

SKELA KRIŽNICA
PRORAČUN UŠKI NA PRAMČANOM TORNJU RAMPE

1. UŠKA ZA PRIVEZ MRTVOG KRAJA UŽETA ZA DIZANJE / SPUŠTANJE RAMPE
KONTAKTNI PRITISAK UŠKA-ŠKOPAC
ZAVARI STRUKTURE KOJA DRŽI UŠKU
2. UŠKA ZA PRIHVAT SIGURNOSNOG LANCA KOJI ZADRŽAVA PADAJUĆU RAMPU
KONTAKTNI PRITISAK UŠKA-ŠKOPAC
ZAVARI STRUKTURE KOJA DRŽI UŠKU
ODABIR SIGURNOSNOG LANCA



M. W L

listopad, 2019

"Filomar" d.o.o.
Rijeka, M. Barača 52

1. UŠKA ZA PRIVEZ MRTVOG KRAJA ČELIČNOG UŽETA ZA DIZANJE I SPUŠTANJE RAMPE

Uška se nalazi na tornju na starni rampe. Za ušku je škopcem prikačeno čelično užje za dizanje i spuštanje rampe.

1.1 Kontaktni pritisak - Izračun po HERTZ-u

(Literatura: "Nauka o čvrstoći", D. Bazijanac)

Dio: škopac, koji drži mrtvi kraj užeta za dizanje rampe, pritišće na ušku za koju je zakačen promjeri

$$r_1 = 13,5 \text{ mm, polumjer vijka škopca}$$

$$r_2 = -15 \text{ mm, polumjer rupe u uški}$$

modul elastičnosti

$$E_1 = E_2 = 210000 \text{ N/mm}^2, \text{ za čelik}$$

$$\nu_1 = \nu_2 = 0,300 \text{ Poisson-ov koeficijent za čelik}$$

sila dodira

$$F = 14130 \text{ N, sila u užetu}$$

duljina dodira vijka škopca i rupe u uški

$$L = 25 \text{ mm, duljina dodira, debljina uške}$$

raspodjela sile dodira po duljini dodira

$$q = 565,2 \text{ N/mm}$$

širina dodira $2a$:

$$2a = 1,83 \text{ mm}$$

najveće tlačno naprezanje

$$\sigma_{\max} = 392 \text{ N/mm}^2$$

najveće smično naprezanje

$$\tau_{\max} = 117 \text{ N/mm}^2$$



M. L. L.

odabir materijala uške i faktor sigurnosti:

materijal		S355	AH 36
		Č 0461	Č 0562
granica plastičnosti R_{eH}	N/mm^2	250	360
čvrstoća na vlak R_m		460	570
tvrdoča po Brinell-u	HB	130	170
koeficijent tvrdoće		2,22	2,22
najveći dozvoljeni pritisak	N/mm^2	538,6	737,4
dozvoljeno smično naprezanje	N/mm^2	118	169
najmanji faktor sigurnosti		1,2	1,2
ostvareni faktor sigurnosti		1,89	3,55

Materijal uške: Č 0562

1.2 Izračun potrebne visine zavara spoja uške s oplatom tornja rampe

materijal oplate tornja: Č 0461

$R_{eH} =$	240	N/mm^2
$k =$	1	
$\sigma_d =$	140	N/mm^2
$\tau_d =$	70	N/mm^2

duljina uške

$$l = 204 \text{ mm}$$

debljina uške

$$t = 25 \text{ mm}$$

duljina zavara

$$l_z = 458 \text{ mm}$$

najmanja visina zavara

$$a_{\min} = 0,44 \text{ mm}$$

debljina temeljne ploče uške

$$t = 12 \text{ mm}$$

ostvarena visina zavara

$$a = 8 \text{ mm}$$



M. W. L.

1.3 Proračun naprezanja strukture tornja na koju je pričvršćena uška

duljina grede

$$l = 0,727 \text{ m}$$

$$a = 0,380 \text{ m}$$

opterećenja upete grede

$$F_{U\check{z}} = 14130 \text{ N}$$

$$F_H = 11680 \text{ N}$$

$$F_V = 7930 \text{ N}$$

$$M_{FLH} = 560 \text{ Nm}$$

reakcije od F_{LV}

$$R_A = 4145 \text{ N}$$

$$R_B = 3785 \text{ N}$$

$$M_{AFLV} = -752 \text{ Nm}$$

$$M_{BFLV} = -687 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{hvatišta}} = 687 \text{ Nm}$$

Reakcije od F_{LH}

$$N_A = N_B = 5840 \text{ N}$$

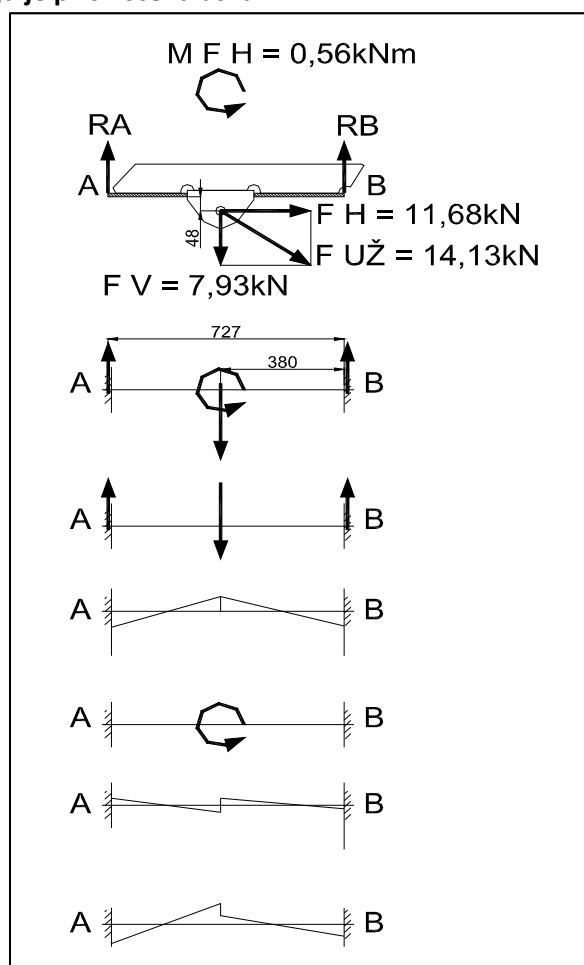
reakcije od M_{FLH}

$$M_{AFLH} = 152 \text{ Nm}$$

$$M_{BFLH} = -126 \text{ Nm}$$

$$R_A = 1153 \text{ N}$$

$$R_B = -1153 \text{ N}$$



zbrojeni momenti

$$\begin{aligned}M_A &= -600 & \text{Nm} \\M_B &= -813 & \text{Nm} \\M_{\text{hvatišta}} &= 967 & \text{Nm}\end{aligned}$$

zbrojene reakcije

$$\begin{aligned}R_A &= 5298 & \text{N} \\R_B &= 2632 & \text{N}\end{aligned}$$

zavar grede za oplatu tornja, visina

$$a = 4 \text{ mm}$$

duljina zavara (projekcija)

$$\ell = 78 \text{ mm}$$

$$\ell_{\text{ukup}} = 82 \text{ mm}$$

širina zavara

$$\check{s} = 12 \text{ mm}$$

$$\check{s}_{\text{ukup}} = 16 \text{ mm}$$

površina zavara

$$A_{\text{zav}} = 784 \text{ mm}^2$$



M. W L

naprezanje na savijanje i smik na mjestu upetosti grede (zavar)

$$I_x = 585541 \text{ mm}^4, \text{ zavara}$$

$$y = 43 \text{ mm}$$

$$W_x = 13617 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = -59,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 6,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{ekv}} = 61 \text{ N/mm}^2 < \tau_d = 70 \text{ N/mm}^2$$

Naprezanje u sredini grede je manje od naprezanja zavara na mjestu upetosti grede.

1.4 Provjera zavara kojim je uška zavarena za temeljnu ploču

zavar uške za temeljnu ploču, visina

$$a = 7 \text{ mm}$$

duljina zavara

$$\ell = 204 \text{ mm}$$

$$\ell_{\text{ukup}} = 211 \text{ mm}$$

širina zavara

$$\check{s} = 25 \text{ mm}$$

$$\check{s}_{\text{ukup}} = 32 \text{ mm}$$

površina zavara

$$A_{\text{zav}} = 3402 \text{ mm}^2$$

naprezanje zavara na smik

$$\tau = 4,15 \text{ N/mm}^2 < \tau_d = 70 \text{ N/mm}^2$$

2. UŠKA ZA PRIVEZ SIGURNOSNOG LANCA KOJI ZADRŽAVA PADAJUĆU RAMPU U VODORAVNOM POLOŽAJU

Uška se nalazi na tornju na starni rampe. Za ušku je škopcem prikačen sigurnosni lanac za dizanje i spuštanje rampe.

2.1 Kontaktni pritisak - Izračun po HERTZ-u

(Literatura: "Nauka o čvrstoći", D. Bazijanac)

Dio: škopac, koji drži sigurnosni lanac, pritišće na ušku za koju je zakačen promjeri

$$r_1 = 13,5 \text{ mm, polumjer vijka škopca}$$

$$r_2 = -15 \text{ mm, polumjer rupe u uški}$$

modul elastičnosti

$$E_1=E_2 = 210000 \text{ N/mm}^2, \text{ za čelik}$$

$$\nu_1=\nu_2 = 0,300 \text{ Poisson-ov koeficijent za čelik}$$

sila dodira

$$\nu = 1,25 \text{ dinamički faktor}$$

$$F = 35325 \text{ N, sila u lancu}$$

duljina dodira vijka škopca i rupe u uški

$$L = 25 \text{ mm, duljina dodira, debljina uške}$$

raspodjela sile dodira po duljini dodira

$$q = 1413 \text{ N/mm}$$

širina dodira 2a:

$$2a = 2,90 \text{ mm}$$

najveće tlačno naprezanje

$$\sigma_{\max} = 619 \text{ N/mm}^2$$

najveće smično naprezanje

$$\tau_{\max} = 186 \text{ N/mm}^2$$

odabir materijala uške i faktor sigurnosti:

materijal		S355	AH 36
		Č 0461	Č 0562
granica plastičnosti R_{eH}	N/mm^2	250	360
čvrstoća na vlak R_m		460	570
tvrdoča po Brinell-u	HB	130	170
koeficijent tvrdoće		2,22	2,22
najveći dozvoljeni pritisak	N/mm^2	538,6	737,4
dozvoljeno smično naprezanje	N/mm^2	118	169
najmanji faktor sigurnosti		1,2	1,2
ostvareni faktor sigurnosti		0,76	1,42

Materijal uške: Č 0562



M. W. L.

2.2 Izračun potrebne visine zavara spoja uške s oplatom tornja rampe

materijal oplate tornja: Č 0461

$R_{eH} =$	240	N/mm^2
$k =$	1	
$\sigma_d =$	140	N/mm^2
$\tau_d =$	70	N/mm^2

duljina uške

$$l = 204 \text{ mm}$$

debljina uške

$$t = 25 \text{ mm}$$

duljina zavara

$$l_z = 458 \text{ mm}$$

najmanja visina zavara

$$a_{\min} = 1,10 \text{ mm}$$

debljina oplate tornja na mjestu zavara uške

$$t = 2 \times 6 \text{ mm}$$

ostvarena visina zavara

$$a = 2 \times 4 \text{ mm}$$



M. W. L.

2.3 Proračun naprezanja strukture tornja na koju je pričvršćena uška

duljina grede

$$l = 0,35 \text{ m}$$

opterećenja upete grede

$$F_L = 35325 \text{ N}$$

$$F_{LH} = 13650 \text{ N}$$

$$F_{LV} = 32610 \text{ N}$$

$$M_{FLH} = 655 \text{ Nm}$$

reakcije od F_{LV}

$$R_A = R_B = 16305 \text{ N}$$

$$M_{AFLV} = M_{BFLV} = -1427 \text{ Nm}$$

$$M_{sred} = 1427 \text{ Nm}$$

Reakcije od F_{LH}

$$N_A = N_B = 6825 \text{ N}$$

reakcije od M_{FLH}

$$M_{AFLH} = -163,75 \text{ Nm}$$

$$M_{BFLH} = 163,75 \text{ Nm}$$

$$R_A = -2807 \text{ N}$$

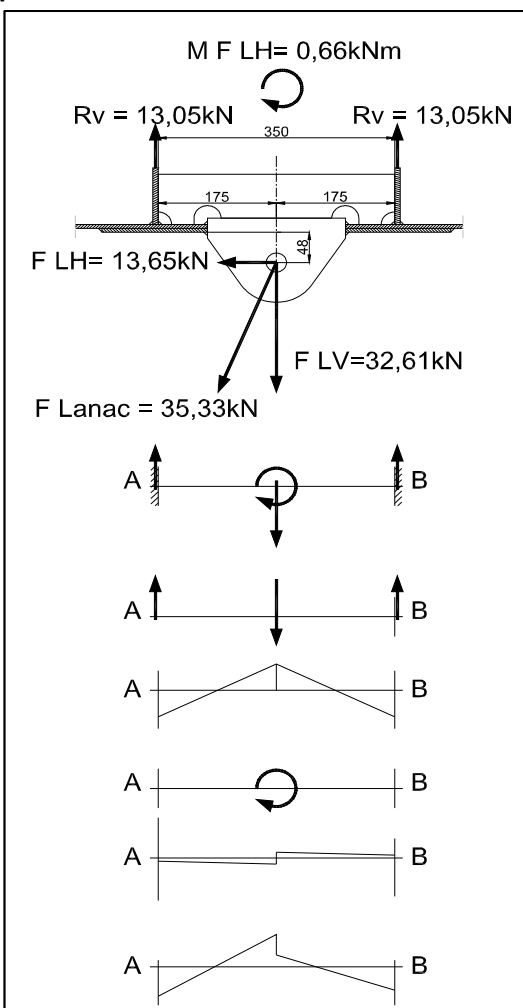
$$R_B = 2807 \text{ N}$$

zbrojeni momenti

$$M_A = -1590 \text{ Nm}$$

$$M_B = -1263 \text{ Nm}$$

$$M_{sred} = 1754 \text{ Nm}$$



zbrojene reakcije

$$R_A = 13498 \quad \text{N}$$

$$R_B = 19112 \quad \text{N}$$

visina zavora grede za poprječne ukrepe

$$a = 8 \quad \text{mm}$$

duljina zavora

$$l = 80 \quad \text{mm}$$

$$l_{\text{ukup}} = 88 \quad \text{mm}$$

širina zavora

$$š = 12 \quad \text{mm}$$

$$š_{\text{ukup}} = 20 \quad \text{mm}$$

površina zavora

$$A_{\text{zav}} = 1728 \quad \text{mm}^2$$

naprezanje na savijanje i smik na mjestu upetosti grede (zavar)

$$I_x = 1552384 \quad \text{mm}^4, \text{ zavora}$$

$$y = 48 \quad \text{mm}$$

$$W_x = 32341 \quad \text{mm}^3$$

$$\sigma = -49,18 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau = 7,81 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{ekv}} = 51 \quad \text{N/mm}^2 < \tau_d = 70 \quad \text{N/mm}^2$$

Naprezanje u sredini grede je manje od naprezanja zavora na mjestu upetosti grede.



M. W. L.

2.4 Provjera naprezanja poprječne upete grede, torzija i savijanje

duljine grede

$$a = 112 \quad \text{mm}$$

$$b = 145 \quad \text{mm}$$

torzijska krutost grede bez zavora, C

$$t = 12 \quad \text{mm}$$

$$h = 100 \quad \text{mm}$$

$$h/t = 8,33$$

$$h/t = 6,0$$

$$\beta = 0,299 \quad \alpha = 0,299$$

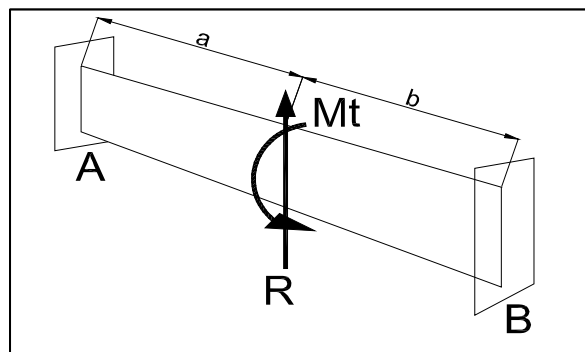
$$h/t = 8,00$$

$$\beta = 0,307 \quad \alpha = 0,307$$

$$\beta = 0,308 \quad \alpha = 0,308$$

$$G = 80850 \quad \text{N/mm}^2$$

$$C = 4307688000$$



opterećenja grede

$$R = 19112 \quad \text{N}$$

$$Mt = 1590 \quad \text{Nm}$$

reakcije od R

$$\begin{aligned} R_A &= 10783 \quad \text{N} \\ R_B &= 8329 \quad \text{N} \\ M_A &= -681,4 \quad \text{Nm} \\ M_B &= -526,3 \quad \text{Nm} \end{aligned}$$

reakcije od Mt

$$\begin{aligned} M_{tA} &= 897 \quad \text{Nm} \\ M_{tB} &= 693 \quad \text{Nm} \end{aligned}$$

smično naprezanje u zavaru spoju grede s oplatom tornja, torzija M_{tA}

$$\begin{aligned} t &= 12 \quad \text{mm, debljina grede} \\ h &= 120 \quad \text{mm, visina grede} \\ \delta = a &= 4,5 \quad \text{mm, visina zavora} \\ h_{zav} &= 104,5 \quad \text{mm, duljina zavora na boku grede} \\ b_{zav} &= 16,5 \quad \text{mm, širina zavora na tjemenu grede} \\ F_0 &= 1724,25 \quad \text{mm}^2 \\ \tau &= 58 \quad \text{N/mm}^2 < \tau_d = 70 \quad \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

smično naprezanje u zavaru spoju grede s oplatom tornja, savijanje, R_A

$$\begin{aligned} A &= 1089 \quad \text{mm}^2, \text{ površina zavora} \\ \tau &= 10 \quad \text{N/mm}^2, \text{ od reakcije } R_A \end{aligned}$$

ukupno smično naprezanje u zavaru

$$\tau_{\text{ukup}} = 68 \quad \text{N/mm}^2 < \tau_d = 70 \quad \text{N/mm}^2$$

2.5 Odabir lanca

dinamička sila u lancu

$$F = 35325 \quad \text{N - vidi kontakti pritisak}$$

prekidna sila lanca

$$\begin{aligned} v &= 1,75 \quad \text{faktor sigurnosti} \\ G &= 61819 \quad \text{N} \\ &= 6302 \quad \text{kp} \end{aligned}$$

odabrani lanac iz kataloga "Lenger"

lanac DIN 766

kataloški broj 60010.00.13

$$\begin{aligned} G &= 6400 \quad \text{kp} \\ d &= 13 \quad \text{mm} \\ \text{korak } t &= 36 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

- prekidna sila odabranog lanca



M. W L