

Reunapilarin mitoitus

Geometria, suorakaidepilari 480*480

$L =$	7.4	m	pilarin pituus, L
$b =$	0.48	m	pilarin leveys, b
$h =$	0.48	m	pilarin korkeus, h
$A_c = b * h =$	230400	mm ²	Pilarin poikkileikkaus pinta-ala, mm ²
$A_c = b * h =$	0.23	m ²	Pilarin poikkileikkaus pinta-ala, m ²

Materiaali lähtötiedot

Betoni ja teräs B500B (A500 HW) lähtöarvot

	C40/50	Betoninlujuusluokka	
	XC2	Rasitusluokka	
	50 v	Suunnitteluikä	
$f_{ck} =$	40	Mpa	Puristuslujuuden ominaisarvo
$\alpha_{cc} =$	0.85		Kerroin, jonka avulla huomioidaan puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät

$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	$\gamma_c =$	1.5	Betonille osavarmuusluku (Taulukko 2)	
	$f_{cd} =$	22.7	Mpa	Puristuslujuuden mitoitusarvo
$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$	$f_{yk} =$	500	N/mm ²	Myötölujuuden ominaisarvo
	$\gamma_s =$	1.15		Raudoitukselle osavarmuusluku (Taulukko 2)
	$f_{yd} =$	435	Mpa	Myötölujuuden mitoitusarvo
	$E_s =$	200000	N/mm ²	Teräksen kimmomoduuli

Arvioidaan pääraudoituksen suuruus ja hakaraudoituksen koko

$A_\phi = \frac{\pi * \phi_L^2}{4}$	$\phi_L =$	25	mm	Betoniterästangon halkaisija
	$k_{pl} =$	8		Raudoitusten määrä
	$A_\phi =$	491	mm ²	Betoniterästangon pinta-ala
	$A_s = n * A_\phi =$	3927	mm ²	Raudoituksen poikkileikkausala

Hakojen koko

$$\phi_t = \max(6 \text{ mm}; 0,25 * \phi_t)$$

6	mm
6.25	mm

-> 8 mm

Mekaaninen raudoitussuhde

$$\omega = \frac{(A_s * f_{yd})}{(A_c * f_{cd})}$$

$$\omega = 0.33$$

Betoniteräksen tartuntavaatimus

$$c_{min,b} = \max\{\phi_{päätanko} - \phi_{haka}; \phi_{haka}\}$$

17	mm
8	mm

Vähimmäisbetonipeite

$$c_{min} = \max \begin{cases} c_{min,b} & 17 \text{ mm} \\ c_{min,dur} & 15 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} & 10 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{Taulukko 3})$$

$$c_{min} = 17 \text{ mm}$$

Betonipeitteen nimellisarvo

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad (\text{Toleranssiluokka 1})$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad c_{nom} = 30 \text{ Pyöristetty}$$

Raudoituksen keskiöetäisyys pilarin reunasta

$$d' = c_{nom} + 1,1 * \phi_t + 1,1 * \left(\frac{\phi_t}{2}\right) \quad d' = 52.55 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen tehollinen korkeus

$$d = h - d' \quad d = 427.45 \text{ mm}$$

Kuormat

Pilarille tulevat ominaiskuormat

$$N_{k,g,\text{reunapilari}} = 315.06 \text{ kN}$$

$$N_{k,\text{lumi},\text{reunapilari}} = 120.00 \text{ kN}$$

Murtorajatilan laskentakuorma, tuuli pääkuorma

$$N_{Ed} = 1.15 * N_{ed,\text{omapaino}} + 1.05 * N_{ed,\text{lumi}} \quad N_{ed} = 488.3 \text{ kN}$$

Murtorajatilan mitoittava momentti, tuuli pääkuorma (FEM-ohjelmasta)

$$M_{ed,\text{ylä}} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,\text{ala}} = 128 \text{ kNm}$$

Lopullinen mitoitusmomentti

$$M_{Ed} = 285.6$$

Pilarin mitoitus

1. kertaluvun voimasuureet lasketaan lineaarisella menetelmällä
 - a. taivutusmomentti, M_{d0}
 - b. normaalivoima N_{ed}
2. kertaluvun voimasuureiden laskennassa käytetään nimelliseen kaarevuuteen perustuvaa menetelmää

Ensimmäisen kertaluvun laskeminen

Nurjahduspituus

--> tapaus b)

Nurjahdusmuoto (kuva 14/7)	a	b	c	d	e
Teoreettinen	1,0	2,0	0,7	0,5	1,0
Suosittelava minimi	1,0	2,18	0,77	0,59	1,23

Suosittelava minimi Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja 2014-osa 2, sivu 120
 k_0 =nurjahdustapaus (taulukko 4)

Otettu taulukosta ja pyöristetty

$$k_0 = 2.2$$

$$l_0 = k_0 * L$$

$$l_0 = 16.28 \text{ m}$$

Mittaepätarkkuuksista johtuva lisä

Mittaepätarkkuudet

$$\theta_i = \theta_0 * \alpha_h * \alpha_m$$

$$\theta_i = 0.003$$

Epäkeskisyydet

$$e_i = \theta_1 * \frac{L_0}{2}$$

$$e_i = 0.02 \text{ m}$$

23.10 mm

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti

$$M_{01} = \min(M_{ylä}, M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$$

$$M_{01} = 11.3 \text{ kNm}$$

$$M_{02} = \max(M_{ylä}, M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$$

$$M_{02} = 139.3 \text{ kNm}$$

1. Kertaluvun mitoitusmomentti

Jäykistämätön

$$M_{0Ed} = M_{02}$$

$$M_{0Ed} = 139.3 \text{ kNm}$$

Momentti käyttörajatilan pitkäaikaisella yhdistelmällä

$$M_{0Eqp} = N_{k,g, reunapilari} * e_i$$

$$M_{0Eqp} = 7.3 \text{ kNm}$$

Jäyhyysäde, suorakaide, i

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

$$i = 0.139 \text{ m}$$

Hoikkuusluku, λ

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$

$$\lambda = 117.5$$

Poikkileikkauksen piiri

$$u = 2 * b + 2 * h$$

$$u = 1920 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen muunnettu paksuus

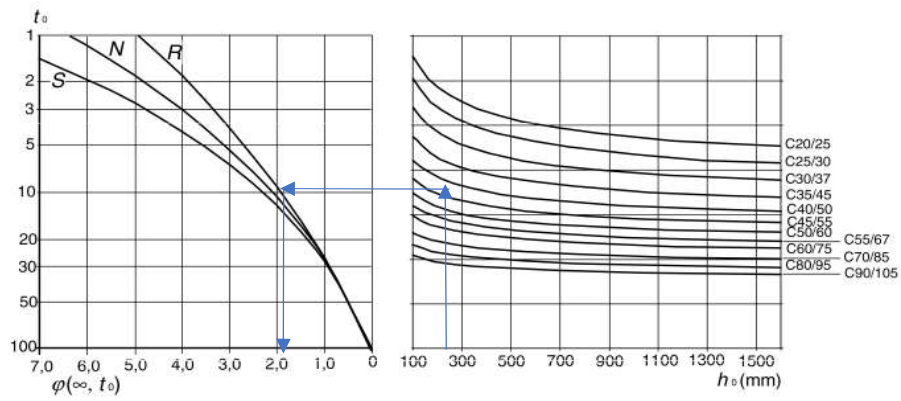
$$h_0 = \frac{2 * A_c}{u}$$

$$h_0 = 240 \text{ mm}$$

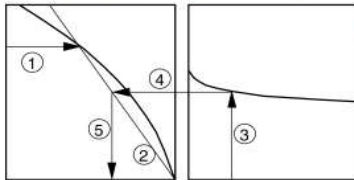
Hoikkuuden raja-arvo

Virumaluku

$$\phi(\infty, t_0) = 1.8$$

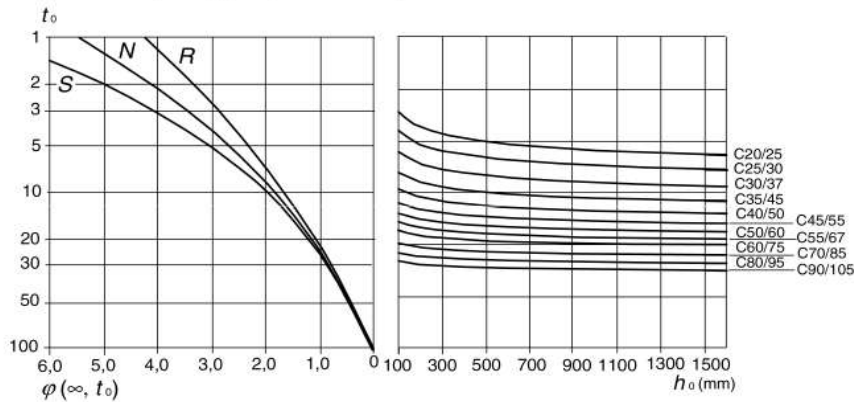


a) sisätillat – suhteellinen kosteus = 50 %



HUOM.

- Käyrien 4 ja 5 välinen leikkauspiste voi olla myös pisteen 1 yläpuolella.
- Kun $t_0 > 100$, saavutetaan riittävä tarkkuus, kun oletetaan $t_0 = 100$ (ja käytetään tangenttiviivaa).



b) uikotillat – suhteellinen kosteus = 80 %

Virumisaste

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) * \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}}$$

$$\varphi_{ef} = 0.09$$

Tekijä A:

$$A = \frac{1}{(1 + 0,2 * \varphi_{ef})}$$

$$A = 0.98$$

Tekijä B:

$$B = \sqrt{1 + 2 * \omega}$$

$$B = 1.3$$

Tekijä C:

$$C = 1,7 - r_m$$

$$C = 0.7$$

Päämomenttien suhteen r_m -arvon ollessa tuntematon, voidaan käyttää 0.7 arvoa.

Suhteellinen normaalivoima

$$n = \frac{N_{Ed}}{(A_c * f_{cd})}$$

$$n = 0.094$$

$$\lambda_{lim} = 20 * A * b * \frac{c}{\sqrt{n}}$$

$$\lambda_{lim} = 57.8$$

Mitoitusehto

Mitoituksen toteutuessa voidaan toisen kertaluvun vaikutukset jättää huomiotta

$$\lambda < \lambda_{lim}$$

$$117.5$$

<

$$57.8$$

->Ottava huomioon 2.kertaluvun vaikutukset, koska hoikkuus on suurempi kuin hoikkuuden raja-arvo

Toisen kertaluvunlaskenta

Toisen kertaluvun laskenta. Nimelliseen kaarevuuteen perustuva menetelmä

Tasapainomurtoa vastaavan kaarevuuden likiarvo

$$\frac{1}{r_0} = \frac{f_{yd}}{E_s \cdot 0,45 \cdot d} \quad 1/r_0 = 0.011307 \text{ 1/m}$$

Normaalivoimasta riippuva korjauskerroin, K_r

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} \leq 1 \quad n_{bal} = 0.4$$

$K_r = 1.3$, kuitenkin max. 1
--> $K_r = 1.00$

Viruman huomioiva kerroin

$$K_\phi = 1 + \left(0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}\right) \cdot \varphi_{ef} \geq 1 \quad K_\phi = 0.98, \text{ kuitenkin min. } 1$$

--> $K_\phi = 1.00$

Kaarevuus

$$\frac{1}{r} = K_r \cdot K_\phi \cdot \frac{1}{r_0} \quad 1/r = 0.01 \text{ 1/m}$$

Taipuma

$$c = 10 \quad e_2 = \frac{1}{r} \cdot \frac{l_0^2}{c} \quad e_2 = 0.30 \text{ m}$$

Toisen kertaluvun momentti

$$M_2 = e_2 \cdot N_{Ed} \quad M_2 = 146 \text{ kNm}$$

Vähimmäisepäkeskisyyss

$$e_{0,min} = \max \left\{ \frac{h}{30}, 20\text{mm} \right\} \quad h/30 = 0.02 \text{ m}$$

--> $e_{0,min} = 0.02 \text{ m}$

Vähimmäisepäkeskisyydestä aiheutuva vähimmäismomentti

$$M_{min} = N_{Ed} \cdot e_{0,min} \quad M_{min} = 9.8 \text{ kNm}$$

Mitoitusmomentti

$$M_{Ed} = \max \left\{ M_{0Ed} + M_2, M_{min} \right\} \quad \begin{matrix} 285.6 \text{ kNm} \\ 9.8 \text{ kNm} \end{matrix}$$

Poikkileikkauksen mitoitus

Suhteellinen momentti

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{(b * h^2 * f_{cd})} \quad \mu = 0.114$$

Suhteellinen normaalivoima

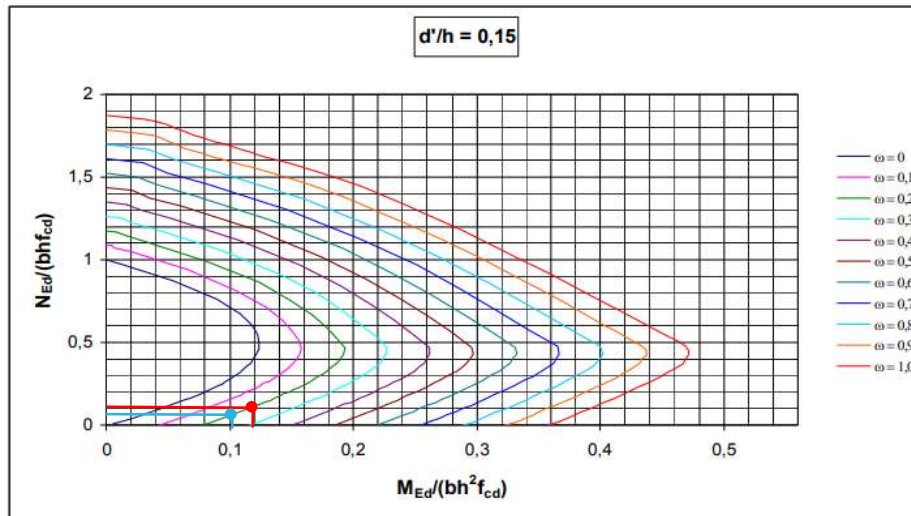
$$n = \frac{N_{Ed}}{(A_c * f_{cd})} \quad n = 0.094$$

Lasketaan tehollisen poikkileikkauksen ja korkeuden suhde

$$d' = 0.053 \text{ m}$$

$$d'/h = 0.109$$

--> Käytetään yhteisvaikutusdiagrammia, missä $d'/h=0,15$



KY1 Tuulikuorma pääkuormana

KY3 Tuulikuorma pääkuorma, ilman lunta

Käyrästä valittu raudoitussuhteen arvo

$$\omega = 0.19$$

Vaadittu rauditusala

$$A_{s,vaadittu} = \omega * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad A_{s,vaad.} = 2281.05 \text{ mm}^2$$

Valitaan raudoitus

Halkaisija	Tangon pinta-ala	kpl	Kokonais pinta-ala
10	78.5	4	314.2
12	113.1	4	452.4
16	201.1	4	804.2
20	314.2	6	1885.0
25	490.9	4	1963.5
30	706.9	4	2827.4
32	804.2	4	3217.0

$$T = 25$$

$$kpl = 6$$

Tai erikokoisilla tangoilla

T	Tangon pinta-ala	kpl	Kokonais pinta-ala
16	201.0619	4	804.2
20	314.1593	6	1885.0
Yhteensä			2689.203
			85 %

Toteutuva raudoitusala

$$\phi = 25 \text{ Päätangon halkaisija}$$

$$n = 6$$

$$A_{s,tot} = n * \frac{\phi^2}{4} * \pi = 2945.24 \text{ mm}^2$$

Pääraudoituksen vähimmäismäärä

$$A_{s,min} = 0,1 * \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 112.26 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,002 * A_c = 460.8 \text{ mm}^2$$

Tai

Mitoitusehto

$$A_{s,tot} > A_{s,vaad.}$$

$$2945.24 \text{ mm}^2 > 2281.05 \text{ mm}^2$$

Hakaraudoitus

$$\phi_{t,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ mm} \\ 0,25 * \phi_L \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \begin{array}{l} 6 \text{ mm} \\ 6.25 \text{ mm} \\ 8 \text{ mm} \end{array}$$

Hakaväli

$$S_{cl,tmax} = \min(15 * \text{päätangon halkaisija}; \text{pilarin pienin sivumitta}; 400 \text{ mm})$$

$$S_{cl,tmax} = \min \left\{ \begin{array}{l} 15 * \phi_L \\ 400 \text{ mm} \\ \text{pienin sivumitta} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \begin{array}{l} 375 \text{ mm} \\ 400 \text{ mm} \\ 480 \text{ mm} \end{array}$$

jakovälit enintään, $s_{cl,max}$

$$s_{cl,max} = 350 \text{ mm}$$

Hakojen tihennys pilarin päistä

$$\leq 0,6 * s_{cl,max} = 210 \text{ mm}$$

-> Pilarin pitemmän sivumitan verran

$$0,48 \text{ m}$$