

GLAVNI PROJEKT TRGOVAČKOG CENTRA „PORTANOVA“ U OSIJEKU: SPREGNUTE KONSTRUKCIJE ČELIK - BETON

Irena Matić

Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, student

Ivica Boko

Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, izvanredni profesor

Sažetak: U radu je prikazan dio projekta konstrukcije trgovačkog centra Portanova u Osijeku. Cijela građevina je obrađena kroz nekoliko diplomskih radova koji zajedno sačinjavaju jednu cjelinu. U ovom dijelu prikazan je koncept cjelokupne konstrukcije i proračun spregnutih konstrukcija čelik - beton u građevini. Tlocrtna površina građevine je oko 24.000,00 m² (cca 285x80 m), a ukupna bruto površina oko 79.000,00 m². Građevina se sastoji od jedne podzemne i tri nadzemne etaže. Podrum je u potpunosti izveden u armiranom betonu, a katovi su spregnuta konstrukcija čelik- beton, čelični nosači oslonjeni na betonske stupove. Projektni zahtjev je opterećenje od 10,0 kN/m² na ploči prizemlja – na mjestu Supermarketa i 5,0 kN/m² na ostalom dijelu. Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u VIII seizmičku i I vjetrovnu zonu.

Ključne riječi: trgovački centar; glavni projekt konstrukcije

MAIN DESIGN OF SHOPPING MALL „PORTANOVA“ IN OSIJEK: COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURES

Abstract: The paper presents structural system of the shopping mall Portanova in Osijek. The whole building was treated through a few theses that together constitute a complete work. This section presents the concept of structure and calculation of composite steel and concrete structures in the building. Layout area of the building is approximately 24.000,00 m² (about 285x80 m) and a total gross area around 79.000,00 m². The building is composed of one underground and three upper ground floors. Basement is fully constructed in reinforced concrete, and the floors are composite structures - steel and concrete, steel beams supported on concrete columns. The project request is a load of 10,0 kN/m² on the board floor - in Supermarket and 5,0 kN/m² in other parts. The building is located in the VIII seismic zone and I wind zone.

Key words: shopping mall; main design of structure

1 Uvod

U radu je ukratko prikazan konstrukcijski sustav te detalji projektiranja i izvođenja spregnutih međukatnih konstrukcija čelik - beton trgovačkog centra Portanova u Osijeku. Građevina je smještena na jugozapadnom dijelu prostora Retfala-jug u Osijeku. Tlocrtna površina građevine je oko 24.000 m², a ukupna korisna površina oko 50.000 m².

Trgovački centar Portanova se visinski sastoji od jedne podzemne i tri nadzemne etaže. U podrumu zgrade projektirana je garaža, tehničke prostorije i spremišta. Nadzemne etaže predviđene su za razne trgovačke sadržaje, kino dvorane i sadržaje ugostiteljske namjene i zabavnog karaktera. Na dijelu drugog kata (krov 1. kata) projektirano je otvoreno parkiralište.

Građevina se, u konstrukcijskom smislu, sastoji od 4 dilatacije koje su konstrukcijski potpuno odvojene, a nalaze se na zajedničkoj temeljnoj ploči. Dilatacije 1 i 2 su dvoetažne (garaža + dvije nadzemne etaže), dilatacija 3 je dijelom dvoetažna a dijelom troetažna, a dilatacija 4 je troetažna (garaža + tri nadzemne etaže).

Podna ploča je armiranobetonska, debljine 80 cm. Ova ploča je uglavnom neprekinuta, osim na mjestima početka travelatora/eskalatora gdje je izvedeno udubljenje od 1.1 m i na mjestima liftova gdje je izvedeno udubljenje od 1.5 m. Ploča je armirana šipkastom armaturom u obje zone. Debljina ploče služi ujednačavanju opterećenja na temeljnom tlu i eliminaciji mogućeg diferencijalnog slijeganja.

Konstrukcija ploče garaže je armiranobetonska monolitna konstrukcija koja se sastoji od armiranobetonskih ploča (d=22 cm) koje su povezane gredama 65x60 cm (smjer sjever-jug) i 60x60 cm (smjer istok-zapad). Na pojedinim mjestima izvedena je greda dimenzija 60/80 cm na koju se naslanjaju stupovi. Garaža je djelomično ukopana i kao takva ukrućena obodnim zidovima i nasipom zemlje za horizontalna opterećenja. Uz to, tlocrtna površina ima relativno jednoliko raspodijeljene jezgre (stubišta, liftovi, travelatori). Vertikalni nosivi sustav su stupovi dimenzija 90x60 (na mjestima gdje se oni nastavljaju u prizemlju), tj. stupovi dimenzija 60x60 cm (na mjestima gdje završavaju na nivou prizemlja). Osim ovih stupova, na pojedinim mjestima su izvedeni stupovi 40x40 koji pridržavaju fasadu.

Za osnovni raster objekta na etažama predviđen je raster 16.20 × 8.10 m (svaki drugi stup iz garaže se ukida u smjeru sjever-jug). Kao međukatna konstrukcija predviđena je spregnuta konstrukcija čelik – beton. Čelični nosači projektirani su kao sačasti nosači HE800M visine 1221 mm (nosači dobiveni rezanjem vrućevaljanih širokopojasnih I profila, te ponovno varenih) na rasponu od 16.20 m. Sekundarnu nosivu konstrukciju na rasponu 8.10 m sačinjavaju vrućevaljani širokopojasni HE320A, na međusobnom osnom razmaku od 4.05 m. Betonska ploča je izvedena lijevanjem na licu mjesta u oplati koju sačinjavaju profilirani limovi Hoesch Additive Floor bez podupiranja i koji ostaju kao trajna oplata.

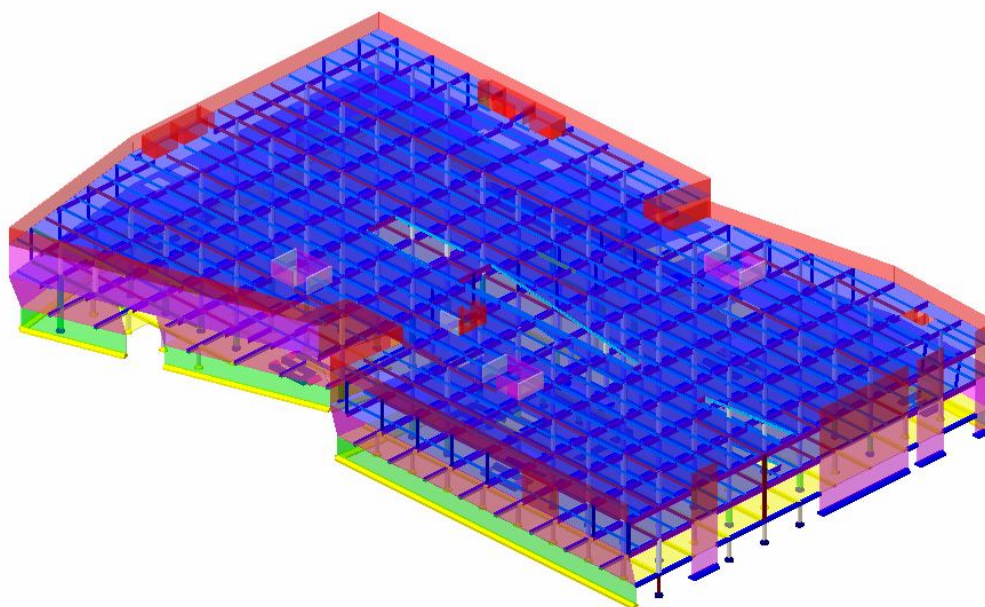
Materijal izrade betonske ploče je beton kvalitete C 30/37 (MB-40), a materijal za izradu čelične konstrukcije je čelik S355JR. Projektni zahtjev je opterećenje od 10.0 kN/m² na ploči prizemlja – na mjestu supermarketa i 5.0 kN/m² na ostalom dijelu. Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima pripada u VIII seizmičku zonu i I vjetrovnu zonu.

2 Koncept konstrukcije građevine

Idejno arhitektonsko rješenje odraz je prirode i lokalnog okruženja. Građevina je zamišljena u obliku tri velike stijene koje se odmaraju na tlu. Iskrivljenost ploha pročelja i nepravilnost (razvedenost) tlocrta doveli su do odabranog konstrukcijskog rješenja međukatnih konstrukcija – spregnuta konstrukcija čelik - beton!

Dakle, kao konstrukcijsko rješenje odabrana je monolitna betonska konstrukcija u podrumu i spegnuta konstrukcija čelik – beton na katovima. Ovo rješenje prikazano je u nastavku na numeričkom modelu za dilataciju D1.

Konstrukcija podruma je relativno pravilna: armiranobetonska ploča oslonjena na sustav armiranobetonskih greda u oba smjera. Konstrukcija 1. kata je također uglavnom pravilna (raster 16.20 x 8.10 m): spegnuta konstrukcija čelik – beton, a ispresijecana je kosim mall-ovima. Na 2. katu nastavlja se tlocrt 1. kata – uglavnom pravilna konstrukcija (raster 16.20 x 8.10 m): spegnuta konstrukcija čelik – beton, ispresijecana kosim mall-ovima.



Slika 1 – Dilatacija D1 – potpuni render konstrukcije

3 Konstrukcijski materijali

Za izgradnju betonskog dijela građevine koristi se beton projektiranog sastava, razreda tlačne čvrstoće normalnog betona C 30/37 (MB-40), a sve prema "Tehničkim propisima za betonske konstrukcije" ("TPBK" N.N. 101/05; 74/06; 85/06; 64/07). Kao armatura koristi se betonski čelik B 500 (tip B, prema TPBK) za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 2.0 – 5.0 cm. Za čelične konstrukcije koriste se čelični vruće valjani profili i limovi prema HRN C.B0.500 za opće konstrukcijske čelike i prema HRN EN 10025-2:2007 – čelik S355JR.

4 Opterećenja na konstrukciju

4.1 Stalno opterećenje (vlastita težina konstrukcijskih elemenata)

Uključeno je kroz numerički model.

4.2 Dodatno stalno opterećenje (težine nekonstrukcijskih elemenata)

(Napomena: Prikazano je dodatno stalno opterećenje za supermarket)

	d (m)	γ (kN/m ³)	$d \times \gamma$
Završni sloj poda	0.025	25.0	0.60
AB estrih	0.08	25.0	2.00
Termoizolacija (prosječno 10.0 cm)	0.10	5.0	0.50
Hidroizolacija	0.02	20.0	0.40

Ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = 3.50$ (kN/m²)

4.3 Korisno opterećenje

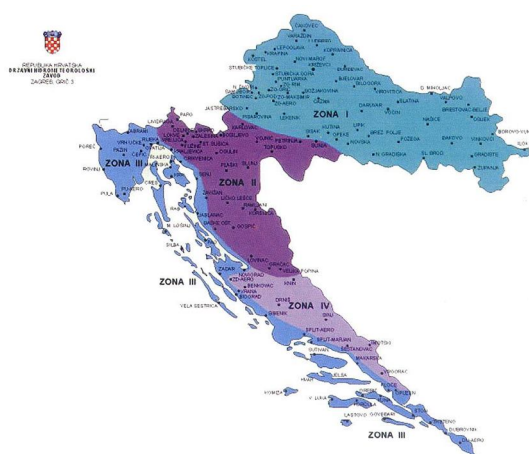
$q = 10.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	supermarket
$q = 5.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	ostali prostori

Napomena: Nije napravljena kombinacija opterećenja, tj. postavljanje pokretnog opterećenja u najkritičnije položaje, već je pokretno opterećenje uvećano za 20%.

4.4 Snijeg

Osijek se nalazi na oko 94 m n.m. Prema prijedlogu NAD-a i istraživanja opterećenja snijegom na području Republike Hrvatske [11], te preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, uzima se karakteristično opterećenje snijegom (nadmorska visina do 100 m n.m.): $s_0 = 1.10 \text{ kN/m}^2$.

Nadmorska visina do (m)	I. područje	II. područje	III. područje	IV. područje
100	1.10	1.10	0.45	0.35
200	1.30	1.40	0.80	0.50
300	1.55	1.75	1.20	0.70
400	1.80	2.20	1.65	0.90
500	2.05	2.65	2.15	1.15
600	2.35	3.15	2.70	2.70
700	2.65	3.70	3.30	3.30
800	2.95	4.25	3.95	3.95
900	3.25	4.90	4.65	4.65
1000	3.60	5.55	5.40	5.40
1100	3.95	6.25	6.20	6.20
1200	4.30	7.00	7.05	7.05
1300	-	7.80	7.95	7.95
1400	-	8.65	8.90	8.90
1500	-	9.50	9.90	9.90
1600	-	10.40	10.95	10.95
1700	-	11.40	12.05	12.05
1800	-	-	13.20	13.20



Slika 2 – Opterećenje snijegom

4.5 Vjetar

Opterećenje vjetrom odabrano je prema: EC1, Dio 2-4: Djelovanja vjetera i europskoj prednormi ENV 1991-2-4: Djelovanja na konstrukcije opterećene vjetrom, te nacionalnom dokumentu za primjenu u Republici Hrvatskoj. Građevina se nalazi u Osijeku (Osječko-baranjska županija), na poziciji gdje je uglavnom nezaštićena od djelovanja vjetera. Prema navedenim normama, lokacija je smještena u I području djelovanja vjetera, te je osnovno djelovanje vjetera:

$$v_0 = 22.0 \text{ m/s}$$

$$C_{dir} = 1.0$$

$$C_{tem} = 1.0$$

$$C_{alt} = 1.0 + 0.001 \cdot a_s$$

$$a_s = 160 \text{ m n.m.}$$

$$C_{alt} = 1.0 + 0.001 \cdot a_s = 1.0 + 0.001 \cdot 160 = 1.16$$

$$v_{ref} = C_{dir} \cdot C_{tem} \cdot C_{alt} \cdot v_0 = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.16 \cdot 22.0 = 25.5 \text{ m/s}$$

$$w'_{ref} = \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_{ref}^2 = \frac{1.25}{2} \cdot 25.5^2 = 406.4 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = 0.406 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho_{zr} = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Djelovanje vjetra na visini 9 m iznad tla:

$$w_{\text{ref}} = c_r(z) \cdot c_t(z) \cdot w'_{\text{ref}} = [k_r \cdot \ln(z/z_0)] \cdot 1.0 \cdot 0.406 = [0.19 \cdot \ln(9.0/0.05)] \cdot 1.0 \cdot 0.406 = 0.987 \cdot 1.0 \cdot 0.406 = 0.400 \text{ kN/m}^2$$

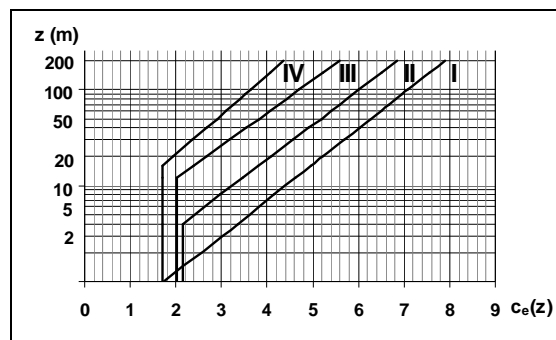
Koeficijent sile:

$$c_f = 1.00$$

Dinamički koeficijent sile:

$$c_d = 1.0 \text{ (iz dijagrama)}$$

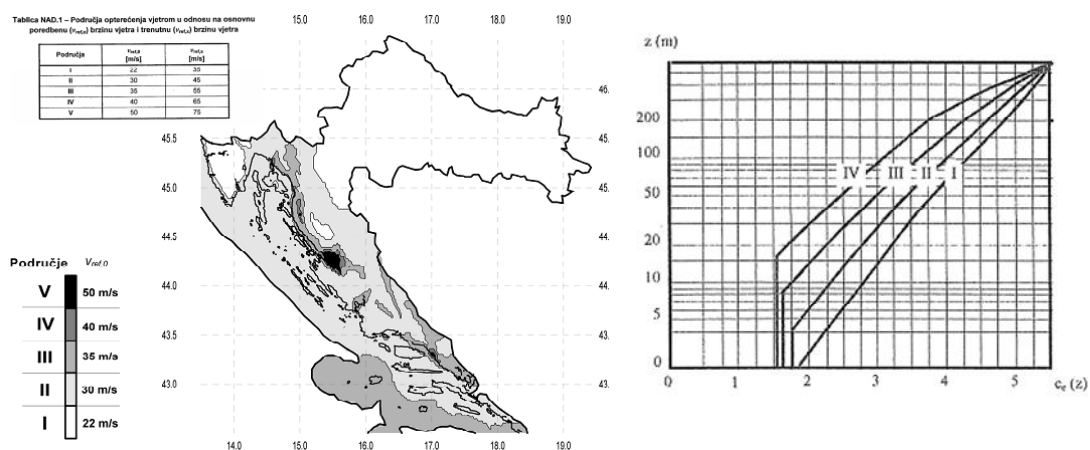
Koeficijent položaja $c_e(z)$ za kategoriju terena II i prosječnu visinu do 17 m iznad terena: $c_e(z) = 3.6$



Slika 3 – Koeficijent položaja $c_e(z)$

Rezultirajuće opterećenje vjetrom:

$$W = w_{\text{ref}} \cdot c_e(z) \cdot c_d \cdot c_f = 0.40 \cdot 3.6 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.44 \text{ kN/m}^2$$



Slika 4 – Opterećenje vjetrom

4.6 Temperatura

Temperaturno djelovanje zbog razlika u temperaturi kod montaže čelične konstrukcije (otvoreni objekt) uzeto je u proračunu konstrukcije preko jednolike temperature $t_s = 50^\circ\text{C}$.

4.7 Potres

Potresne sile proračunate su pojednostavljenim postupkom proračuna. Građevina je smještena u 8. potresnoj zoni prema važećoj seizmičkoj karti. Usvojeno projektno ubrzanje tla je $\alpha = 0.2g$. Građevina je temeljena na

glinovitom tlu visoke plastičnosti nepoznate dubine, što odgovara klasi tla C („Duboke naslage dobro do srednje zbijenog pijeska, šljunka ili gline, debljine od nekoliko desetina do više stotina metara“), prema parametrima danim u geotehničkom elaboratu. Pretpostavlja se srednja klasa ponašanja: DCM (medium ductility):

$$\alpha = \frac{a_g}{g} = 0.2$$

$$S = 1.15$$

$$\beta_0 = 2.5$$

$$\eta = 1.0$$

$$T_B = 0.20 \quad ; \quad T_C = 0.6 \quad ; \quad T_D = 2.0$$

Faktor značaja: $\gamma = 1.20$ (zgrada povećane seizmičke otpornosti).

Faktor ponašanja q :

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w$$

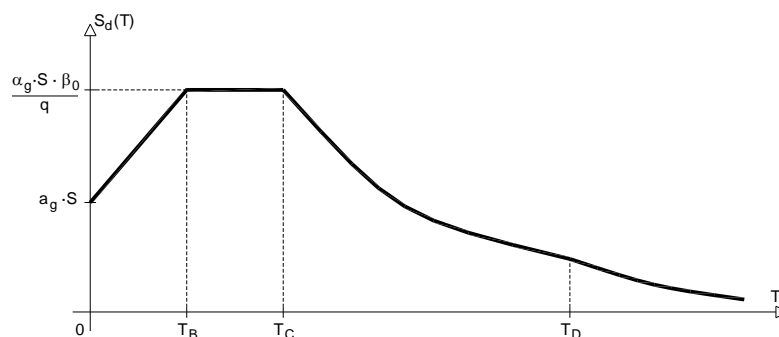
q_0 - osnovna vrijednost faktora ponašanja; $q_0 = 5.0$ (okvirni sustav)

k_d - faktor klase duktilnosti; uzima se srednja klasa duktilnosti (M); $k_d = 0.75$

k_r - faktor pravilnosti konstrukcije; $k_r = 1.0$ - pravilna konstrukcija

k_w - faktor loma, $k_w = 1.0$ - okvirni sustav

$$q = 5.0 \cdot 0.75 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 3.75$$



Za seizmički koeficijent bira se maksimalna vrijednost: $T_B < T_i < T_C$:

$$S_d(T_i) = \alpha \cdot S \cdot \frac{\beta_0}{q} = 0.2 \cdot 1.15 \cdot \frac{2.5}{3.75} = 0.15$$

Građevina potresne sile preuzima obodnim zidovima, stupovima i gredama, te jezgrama.

4.8 Puzanje betona

Vrijednost koeficijenta puzanja $\varphi(t, t_0)$ prema Dodatku B HRN ENV 1992-1-1:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

φ_0 je osnovni koeficijent puzanja. Pretpostavlja se da će se konstrukcija značajnije opteretiti 28 dana nakon stvrdnjavanja betona.

$$h_0 = 723 \text{ mm}$$

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

pri čemu je:

- φ_{RH} - koeficijent koji uzima u obzir relativnu vlažnost
- $\beta(f_{cm})$ - koeficijent koji uzima u obzir čvrstoću betona
- $\beta(t_0)$ - koeficijent koji uzima u obzir starost betona u trenutku nanošenja opterećenja

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - 80/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{723}} = 1.223$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{30}} = 3.067$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} = \frac{1}{(0.1 + 28^{0.20})} = 0.488$$

$$\varphi_0 = 1.223 \cdot 3.067 \cdot 0.488 = 1.830$$

5 Numerički model konstrukcije

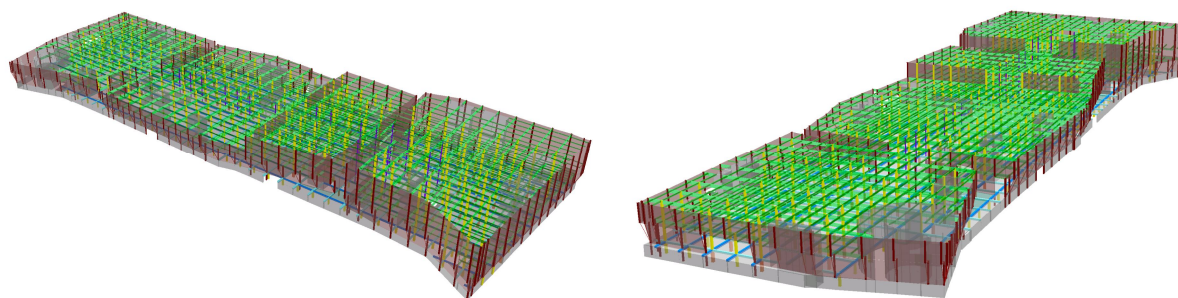
Za potrebe proračuna nosive konstrukcije građevine izrađeni su štapno-pločasti modeli. Posebno su napravljene modeli za svaku dilataciju, jer su one i fizički odvojene, osim na nivou temeljne ploče. Na temeljnoj ploči je adekvatno podešenim rubnim uvjetima simuliran kontinuitet. Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije i nekonstrukcijskih elemenata) te korisnim opterećenjem, pri čemu su sva opterećenja zadana kao raspodijeljena opterećenja po pločama. Korisno opterećenje je uvećano za 20% (npr. u supermarketu na: 12.0 kN/m²), da bi se izbjeglo postavljanje pokretnog opterećenja u najnepovoljnije položaje. Rezultati numeričkog proračuna su prikazani za pojedinačne slučajeve opterećenja, kao i za računsko (granično, ultimativno) opterećenje. Uobičajena kombinacija opterećenja se dobiva kao kombinacija stalnog i pokretnog opterećenja, te opterećenja snijega i vjetra, prema izrazu:

$$e = 1.35 g + 1.5 (q + s + w)$$

Izvanredna kombinacija opterećenja se dobiva kao kombinacija stalnog i pokretnog opterećenja te potresa, prema izrazu:

$$e = 1.0 g + 1.0 \psi_{02} q + 1.0 \Delta$$

Model je proračunat programskim paketom "Aspalathos" – program za analizu linijskih i pločastih sustava.

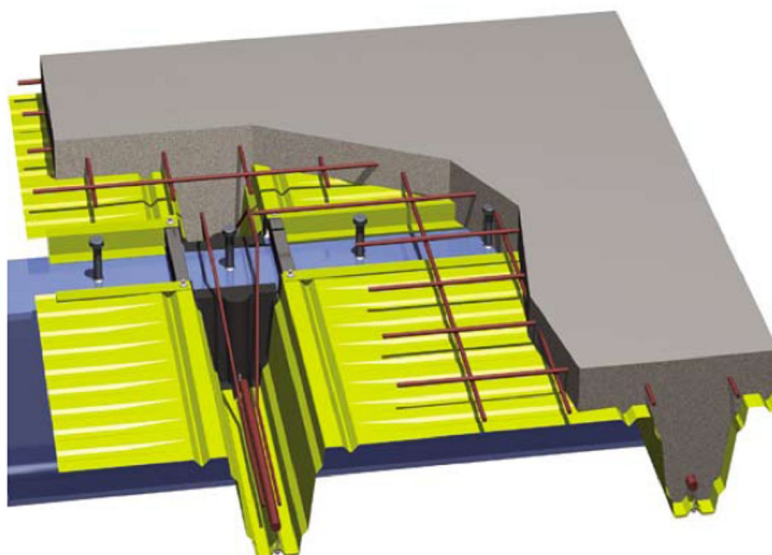


Slika 6 – Neki prikazi renderiranog numeričkog modela građevine

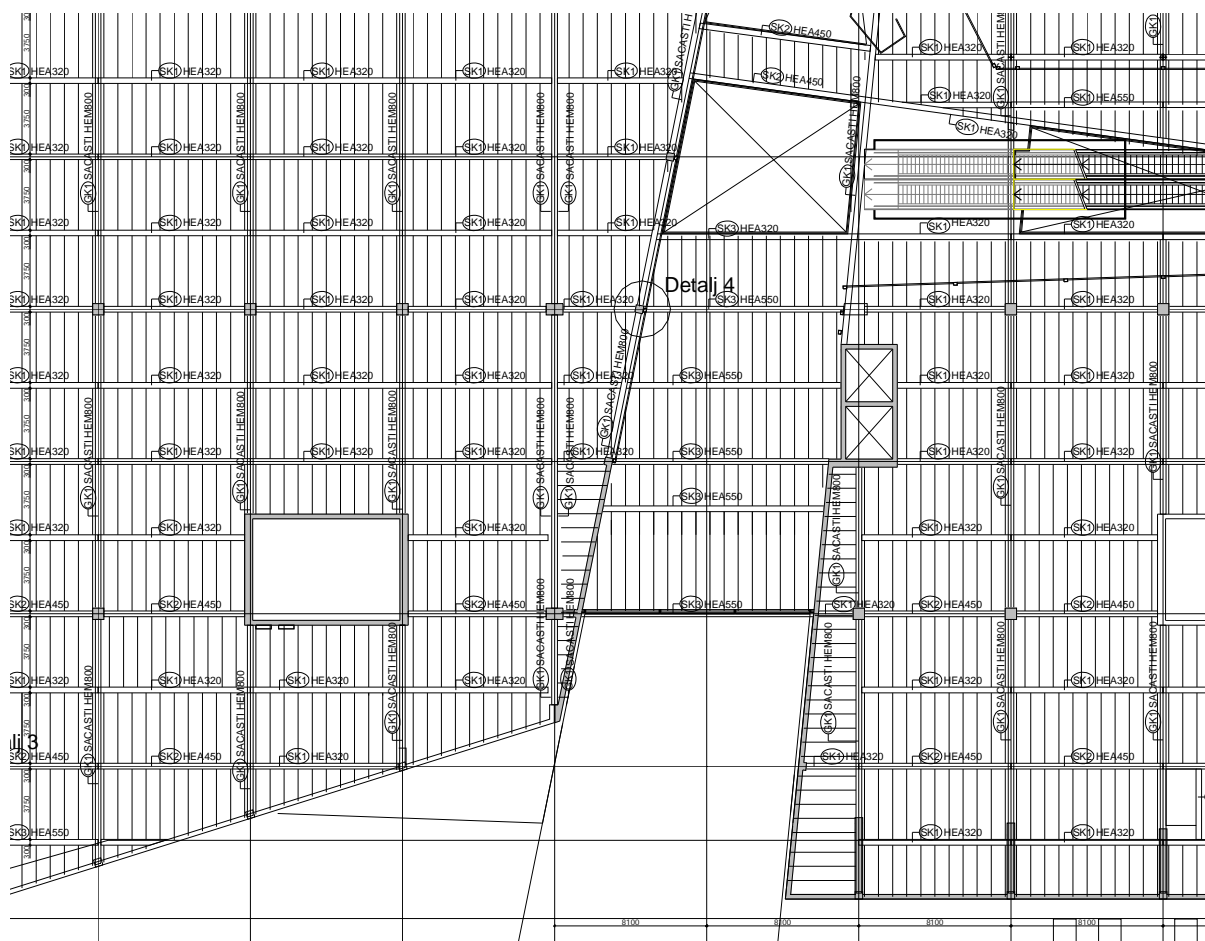
6 Proračun međukatnih konstrukcija na vertikalna opterećenja

6.1 Spregnuta ploča, „Hoesch aditive floor“

Hoesch Additive Floor (slika 7) je lagana stropna konstrukcija, oko 40% lakša od punih betonskih podova, potrebne visine presjeka su manje nego kod armirano-betonskih ploča. Hoesch limovi služe kao izgubljena oplata i nose sva opterećenja u fazi izvedbe konstrukcije do očvršćenja betonske ploče, nisu poduprti tijekom izvođenja. Betonska ploča se izvodi lijevanjem na licu mjesta.

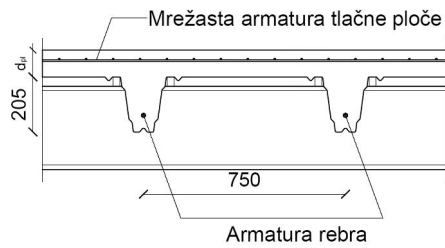


Slika 7 – Hoesch Additive Floor



Slika 8 – Plan pozicija spregnutih nosača i polaganja trapeznih limova

Proračun spregnute betonske konstrukcije proveden je sukladno europskim normama [6], [7] i [9], te tehničkom uputstvu proizvođača trapeznih limova. Proračun spregnute betonske ploče:



Armatura rebara:
 - Ø16 za dpl=10 cm
 - Ø14 za dpl=15 cm
 - Ø14 za dpl=18 cm

Debljine ploče:
 - 10 cm osim gdje je naznačeno drugačije

BETON: C30/37
 ČELIK: S355 JR

Dimenzioniranje na savijanje

Polje	b	75.00	cm	C 30/37	
(uobičajena komb.)	h	30.50	cm	f_{cd}	2.00 kN/cm ²
C 30/37 (MB-40)	d_1 (d_2)	5.00	cm	f_{yd}	43.48 kN/cm ²
$f_{cd}=30/1.5=20.0$ MPa	d	25.50	cm		
B500B	M_{sd}	17.76	kNm	Jednostruko armiranje	
$f_{yd}=500/1.15=434.8$ MPa	N_{sd}	0.00	kN	ω	2.080 %
$M_{sd} = 17.76$ kNm	ϵ_{s1}	10.0	‰	ρ	0.086 %
$N_{sd} = 0.0$ kN	ϵ_{c2}	0.7	‰	ξ	0.066
	M_{sds}	17.76	kNm	ζ	0.977
	$M_{Rd,lim}$	155.24	kNm	A_{s1}	1.64 cm ²
	μ_{sd}	0.018		A_{s2}	0.00 cm ²
				$A_{s,min}$	2.29 cm ²

Odabrana armatura: 1Ø16 ($A_s=2.01$ cm²/m)

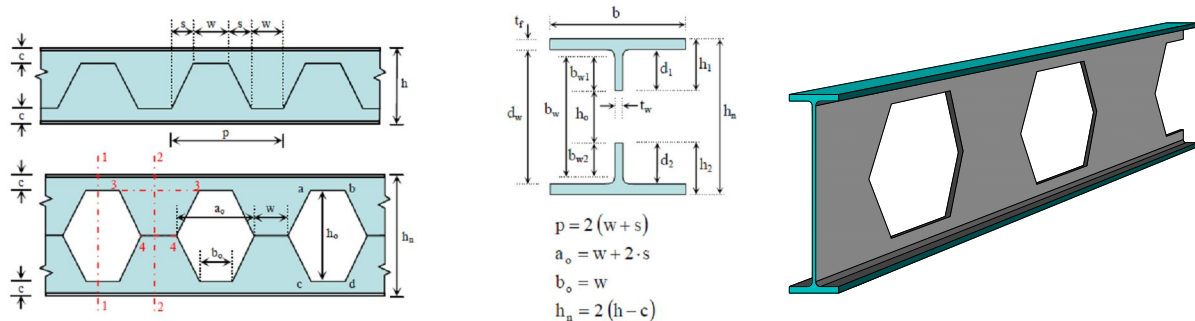


Slika 9 – Detalji izvođenja spregnute ploče

6.2 Spregnuti nosači

Glavni nosači spregnute međukatne konstrukcije projektirani su kao sačasti nosači. Sačasti nosači se izvode od valjanih ili zavarenih I profila rezanjem hrpta, razmicanjem i horizontalnim pomicanjem gornjeg dijela nosača u

odnosu na donji te zavarivanjem istaknutih dijelova hrpta, čime se dobivaju nosači veće visine od izvornih I profila – slika 10.

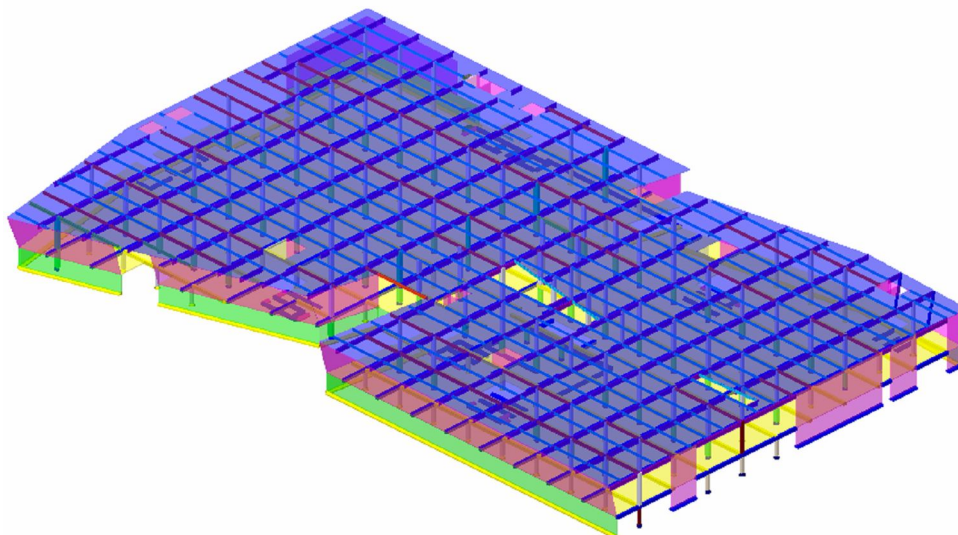


Slika 10 – Sačasti nosač

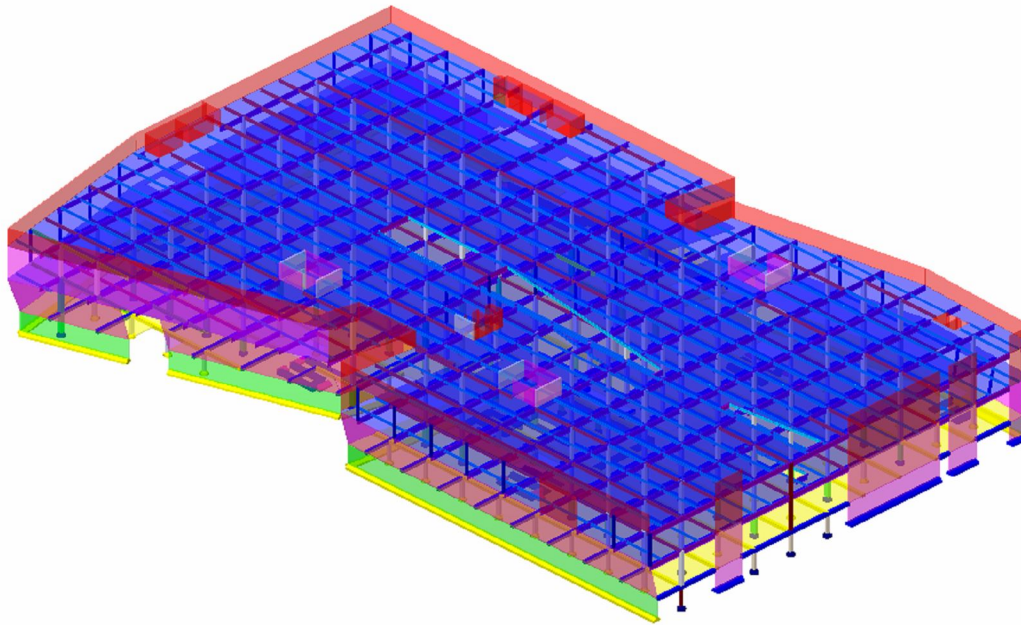
Otvori u hrpu omogućuju nesmetan prolazak instalacija unutar visine nosača čime se dodatno ne povećava visina konstrukcije. Glavni nosači sprengute međukatne konstrukcije projektirani su od vrućevaljanih HE800M profila. Statički sustav glavnih nosača je kontinuirani nosač raspona 16.20 m, a raster glavnih nosača je 8.10 m. Stabilnost protiv bočnog izvijanja gornjeg pojasa konstrukcije osigurana je armiranobetonskom pločom u fazi korištenja konstrukcije. Stabilnost donjeg pojasa u području negativnih momenata osigurana je uz pomoć kosnika prihvaćenih na sekundarnu konstrukciju.

Sekundarni nosači projektirani su od vrućevaljanih profila: HE320A, HE450A, HE550A, zglobno oslonjenih na glavne nosače. Raspon sekundarnih nosača je 8.10 m, a nalaze se na razmaku 4.05 m. Stabilnost protiv bočnog izvijanja gornjeg pojasa sekundarne konstrukcije osigurana je armiranobetonskom pločom u fazi korištenja konstrukcije.

Debljina armirano-betonske ploče iznosi 10 i 15 cm. Sprezanje čeličnih nosača i armirano-betonske konstrukcije ostvareno je čepastim moždanicima tipa Nelson koji preuzimaju posmičnu silu na kontaktnoj površini čelika i betona. Spojevi sekundarne i glavne konstrukcije projektirani su kao montažni spojevi uz pomoć vijaka kvalitete 10.9 pritegnutih punom silom pritezanja. Proračun sprengute konstrukcije izvršen je za 2 granična stanja: krajnje granično stanje i granično stanje uporabljivosti. Proračun učinka djelovanja za oba granična stanja proveden je kroz 3 faze: faza montaže (čelični nosač), faza s utjecajem puzanja betona (spregnuti nosač) i faza bez utjecaja puzanja betona (spregnuti nosač). Numerički model za proračun konstrukcije po pojedinim fazama prikazan je na sljedećim slikama:



Slika 11 – Numerički model za fazu montaže



Slika 12 – Numerički model za faze rada nakon ostvarenja spregnutog djelovanja

U fazi montaže konstrukcija je opterećena vlastitom težinom čelične i armirano-betonske konstrukcije. U drugoj fazi konačna konstrukcija je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem i s 40% korisnoga opterećenja, pri čemu je uključeno puzanje betona tlačne ploče. U trećoj fazi model je opterećen s 60% korisnoga opterećenja, puzanje betona nije uključeno. Odnos korisnog opterećenja u drugoj i trećoj fazi definiran je na temelju iskustvenih saznanja projektanata konstrukcije na građevinama slične namjene.

Dimenzioniranje glavnog sačastog nosača za dokaz nosivosti krajnjeg graničnog stanja izvršeno je kontrolom nosivosti čeličnog presjeka za negativni moment savijanja i pozitivni moment savijanja u fazi montaže, koristeći izraze iz [8] aneks N, spregnutog presjeka čelik-beton za pojedine faze opterećenja za pozitivni moment savijanja i kontrolom posmične veze između čelika i betona.

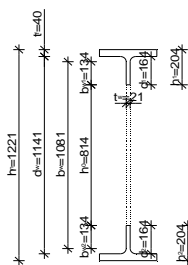
DIMENZIONIRANJE SAČASTOG NOSAČA - NEGATIVNI MOMENT

1. Rezne sile i kvaliteta materijala

M_{Ed} =	4180	kNm	S355 (Fe 510)	f_y =	355	N/mm ²
V_{Ed} =	1302	kN		f_u =	510	N/mm ²
R_{Ed} =	2604	kN - reakcija		E =	210000	N/mm ²
				G =	80777	N/mm ²

2. Geometrijske karakteristike sačastog nosača

b =	303	mm	h_n =	1221	mm
b_w =	1081	mm	h_0 =	814	mm
t_f =	40	mm	t_w =	21	mm
a_0 =	814	mm	w =	407	mm
r =	30	mm	h_c =	1135	mm
p =	1221	mm			
$W_{el,y}$ =	16981	cm ³	$W_{pl,y}$ =	18124	cm ³
I_y =	1036790	cm ⁴	I_z =	18597	cm ⁴
I_w =	64666064	cm ⁶	I_T =	1543	cm ⁴
d_w =	1141	mm	$b_0 = w$ =	407	mm
h_1 =	203.5	mm	h_2 =	203.5	mm
d_1 =	163.5	mm	d_2 =	163.5	mm
A_m =	15939.8	mm ²	$S_1 = S_2$ =	9045827	mm ³



Geometrijski uvjeti:

$h_0 \leq 0.75 \cdot d_w$	- uvjet zadovoljen
$d_1 \geq 0.10 \cdot d_w$	- uvjet zadovoljen
$a_0 \leq h_0$	- uvjet zadovoljen
$0.25 \cdot a_0 \leq w \leq 0.5 \cdot a_0$	- uvjet zadovoljen

3. Otkazivanje poprečnog presjeka na mjestu otvora

3.1. Računska otpornost poprečnog presjeka na poprečnu silu

$$V_{T,Ed} = 0.5 \cdot V_{Ed} \leq V_{pl,Rd} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}}$$

$$V_{T,Ed} = 651 \text{ kN} < V_{pl,Rd} = 796.3 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = 0.82$$

3.2. Računska otpornost poprečnog presjeka na uzdužnu silu - $N_{T,Rd}$

$$N_{M,Ed} = \frac{M_{Ed}}{h_c} \leq N_{T,Rd} = \frac{A_w \cdot f_y}{\gamma_{M_0}}$$

$$N_{M,Ed} = 3682.8 \text{ kN} < N_{T,Rd} = 5144.2 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = 0.72$$

3.3. Računska otpornost poprečnog presjeka na savijanje - $M_{V,Rd}$

$$\sum M_{V,Ed} = b_0 \cdot V_{Ed} \leq \sum M_{V,Rd}$$

$$SM_{V,Ed} = 529.91 \text{ kNm} < SM_{V,Rd} = 3483.4 \text{ kNm} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = 0.15$$

3.4. Računska otpornost poprečnog presjeka za interakciju djelovanja (M-N-V)

$$M_{V,Ed} = 529.91 \text{ kNm} < M_{NV,Ed} = 1698 \text{ kNm} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$



4. Otkazivanje dijela hrpta između otvora

4.1. Računska otpornost presjeka na poprečnu silu u horizontalnom smjeru - $V_{wp,Rd}$

$$V_{wp,Ed} = \frac{V_{T,Ed} \cdot P}{h_c / 2} \leq V_{wp,Rd} = W \cdot t_w \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}}$$

$$V_{wp,Ed} = 1400.7 \text{ kN} < V_{wp,Rd} = 1592.5 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} = 0.880$$

4.2. Računska otpornost presjeka na moment savijanja

$$\frac{h_0}{t_w} \leq 60 \cdot \epsilon \quad 38.76 < 48.82 \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$(1) M_{wp,Ed} = V_{wp,Ed} \cdot \frac{h_0}{2} \leq (C_1 \cdot \alpha - C_2 \cdot \alpha^2 - C_3) \cdot M_{el,Rd} \quad \alpha = \frac{p}{h_0} = 1.50$$

$$(2) M_{wp,Ed} \leq 0.6 \cdot M_{el,Rd} \quad \beta = \frac{h_0}{t_w} = 38.76$$

$$C_1 = 5.097 + 0.1464 \cdot \beta + 0.00174 \cdot \beta^2 = 13.39$$

$$C_2 = 1.441 + 0.0625 \cdot \beta + 0.000683 \cdot \beta^2 = 4.89$$

$$C_3 = 3.645 + 0.0853 \cdot \beta + 0.00108 \cdot \beta^2 = 8.57$$

$$(1) M_{wp,Ed} = 570.07 \text{ kNm} < (C_1 \cdot \alpha - C_2 \cdot \alpha^2 - C_3) \cdot M_{el,Rd} = 2756.22 \text{ kNm}$$

$$(2) M_{wp,Ed} = 570.07 \text{ kNm} < 0.6 \cdot M_{el,Rd} = 3288.14 \text{ kNm}$$

$$n = 0.21$$

6. Otpornost sačastih nosača na bočno-torzijsko izvijanje

$$M_{y,Ed} \leq M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_y}{(k \cdot L)^2} \left[(C_2 \cdot g) + \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 + \left(\frac{k \cdot L}{\pi \cdot E I_y}\right)^2 \cdot G \cdot I_t} + (C_2 \cdot g)^2 \right] = 16973.89 \text{ kNm}$$

$$C_1 = 1.141 \quad C_2 = 0 \quad k = 1.00 \quad k_w = 1.00$$

$$L = 405 \text{ cm} \quad g = \text{cm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.5959 \quad \alpha_{LT} = 0.34 \text{ linija b}$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0.7449$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0.8391$$

$$M_{y,Ed} = 4180.0 \text{ kNm} < M_{b,Rd} = 4598.4 \text{ kNm}$$

$$n = 0.91$$

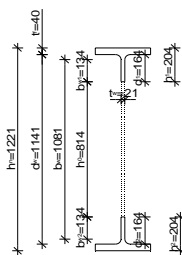
DIMENZIONIRANJE SAČASTOG NOSAČA - POZITIVNI MOMENT

1. Rezne sile i kvaliteta materijala

$M_{Ed} = 1479 \text{ kNm}$	S355 (Fe 510)	$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
$V_{Ed} = 1302 \text{ kN}$		$f_u = 510 \text{ N/mm}^2$
$R_{Ed} = 2604 \text{ kN} \cdot \text{reakcija}$		$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
		$G = 80777 \text{ N/mm}^2$

2. Geometrijske karakteristike sačastog nosača

$b = 303 \text{ mm}$	$h_n = 1221 \text{ mm}$
$b_w = 1081 \text{ mm}$	$h_0 = 814 \text{ mm}$
$t_f = 40 \text{ mm}$	$t_w = 21 \text{ mm}$
$a_0 = 814 \text{ mm}$	$w = 407 \text{ mm}$
$r = 30 \text{ mm}$	$h_c = 1135 \text{ mm}$
$p = 1221 \text{ mm}$	
$W_{pl,y} = 16981 \text{ cm}^3$	$W_{pl,y} = 18124 \text{ cm}^3$
$I_y = 1036790 \text{ cm}^4$	$I_z = 18597 \text{ cm}^4$
$I_w = 64666064 \text{ cm}^6$	$I_T = 1543 \text{ cm}^4$
$d_w = 1141 \text{ mm}$	$b_0 = w = 407 \text{ mm}$
$h_1 = 203.5 \text{ mm}$	$h_2 = 203.5 \text{ mm}$
$d_1 = 163.5 \text{ mm}$	$d_2 = 163.5 \text{ mm}$
$A_m = 15939.8 \text{ mm}^2$	$S_1 = S_2 = 9045827 \text{ mm}^3$



Geometrijski uvjeti:

- $h_0 \leq 0.75 \cdot d_w$ - uvjet zadovoljen
- $d_1 \geq 0.10 \cdot d_w$ - uvjet zadovoljen
- $a_0 \leq h_0$ - uvjet zadovoljen
- $0.25 \cdot a_0 \leq w \leq 0.5 \cdot a_0$ - uvjet zadovoljen

5. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje poprečnog opterećenja

5.1. Konstrukcijski zahtjevi

- (1) ako je $d_w / t_w \leq 90 \epsilon \rightarrow a_p = h_0$
 - (2) ako je $d_w / t_w \leq 90 \epsilon \rightarrow a_p = \left(\frac{d_w / t_w}{90 \epsilon} \right) \cdot h_0$ uz uvjet da je $a_p \leq d_w$
- $$d_w / t_w = 54.33 < 73.23$$
- $$a_p = 814.00 \text{ mm} \quad \text{- minimalna duljina punog hrpta od ležaja}$$

5.2. Otpornost hrpta na plastično gnječenje

$$R_{y,Rd} = (s_z + 0.5 \cdot s_y) \cdot t_w \cdot f_{yw} / \gamma_{M1}$$

$$s_z = t_w + 2 \cdot t_f + 2 \cdot r \cdot (2 - \sqrt{2}) = 136.15 \text{ mm}$$

$$s_y = 2 \cdot t_f \cdot \sqrt{\frac{b_w}{t_w}} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{I_w}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{J,Ed} \cdot I_{M0}}{t_f \cdot I_y} \right)^2} \cdot \frac{t_f}{t_w} = 303.88 \text{ mm}$$

$$R_{y,Ed} = 2604 \text{ kN} > R_{y,Rd} = 1952.4 \text{ kN} \quad \text{- UVJET NIJE ZADOVOLJEN}$$

POTREBNO JE IZVESTI UKRUTE HRPTA

5.3. Otpornost hrpta na lokalno izbočavanje

$$R_{a,Rd} = 0.5 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{E \cdot f_{yw}} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_y}{I_w}} + 3 \cdot \frac{t_w}{t_f} \cdot \frac{s_z}{d} \right] / \gamma_{M1}$$

$$R_{a,Ed} = 2604 \text{ kN} < R_{a,Rd} = 3634.3 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

3. Otkazivanje poprečnog presjeka na mjestu otvora

3.1. Računska otpornost poprečnog presjeka na poprečnu silu

$$V_{T,Ed} = 0.5 \cdot V_{Ed} \leq V_{p,Rd} = \frac{h_1 \cdot t_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}}$$

$$V_{T,Ed} = 651 \text{ kN} < V_{p,Rd} = 796.3 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = 0.82$$

3.2. Računska otpornost poprečnog presjeka na uzdužnu silu - $N_{T,Rd}$

$$N_{M,Ed} = \frac{M_{Ed}}{h_c} \leq N_{T,Rd} = \frac{A_m \cdot f_y}{\gamma_{M_0}}$$

$$N_{M,Ed} = 1303.1 \text{ kN} < N_{T,Rd} = 5144.2 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = 0.25$$

3.3. Računska otpornost poprečnog presjeka na savijanje - $M_{V,Rd}$

$$\sum M_{V,Ed} = b_0 \cdot V_{Ed} \leq \sum M_{V,Rd}$$

$$SM_{V,Ed} = 529.91 \text{ kNm} < SM_{V,Rd} = 3483.4 \text{ kNm} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = 0.15$$

3.4. Računska otpornost poprečnog presjeka za interakciju djelovanja (M-N-V)

$$M_{V,Ed} = 529.91 \text{ kNm} < M_{NV,Ed} = 3259.9 \text{ kNm} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$



4. Otkazivanje dijela hrpta između otvora

4.1. Računska otpornost presjeka na poprečnu silu u horizontalnom smjeru - $V_{wp,Rd}$

$$V_{wp,Ed} = \frac{V_{T,Ed} \cdot p}{h_c / 2} \leq V_{wp,Rd} = w \cdot t_w \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}}$$

$$V_{wp,Ed} = 1400.7 \text{ kN} < V_{wp,Rd} = 1592.5 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$n = V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} = 0.880$$

4.2. Računska otpornost presjeka na moment savijanja

$$\frac{h_0}{t_w} \leq 60 \cdot \varepsilon \quad 38.76 < 48.82 \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

$$(1) M_{wp,Ed} = V_{wp,Ed} \cdot \frac{h_0}{2} \leq (C_1 \cdot \alpha - C_2 \cdot \alpha^2 - C_3) \cdot M_{el,Rd} \quad \alpha = \frac{p}{h_0} = 1.50$$

$$(2) M_{wp,Ed} \leq 0.6 \cdot M_{el,Rd} \quad \beta = \frac{h_{0,2}}{t_w} = 38.76$$

$$C_1 = 5.097 + 0.1464 \cdot \beta + 0.00174 \cdot \beta^2 = 13.39$$

$$C_2 = 1.441 + 0.0625 \cdot \beta + 0.000683 \cdot \beta^2 = 4.89$$

$$C_3 = 3.645 + 0.0853 \cdot \beta + 0.00108 \cdot \beta^2 = 8.57$$

$$(1) M_{wp,Ed} = 570.07 \text{ kNm} < (C_1 \cdot \alpha - C_2 \cdot \alpha^2 - C_3) \cdot M_{el,Rd} = 2756.22 \text{ kNm}$$

$$(2) M_{wp,Ed} = 570.07 \text{ kNm} < 0.6 \cdot M_{el,Rd} = 3288.14 \text{ kNm}$$

$$n = 0.21$$

6. Otpornost sačastih nosača na bočno-torzijsko izvijanje

$$M_{y,Ed} \leq M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_z}{(k \cdot L)^2} \left[(C_2 \cdot g) + \sqrt{\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 E I_z} + (C_2 \cdot g)^2} \right] = 16973.89 \text{ kNm}$$

$$C_1 = 1.141 \quad C_2 = 0 \quad k = 1.00 \quad k_w = 1.00$$

$$L = 405 \text{ cm} \quad g = \text{cm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.5959 \quad \alpha_{LT} = 0.34 \text{ linija b}$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0.7449$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0.8391$$

$$M_{y,Ed} = 1479.0 \text{ kNm} < M_{b,Rd} = 4598.4 \text{ kNm}$$

$$n = 0.32$$

DIMENZIONIRANJE SPREGNUTOG SAČASTOG NOSAČA - POZITIVNI MOMENT

PROFIL	A	tw	tf	WY	IY	IY	WZ	IZ	IIZ
	318.95	21	40	16965.84	1035765	56.99	1227.45	18595.9	7.64

Msd = 310900 kNcm

Betonska ploča: d = 15 cm - visina AB ploče
2be = 415 cm - sudjelujuća širina AB ploče

Čelik: fy = 35.5 kN/cm² E = 21000 kN/cm²
Beton: fck = 3.0 kN/cm² E = 3200 kN/cm² C 30/37

$$\text{Uvjet: } \frac{f_y \cdot \gamma_c \cdot A_s}{\alpha \cdot f_{tk} \cdot \gamma_s} \leq 2 \cdot b_w \cdot d$$

$$6054.93 < 6225.00 \text{ NUL - LINIJA LEŽI U AB PLOČI}$$

- Udaljenost nul-linije od gornjeg ruba betonske ploče: $x_p = 14.59 \text{ cm}$

- Određivanje računskog momenta plastične otpornosti poprečnog presjeka:

$$M_{pl,Rd} = 707721 \text{ kNcm} > M_{sd} = 310900 \text{ kNcm} \quad \text{Poprečni presjek zadovoljava}$$

$$n = 0.44 = 44 \%$$

$$\eta_{nk} = 0.32 + 0.44 = 0.76$$

5. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje poprečnog opterećenja

5.1. Konstruktivski zahtjevi

$$(1) \text{ ako je } d_w / t_w \leq 90 \varepsilon \rightarrow a_p = h_0$$

$$(2) \text{ ako je } d_w / t_w \leq 90 \varepsilon \rightarrow a_p = \left(\frac{d_w / t_w}{90 \varepsilon} \right) \cdot h_0 \quad \text{uz uvjet da je } a_p \leq d_w$$

$$d_w / t_w = 54.33 < 73.23$$

$$a_p = 814.00 \text{ mm} \quad \text{- minimalna duljina punog hrpta od ležaja}$$

5.2. Otpornost hrpta na plastično gnječenje

$$R_{y,Rd} = (s_x + 0.5 \cdot s_y) \cdot t_w \cdot f_{yk} / \gamma_{M1}$$

$$s_x = t_w + 2 \cdot t_f + 2 \cdot r \cdot (2 - \sqrt{2}) = 136.15 \text{ mm}$$

$$s_y = 2 \cdot t_f \cdot \sqrt{\frac{b_f}{t_w} \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{T,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk}} \right)^2} \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} = 303.88 \text{ mm}$$

$$R_{y,Ed} = 2604 \text{ kN} > R_{y,Rd} = 1952.4 \text{ kN} \quad \text{- UVJET NIJE ZADOVOLJEN}$$

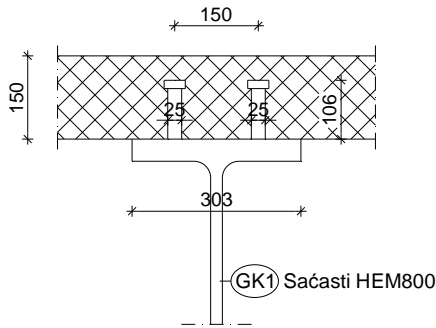
POTREBNO JE IZVESTI UKRUTE HRPTA

5.3. Otpornost hrpta na lokalno izbočavanje

$$R_{a,Rd} = 0.5 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{E} \cdot \sqrt{f_{yk}} \cdot \left[\sqrt{\frac{t_w}{d}} + 3 \cdot \frac{t_w}{d} \cdot \frac{s_x}{d} \right] / \gamma_{M1}$$

$$R_{a,Ed} = 2604 \text{ kN} < R_{a,Rd} = 3634.3 \text{ kN} \quad \text{- uvjet zadovoljen}$$

Proračun moždanika



Betonska ploča:	2b _e = 415 cm	- sudjelujuća širina AB ploče	
	x _p = 14.59 cm	- udaljenost nul-linije od gornjeg ruba betonske ploče	
	d _{pl} = 15.00 cm	- debljina betonske ploče	
Čelični moždanici:	d = 25 mm	h = 106 mm	
Čelik:	f _y = 23.5 kN/cm ²	E = 21000 kN/cm ²	S 235
	f _u = 36.0 kN/cm ²		
Beton:	f _{ck} = 3.0 kN/cm ²	E = 3200 kN/cm ²	C 30/37

Računska uzdužna posmična sila na spoju betonskog i čeličnog dijela presjeka za polovicu raspona:

$$V_t = \frac{2 \cdot b_e \cdot x_p \cdot \alpha \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 10293.4 \text{ kN}$$

Računska otpornost jednog moždanika:

I. uvjet: $P_{Rd} \leq 0.8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \gamma_v} = 113.10 \text{ kN}$

II. uvjet: $P_{Rd} \leq 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \frac{1}{\gamma_v} \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 142.07 \text{ kN}$
 $\alpha = 1.00$

Potreban broj moždanika za cijeli raspon:

$$n = \frac{2 \cdot V_t}{P_{Rd,min}} = 182.0 \text{ kom}$$

Razmak moždanika:

$$e = \frac{1620}{\frac{n}{2}} = 17.8 \text{ cm} > 5 \cdot d = 5 \cdot 2.5 = 12.5 \text{ cm}$$

$$< 6 \cdot d_{ploče} = 90.0 \text{ cm}$$

Odabrano: e = 17.5 cm

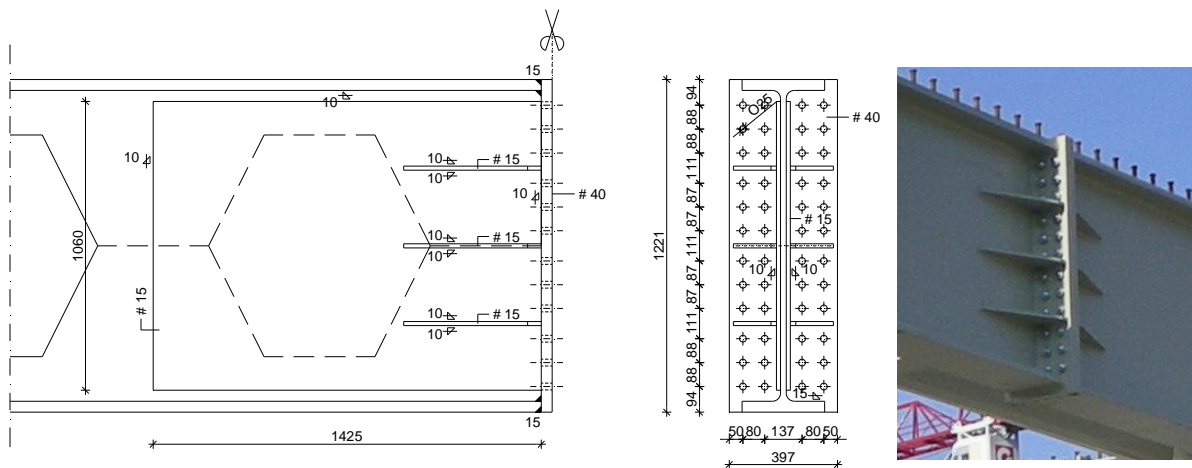
Dimenzioniranje glavnog sačastog nosača za dokaz nosivosti graničnog stanja uporabljivosti izvršeno je kontrolom progiba nosača u polovici raspona za pojedine faze opterećenja.

$$f_g = 20.7 \text{ mm};$$

$$f_{\Delta g} = 11.8 \text{ mm}; \quad \rightarrow \quad f_{uk} = 52.5 \text{ mm} < \frac{16000}{300} = 53.3 \text{ mm}$$

$$f_k = 20.0 \text{ mm}$$

Nastavak glavnog sačastog nosača projektiran je iz uvjeta proizvodne dužine nosača od 16000 mm, a u području nul točaka momentnog dijagrama.



Slika 13 – Nastavak glavnog sačastog nosača

Detalji izvedbe čelične konstrukcije prikazani su na sljedećim slikama:



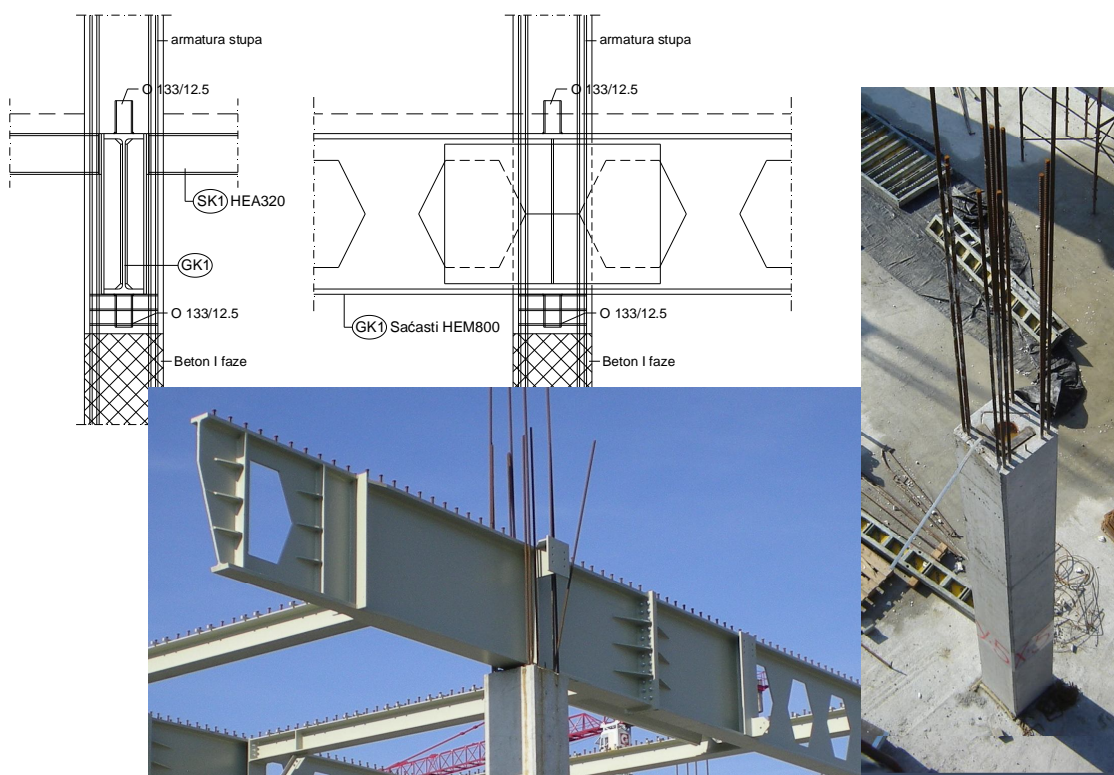
Slika 14 – Priprema čelične konstrukcije u radionici



Slika 15 – Montaža glavnog sačastog nosača



Slika 16 – Montaža sekundarnog nosača



Slika 17 - Detalj spajanja glavnog nosača s armiranobetonskim stupom



Slika 18 – Detalj zavarivanja vilica na čelični nosač prije betoniranja

7 Zaključak

U radu je prikazan proračun međukatne spregnute konstrukcije jedne dilatacije trgovačkog centra Portanova u Osijeku. Dokaz nosivosti glavnih sačastih i sekundarnih vrućevaljanih nosača izvršen je kontrolom dva granična stanja: krajnjem graničnom stanju KGS i graničnom stanju uporabljivosti GSU, sukladno europskim normama [6], [7], [8] i [9]. U radu se daje detaljan prikaz izvedbe međukatne čelične konstrukcije građevine u radionici i montaže na gradilištu. Dat je prikaz karakterističnih detalja spoja glavnih sačastih nosača s armiranobetonskim stupom, nastavak glavnih sačastih nosača, kao i spoj sekundarnih nosača na glavne nosače.

Literatura

- [1] Poslovno-trgovački centar Portanova Osijek – Glavni projekt – Projekt konstrukcija, Aspalathosoft d.o.o., Split, Oznaka projekta 2008-13/2, 2009. (6. knjiga), projektant konstrukcije: SLOBODAN BLANUŠA, dipl.ing.građ.
- [2] Poslovno Trgovački centar Portanova Osijek – Arhitektonski projekt – CHAPMAN TAYLOR ARCHITETTI SRL, Studio d' Architettura, Piazzetta Pattari 1, Milano Italia, autor idejnog rješenja: ALESSANDRO STROLIGO, dipl.ing.arh.
- [3] Poslovno-trgovački centar Portanova Osijek – Arhitektonski projekt – STUDIO XXL d.o.o., Ivana Lučića 2a, HR-10000 Zagreb, glavni projektant: VEDRAN LINKE, dipl.ing.arh.



-
- [4] Aspalathos - program za linearnu statičku i modalnu analizu štapnih i pločastih konstrukcija, Uputstvo za upotrebu, Aspalathosoft d.o.o., Split, 2001.
 - [5] HRN ENV 1991-1 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja: Gustoće, vlastite težine, korisna opterećenja
 - [6] HRN ENV 1992-1-1 – Proračun betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
 - [7] ENV 1993-1-1 – Proračun čeličnih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
 - [8] ENV 1993-1-1 / A2 – Proračun čeličnih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
 - [9] ENV 1994-1-1 – Proračun spregnutih konstrukcija čelik-beton – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
 - [10] HRN ENV 1998-1-1 – Proračun konstrukcija na potres – Dio 1-1: Opća pravila, seizmička djelovanja i pravila za zgrade
 - [11] Zaninović, K.; Gajić-Čapka, M.; Androić, B.; Džeba, I.; Dujmović, D.: Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom, Građevinar, 6 (59) 2001.