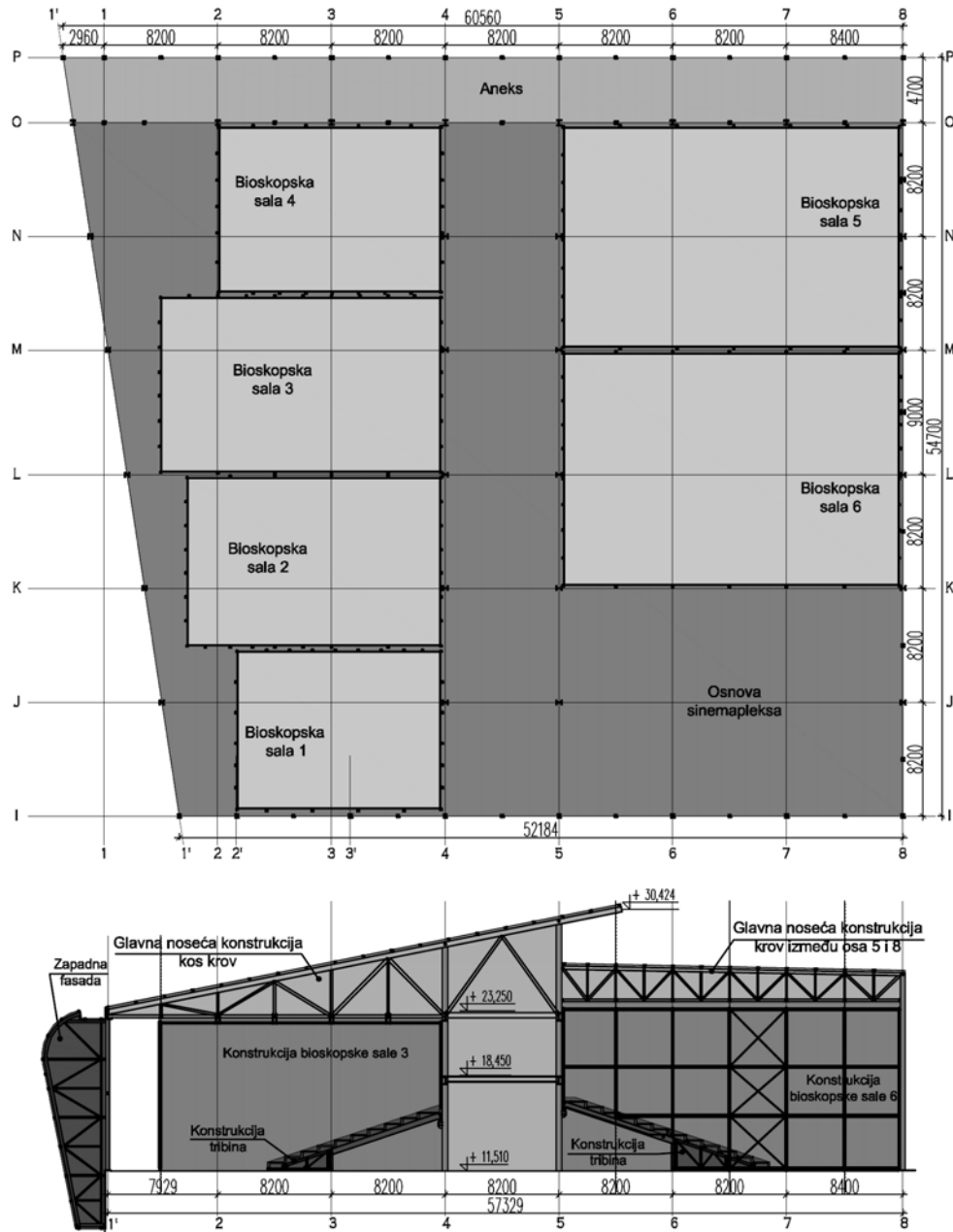
## 2. OPIS KONSTRUKCIJE BIOSKOPA

Sinemapleks je trapezne osnove i smešten je između osa I i P u jednom i I' (zakošena u odnosu na ostale ose) i 8 u drugom pravcu. Dužine je  $3 \times 8,2 + 9 + 2 \times 8,2 = 50$  m, a širine od  $4,14 + 8,2 + 6,84 + 3 \times 8,2 + 8,4 = 52,18$  m do  $2,96 + 6 \times 8,2 + 8,4 = 60,56$  m. U produžetku, između osa O i P, celom dužinom predviđen je aneks širine 4,7 m. Cela konstrukcija se može podeliti u tri celine: glavna noseća konstrukcija, konstrukcije bioskopskih sala i podignuti podovi.

Glavni stubovi sinemapleksa su zglobno oslonjeni na AB stubove. Prostorna stabilnost objekta za dejstvo horizontalnih sila od vetra i seizmike postiže se pomoću podužnih i poprečnih krovnih spregova, krutih međuspratnih AB ploča i vertikalnih spregova koji su smešteni u obimne zidove (u osama I', 8, I, O i P) i unutar objekta (u osama 4 i 5). Krovna konstrukcija podeljena je na tri dela: kos krov između osa I' i 6, krov između osa 5 i 8 i mali krov aneksa između osa O i P.

Geometrija kosog krova definisana je arhitektonskim zahtevima. Obzirom na trapeznu osnovu objekta na ovom delu kao i zahtev za ravnom površinom zbog lakšeg pokrivanja, ivice krovne površi su zakošene u odnosu na glavne ose, odnosno paralelne sa kosom osom I'. To prouzrokuje promenljivu dužinu prepusta uz osu 5 i to od 1,86 m u osi O do 9,67 m u osi I kao i nagib krova u podužnom pravcu. Sve rožnjače na ovom delu krova su paralelne sa osom I'. Postavljene su na međusobnom rastojanju od 2,05 m. Statičkog su sistema kontinualne grede raspona 8,28 m izuzev između osa L i M gde je raspon maksimalan i iznosi 9,1 m. Za rožnjače su usvojeni vruće valjani profili HEA 180 oslonjeni na gornji pojas glavnog rešetkastog nosača. Obzirom na složenu geometriju krova rožnjače ne leže u čvorovima rešetke već je gornji pojas glavnog nosača izložen i savijanju (ekscentrično pritisnut). Zbog toga je za gornji pojas usvojen zavareni I profil dimenzija: nožice 250x18 mm i rebro 364x8 mm sa gornjom nožicom u nagibu od 3% kako bi pratila nagib krovne ravni. Donji pojas je horizontalan i aksijalno opterećen. Izveden je od vruće valjanih profila HEB 200. Predviđena su dva tipa štapova ispune od šupljih hladno oblikovanih profila: []200/200/6,3 mm i []120/120/5 mm. Na delu konzolnog prepusta kosog krova uz osu 5 nosači gornjeg pojasa se ispuštaju konzolno u osama L, M i N. U osama I, J i K zbog velikih prepusta usvojeni su sandučasti konzolni nosači dimenzija: nožice 250x25 mm i rebra 500x8 mm. Obzirom na veliki prepust i deformacije predviđeno je nadvišenje sandučastog konzolnog prepusta (maksimalne dužine 9,67 m) za svo stalno opterećenje i polovinu opterećenja od snega. U osi gornjeg pojasa postavljeni su krovni spregovi, poprečni između osa K i L i osa M i N, i podužni između osa 4 i 5.

Spreгови su sa ukrštenim dijagonalama od vruće valjanih profila L100/100/10 mm i horizontalama od šupljih hladno oblikovanih profila [140/140/5 mm.



Slika 1. Osnova sinemapsleksa i poprečni presek u osi M

Konstrukcija krova između osa 5 i 8 je sa minimalnim poprečnim nagibom od približno 2%. Krov je pravougaone osnove dimenzija: širina 24,6 m i dužina 50 m. Rožnjače su, kao i kod kosog krova, kontinualni nosači na šest polja izvedeni od profila HEA 180. Glavni rešetkasti nosači leže u osama J, K, L, M i N i statičkog su sistema proste grede raspona 24,6 m sa gornjim pojasem u nagibu. Sistemna visina u polovini raspona je 2,1 m. Rožnjače su oslonjene u čvorovima gornjeg pojasa tako da nema njegovog lokalnog savijanja. Izveden je od profila HEB 240. Donji pojas (HEB 200) je horizontalan. Štapovi ispune su izvedeni od hladno oblikovanih profila  $\square$ 160/160/5 mm i  $\square$ 140/100/5 mm. U osi gornjeg pojasa nalaze se spregovi, poprečni između osa K i L i osa M i N, i podužni između osa 7 i 8. Spregovi su sa ukrštenim dijagonalama od vruće valjanih profila L100/100/10 mm. Vertikale i pojasevi ovih spregova su rožnjače i gornji pojasevi glavnih nosača.

Rožnjače su predviđene samo za prijem težine krovnog pokrivača i snega dok se sve instalacije i plafoni (protivpožarni, enterijerski i akustički) oslanjaju na nosače spušenog plafona. Oni se nalaze u nivou donjeg pojasa glavnih nosača kako kosog tako i ravnog krova. Statičkog su sistema proste grede i izvedeni su od profila HEB 200. U nivou donjeg pojasa glavnih krovnih nosača odnosno u nivou nosača plafona nalazi se i horizontalan spreg sa ukrštenim dijagonalama od vruće valjanih profila L100/100/10 mm.

Malu krovnu konstrukciju aneksa između osa O i P čine: rožnjače (HEA 180), krovni nosači (HEA 180) i krovni spregovi od ukrštenih dijagonala.

Između osa 4 i 5, celom dužinom objekta nalaze se dve međuspratne konstrukcije. Na koti +18,45 m AB ploča debljine 11 cm spregnuta je sa podnim nosačima (proste grede raspona 8,2 m, izvedene od profila IPE 360) i na njoj se nalaze projekcione sobe (za svaku salu po jedna). Na delu između osa I i J ova ploča spuštена je na kotu +17,25 m. Međuspratna konstrukcija na koti +23,25 predviđena je za smeštaj mašinske opreme za klimatizaciju, a izvedena je kao AB ploča debljine 12 cm spregnuta sa podnim nosačima od profila IPE 400. U objektu postoji još jedna međuspratna konstrukcija koja se nalazi u aneksu, na koti +14,95 m. U pitanju je takođe AB ploča debljine 12 cm koja je spregnuta sa podnim nosačima (proste grede raspona 8,2 m izvedene od profila IPE 400).

Razlikuju se tri tipa glavnih stubova konstrukcije bioskopa: u osama 4 i 5 HEB 400 ("pendel" stubovi oslonjeni bočno u nivoima međuspratnih konstrukcija i krova), u osi 1' HEA 300 i u osi 8 HEA 340.

Zbog različitih visina, naprezanja i uslova oslanjanja postoji sedam vrsta fasadnih stubova. Svi su izvedeni kao vruće valjani profili dimenzija od HEA 180 do HEA 400.

Vertikalni spregovi u osama O, P, I, 1' i 8 su sa ukrštenim dijagonalama (U140). Spregovi u osama 4 i 5 nisu alternativni, pa su dijagonale sandučastog preseka od dva vruće valjna profila U220.

U okviru sinemapskopskih sala nalazi se šest projekcionih sala različitih veličina, u svemu prema arhitektonskim zahtevima zakupca. Svaka sala je posebna akustička celina pa mora biti izolovana i od buke i od vibracija. Zbog toga su sve sale nezavisne u odnosu na glavnu noseću konstrukciju kao i međusobno. Obimne zidove čine stubovi, fasadne rigle i spregovi (u svakom zidu, svake sale, po jedan) dok se u krovu nalaze plafonski nosači i poprečni i podužni krovni spregovi. Svi elementi izrađeni su od hladno oblikovanih kutijastih profila. Krovne konstrukcije svih sala obešene su o nosače spušenog plafona

pomoću vešaljki. Svi stubovi sala su zglobno oslonjeni na montažnu AB konstrukciju "hollowcore", kose tribinske nosače ili AB korube uz ose 4 i 5. Stubovi se odvajaju od podloge akustičkim izolatorima. Zbog veoma velikog opterećenja tribina i podignutih podova (stalno opterećenje  $500 \text{ kg/m}^2$  i korisno opterećenje  $500 \text{ kg/m}^2$ ) problem se pojavio na onim mestima na kojim se stubovi oslanjaju direktno na montažne AB ploče. Na tim mestima tačkasto opterećenje se prenosi posredno, preko vruće valjanog profila HEB 200.

Unutar sala predviđene su tribine sa AB montažnim korubama koje se postavljaju na čelične tribinske nosače. U manjim salama (sale 1 i 4) tribinski nosači su potpuno nezavisne konstrukcije gusto oslonjene na AB podnu ploču. Kod većih sala, zbog korišćenja prostora ispod tribina, nije bilo moguće postavljanje gustih oslonaca pa je primenjen drugačiji koncept nošenja tribina. Predviđeni su "kolenasti" nosači koji se sa jedne strane, svojim stubovima, oslanjaju na AB grede a sa druge na podvlake (u oba slučaja preko akustičkih izolatora).

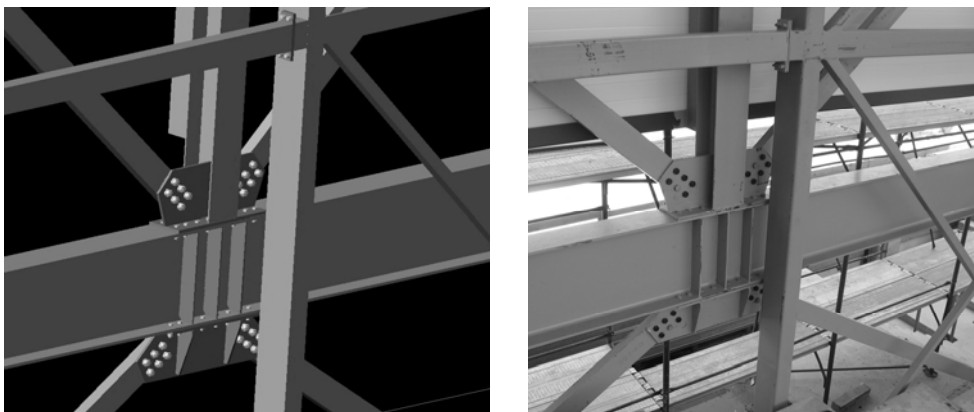
Na zapadnoj fasadi predviđena je fasadna konstrukcija specifičnog oblika. Čine je horizontalno postavljene rožnjače-fasadne rigle ( $[160/160/5 \text{ mm}]$ ), koje se oslanjaju na rešetkaste nosače postavljene u glavnim osama (od ose P do I). Rešetkasti nosači vezani su za glavne i fasadne stubove bioskopa u osi I'. Spoljašnji pojas ovih nosača je povijenog oblika i formiran je zavarivanjem kao I presek sa nožicama  $150 \times 10 \text{ mm}$  i rebrom  $180 \times 5 \text{ mm}$ . Unutrašnji pojas je od hladno oblikovanog profila  $[120/80/4 \text{ mm}]$ , a horizontale preko kojih se fasadna konstrukcija oslanja na stubove su formirane od dva profila U160.

U delu objekta između osa 4 i 5 uz osu O nalazi se lift i interno čelično stepenište.

### 3. MODELIRANJE, IZRADA I MONTAŽA KONSTRUKCIJE

Projekat, izrada i montaža konstrukcije bioskopa realizovani su na veoma visokom tehnološkom nivou.

Određivanje statičkih uticaja izvršeno je na detaljnom prostornom modelu. Na taj način sagledani su svi sekundarni uticaji koji postoje na ovako složenom objektu, stabilnost svih elemenata konstrukcije kao i prostorna stabilnost objekta u celini.



Slika 2. Detalj čvora vertikalnog sprega konstrukcije bioskopa u 3D modelu (ProSteel 3D) i izveden

Izvođač čelične konstrukcije bioskopa je beogradska firma "Montena doo". Posedovanje licenciranog programa za izradu radioničke dokumentacije "ProSteel 3D", obučenog kadra za rad u istom, kao i CNC mašine za izradu konstrukcije bio je samo jedan od preduslova da se posao uradi kvalitetno i u rekordnom roku od tri meseca. Veoma složena geometrija objekta sagledana je 3D modeliranjem i rešavanjem svih veza u pomenutom softveru (slika 2). Program iz 3D modela sam reprodukuje radioničke crteže i što je najvažnije NC fajlove. Na taj način direktno su povezani program za modeliranje i mašina za izradu konstrukcije što omogućava veliku uštedu vremena (nije potrebno štampati crteže da bi se napravila konstrukcija), a mogućnost greške svodi se na minimum. Takođe, program daje detaljne specifikacije materijala (profila i zavrtnjeva) što je izvođaču omogućilo dobru kontrolu preciznosti nabavke i blagovremene korekcije.

Montažu konstrukcije bioskopa opsluživala su četiri kрана. Obzirom na to da su svi stubovi zglobno oslonjeni neophodno je bilo početi montažu od dela glavne noseće konstrukcije, između osa 4 i 5, u kome se nalaze dva sprežna polja. Nemogućnost blagovremene nabavke akustičkih izolatora bio je jedan od najvećih problema pri montaži. Naime, trebalo je montirati konstrukciju ali i ostaviti mogućnost da se izolatori naknadno postave na sva mesta na kojima su predviđeni. Kratki rokovi zahtevali su preklapanje nekih pozicija rada. Dovoljan broj kranova omogućio je da se odmah nakon montaže dela glavne konstrukcije montiraju bioskopske sale koje se nalaze ispod njega. One su montirane tako što su im delovi zidova i krovova, kao montažna platna, spuštani kroz već namontiranu krovnu konstrukciju bioskopa.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Učešće u projektovanju i izgradnji ovakvog kapitalnog objekta, u trenutcima ponovne ekspanzije građevinarstva na našim prostorima, veliko je iskustvo za sve koji su u bilo kojoj fazi dali doprinos da se ceo posao završi kvalitetno i u predviđenom roku. Sa aspekta ovog rada, i projektanti i izvođači mogli su izvući određene pouke. Naime, primena koncepta istovremenog projektovanja i građenja na složenim objektima, u uslovima kratkih rokova, moguća je samo uz dobru saradnju projekatanta i izvođača. U slučaju opisanog sinemapskopskog projekta, projektanti su u potpunosti prilagodili projekat tehnologiji izvođača. Sa takvim projektom, uz primenu najsavremenijih programa za izradu radioničke dokumentacije kao i mašina za izradu konstrukcije bilo je moguće ispuniti zacrtane rokove, ali i postići zahtevani kvalitet.

#### **LITERATURA**

- [1] D. Buđevac, Z. Marković, D. Bogavac, D. Tošić: "Metalne konstrukcije", Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1999. godine, 704 str.
- [2] D. Buđevac: "Metalne konstrukcije u zgradarstvu", Građevinska knjiga a.d., Beograd, 2006. godine, 528 str.
- [3] Glavni projekat za multifunkcionalni tržišni centar u bloku 67, Novi Beograd, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2007. godina
- [4] Izvođački projekat za multifunkcionalni tržišni centar u bloku 67, Novi Beograd, Montena d.o.o. Beograd, 2007. godina