

Naručitelj: CIGLANE WIENERBERGER-ILOVAC d.d. KARLOVAC

Broj projekta: T.D. 6073/03

Sadržaj: Dodatak projektu broj T.D. – 8/97 «Statički proračunu Porotherm stropova sa razmakom gredica na 60 cm», - ponovljeni proračun na poprečne sile sa stremenovima od žica promjera 4.2 mm kvalitete 500/560

Izradio: GRADNJA INŽENJERING R d.o.o. Karlovac, Skopska 27

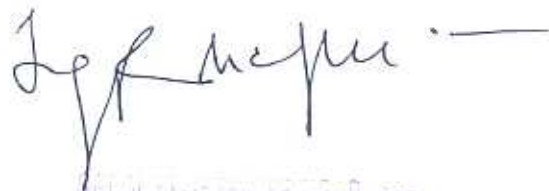
Projektant: IMRE RADIČ, dipl.ing.grad.

17 -11- 2003



Direktor:

IMRE RADIČ, dipl. ing. građ.



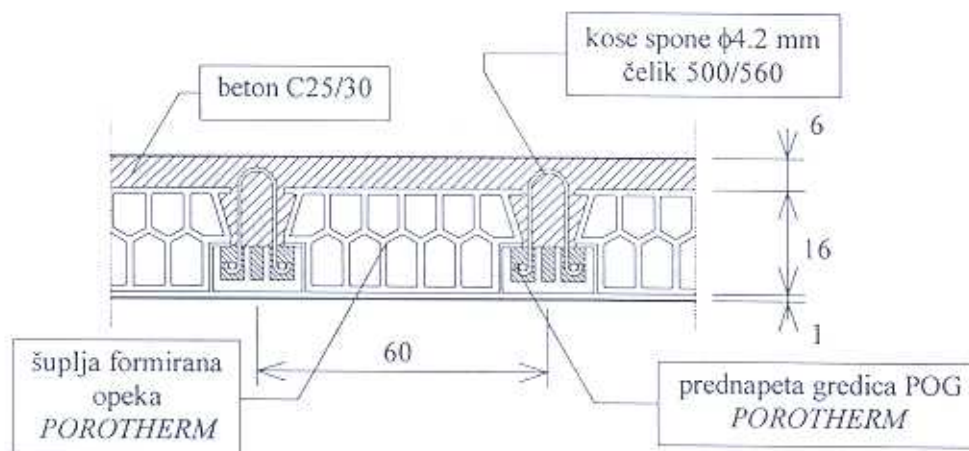
Gradnja - inženjering R d.o.o.  
KARLOVAC, Skopska 27

## SADRŽAJ

1. ULAZNI PODACI.....	3
1.1. POPREČNI PRESJEK I OPIS STROPA.....	3
1.2. POPREČNI PRESJEK PREDNAPETE GREDICE (POG).....	3
1.3. KARAKTERISTIKE GRADIVA.....	4
1.4. PARCIJALNI KOEFICIJENTI SIGURNOSTI.....	4
1.4.1 ZA OTPORNOSTI (čvrstoće materijala).....	4
1.4.2 ZA DJELOVANJA (opterećenja ili rezne sile).....	4
1.5. RAČUNSKE ČVRSTOĆE MATERIJALA.....	4
1.5.1 Beton ploče i rebara C 25/30.....	4
1.5.2 Beton C 30/37 unutar POG gredice.....	4
1.5.3 Opekarski element gredice.....	5
1.5.4 Čelik za prednapinjanje.....	5
1.5.5 Čelik za kose spone (500/560).....	5
2. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	6
2.1. KARAKTERISTIČNO OPTEREĆENJE NA JEDNU GREDICU.....	6
2.1.1 Stalno opterećenje - vlastita težina.....	6
2.1.2 Dodatno stalno opterećenje.....	6
2.1.3 Korisno opterećenje.....	6
2.2. RAČUNSKO OPTEREĆENJE GREDICE, $Q_{SD}$ .....	7
2.3. STATIČKA SHEMA SUSTAVA.....	7
2.4. RAČUNSKÉ VRIJEDNOSTI MAKSIMALNE POPREČNE SILE.....	8
3. PRORAČUN NA POPREČNE SILE.....	9
3.1. RAČUNSKI POPREČNI PRESJEK JEDNOG REBRA STROPA.....	9
3.2. PRORAČUN NOSIVOSTI NA POPREČNE SILE.....	9
3.2.1 Uvjet nosivosti na poprečne sile.....	9
3.2.2 Nosivost betona i drugih čimbenika :.....	9
3.2.3 Nosivost kosih spona (armature):.....	10
3.2.4 Nosivost na poprečne sile za odabrane (praktične) razmake $s_w$ .....	10
3.2.5 Maksimalno dopušteni razmak kosih spona (konstruktivno).....	11
3.2.6 Proračun potrebnog maksimalnog razmaka kosih spona.....	11
3.2.7 Proračun duljine dijela raspona gredice na kojem je potrebno ugraditi predviđene kose spone $2 \phi$ 4.2 mm / $s_w$ :.....	12
4. ZAKLJUČAK:.....	13

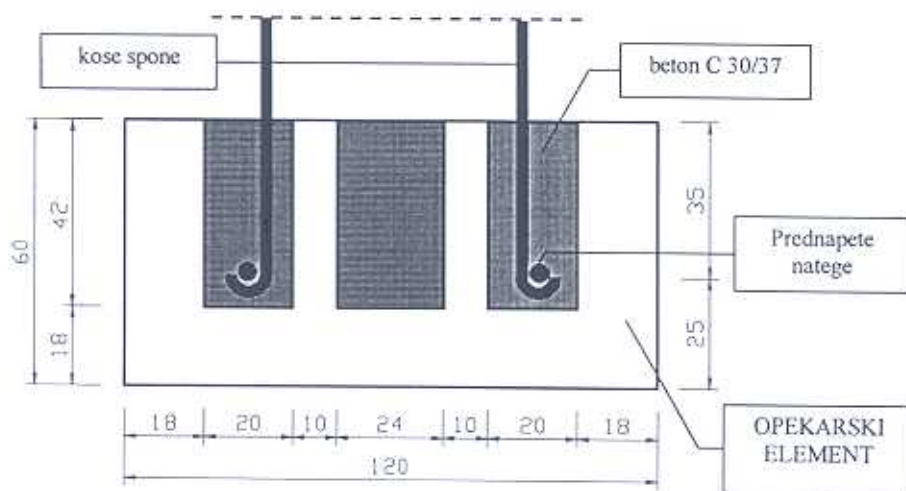
# 1. ULAZNI PODACI

## 1.1. POPREČNI PRESJEK I OPIS STROPA



Montažni strop sustava Porotherm 60 sastoji se od prednapetih nosivih gredica (POG) i ispune od šuplje formirane opeke te tanke betonske ploče i betonskih rebara na POG gredicama. Ciglarski uložak s nategama i betonom unutar ciglarskog elementa čini montažni dio nosivih gredica.

## 1.2. POPREČNI PRESJEK PREDNAPETE GREDICE (POG)



### 1.3. KARAKTERISTIKE GRADIVA

- beton ploče i rebara C 25/30;	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- beton unutar POG gredice C 30/37;	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- čelik za natege 1800/2000;	$f_{pk} = 2000 \text{ MPa}$ $f_{p0.1,k} = 1800 \text{ MPa}$
- čelik za kose spone 500/560;	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- opeka MO45	$f_{opeka,k} = 45 \text{ MPa}$

### 1.4. PARCIJALNI KOEFICIJENTI SIGURNOSTI

#### 1.4.1 ZA OTPORNOSTI (čvrstoće materijala)

- beton  $\Rightarrow \gamma_c = 1.5$
- čelik i prednapeti čelik  $\Rightarrow \gamma_s = 1.15$

#### 1.4.2 ZA DJELOVANJA (opterećenja ili rezne sile)

- stalno opterećenje  $\Rightarrow \gamma_G = 1.35$
- promjenjivo opterećenje  $\Rightarrow \gamma_Q = 1.5$

### 1.5. RAČUNSKE ČVRSTOĆE MATERIJALA

#### 1.5.1 Beton ploče i rebara C 25/30

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \quad f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

#### 1.5.2 Beton C 30/37 unutar POG gredice

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \quad f_{cd} = 2.00 \text{ kN/cm}^2$$

### 1.5.3 Opekarski element gredice

$$f_{opeka,d} = \frac{f_{opeka,k}}{\gamma_M} = \frac{45}{1.5} = 30.0 \text{ MPa} \Rightarrow f_{opeka,d} = 3.00 \text{ kN/cm}^2$$

### 1.5.4 Čelik za prednapinjanje

$$f_{pd} = 0.9 \cdot \frac{f_{pk}}{\gamma_s} = 0.9 \cdot \frac{2000}{1.15} = 1565.2 \text{ MPa} \Rightarrow f_{pd} = 156.52 \text{ kN/cm}^2$$

### 1.5.5 Čelik za kose spone (500/560)

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa} \Rightarrow f_{yd} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

## 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. KARAKTERISTIČNO OPTEREĆENJE NA JEDNU GREDICU

#### 2.1.1 Stalno opterećenje - vlastita težina

- vl. težina jedne gredice (15 kg/m)..... 0.150 kN/m'
- vl. težina opeke ispune (11.3 kg × 4 kom/m)..... 0.452 kN/m'
- vl. težina bet. ploče (0.06 × 0.6 × 2400 × 10)..... 0.864 kN/m'
- vl. težina bet. rebra (0.10 × 0.12 × 2400 × 10)..... 0.288 kN/m'

---

- vl. težina stropa na jednu nosivu gredicu.....  $G_k = 1.754 \text{ kN/m}'$

#### 2.1.2 Dodatno stalno opterećenje

- žbuka plafona (2 × 0.18 × 0.6)..... 0.216 kN/m'
- sloj za izravnanje poda (2 × 0.22 × 0.6)..... 0.264 kN/m'
- zvučna izolacija (0.10 × 0.6)..... 0.060 kN/m'
- cementna glazura poda (2 × 0.22 × 0.6)..... 0.264 kN/m'
- parket (0.15 × 0.6)..... 0.090 kN/m'
- pregradni zidovi (0.50 × 0.6)..... 0.300 kN/m'

---

- dodatno stalno opterećenje na jednu gredicu.....  $\Delta G_k = 1.194 \text{ kN/m}'$

#### 2.1.3 Korisno opterećenje

- proračunom je obuhvaćeno osam slučajeva korisnog opterećenja stropa

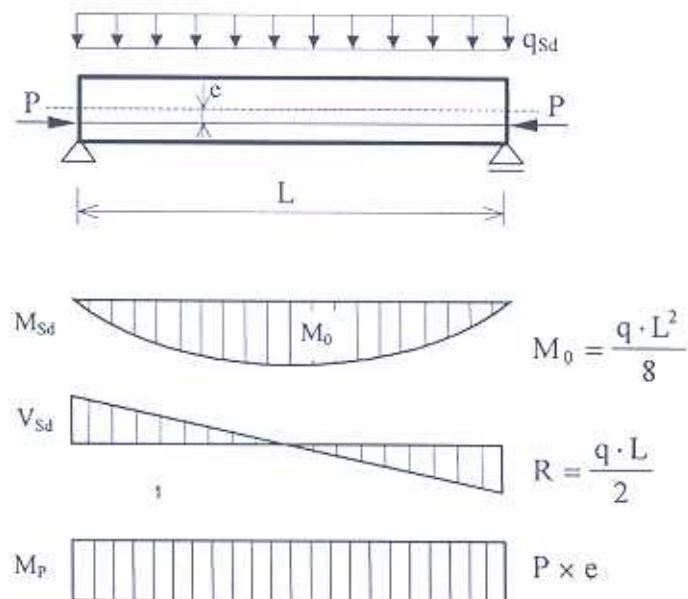
Korisno opterećenje stropa, $Q_i$	kN/m <sup>2</sup>	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Korisno opterećenje na jednu gredicu $Q_{k,i} = 0.6 \times Q_i$	kN/m	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0

## 2.2. RAČUNSKO OPTEREĆENJE GREDICE, $q_{sd}$

$$q_{sd} = \gamma_G \times (G_k + \Delta G_k) + \gamma_Q \times Q_k = 1.35 \times (1.754 + 1.194) + 1.5 \times Q_k$$

Korisno Opterećenje stropa, $Q_i$	$kN/m^2$	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
$Q_{k,i} = 0.6 \times Q_i$		0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00
$1.5 \times Q_{k,i}$		1.35	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	4.50
$1.35 \times (G_k + \Delta G_k)$	$kN/m$	3.98							
$q_{sd}$		5.33	5.78	6.23	6.68	7.13	7.58	8.03	8.48

## 2.3. STATIČKA SHEMA SUSTAVA



## 2.4. RAČUNSKE VRIJEDNOSTI MAKSIMALNE POPREČNE SILE

$$V_{sd} = \frac{q_{sd} \cdot L}{2} \text{ [kN]}$$

$L = L_{eff} = \text{računski raspon}$

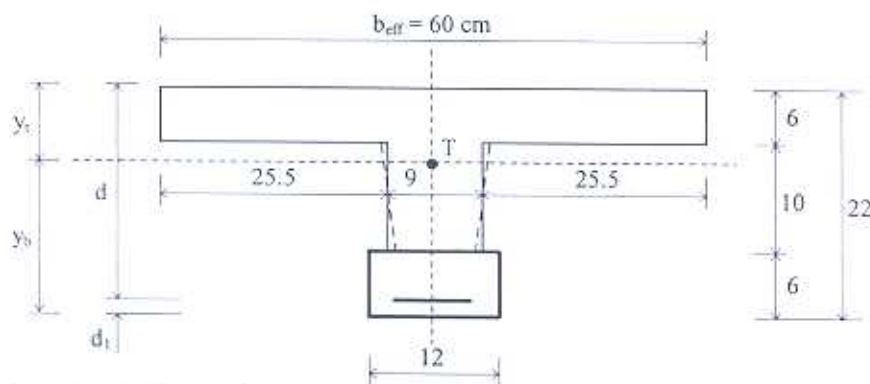
raspon stropa, L (m)	Korisno opterećenje stropa (kN/m <sup>2</sup> )							
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
	računsko opterećenje q <sub>sa</sub>							
	5.33	5.78	6.23	6.68	7.13	7.58	8.03	8.48
3.00	8.00	8.67	9.35	10.02	10.70	11.37	12.05	12.72
3.25	8.66	9.39	10.12	10.86	11.59	12.32	13.05	13.78
3.50	9.33	10.12	10.90	11.69	12.48	13.27	14.05	14.84
3.75	9.99	10.84	11.68	12.53	13.37	14.21	15.06	15.90
4.00	10.66	11.56	12.46	13.36	14.26	15.16	16.06	16.96
4.25	11.33	12.28	13.24	14.20	15.15	16.11	17.06	18.02
4.50	11.99	13.01	14.02	15.03	16.04	17.06	18.07	19.08
4.75	12.66	13.73	14.80	15.87	16.93	18.00	19.07	20.14
5.00	13.33	14.45	15.58	16.70	17.83	18.95	20.08	21.20
5.25	13.99	15.17	16.35	17.54	18.72	19.90	21.08	22.26
5.50	14.66	15.90	17.13	18.37	19.61	20.85	22.08	23.32
5.75	15.32	16.62	17.91	19.21	20.50	21.79	23.09	24.38
6.00	15.99	17.34	18.69	20.04	21.39	22.74	24.09	25.44
6.25	16.66	18.06	19.47	20.88	22.28	23.69	25.09	26.50
6.50	17.32	18.79	20.25	21.71	23.17	24.64	26.10	27.56

Tablica 1: Vrijednosti računске poprečne sile  $V_{sd}$  (kN) za raspon L i korisno opterećenje stropa



### 3. PRORAČUN NA POPREČNE SILE

#### 3.1. RAČUNSKI POPREČNI PRESJEK JEDNOG REBRA STROPA



- geometrijske karakteristike presjeka:

$$A = 60 \cdot 6 + 9 \cdot 10 + 12 \cdot 6 = 522 \text{ cm}^2$$

$$d = h - d_1 = 22 - 2.5 = 19.5 \text{ cm}$$

$$b_w = 9 \text{ cm}$$

- armatura za prihvaćanje poprečne sile: kosce spona (stremenovi) kvalitete čelika 500/560

$$2 \phi 4.2 \text{ mm} \Rightarrow A_{sw} = 2 \cdot 4.2^2 \cdot \pi/4 = 27.71 \text{ mm}^2$$

#### 3.2. PRORAČUN NOSIVOSTI NA POPREČNE SILE

##### 3.2.1 Uvjet nosivosti na poprečne sile

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

$$V_{Rd} = \dot{V}_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Gdje je:  $V_{cd}$  – nosivost betona i drugih čimbenika  
 $V_{wd}$  – poprečna sila koja se prihvaća kosim sponama

##### 3.2.2 Nosivost betona i drugih čimbenika :

$$V_{cd} = V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \cdot k \cdot 1.2] \cdot b_w \cdot d$$

$V_{Rd1}$  – nosivost elementa na poprečne sile bez poprečne armature

$\tau_{Rd} = 0.30 \text{ MPa}$  ; (za C 25/30)

$k = 1$

$$V_{cd} = V_{Rd1} = [0.3 \cdot 1 \cdot 1.2] \cdot 90 \cdot 195$$

$$V_{cd} = 6.32 \text{ kN}$$

### 3.2.3 Nosivost kosih spona (armature):

$$V_{wd} = A_{sw} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot (1 + \text{ctg } \alpha) \cdot \sin \alpha / s_w$$

$A_{sw}$  - površina kose armature (spona) na razmaku  $s_w$

$$2 \phi 4.2 \text{ mm} \Rightarrow A_{sw} = 2 \cdot 4.2^2 \cdot \pi / 4 = 27.71 \text{ mm}^2$$

$$z \approx 0.9 \times d = 0.9 \times 19.5 = 17.55 \text{ cm}$$

$f_{yw,d}$  - računaska granica popuštanja kose armature

$$f_{yw,d} = 500 / 1.15 = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 45^\circ \Rightarrow \text{ctg } \alpha = 1; \sin \alpha = 0.707$$

$$V_{wd} = 27.71 \cdot 17.55 \cdot 434.78 \cdot (1 + 1) \cdot 0.707 / s_w \quad (s_w \text{ u cm})$$

### 3.2.4 Nosivost na poprečne sile za odabrane (praktične) razmake $s_w$

$$\text{- za } s_w = 25 \text{ cm} \Rightarrow V_{wd} = 27.71 \cdot 17.55 \cdot 434.78 \cdot (1 + 1) \cdot 0.707 / 25$$

$$V_{wd} = 11.96 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 6.32 + 11.96$$

$$V_{Rd} = 18.28 \text{ kN}$$

$$\text{- za } s_w = 20 \text{ cm} \Rightarrow V_{wd} = 14.95 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 21.27 \text{ kN}$$

$$\text{- za } s_w = 15 \text{ cm} \Rightarrow V_{wd} = 19.93 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 26.25 \text{ kN}$$

$$\text{- za } s_w = 10 \text{ cm} \Rightarrow V_{wd} = 29.90 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 36.22 \text{ kN}$$

### 3.2.5 Maksimalno dopušteni razmak kosih spona (konstruktivno)

$$s_w < s_{w,max} = 0.6 \cdot d \cdot (1 + \operatorname{ctg} \alpha)$$

$$s_{w,max} = 0.6 \cdot 19.5 \cdot (1 + 1) = 1.2 \cdot 19.5 = 23.4$$

$$s_w < 23.4 \text{ cm} \Rightarrow \text{minimalna armatura iznosi } 2 \phi 4.2 \text{ mm} / 23 \text{ cm}$$

### 3.2.6 Proračun potrebnog maksimalnog razmaka kosih spona

- uvjet ravnoteže:  $V_{Sd} = V_{Rd}$

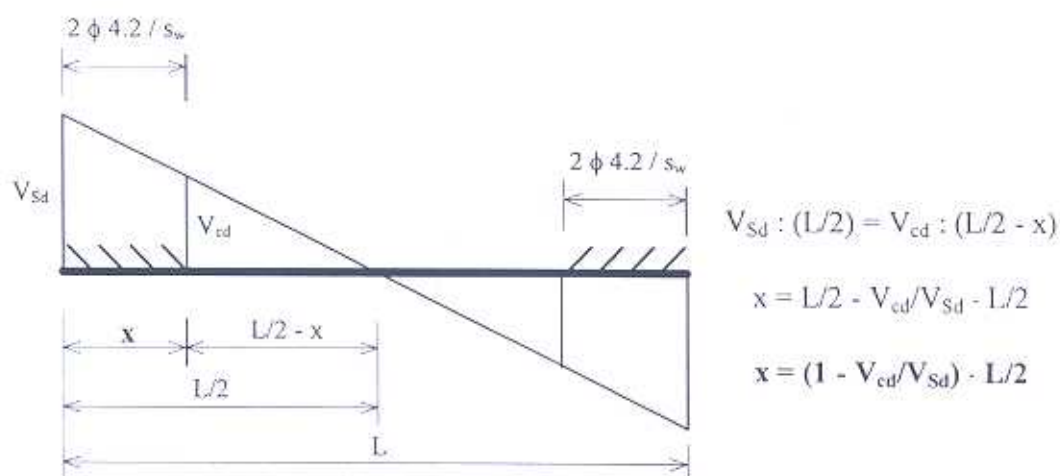
$$V_{Sd} = V_{cd} + V_{wd} \Rightarrow V_{wd} = V_{Sd} - V_{cd}$$

$$s_w \leq \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot (1 + \operatorname{ctg} \alpha) \cdot \sin \alpha}{V_{Sd} - V_{cd}}$$

raspon stropa, L (m)	Korisno opterećenje stropa (kN/m <sup>2</sup> )							
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
	računsko opterećenje q <sub>sd</sub>							
	5.33	5.78	6.23	6.68	7.13	7.58	8.03	8.48
3.00	179.0	128.0	99.0	81.0	69.0	60.0	53.0	47.0
3.25	128.0	98.0	79.0	66.0	57.0	50.0	45.0	41.0
3.50	100.0	79.0	66.0	56.0	49.0	44.0	39.0	36.0
3.75	82.0	67.0	56.0	49.0	43.0	38.0	35.0	32.0
4.00	69.0	58.0	49.0	43.0	38.0	34.0	31.0	29.0
4.25	60.0	51.0	44.0	38.0	34.0	31.0	28.0	26.0
4.50	53.0	45.0	39.0	35.0	31.0	28.0	26.0	24.0
4.75	48.0	41.0	36.0	32.0	29.0	26.0	24.0	22.0
5.00	43.0	37.0	33.0	29.0	26.0	24.0	22.0	21.0
5.25	39.0	34.0	30.0	27.0	25.0	23.0	21.0	19.0
5.50	36.0	32.0	28.0	25.0	23.0	21.0	19.0	18.0
5.75	34.0	30.0	26.0	24.0	22.0	20.0	18.0	17.0
6.00	31.0	28.0	25.0	22.0	20.0	19.0	17.0	16.0
6.25	29.0	26.0	23.0	21.0	19.0	18.0	16.0	15.0
6.50	28.0	24.0	22.0	20.0	18.0	17.0	16.0	15.0

Tablica 2: Maksimalni razmak kosih spona  $s_w$  (cm) u smjeru osi gredice, za raspon L i korisno opterećenje stropa

3.2.7 Proračun duljine dijela raspona grede na kojem je potrebno ugraditi predviđene kose spone  $2 \phi 4.2 \text{ mm} / s_w$  :



raspon L (m)	q <sub>Sd</sub> (kN/m)							
	5.33	5.78	6.23	6.68	7.13	7.58	8.03	8.48
3.00	0.31	0.41	0.49	0.55	0.61	0.67	0.71	0.75
3.25	0.44	0.53	0.61	0.68	0.74	0.79	0.84	0.88
3.50	0.56	0.66	0.74	0.80	0.86	0.92	0.96	1.00
3.75	0.69	0.78	0.86	0.93	0.99	1.04	1.09	1.13
4.00	0.81	0.91	0.99	1.05	1.11	1.17	1.21	1.25
4.25	0.94	1.03	1.11	1.18	1.24	1.29	1.34	1.38
4.50	1.06	1.16	1.24	1.30	1.36	1.42	1.46	1.50
4.75	1.19	1.28	1.36	1.43	1.49	1.54	1.59	1.63
5.00	1.31	1.41	1.49	1.55	1.61	1.67	1.71	1.75
5.25	1.44	1.53	1.61	1.68	1.74	1.79	1.84	1.88
5.50	1.56	1.66	1.74	1.80	1.86	1.92	1.96	2.00
5.75	1.69	1.78	1.86	1.93	1.99	2.04	2.09	2.13
6.00	1.81	1.91	1.99	2.05	2.11	2.17	2.21	2.25
6.25	1.94	2.03	2.11	2.18	2.24	2.29	2.34	2.38
6.50	2.06	2.16	2.24	2.30	2.36	2.42	2.46	2.50

Tablica 3: Proračun udaljenosti od ležaja x (m)

#### 4. ZAKLJUČAK:

1. Gredice raspona  $L \leq 4.5\text{m}$  za stropove opterećene do maksimalnog projektom predviđenog korisnog opterećenja ( $\leq 5 \text{ kN/m}^2$ ) daju razmak kosih spona  $s_w > s_{w,\text{max}} = 23.4 \text{ cm}$  (prekrižene vrijednosti u Tablici 2) pa ih je potrebno armirati minimalnom armaturom prema točki 3.2.5 ( $2 \phi 4.2 \text{ mm} / 23 \text{ cm}$ ).
2. Gredice većih raspona ( $4.5\text{m} < L \leq 6.5\text{m}$ ) za određene (manje) veličine korisnog opterećenja stropova daju razmak kosih spona  $s_w > s_{w,\text{max}} = 23.4 \text{ cm}$  (prekrižene vrijednosti u Tablici 2) dovoljno je armirati minimalnom armaturom prema točki 3.2.5 ( $2 \phi 4.2 \text{ mm} / 23 \text{ cm}$ ).
3. Za ostale slučajeve korisnog opterećenja stropova od gredica većih raspona ( $4.5\text{m} < L \leq 6.5\text{m}$ ) minimalna armatura ne zadovoljava, pa je potrebno progustiti kose spone na razmake  $s_w$  prema vrijednostima u Tablici 2.
4. Armatura (kose spone)  $2 \phi 4.2 \text{ mm} / 15 \text{ cm}$  zadovoljava uvjet nosivosti za sve raspone gredica ( $L \leq 6.5\text{m}$ ) i sva korisna opterećenja stropa ( $\leq 5 \text{ kN/m}^2$ ) obuhvaćena projektom.



Imre  
Rad: Č. 01. 10. 1947  
Dvašest inženjer građevinarstva  
Gradnja - inženjering - R d.o.o.  
Karlovac  
br. 852

*Imre Rad*

GRADNJA INŽENJERING - R d.o.o.  
KARLOVAC Skopska 27