

Janne Iho

263061 / janne.iho@student.tut.fi

Jenni Myllymäki

Student number 178894 / jenni.myyilmaki@destia.fi

Tampere University of Technology

Department of Civil Engineering

RAK-33200 Betonirakenteet

Year 2016

Exercise HT3:

Block of flats of Reinforced Concrete & Twisted RC beam

Given to: Olli Kerokoski

Date 21.12.2016

Sisälllys

1. Työnjako harjoitustyössä

2. Rakennepiirustukset

- 2.1. Yleispiirustus
- 2.2. Leukapalkki
- 2.3. Ristiinkantava laatta ja pilari
- 2.4. Pilariantura
- 2.5. Raudoittamaton betoniseinä ja seinäantura

3. Laskelmat

- 3.1. Leukapalkki
 - 3.1.1. Mitoitus taivutukselle ja väännölle
 - 3.1.2. Halkeamaleveys ja taipuma
- 3.2. Ristiinkantava laatta
 - 3.2.1. Rastitukset ja pilarin tukivoima, lyhytaikainen käyttörajatila
 - 3.2.2. Rastitukset ja pilarin tukivoima, pitkäaikainen käyttörajatila
 - 3.2.3. Rastitukset ja pilarin tukivoima, murtorajatila
 - 3.2.4. Laatan taivutusmitoitus, AP, Y_{max}
 - 3.2.5. Laatan taivutusmitoitus, AP, X_{max}
 - 3.2.6. Laatan taivutusmitoitus, YP, Y_{max}
 - 3.2.7. Laatan taivutusmitoitus, YP, X_{max}
 - 3.2.8. Laatan halkeamaleveys maksimimomentin kohdalla
 - 3.2.9. Laatan mitoitus lävistymiselle
- 3.3. Pilari
 - 3.3.1. Mitoitus puristukselle ja taivutukselle
- 3.4. Pilariantura
 - 3.4.1. Mitoitus taivutukselle ja lävistykselle
 - 3.4.2. Laatan halkeamaleveys
- 3.5. Raudoittamaton seinä
 - 3.5.1. Mitoitus puristukselle
 - 3.5.2. Liite: Lumikuorman tukivoimat seinälinjoille
 - 3.5.3. Liite: Vesikaton op:n tukivoimat seinälinjoille
 - 3.5.4. Liite: Yläpohjan op:n tukivoimat seinälinjoille
 - 3.5.5. Liite: Välipohjan op:n tukivoimat seinälinjoille
 - 3.5.6. Liite: Välipohjan hyötykuorman tukivoimat seinälinjoille
 - 3.5.7. Liite: Tuulikuorman tukivoimat seinälinjoille
 - 3.5.8. Ovipalkin mitoitus leikkaukselle
- 3.6. Seinäantura
 - 3.6.1. Mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle
 - 3.6.2. Laatan halkeamaleveys

1. Työnjako harjoitustyössä

Harjoitustyö toteutettiin yhteistyössä samaa esitysasua käyttäen. Työnjako oli karkeasti seuraava:

Janne Iho

- Kuormien laskenta, kuormitustapaukset
- Rakennelaskelmat ja viimeistely, leukapalkki, ristiinkantava laatta, perustukset
- Piirustukset ja viimeistely

Jenni Myllymäki:

- Rakennelaskelmat, raudoittamaton seinä, pilari
- Piirustukset

HUOM. Seinäanturan koko kasvoi annetulla pohjamaan kantavuudella todella valtavaksi.

2. Rakennepiirustukset

3. Laskelmat

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja yleistiedot

Leukapalkki
Laatasto

B) Materiaalien lähtötiedot

Betoni
Raudoitus
Rasitusluokat ja betonipeite

C) Leukapalkin kuormat

KRT metrikuormat
MRT metrikuormat

D) Pääpalkin rasitukset

Vääntö
Taivutus
Leikkaus

E) Leukaulokkeen rasitukset 1 m kaistalle

Taivutus
Leikkaus
Ripustusvoima pääpalkkiin

F) Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti ilman vääntöhakojia

Vääntömitoituksen mittoja
Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti

G) Vääntöraudoituksen mitoitus

Pituussuuntaisten terästen mitoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala
Vääntöhakojen mitoitus

H) Pääpalkin taivutusmitoitus

Pääraudoituksen laskenta aukossa
Pääraudoituksen laskenta tuella
Mimiraudoitus

I) Leukapalkin pääraudoituksen mitoitus

J) Pääpalkin leikkausmitoitus

Raudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti
Leikkausraudoitettu rakenne
Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

K) Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

L) Pääpalkin hakojen mitoitus

M) Leukaulokkeen taivutusmitoitus 1m kaistalla

Leukaulokkeen taivutusmitoitus 1m kaistalla
Mimiraudoitus

N) Leukaulokkeen hakojen mitoitus

O) Leukaulokkeen leikkausmitoitus

Betonin leikkauskapasiteettin mitoitus RakMK B4:n mukaan, vääntö- ja leikkaushaati EC:n mukaan.

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

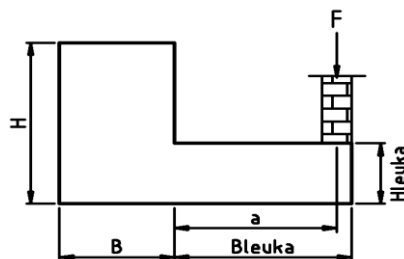
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja yleistiedot

Leukapalkki

$B =$	400	mm
$B_{leuka} =$	770	mm
$B_{kok} =$	1170	mm
$H =$	800	mm
$JM = L =$	8,9	m
$H_{leuka} =$	200	mm
$a =$	705	mm
$A =$	320000	mm ²
$A_{leuka} =$	154000	mm ²
$s_1 =$	905	mm
$s_2 =$	585	mm
$L_{tuki} =$	0,00	m

Pääpalkin leveys
Leuan leveys
Palkin kokonaisleveys
Pääpalkin korkeus
Leukapalkin pituus (tukiväli)
Leuan korkeus
Kuoman etäisyys palkin kyljestä
Pääpalkin poikkileikkauspinta-ala
Leuan poikkileikkauspinta-ala
Vääntävän kuorman etäisyys pääpalkin painopisteeseen
Leuan ja pääpalkin painopisteiden välinen etäisyys
Tuen pituus palkin suunnassa (=0, jos palkki tukeutuu jäykästi seinään)



Liitos tuella:

Jäykkä

B) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C25/30

Betoni

$f_{ck} =$	25,00	N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56	N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80	N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	31476	N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50		Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	14,17	N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,20	N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00	kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00	N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15		Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78	N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000	N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne sijaitsee kuivissa sisätiloissa.
Ilmankosteus vastaa normaalia sisäilmankosteutta.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Leukapalkki	XC1	10	C25/30

Lasketaan nimellinen betonipeite SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}, 10 \text{ mm}]$$

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

Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

Rasitusluokan asettama raudoituksen pienin sallittu betonipeite

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

Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Raudoituksen sijaintitoleranssi

$$c_{nom} = 27 \text{ mm}$$

Raudoituksen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

Pääpalkki

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Rakenteen korkeus

$$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$$

Työteräksen halkaisija

$$\varphi_{haka} = 8 \text{ mm}$$

Haan halkaisija, määritetty laskennan lopussa

$$\varphi_{pääteräs} = 25 \text{ mm}$$

Pääteräksen halkaisija, määritetty laskennan lopussa

$$d = 742,5 \text{ mm}$$

Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Leuka

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

Rakenteen korkeus

$$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$$

Työteräksen halkaisija

$$\varphi_{haka} = 10 \text{ mm}$$

Haan halkaisija

$$\varphi_{pääteräs} = 10 \text{ mm}$$

Pääteräksen halkaisija (arvaus)

$$d = 148 \text{ mm}$$

Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Leukapalkin kuormat

KRT metrikuormat

$$g = 9,4 \text{ kN/m}$$

Leukaa rasittavan rakenteen kuorma

Reikätiiliseinä, $g = 15,00 \text{ kN/m}^3$

$$q = 0 \text{ kN/m}$$

Hyötykuorma leualle

$H=4,81 \text{ m}$, $B=0,130 \text{ m}$

$$g_{\text{leuka}} = 3,9 \text{ kN/m}$$

Leuan omapaino

$$g_{\text{palkki}} = 8,0 \text{ kN/m}$$

Palkin omapaino

MRT metrikuormat

$$\gamma_g = 1,35$$

Pysyvän kuorman osavarmuus

$$\gamma_q = 0$$

Muuttuvan kuorman osavarmuus

$$K_{FI} = 1,1$$

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$$G_d = \gamma_g * K_{FI} * g$$

Pysyvien kuormien mitoitusarvo

$$Q_d = \gamma_q * K_{FI} * q$$

Muuttuvien kuormien mitoitusarvo

$$G_d = 13,9 \text{ kN/m}$$

Leukaa rasittavan rakenteen kuorma

$$Q_d = 0,0 \text{ kN/m}$$

Hyötykuorma leualle

$$G_{\text{leuka},d} = 5,7 \text{ kN/m}$$

Leuan omapaino

$$G_{\text{palkki},d} = 11,9 \text{ kN/m}$$

Palkin omapaino

$$\Sigma_{\text{leuka},d} = 19,6 \text{ kN/m}$$

Palkkia vääntävien kuormien summa

$$\Sigma_{\text{palkki},d} = 31,5 \text{ kN/m}$$

Palkkia taivuttava kokonaiskuorma

D) Pääpalkin rasitukset

$$L = 8,9 \text{ m}$$

Leukapalkin pituus (tukiväli)

$$s_1 = 905 \text{ mm}$$

Vääntävän kuorman etäisyys pääpalkin painopisteeseen (=laskenta varman puolella)

$$s_2 = 585 \text{ mm}$$

Leuan ja pääpalkin painopisteiden välinen etäisyys

Vääntö

$$m_{td} = (G_d + Q_d) * s_1 + G_{\text{leuka},d} * s_2$$

$$m_{td} = 15,9 \text{ kNm/m}$$

Vääntömomentti leukapalkkimeträ kohti

$$T_d = m_{td} * L / 2$$

$$T_d = 71,0 \text{ kNm}$$

Vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

Taivutus

$$M_{d,max} = qL^2/24 \quad q = \Sigma_{\text{palkki},d}$$

$$M_{d,aukko} = 104,0 \text{ kNm}$$

Taivutusmomentin mitoitusarvo aukossa, palkin alapinta vedolla

$$M_{d,tuki} = -208,1 \text{ kNm}$$

Taivutusmomentin mitoitusarvo tuella, palkin yläpinta vedolla

Leikkaus

$$V_d = \Sigma_{\text{palkki},d} * L/2$$

$$V_d = 140,3 \text{ kN}$$

Redusoimaton leikkausrasitus

$$L_{\text{tuki}} = 0,00 \text{ m}$$

Tuen pituus palkin suunnassa (=0, jos palkki tukeutuu jäykästi seinään)

$$d = 742,5 \text{ mm}$$

Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

$$V_{Ed} = V_d - (L_{\text{tuki}}/2 + d) * \Sigma_{\text{palkki},d}$$

$$V_{Ed} = 117 \text{ kN}$$

Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

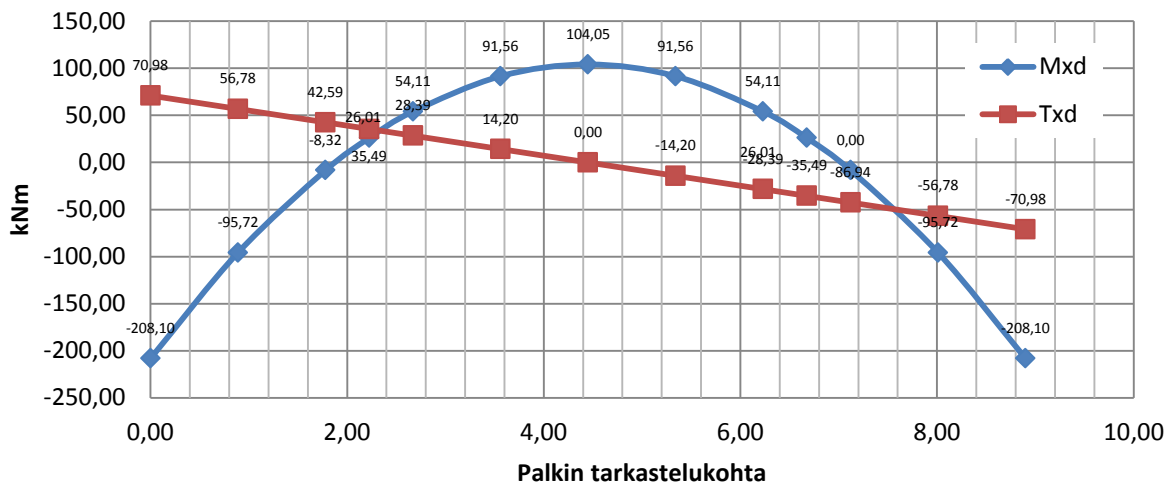
Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leukapalkin taivutus- ja vääntömomenttikuvaaja



x/L	$x [m]$	M_{xd} jäykkä	M_{xd} nivel	T_{xd}
0,00	0,00	-208,10	0,00	-208,10
0,10	0,89	-95,72	112,37	-95,72
0,20	1,78	-8,32	199,77	-8,32
0,25	2,23	26,01	234,11	26,01
0,30	2,67	54,11	262,20	54,11
0,40	3,56	91,56	299,66	91,56
0,50	4,45	104,05	312,14	104,05
0,60	5,34	91,56	299,66	91,56
0,70	6,23	54,11	262,20	54,11
0,75	6,68	26,01	234,11	26,01
0,80	7,12	-8,32	199,77	-8,32
0,90	8,01	-95,72	112,37	-95,72
1,00	8,90	-208,10	0,00	-208,10

E) Leukaulokkeen rasitukset 1 m kaistalle

Taivutus

$$M_{d,uloke} = -m_{td}$$

$$M_{d,uloke} = 15,9 \text{ kNm/m}$$

Taivutusmomentti leuan juurella, leuan yläpinta vedolla

Leikkaus

$$V_d = G_d + Q_d + G_{leuka,d}$$

$$V_d = 19,6 \text{ kN}$$

Redusoimaton leikkausrasitus, laskenta varman puolella

Ripustusvoima pääpalkkiin

$$F_d = V_d$$

$$F_d = 19,65 \text{ kN}$$

Lisäkuorma pääpalkin haoille

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti ilman vääntöhakojia

Vääntömitoituksen mittoja

$u =$	3940 mm	Koko palkin poikkileikkauksen piiri
$A_{\text{kok}} =$	474000 mm ²	Koko palkin poikkileikkauspinta-ala
$a = c_{\text{nom}} + \varphi_{\text{työteräs}} + \varphi_{\text{haka}} + \varphi_{\text{pääteräs}} / 2$		
$a =$	58 mm	Pääteräksen painopisteen etäisyys rakenteen pintaan
$t_{\text{ef,min}} = 2 * a$		
$t_{\text{ef,min}} =$	115 mm	Vääntöterästen mitoituksessa käytettävä minimi kotelon seinämäpaksuus
$t_{\text{ef}} = A/u$		
$t_{\text{ef}} =$	120 mm	Seinämän tehollinen paksuus
$t_{\text{kesk}} =$	118 mm	Vääntömitoituksessa käytettävä seinämäpaksuus, valitaan keskiarvo

Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti

Lasketaan leukapalkin kokonaisvääntöjäyhyysmomentti C_e ja tätä vastaava vääntövastus W_{te} .

Lasketaan vääntöraudoittamattoman betonipoikkileikkauksen vääntökapasiteetti $T_{Rd,c}$.

$C_{e,\text{palkki}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$ 800 mm	Pääpalkin korkeus
$b =$ 400 mm	Pääpalkin leveys
$h/b =$ 2,0	Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$ 0,23	Taulukosta
$C_{e,\text{palkki}} =$ 11 520 000 000	mm ⁴ , pääpalkin vääntöjäyhyysmomentti
$C_{e,\text{leuka}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$ 200 mm	Leuan korkeus
$b =$ 770 mm	Leuan leveys
$h/b =$ 3,9	Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$ 0,28	Taulukosta, 0, jos $h/b < 1$
$C_{e,\text{leuka}} =$ 25 565 848 000	mm ⁴ , leuan vääntöjäyhyysmomentti
$C_e = C_{e,\text{palkki}} + C_{e,\text{leuka}}$	
$C_e =$ 37085848000	mm ⁴ , leukapalkin vääntöjäyhyysmomentti
$b_{\text{max}} =$ 770 mm	Suurin osapoikkileikkausten leveyksistä
$W_{te} = C_e / b_{\text{max}}$	
$W_{te} =$ 48163439 mm ³	Vääntövastus
$f_{ctd} =$ 1,2 N/mm ²	Betonin laskentasvetolujuus
$T_{Rd,c} = 0,3 * f_{ctd} * W_{te}$	

$T_{Rd,c} =$ 17,3 kNm Vääntöraudoittamattoman leukapalkin vääntökestävyys

$KA =$ 410 % EHTO: $T_{Ed} / T_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$

Leukapalkki ei kestä vääntörasitusta. Mitoitetaan vääntöhaat.

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Vääntöraudoituksen mitoitus

Pituussuuntaisten terästen mitoitus

Lasketaan palkin pituussuuntaisen vääntöraudoituksen vaadittu poikkileikkauspinta-ala suurimman vääntömomentin kohdalla.

$$A_{sl} = T_{ed} * u_k * \cot(\vartheta) / (2 * A_k * f_{yd})$$

$$T_{ed} = 71,0 \text{ kNm}$$

Poikkileikkausta rasittavan vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

$$f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen mitoitusvetolujuus

$$\vartheta = 33,5^\circ$$

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

$$u_k = 2 * (B_{kok} - t_{kesk}) + 2 * (H - t_{kesk})$$

$$B_{kok} = 1170 \text{ mm}$$

Palkin kokonaisleveys

$$t_{kesk} = 118 \text{ mm}$$

Vääntömitoituksessa käytettävä seinämäpaksuus, valitaan keskiarvo

$$u_k = 3469 \text{ mm}$$

Tehollisen kotelon piiri = seinämäpaksuuden t_{kesk} keskiviiva

$$A_k = 256067 \text{ mm}^2$$

Kotelon keskiviivan rajaaman alueen pinta-ala

$$A_{sl} = 1671 \text{ mm}^2$$

Vaadittu vääntöraudoituksen poikkileikkauspinta-ala pääpalkissa

Vääntöhakojen mitoitus

Lasketaan vääntöhakojen vaadittu poikkileikkauspinta-ala suurimman vääntömomentin kohdalla.

$$A_{sl} = T_{ed} / (2 * A_k * f_{ywd}) * \cot(\vartheta)$$

$$T_{ed} = 71,0 \text{ kNm}$$

Poikkileikkausta rasittavan vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

$$f_{ywd} = 347,8 \text{ N/mm}^2$$

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

$$\vartheta = 33,5^\circ$$

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

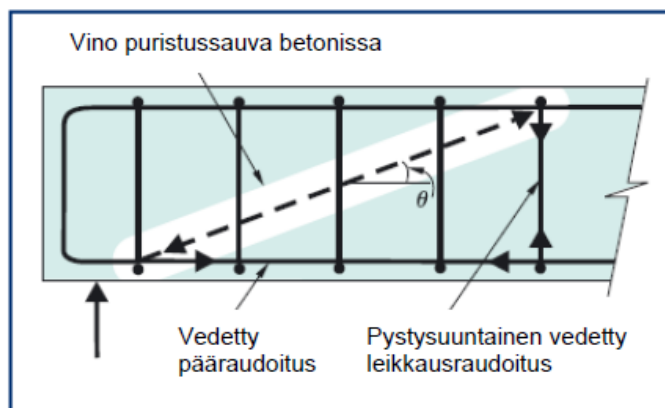
$$A_k = 256067 \text{ mm}^2$$

Kotelon keskiviivan rajaaman alueen pinta-ala

$$A_{sw}/s = 264 \text{ mm}^2$$

Vaadittu vääntöhakojen poikkileikkauspintala yhtä palkkimetriä kohti

Huom. Vääntöhaat ovat yksileikkeisiä!



Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

H) Pääpalkin taivutusmitoitus

Pääraudoituksen laskenta aukossa

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 104048301 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 400 \text{ mm}$	Pääpalkin leveys
$d = 743 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,033$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,034 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 743 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 730 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 328 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Pääraudoituksen laskenta tuella

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 208096601 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 400 \text{ mm}$	Pääpalkin leveys
$d = 743 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,067$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,069 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 743 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 717 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 668 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto palkeilla
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoituksen ominaisvetolujuus
$A_{s,min} = 396 \text{ mm}^2$	Minimiraudoituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala
$A_{s,vaad} = 668 \text{ mm}^2$	Vaadittu raudoituspohkipinta-ala

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

I) Leukapalkin pääraudoituksen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntömitoituksen vaatimat terästen poikkileikkauspinta-alat palkin eri osissa.

Vääntöraudoituksen teräsmäärä jakautuu tasaisesti ylä- ja alapintaan.

Taivutusmitoituksen vaatima rauditus tulee kaikki yhteen pintaan.

Aukon pääteräukset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min};A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	0	396	396	25	2	982	T 25, 2 kpl	40 %
AP	328	0	396	396	25	2	982	T 25, 2 kpl	40 %

1/4 ja 3/4 pisteiden pääteräukset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min};A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	418	396	418	25	2	982	T 25, 2 kpl	43 %
AP	82	418	396	500	25	2	982	T 25, 2 kpl	51 %

Tuen pääteräukset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min};A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	668	835	396	1503	25	4	1963	T 25, 4 kpl	77 %
AP	0	835	396	835	25	2	982	T 25, 2 kpl	85 %

Palkin keskellä esiintyy vain taivutusrasitusta.

Palkin 1/4- ja 3/4 -pisteissä esiintyy sekä taivutus- että vääntörasitusta.

Teräsmäärät on arvioitu karkeasti momenttien suhteella.

Palkin päissä esiintyy suurin vääntörasitus.

Palkin päissä vaikuttaa myös taivutusjännitystä, mikäli palkki liittyy tuelle jäykästi.

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

J) Pääpalkin leikkausmitoitus

Raudoittamattoman palkin leikkaukskapasiteetti

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkaukskapasiteetti.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d = 743 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Palkin tehollinen korkeus

Betonin ominaispuristuslujuus

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,52 \leq 2,0$$

Korkeuskerroin

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 2945 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 0,00992$$

Pääterästen poikkileikkauuspinta-ala

Raudoitussuhde

$$V_{Rd,c0} = 158 \text{ kN}$$

Leikkauskestävyyden perusarvo koko poikkileikkaukselle

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 97 \text{ kN}$$

Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo koko poikkileikkaukselle

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin} ; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 158 \text{ kN}$$

Laatan leikkaukskapasiteetti

$$V_{Ed} = 117 \text{ kN}$$

Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu

$$KA = 74 \%$$

$$\text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$$

$$\leq 100\%$$

Leikkausraudoitusta ei tarvita, lasketaan minimihaat.

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausraudoitettu rakenne

Lasketaan kuinka suuri hakojen teräspoikkileikkauspinta-ala vastaa leikkausvoimaa.

$A_{sw}/s = V_{Ed} / (z * f_{ywd} * \cot \theta)$	
$V_{Ed} =$	116,9 kN
$z =$	717 mm
$f_{ywd} =$	400,0 N/mm ²
$\theta =$	33,5 °
$A_{sw}/s =$	270 mm ² /m

Sisäinen momenttivarsi tuella

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

Lasketaan palkin leikkauskestävyys, kun käytetään hakahalkaisijaa φ_{haka} ja jakoa s .

Leikkausraudoitetun rakenteen leikkauskestävyys

$V_{Rd,s} = f_{ywd} * A_{sw} / s * z * (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) * \sin(\alpha)$	
$\alpha =$	90 °
$\varphi_{haka} =$	8 mm
$A_{haka} =$	50,3
$A_{sw} =$	100,5 mm
$s =$	100 mm
$V_{Rd,s} =$	436 kN

Hakojen kaltevuus, 90 ° = pystysuora

Palkin haan halkaisija, yhdistetty vääntö- ja leikkaushaka

Huom! Leikkaushaarat mitoitetaan kaksileikkeisinä!

Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala, kaksi leikettä

Vääntöhakojen vaadittu jako suurimman leikkausvoiman kohdalla

Leikkaushakojen antama leikkauskestävyys (jos kaikki haat varataan leikkaukselle)

Lasketaan valitun hakakoon minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli sekä suurin hakaväli millä tahansa hakakoolle.

Minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli

$s_{vaad} = A_{sw} / (\rho_{w,min} * b_w)$	
$\rho_{w,min} = 0,08 * \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$	
$f_{ck} =$	25 N/mm ²
$f_{yk} =$	500 N/mm ²
$\rho_{w,min} =$	0,00080
$A_{sw} =$	101 mm ²
$b_w =$	400 mm
$s_{vaad} =$	314 mm

Betonin ominaispuristuslujuus

Teräksen ominaisvetolujuus

Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Käytettävien leikkaushakojen minimijako

Suurin sallittu hakaväli

$s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$	
$s_{max} =$	557 mm

Suurin sallittu hakaväli, $s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$

Tarkastetaan rajoittaako puristusmurtokestävyys leikkausraudoitetun palkin leikkaukskapasiteettia.

Leikkauskestävyyden yläraja (puristusmurtokestävyys)

$V_{Rd,max} = v * f_{cd} * b_w * z / (\tan(\theta) + \cot(\theta))$	
$v =$	0,6
$f_{cd} =$	14,2 N/mm ²
$b_w =$	400 mm
$\theta =$	33,5 °
$z =$	717 mm
$V_{Rd,max} =$	1122 kN

Halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin

Betonin laskennallinen puristuslujuus

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

Sisäinen momenttivarsi

Puristumurrin rajoittama leikkauskestävyyden yläraja

EHTO: $V_{Ed} / (\text{MIN}: V_{Rd,s}; V_{Rd,1})$ KA= 27 %

EHTO: $s < \text{MIN}: (s_{max}; s_{vaad})$ KA= 32 %

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

K) Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetti.

$$A_{sw}/s = F_d / f_{ywd}$$

$$f_{ywd} = 400,0 \text{ N/mm}^2$$

$$F_d = 19,65 \text{ kN}$$

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

Lisäkuorma pääpalkin haoille

$$A_{sw}/s = 49 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ripustusraudoituksen vaatima hakojen poikkileikkauspinta-ala

L) Pääpalkin hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]
135	0	49	8	200	5,00	251
			Jakovaatimus:	64 %	KA:	73 %

T 8, K200

Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]
135	132	49	8	150	6,67	335
			Jakovaatimus:	48 %	KA:	94 %

T 8, K150

Haat tuella

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]
135	264	49	8	100	10,00	503
			Jakovaatimus:	32 %	KA:	89 %

T 8, K100

Palkin keskellä esiintyy vain ripustusrasitusta.

Palkin 1/4- ja 3/4 -pisteissä esiintyy leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasituksia.

Teräsmäärät on arvioitu karkeasti rasitusten suhteella.

Palkin päissä esiintyy leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasituksia.

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

M) Leukaulokkeen taivutusmitoitus 1m kaistalla

Mitoitetaan leukaulokkeen taivutusraudoitus. Ulokkeen yläpinta on vedolla. Pääraudoituksena toimivat haat.

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 15949936 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaista
$d = 148 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,051$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,053 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 148 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 144 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 255 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Minimiraudoitus

$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto palkeilla
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoituksen ominaisvetolujuus
$A_{s,min} = 197 \text{ mm}^2$	Minimiraudoituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala
$A_{s,vaad} = 255 \text{ mm}^2$	Vaadittu raudoituspinta-ala

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

N) Leukaulokkeen hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntörasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa					
A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]
255	0	10	250	4,00	314
		Jakovaatimus:	80 %	KA:	81 %
T 10, K250					
Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä					
A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]
255	132	10	150	6,67	524
		Jakovaatimus:	48 %	KA:	74 %
T 10, K150					
Haat tuella					
A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]
255	264	10	100	10,00	785
		Jakovaatimus:	32 %	KA:	66 %
T 10, K100					

Leukaulokkeen keskellä hakoja rasittaa vain taivutusrasitus.

Leukaulokkeen 1/4- ja 3/4 -pisteissä esiintyy taivutus- ja vääntörasituksia.

Leukaulokkeen päissä esiintyy taivutus- ja vääntörasituksen suurimmat arvot.

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

O) Leukaulokkeen leikkausmitoitus

Tarkastetaan leukaulokkeen ja pääpalkin välinen leikkauskestävyys.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida}$$

$$d = 148 \text{ mm} \quad \text{Palkin tehollinen korkeus}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 2,00 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 509 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääterästen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$\rho = 0,00344 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 73 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 73 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 73 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 20 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu}$$

$$KA = 27 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$$

Leikkausraudoitusta ei tarvita.

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaailiisuudet

Palkin poikkileikkaus

Palkin kuormat

Pikamitoitus

B) Materiaailiisuudet

Rauditus

Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Palkin taipuma

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Halkeamaleveys

Palkin taipuma

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	220 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 73 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,326 mm		KA= 82 %
Halkeamakestävyys	$M_{cr} =$	87,6 kNm		KA= Palkki halkeilee.
Taipuma	$f =$	2,1 mm	1/500	KA= 12 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	229 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 76 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,303 mm		KA= 76 %
Taipuma	$f =$	4,4 mm	1/500	KA= 25 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	222 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 74 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,303 mm		KA= 76 %
Taipuma	$f =$	1,4 mm		KA= 8 %

Laskennan suoritti:	HT3. Leukapalkki	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	19.11.2016	Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallisuudet

Palkin poikkileikkaus

$B =$	400 mm	Palkin leveys
$H =$	800 mm	Palkin korkeus
$L =$	8,9 m	Palkin jännemitta
$B_{kuorma} =$	1,0 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$u =$	3490 mm	Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_0 =$	183 mm	Palkin kuivattuva piiri
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	4,0	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk
$C_1 =$	50 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	25 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s1} =$	2 kpl	Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s1} =$	982 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_2 =$	40 mm	Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s2} =$	25 mm	Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s2} =$	2 kpl	Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s2} =$	982 mm ²	Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	738 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$d_2 =$	53 mm	Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$g_{oma} =$	8,0 kN/m	Palkin omapaino
$g_{muu} =$	12,4 kN/m ²	Lisäpaino, esim. laatasta tai pintavalusta
$q =$	0,0 kN/m ²	Laatasta hyötykuorma
$\psi =$	0,0	Muuttuvan kuorman kerroin pitkäaikaikuormituksessa
$B_{kuorma} =$	1,0 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$p_{E, \infty, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + \psi * q)$		
$p_{E, \infty, k} =$	20,4 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	150 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$p_{E, lyhyt, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + q)$		
$p_{E, lyhyt, k} =$	20,4 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	150 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetovälikoista:

Betoni:	C25/30	Sallittu taipuma	1/500
Rauditus:	Harjateräs	Sallittu halkeamaleveys:	0,4
Palkin tuenta:	Jäykkä-jäykkä	Huomioi tuenta myös momentissa!	

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Rauditus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoitteen ominaislujuus}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

Betoni

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaispuristuslujuus}$$

$$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{ctk,0,05} = 1,80 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin vetolujuus, 5% fraktiili}$$

$$E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\rho_{betoni} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \quad \text{Raudoitettun betonin tilavuuspaino}$$

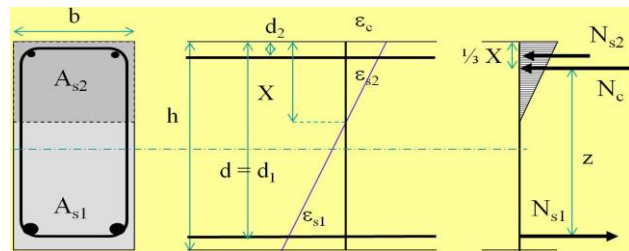
C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuolelta rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$$A_{s1} = 982 \text{ mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 738 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$B = 400 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_1 = 0,00333 \quad \text{Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$$A_{s2} = 982 \text{ mm}^2 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 738 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$d_2 = 53 \text{ mm} \quad \text{Yläpinnan pääteräksen sijainti}$$

$$B = 400 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_2 = 0,00333 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

$$E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\alpha_e = 6,35 \quad \text{Kimmokerrointen suhde}$$

$$M_k = 150 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad || \text{ kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)) * d \quad || \text{ yleismuoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$$X = 129 \text{ mm} \quad \text{Puristuspuolelta käytettävä puristuskorkeus}$$

$$z = 695 \text{ mm} \quad \text{Sisäinen momenttivarsi}$$

$$\sigma_s = 220 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käytettävässä}$$

$$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KA} = 73 \%$$

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	800 mm	Palkin korkeus
$B =$	400 mm	Palkin leveys
$d =$	738 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	982 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	50 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\phi_{s1} =$	25 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	129 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	156 mm	
$H_{c,eff} = \text{MIN } (H - X) / 3 =$	224 mm	
$H / 2 =$	400 mm	
$H_{c,eff} =$	156 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	62500 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetoraidoituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,01571 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \phi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	220 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s = 0,000741$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000660$	
$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	441 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000741	
$w_k =$	0,326 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{sall} =$	0,40 mm	KA= 82 %

Laskennan suoritti:
Pvm:

HT3. Leukapalkki
19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin halkeamamomentti M_{cr} . Mikäli halkeamamomentti ylitetään, tippuu palkin taiputusjäykkyys ja taipumat kasvat. Tällöin lasketaan palkin halkeiluasteesta riippuva taiputusjäykkyys I_B .

$H =$	800 mm	Palkin korkeus
$B =$	400 mm	Palkin leveys
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$f_{ctm,fl} =$	$(1,6 - H/1000) * f_{ctm}$	
$f_{ctm,fl} =$	2,05 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus taiputuksessa
$M_{cr} =$	$W_{ce} * f_{ctm,fl} = (H^2 * B / 6) * f_{ctm,fl}$	

$M_{cr} =$ 88 kNm Taivutusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
 $M_k =$ 150 kNm Halkeamatarkastelun taivutusmomentti

Palkki halkeilee.

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_c , I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c =$	$H^3 * B / 12$	
$I_c =$	1,707E+10 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R =$	$\alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$	
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$A_{s1} =$	982 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	738 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	129 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$I_R =$	2,637E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$\zeta =$	$1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$	
$\theta =$	0,5	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	0,830	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E =$	$\zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c$	
	5,095E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$f =$	$0,002604167 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$	$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	20,4 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$L =$	8,9 m	Palkin jännemitta

$f =$ 2,1 mm Palkin taipuma
 $f_{sall} =$ 18 mm Sallittu taipuma KA= 12 %

Laskennan suoritti:

HT3. Leukapalkki

Pvm:

19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspuunnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	738 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	982 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00333	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00333	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	4,0	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} =$	$1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty, t_0)})$	
$E_{c,eff} =$	6610 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e =$	$E_s / E_{c,eff}$	
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	30,26	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	150 kNm	Pitkaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$	kun $A_2=0$
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d$	yleisluoto
$z =$	$d - X / 3$	
$\sigma_s =$	$M_k / (z * A_{s1})$	

$X =$	214 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	666 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	229 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 76 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	441 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01571 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	229 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	30,26	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$MAX: (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s = 0,000665$ $0,6 * \sigma_s / E_s =$	0,000688
$W_k =$	$S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000688	
$W_k =$	0,303 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 76 %

Laskennan suoritti:
Pvm:

HT3. Leukapalkki
19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

Lasketaan palkin taivutusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_C =$	1,707E+10 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	30,26	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	982 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	738 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	214 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	1,035E+10 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$\zeta =$	0,830	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_C$		
	1,150E+10 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taivutusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	6610 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,002604167 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_C$
$p_k =$	20,4 kN/m	Palkin pitkäaikaiskuormitus
$L =$	8,9 m	Palkin jännemitta
$f =$	4,4 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	18 mm	Sallittu taipuma
		KA= 25 %

Laskennan suoritti: HT3. Leukapalkki
Pvm: 19.11.2016Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!**E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu**

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspuunnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	738 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	982 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00333	Alapinnan raudituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00333	Yläpinnan raudituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	150 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d$		yleisluoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		
$X =$	145 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	689 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	222 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 74 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	441 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01571 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	229 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s = 0,000608$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000688$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000688	
$W_k =$	0,303 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 76 %

Laskennan suoritti:
Pvm:

HT3. Leukapalkki
19.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c =$	1,707E+10 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	982 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	738 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	145 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	2,546E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$M_{cr} =$	88 kNm	Taiputusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	150 kNm	Lyhytaikainen taiputusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$\zeta = 1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$		
$\theta =$	1,0	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	0,659	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c$		
	7,493E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	31476 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,002604167 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	20,4 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$L =$	8,9 m	Palkin jännemitta
$f =$	1,4 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	18 mm	Sallittu taipuma
		KA= 8 %

Laskennan suoritti:

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat

Paikallavalettava ristiinkantava laatta tukeutuu keskipisteestään nivelellisesti pilariin. Reunoilta laatta tukeutuu vapaasti kantaviin paikallavaluseiniin. Laatan yläpintaan asennetaan reunoille haat pienentämään laatan yläpinnan halkeilua seinien juurella.

Jaetaan laatta kahdessa suunnassa tuki- ja laattakaistoihin, joille lasketaan taivutusmomentit molemmissa suunnissa. Laskelmissa tehdään oletus, että pilarin tukikaista kerää molemmissa suunnissa 62,5% laatan kuormista. Lisäksi on tehty oletus, että tästä kuormasta tukikaista kantaa 70% kummassakin suunnassa. Loput 30 % välittyy viereisille laattakaistoille.

$Y =$	7,85 m	Laatan leveys, sivumitoista pienempi ($< X$)
$X =$	11,20 m	Laatan pituus
$L_y =$	3,93 m	Aukon jänneväli Y-suunnassa
$L_x =$	5,60 m	Aukon jänneväli X-suunnassa
$B_{tuki} =$	1,96 m	Tukikaistan leveys y- ja x-suunnassa, $L_y/2$
$B_y =$	4,62 m	Laattakaistan leveys y-suunnassa
$B_x =$	2,94 m	Laattakaistan leveys x-suunnassa
$H =$	260 mm	Laatan paksuus

B) Kuormitus

$g =$	6,5 kN/m ²	Omanpainon ominaisarvo
$g_{pinta} =$	0,5 kN/m ²	Pintarakenteen, esim. tasausvalun ja laataston paino
$q =$	2,0 kN/m ²	Hyötykuorman ominaisarvo

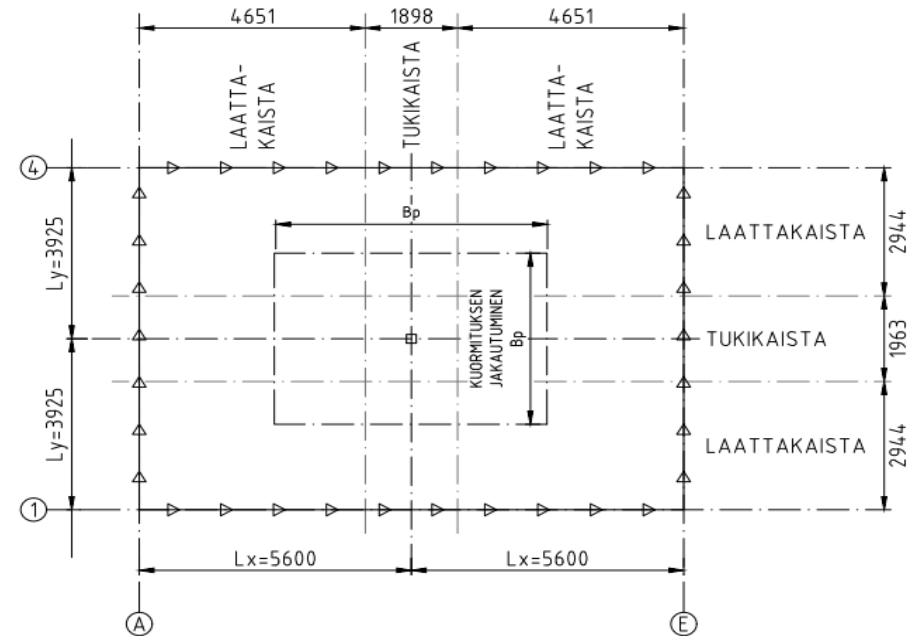
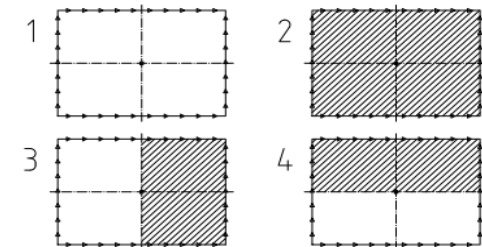
C) Kuormitustapaukset

- KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa
KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laattalla
KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)
KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

$K_{FI} =$ 1,0 Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

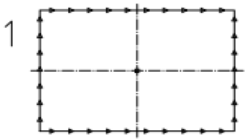
Lasketaan laatan momentit neljässä eri kuormitustapauksessa. Etsitään eri laattaosien suurimmat taivutusmomentit ja suurin pilarin tukivoima. Pilarin liitos toteutetaan nivelellisenä, jolloin pilarille ei välity momenttia.

Kuormitustapaukset



KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa

$\gamma_g =$	1	Pysyvien kuormien osavarmuuskertoimen
$\gamma_q =$	0	Muuttuvien kuormien osavarmuuskertoimen
$K_{FI} =$	1,0	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin



	Moment			Reaction at support		
	M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

$p_{gd} = \gamma_g * K_{FI} * (g + g_{pinta}) = 7,0 \text{ kN/m}^2$ Pysyvien kuormien mitoitusarvo

$p_{qd} = \gamma_q * K_{FI} * q = 0,0 \text{ kN/m}^2$ Muuttuvien kuormien mitoitusarvo

Taulukon selitykset:

$M =$ Y-suunnan kokonaismomentti, joka jaetaan 70% pilarikaistalle ja 30% vierekkäisille laattakaistoille. Määritetty taulukon avulla ($M = k(p * B_p) * L^2$).

$B_p =$ Kaistan leveys, jolta kuorma kerääntyy tukikaistalle. Oletus: 62,5% koko laatan leveydestä kerää kuorman keskimmaiselle tukikaistalle, loppu kuorma välittyy reunojen tuille.

k ja $t =$ Kertoimia, joilla määritetään jatkuvan palkin momentit ja tukivoimat, ks. jatkuvien palkkien kuormitustaulukko.

$B =$ Kaistan leveys, jolle tukikaistan momentti (70% tai 30% M:stä) jakaantuu

A'_g ja $A'_q =$ Pinta-alat, jolta kuormat kerääntyvät pilarille ($t^2 * L_y * L_x$).

$T =$ Pilarin tukivoima ($T = A'_g * p_{gd} + A'_q * p_{qd}$).

Pysyvien kuormien aiheuttamat rasitukset

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-94	-66	1,96	-33,7	-28	4,62	-6,1
Kentässä	0,070	7,00	3,925	53	37	1,96	18,8	16	4,62	3,4

Y-suun. pys. momentit laattassa [kNm/m]

0	0	0
3,43	18,8	3,43
-6,1	-33,7	-6,1
3,43	18,8	3,4
0	0	0

X= 11,2 m

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-135	-94	1,96	-48,0	-40	2,94	-13,7
Kentässä	0,070	4,91	5,60	75	53	1,96	26,9	23	2,94	7,7

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]

0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
0,0	26,9	-48,0	26,9	0,0
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0

X= 11,2 m

$t_{2g} = 1,25$

$A'_g = 34,3 \text{ m}^2$

$T_{gd} = 240,4 \text{ kN}$

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laattalla

$\gamma_g =$	1	Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin
$\gamma_q =$	1	Muuttuvien kuormien osavarmuuskerroin
$K_{FI} =$	1,0	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

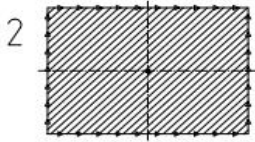
$$p_{gd} = \gamma_g * K_{FI} * (g + g_{pinta}) =$$
$$p_{qd} = \gamma_q * K_{FI} * q =$$

7,0 kN/m²

2,0 kN/m²

Pysyvien kuormien mitoitusarvo

Muuttuvien kuormien mitoitusarvo



	Moment			Reaction at support		
	M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

Taulukon selitykset:

$M =$ Y-suunnan kokonaismomentti, joka jaetaan 70% pilarikaistalle ja 30% vierekkäisille laattakaistoille. Määritetty taulukon avulla ($M = k(p * B_p) * L^2$).

$B_p =$ Kaistan leveys, jolta kuorma kerääntyy tukikaistalle. Oletus: 62,5% koko laatan leveydestä kerää kuorman keskimmäiselle tukikaistalle, loppu kuorma välittyy reunojen tuille.

k ja $t =$ Kertoimia, joilla määritetään jatkuvan palkin momentit ja tukivoimat, ks. jatkuvien palkkien kuormitustaulukko.

$B =$ Kaistan leveys, jolle tukikaistan momentti (70% tai 30% M:stä) jakaantuu

A'_g ja $A'_q =$ Pinta-alat, jolta kuormat kerääntyvät pilarille ($t^2 * L_y * L_x$).

$T =$ Pilarin tukivoima ($T = A'_g * p_{gd} + A'_q * p_{qd}$).

Pysyvien kuormien aiheuttamat rasitukset

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-94	-66	1,96	-33,7	-28	4,62	-6,1
Kentässä	0,070	7,00	3,925	53	37	1,96	18,8	16	4,62	3,4

Y-suun. pys. momentit laattassa [kNm/m]			
0	0	0	
3,43	18,8	3,43	
-6,1	-33,7	-6,1	
3,43	18,8	3,4	
0	0	0	
X=		11,2 m	

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-135	-94	1,96	-48,0	-40	2,94	-13,7
Kentässä	0,070	4,91	5,60	75	53	1,96	26,9	23	2,94	7,7

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]				
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
0,0	26,9	-48,0	26,9	0,0
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
X=		11,2 m		

$$t_{2g} =$$
$$A_g' =$$
$$T_{gd} =$$

1,25

34,3 m²

240,4 kN

Pilarin tukivoima pysyvistä kuormista

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laatalta

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	<i>k</i>	<i>B_q</i>	<i>L_y</i>	<i>M</i>	70% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>	30% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>
		[<i>m</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-27	-19	1,96	-9,6	-8	4,62	-1,8
Kentässä	0,070	7,00	3,925	15	11	1,96	5,4	5	4,62	1,0

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	<i>k</i>	<i>B_q</i>	<i>L_x</i>	<i>M</i>	70% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>	30% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>
		[<i>m</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-38	-27	1,96	-13,7	-12	2,94	-3,9
Kentässä	0,070	4,91	5,60	22	15	1,96	7,7	6	2,94	2,2

Y-suun. muut. momentit laatussa [*kNm/m*]

<i>m</i>	0	0	0
7,85	0,98	5,4	0,98
	-1,8	-9,6	-1,8
	0,98	5,4	1,0
	0	0	0
<i>X=</i>	11,2	<i>m</i>	

X-suun. muut. momentit laatussa [*kNm/m*]

<i>m</i>	0,0	2,2	-3,9	2,2	0,0
7,85	0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
	0,0	2,2	-3,9	2,2	0,0
<i>X=</i>	11,2	<i>m</i>			

$t_{2g} =$

$A_g ' =$

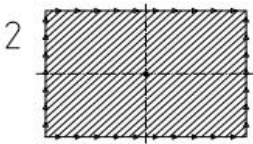
$T_{qd} =$

1,25

$34,3\ m^2$

68,7 kN

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista

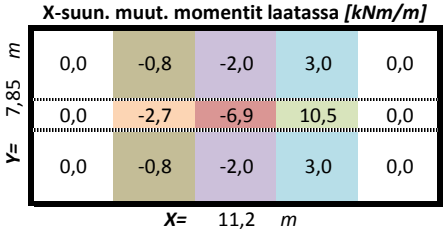
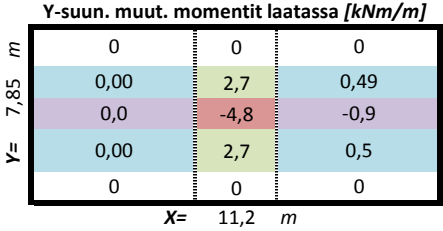


	Moment			Reaction at support		
	<i>M_{Aa}</i>	<i>M_B</i>	<i>M_{Bc}</i>	<i>R_A</i>	<i>R_B</i>	<i>R_C</i>
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)

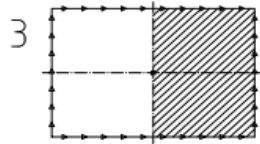
	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	<i>k</i>	<i>B_q</i>	<i>L_y</i>	<i>M</i>	70% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>	30% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>
		[<i>m</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]
Pilarin kohdalla	-0,125	3,50	3,925	-13	-9	1,96	-4,8	-4	4,62	-0,9
Kentässä	0,070	3,50	3,925	8	5	1,96	2,7	2	4,62	0,5

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	<i>k</i>	<i>B_q</i>	<i>L_x</i>	<i>M</i>	70% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>	30% <i>M</i>	<i>B</i>	<i>m</i>
		[<i>m</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]	[<i>kNm</i>]	[<i>m</i>]	[<i>kNm/m</i>]
Pilarin kohdalla	0,096	4,91	5,60	30	21	1,96	10,5	9	2,94	3,0
Kentässä	-0,063	4,91	5,60	-19	-14	1,96	-6,9	-6	2,94	-2,0
	-0,025	4,91	5,60	-8	-5	1,96	-2,7	-2	2,94	-0,8



$t_{2gy} = 1,25$
 $t_{2x} = 0,625$
 $A_g' = 17,2 \text{ m}^2$
 $T_{qd} = 34,3 \text{ kN}$

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



	Moment			Reaction at support		
	<i>M_{A3}</i>	<i>M_B</i>	<i>M_{B,C}</i>	<i>R_A</i>	<i>R_B</i>	<i>R_C</i>
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

		Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
		k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
			[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Kentässä 1		0,096	7,00	3,925	21	14	1,96	7,4	6	4,62	1,3
Pilarin kohdalla		-0,063	7,00	3,925	-14	-10	1,96	-4,8	-4	4,62	-0,9
Kentässä 2		-0,025	7,00	3,925	-5	-4	1,96	-1,9	-2	4,62	-0,4

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	2,45	5,60	-19	-13	1,96	-6,9	-6	2,94	-2,0
Kentässä	0,070	2,45	5,60	11	8	1,96	3,8	3	2,94	1,1

Y-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]		
0	0	0
1,3	7,4	1,3
-0,9	-4,8	-0,9
-0,4	-1,9	-0,4
0	0	0

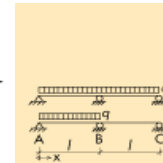
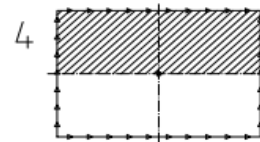
Y= 7,85 m

X= 11,2 m

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]					
Y= 7,85 m	0,0	1,1	-2,0	1,1	0,0
	0,0	3,8	-6,9	3,8	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	X=				11,2 m

$$\begin{aligned} t_{2gy} &= 1,25 \\ t_{2x} &= 0,625 \\ A_g' &= 17,2 \text{ m}^2 \\ T_{qd} &= 34,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



Moment			Reaction at support		
M_{A8}	M_8	M_{8C}	R_A	R_8	R_C
0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

D) Yhteenveto laatanrasituksista

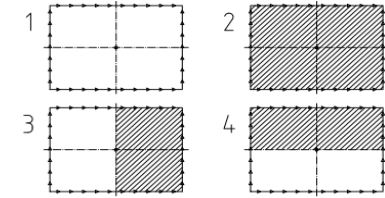
Lasketaan yhteen pysyvistä ja muuttuvista kuormista aiheutuvat laattaosien momentit ja pilarien tukivoimat.

KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa

Y-suun. pys. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	3,43	18,8	3,43	
Y=	-6,1	-33,7	-6,1	
	3,43	18,8	3,4	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
0,0	26,9	-48,0	26,9	0,0
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
	X=	11,2	m	

Kuormitusapaukset



$$T_d = 240,4 \text{ kN}$$

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laatala

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	4,41	24,2	4,41	
Y=	-7,9	-43,3	-7,9	
	4,41	24,2	4,4	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	9,9	-17,6	9,9	0,0
0,0	34,6	-61,7	34,6	0,0
0,0	9,9	-17,6	9,9	0,0
	X=	11,2	m	

$$T_d = 309,1 \text{ kN}$$

KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	3,43	21,5	3,92	
Y=	-6,1	-38,5	-7,0	
	3,43	21,5	3,9	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	6,9	-15,7	10,7	0,0
0,0	24,1	-54,9	37,4	0,0
0,0	6,9	-15,7	10,7	0,0
	X=	11,2	m	

$$T_d = 274,8 \text{ kN}$$

KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	4,78	26,2	4,78	
Y=	-7,0	-38,5	-7,0	
	3,08	16,9	3,1	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	8,8	-15,7	8,8	0,0
0,0	30,7	-54,9	30,7	0,0
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
	X=	11,2	m	

$$T_d = 274,8 \text{ kN}$$

E) Laattaosien määräävimät negatiiviset ja positiiviset momentit

Etsitään laattaosien määräävimät taivutusmomentit, joille rakenne mitoitetaan.
Negatiivinen momentti -> Mitoitetaan laatan yläpinnan taivutusraudoitus, alapintaan minimiteräksset.
Postiivinen momentti -> Mitoitetaan laatan alapinnan taivutusraudoitus, yläpintaan minimiteräksset.

Y= 7,85 m

Y-suunnan momentit laatasta [kNm/m]		
0	0	0
4,78	26,2	4,78
-7,88	-43,3	-7,88
4,41	24,2	4,41
0	0	0

2,94 m
1,96 m
2,94 m
Laattaosien leveydet
raudoituksen suunnittelua
varten

X-suunnan momentit laatasta [kNm/m]				
0,0	9,9	-17,6	10,7	0,0
0,0	34,6	-61,7	37,4	0,0
0,0	9,9	-17,6	10,7	0,0

5,60 m
1,96 m
5,60 m
X= 11,2 m

Suurin tukivoima pilarille:

$T_{d,max} = 309,1 \text{ kN}$

Laskennan suoritti:

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat

Paikallavalettava ristiinkantava laatta tukeutuu keskipisteestään nivelellisesti pilariin. Reunoilta laatta tukeutuu vapaasti kantaviin paikallavaluseiniin. Laatan yläpintaan asennetaan reunoille haat pienentämään laatan yläpinnan halkeilua seinien juurella.

Jaetaan laatta kahdessa suunnassa tuki- ja laattakaistoihin, joille lasketaan taivutusmomentit molemmissa suunnissa. Laskelmissa tehdään oletus, että pilarin tukikaista kerää molemmissa suunnissa 62,5% laatan kuormista. Lisäksi on tehty oletus, että tästä kuormasta tukikaista kantaa 70% kummassakin suunnassa. Loput 30 % välittyy viereisille laattakaistoille.

$Y =$	7,85 m	Laatan leveys, sivumitoista pienempi ($< X$)
$X =$	11,20 m	Laatan pituus
$L_y =$	3,93 m	Aukon jänneväli Y-suunnassa
$L_x =$	5,60 m	Aukon jänneväli X-suunnassa
$B_{tuki} =$	1,96 m	Tukikaistan leveys y- ja x-suunnassa, $L_y/2$
$B_y =$	4,62 m	Laattakaistan leveys y-suunnassa
$B_x =$	2,94 m	Laattakaistan leveys x-suunnassa
$H =$	260 mm	Laatan paksuus

B) Kuormitus

$g =$	6,5 kN/m ²	Omanpainon ominaisarvo
$g_{pinta} =$	0,5 kN/m ²	Pintarakenteen, esim. tasausvalun ja laataston paino
$q =$	2,0 kN/m ²	Hyötykuorman ominaisarvo

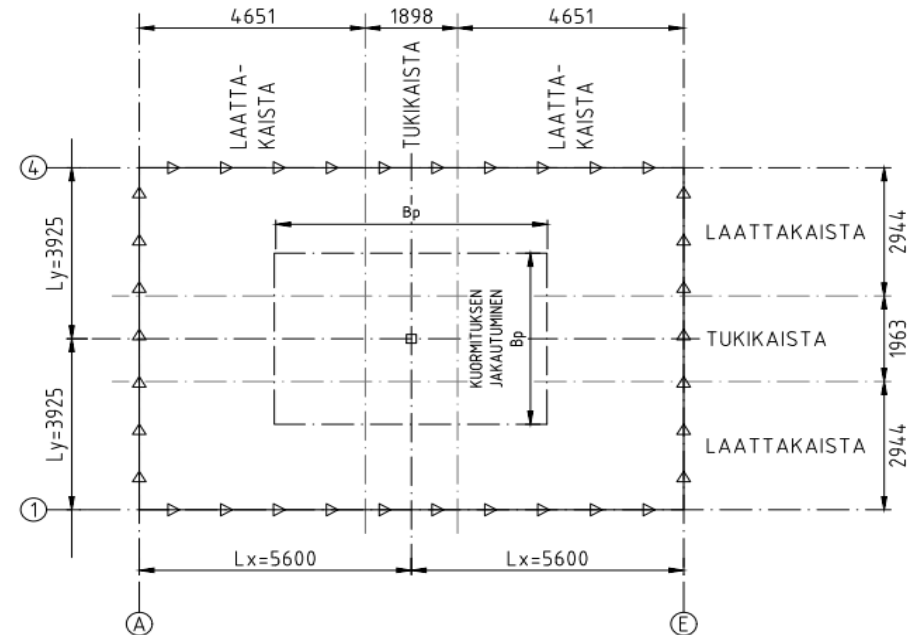
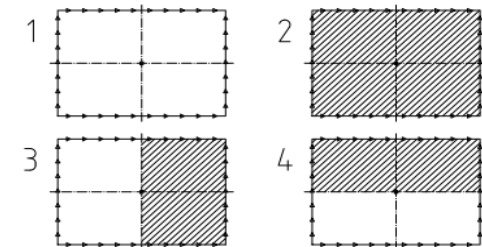
C) Kuormitustapaukset

- KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa
KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laatalle
KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)
KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

$K_{FI} =$ 1,0 Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

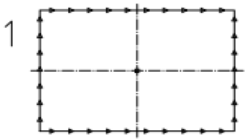
Lasketaan laatan momentit neljässä eri kuormitustapauksessa. Etsitään eri laattaosien suurimmat taivutusmomentit ja suurin pilarin tukivoima. Pilarin liitos toteutetaan nivelellisenä, jolloin pilarille ei välity momenttia.

Kuormitustapaukset



KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa

$\gamma_g =$	1	Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin
$\gamma_q =$	0	Muuttuvien kuormien osavarmuuskerroin
$K_{FI} =$	1,0	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin



	Moment			Reaction at support		
	M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

$p_{gd} = \gamma_g * K_{FI} * (g + g_{pinta}) = 7,0 \text{ kN/m}^2$ Pysyvien kuormien mitoitusarvo

$p_{qd} = \gamma_q * K_{FI} * q = 0,0 \text{ kN/m}^2$ Muuttuvien kuormien mitoitusarvo

Taulukon selitykset:

$M =$ Y-suunnan kokonaismomentti, joka jaetaan 70% pilarikaistalle ja 30% vierekkäisille laattakaistoille. Määritetty taulukon avulla ($M=k(p*B_p)*L^2$).

$B_p =$ Kaistan leveys, jolta kuorma kerääntyy tukikaistalle. Oletus: 62,5% koko laatan leveydestä kerää kuorman keskimmäselle tukikaistalle, loppu kuorma välittyy reunojen tuille.

k ja $t =$ Kertoimia, joilla määritetään jatkuvan palkin momentit ja tukivoimat, ks. jatkuvien palkkien kuormitustaulukko.

$B =$ Kaistan leveys, jolle tukikaistan momentti (70% tai 30% M:stä) jakaantuu

A'_g ja $A'_q =$ Pinta-alat, jolta kuormat kerääntyvät pilarille ($t^2 * L_y * L_x$).

$T =$ Pilarin tukivoima ($T=A'_g * p_{gd} + A'_q * p_{qd}$).

Pysyvien kuormien aiheuttamat rasitukset

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-94	-66	1,96	-33,7	-28	4,62	-6,1
Kentässä	0,070	7,00	3,925	53	37	1,96	18,8	16	4,62	3,4

Y-suun. pys. momentit laattassa [kNm/m]

0	0	0
3,43	18,8	3,43
-6,1	-33,7	-6,1
3,43	18,8	3,4
0	0	0

X= 11,2 m

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-135	-94	1,96	-48,0	-40	2,94	-13,7
Kentässä	0,070	4,91	5,60	75	53	1,96	26,9	23	2,94	7,7

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]

0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
0,0	26,9	-48,0	26,9	0,0
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0

X= 11,2 m

$t_{2g} = 1,25$

$A'_g = 34,3 \text{ m}^2$

$T_{gd} = 240,4 \text{ kN}$

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laattalla

$\gamma_g =$	1	Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin
$\gamma_q =$	0,3	Muuttuvien kuormien osavarmuuskerroin
$K_{FI} =$	1,0	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

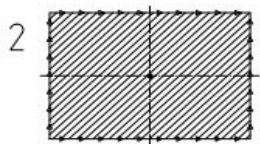
$$p_{gd} = \gamma_g * K_{FI} * (g + g_{pinta}) =$$
$$p_{qd} = \gamma_q * K_{FI} * q =$$

7,0 kN/m²

0,6 kN/m²

Pysyvien kuormien mitoitusarvo

Muuttuvien kuormien mitoitusarvo



	Moment			Reaction at support		
	M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

Taulukon selitykset:

$M =$ Y-suunnan kokonaismomentti, joka jaetaan 70% pilarikaistalle ja 30% vierekkäisille laattakaistoille. Määritetty taulukon avulla ($M=k(p*B_p)*L^2$).

$B_p =$ Kaistan leveys, jolta kuorma kerääntyy tukikaistalle. Oletus: 62,5% koko laatan leveydestä kerää kuorman keskimmäiselle tukikaistalle, loppu kuorma välittyy reunojen tuille.

k ja $t =$ Kertoimia, joilla määritetään jatkuvan palkin momentit ja tukivoimat, ks. jatkuvien palkkien kuormitustaulukko.

$B =$ Kaistan leveys, jolle tukikaistan momentti (70% tai 30% M:stä) jakaantuu

A'_g ja $A'_q =$ Pinta-alat, jolta kuormat kerääntyvät pilarille ($t^2 * L_y * L_x$).

$T =$ Pilarin tukivoima ($T=A'_g * p_{gd} + A'_q * p_{qd}$).

Pysyvien kuormien aiheuttamat rasitukset

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-94	-66	1,96	-33,7	-28	4,62	-6,1
Kentässä	0,070	7,00	3,925	53	37	1,96	18,8	16	4,62	3,4

Y-suun. pys. momentit laattassa [kNm/m]			
Y= 7,85 m	0	0	0
	3,43	18,8	3,43
	-6,1	-33,7	-6,1
	3,43	18,8	3,4
	0	0	0
		X= 11,2 m	

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-135	-94	1,96	-48,0	-40	2,94	-13,7
Kentässä	0,070	4,91	5,60	75	53	1,96	26,9	23	2,94	7,7

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]					
Y= 7,85 m	0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
	0,0	26,9	-48,0	26,9	0,0
	0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
	X= 11,2 m				

$$t_{2g} =$$
$$A_g' =$$
$$T_{gd} =$$

1,25

34,3 m²

240,4 kN

Pilarin tukivoima pysyvistä kuormista

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laatalta

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B _q	L _y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-8	-6	1,96	-2,9	-2	4,62	-0,5
Kentässä	0,070	7,00	3,925	5	3	1,96	1,6	1	4,62	0,3

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B _q	L _x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-12	-8	1,96	-4,1	-3	2,94	-1,2
Kentässä	0,070	4,91	5,60	6	5	1,96	2,3	2	2,94	0,7

Y-suun. muut. momentit laatalta [kNm/m]

0	0	0
0,29	1,6	0,29
-0,5	-2,9	-0,5
0,29	1,6	0,3
0	0	0

X= 11,2 m

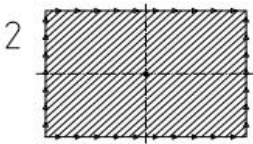
X-suun. muut. momentit laatalta [kNm/m]

0,0	0,7	-1,2	0,7	0,0
0,0	2,3	-4,1	2,3	0,0
0,0	0,7	-1,2	0,7	0,0

X= 11,2 m

t_{2g} = 1,25
A_g' = 34,3 m²
T_{qd} = 20,6 kN

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



	Moment			Reaction at support		
	M _{A8}	M _B	M _{Bc}	R _A	R _B	R _C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B _q	L _y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	3,50	3,925	-4	-3	1,96	-1,4	-1	4,62	-0,3
Kentässä	0,070	3,50	3,925	2	2	1,96	0,8	1	4,62	0,1

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B _q	L _x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	0,096	4,91	5,60	9	6	1,96	3,2	3	2,94	0,9
Kentässä	-0,063	4,91	5,60	-6	-4	1,96	-2,1	-2	2,94	-0,6
	-0,025	4,91	5,60	-2	-2	1,96	-0,8	-1	2,94	-0,2

Y-suun. muut. momentit laatasta [kNm/m]			
0	0	0	
0,00	0,8	0,15	
0,0	-1,4	-0,3	
0,00	0,8	0,1	
0	0	0	
X=		11,2	m

X-suun. muut. momentit laatasta [kNm/m]				
0,0	-0,2	-0,6	0,9	0,0
0,0	-0,8	-2,1	3,2	0,0
0,0	-0,2	-0,6	0,9	0,0
X=		11,2	m	

$t_{2gy} =$

1,25

$t_{2x} =$

0,625

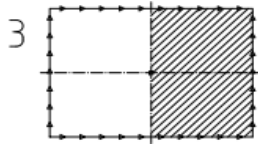
$A_g' =$

17,2 m²

$T_{qd} =$

10,3 kN

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



	Moment			Reaction at support		
	M _{A3}	M _B	M _{B3}	R _A	R _B	R _C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Kentässä 1	0,096	7,00	3,925	6	4	1,96	2,2	2	4,62	0,4
Pilarin kohdalla	-0,063	7,00	3,925	-4	-3	1,96	-1,5	-1	4,62	-0,3
Kentässä 2	-0,025	7,00	3,925	-2	-1	1,96	-0,6	0	4,62	-0,1

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	2,45	5,60	-6	-4	1,96	-2,1	-2	2,94	-0,6
Kentässä	0,070	2,45	5,60	3	2	1,96	1,2	1	2,94	0,3

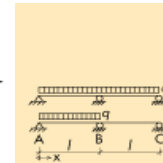
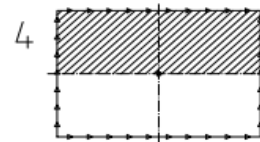
Y-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]		
0	0	0
0,4	2,2	0,4
-0,3	-1,5	-0,3
-0,1	-0,6	-0,1
0	0	0

X= 11,2 m

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]					
Y= 7,85 m	0,0	0,3	-0,6	0,3	0,0
	0,0	1,2	-2,1	1,2	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	X=		11,2 m		

$$\begin{aligned} t_{2gy} &= 1,25 \\ t_{2x} &= 0,625 \\ A_g' &= 17,2 \text{ m}^2 \\ T_{qd} &= 10,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



Moment			Reaction at support		
M_{A8}	M_8	M_{8C}	R_A	R_8	R_C
0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

D) Yhteenveto laatanrasituksista

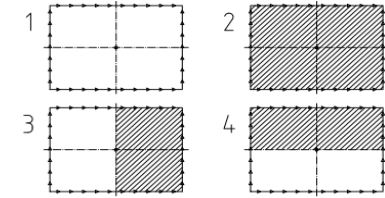
Lasketaan yhteen pysyvistä ja muuttuvista kuormista aiheutuvat laattaosien momentit ja pilarien tukivoimat.

KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa

Y-suun. pys. momentit laataassa [kNm/m]				
Y= 7,85 m	0	0	0	
	3,43	18,8	3,43	
	-6,1	-33,7	-6,1	
	3,43	18,8	3,4	
	0	0	0	
	X= 11,2 m			

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
0,0	26,9	-48,0	26,9	0,0
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
X= 11,2 m				

Kuormitustapaukset



$$T_d = 240,4 \text{ kN}$$

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laatalle

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
Y= 7,85 m	0	0	0	
	3,73	20,5	3,73	
	-6,7	-36,5	-6,7	
	3,73	20,5	3,7	
	0	0	0	
	X= 11,2 m			

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	8,3	-14,9	8,3	0,0
0,0	29,2	-52,1	29,2	0,0
0,0	8,3	-14,9	8,3	0,0
X= 11,2 m				

$$T_d = 261,0 \text{ kN}$$

KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
Y= 7,85 m	0	0	0	
	3,43	19,7	3,58	
	-6,1	-35,1	-6,4	
	3,43	19,7	3,6	
	0	0	0	
	X= 11,2 m			

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	7,4	-14,3	8,6	0,0
0,0	26,1	-50,1	30,1	0,0
0,0	7,4	-14,3	8,6	0,0
X= 11,2 m				

$$T_d = 250,7 \text{ kN}$$

KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
Y= 7,85 m	0	0	0	
	3,84	21,1	3,84	
	-6,4	-35,1	-6,4	
	3,33	18,3	3,3	
	0	0	0	
	X= 11,2 m			

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	8,0	-14,3	8,0	0,0
0,0	28,0	-50,1	28,0	0,0
0,0	7,7	-13,7	7,7	0,0
X= 11,2 m				

$$T_d = 250,7 \text{ kN}$$

E) Laattaosien määräävimät negatiiviset ja positiiviset momentit

Etsitään laattaosien määräävimät taivutusmomentit, joille rakenne mitoitetaan.
Negatiivinen momentti -> Mitoitetaan laatan yläpinnan taivutusraudoitus, alapintaan minimiteräksset.
Postiivinen momentti -> Mitoitetaan laatan alapinnan taivutusraudoitus, yläpintaan minimiteräksset.

Y= 7,85 m

0	0	0
3,84	21,1	3,84
-6,65	-36,5	-6,65
3,73	20,5	3,73
0	0	0

2,94 m
1,96 m
2,94 m

Laattaosien leveydet
raudoituksen suunnittelua
varten

0,0	8,3	-14,9	8,6	0,0
0,0	29,2	-52,1	30,1	0,0
0,0	8,3	-14,9	8,6	0,0
5,60 m		1,96 m	5,60 m	
X= 11,2 m				

Suurin tukivoima pilarille:

$T_{d,max}$

=

261,0

kN

Laskennan suoritti:

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat

Paikallavalettava ristiinkantava laatta tukeutuu keskipisteestään nivelellisesti pilariin. Reunoilta laatta tukeutuu vapaasti kantaviin paikallavaluseiniin. Laatan yläpintaan asennetaan reunoille haat pienentämään laatan yläpinnan halkeilua seinien juurella.

Jaetaan laatta kahdessa suunnassa tuki- ja laattakaistoihin, joille lasketaan taivutusmomentit molemmissa suunnissa. Laskelmissa tehdään oletus, että pilarin tukikaista kerää molemmissa suunnissa 62,5% laatan kuormista. Lisäksi on tehty oletus, että tästä kuormasta tukikaista kantaa 70% kummassakin suunnassa. Loput 30 % välittyy viereisille laattakaistoille.

$Y =$	7,85 m	Laatan leveys, sivumitoista pienempi ($< X$)
$X =$	11,20 m	Laatan pituus
$L_y =$	3,93 m	Aukon jänneväli Y-suunnassa
$L_x =$	5,60 m	Aukon jänneväli X-suunnassa
$B_{tuki} =$	1,96 m	Tukikaistan leveys y- ja x-suunnassa, $L_y/2$
$B_y =$	4,62 m	Laattakaistan leveys y-suunnassa
$B_x =$	2,94 m	Laattakaistan leveys x-suunnassa
$H =$	260 mm	Laatan paksuus

B) Kuormitus

$g =$	6,5 kN/m ²	Omanpainon ominaisarvo
$g_{pinta} =$	0,5 kN/m ²	Pintarakenteen, esim. tasausvalun ja laataston paino
$q =$	2,0 kN/m ²	Hyötykuorman ominaisarvo

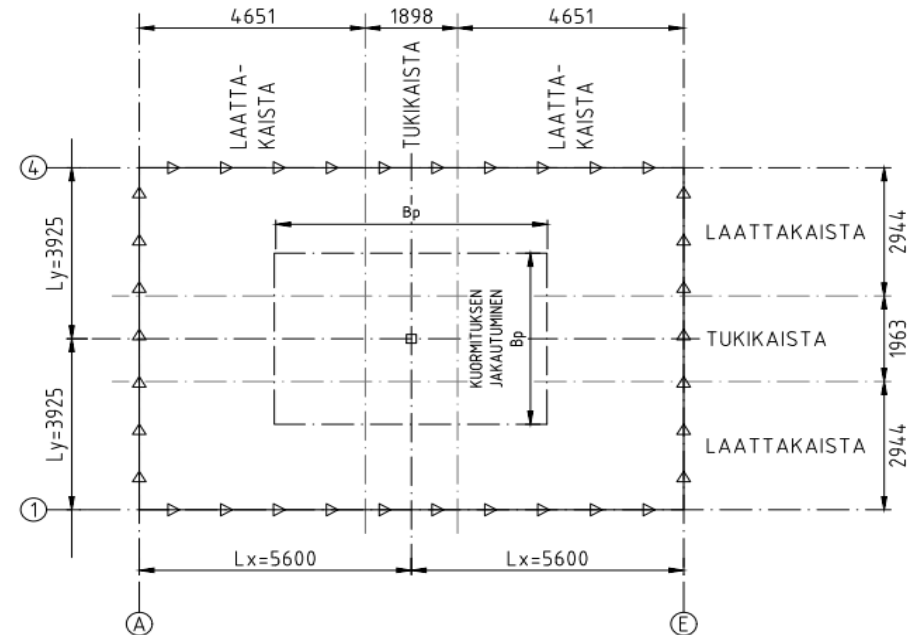
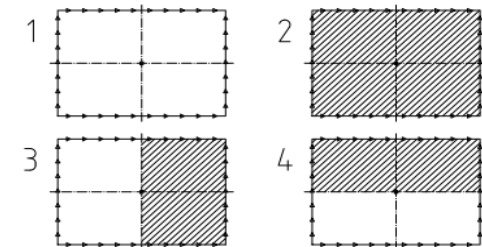
C) Kuormitustapaukset

- KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa
KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laattalla
KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)
KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

$K_{FI} =$ 1,1 Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

Lasketaan laatan momentit neljässä eri kuormitustapauksessa. Etsitään eri laattaosien suurimmat taivutusmomentit ja suurin pilarin tukivoima. Pilarin liitos toteutetaan nivelellisenä, jolloin pilarille ei välity momenttia.

Kuormitustapaukset



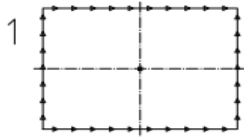
KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa

$\gamma_g = 1,35$
 $\gamma_q = 0$
 $K_{FI} = 1,1$

Pysyvien kuormien osavarmuuskertoin

Muuttuvien kuormien osavarmuuskertoin

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin



	Moment			Reaction at support		
	M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

$p_{gd} = \gamma_g * K_{FI} * (g + g_{pinta}) =$
 $p_{qd} = \gamma_q * K_{FI} * q =$

10,4 kN/m²

0,0 kN/m²

Pysyvien kuormien mitoitusarvo

Muuttuvien kuormien mitoitusarvo

Taulukon selitykset:

M = Y-suunnan kokonaismomentti, joka jaetaan 70% pilarikaistalle ja 30% vierekkäisille laattakaistoille. Määritetty taulukon avulla ($M=k(p*B_p)*L^2$).

B_p = Kaistan leveys, jolta kuorma kerääntyy tukikaistalle. Oletus: 62,5% koko laatan leveydestä kerää kuorman keskimmäiselle tukikaistalle, loppu kuorma välittyy reunojen tuille.

k ja t = Kertoimia, joilla määritetään jatkuvan palkin momentit ja tukivoimat, ks. jatkuvien palkkien kuormitustaulukko.

B = Kaisten leveys, jolle tukikaistan momentti (70% tai 30% M:stä) jakaantuu

A'_g ja A'_q = Pinta-alat, jolta kuormat kerääntyvät pilarille ($t^2*L_y*L_x$).

T = Pilarin tukivoima ($T=A'_g*p_{gd} + A'_q*p_{qd}$).

Pysyvien kuormien aiheuttamat rasitukset

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-140	-98	1,96	-50,0	-42	4,62	-9,1
Kentässä	0,070	7,00	3,925	78	55	1,96	28,0	24	4,62	5,1

Y-suun. pys. momentit laattassa [kNm/m]

0	0	0
5,10	28,0	5,10
-9,1	-50,0	-9,1
5,10	28,0	5,1
0	0	0

X= 11,2 m

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-200	-140	1,96	-71,3	-60	2,94	-20,4
Kentässä	0,070	4,91	5,60	112	78	1,96	39,9	34	2,94	11,4

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]

0,0	11,4	-20,4	11,4	0,0
0,0	39,9	-71,3	39,9	0,0
0,0	11,4	-20,4	11,4	0,0

X= 11,2 m

$t_{2g} =$
 $A_g' =$
 $T_{gd} =$

1,25

34,3 m²

357,0 kN

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laattalla

$\gamma_g =$	1,15	Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin
$\gamma_q =$	1,5	Muuttuvien kuormien osavarmuuskerroin
$K_{FI} =$	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$p_{gd} = \gamma_g * K_{FI} * (g + g_{pinta}) =$

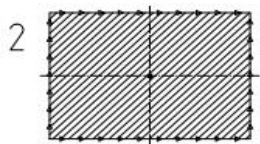
8,9 kN/m²

Pysyvien kuormien mitoitusarvo

$p_{qd} = \gamma_q * K_{FI} * q =$

3,3 kN/m²

Muuttuvien kuormien mitoitusarvo



Moment			Reaction at support		
M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C
0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

Taulukon selitykset:

$M =$ Y-suunnan kokonaismomentti, joka jaetaan 70% pilarikaistalle ja 30% vierekkäisille laattakaistoille. Määritetty taulukon avulla ($M=k(p*B_p)*L^2$).

$B_p =$ Kaistan leveys, jolta kuorma kerääntyy tukikaistalle. Oletus: 62,5% koko laatan leveydestä kerää kuorman keskimmäiselle tukikaistalle, loppu kuorma välittyy reunojen tuille.

k ja $t =$ Kertoimia, joilla määritetään jatkuvan palkin momentit ja tukivoimat, ks. jatkuvien palkkien kuormitustaulukko.

$B =$ Kaisten leveys, jolle tukikaistan momentti (70% tai 30% M:stä) jakaantuu

A'_g ja $A'_q =$ Pinta-alat, jolta kuormat kerääntyvät pilarille ($t^2 * L_y * L_x$).

$T =$ Pilarin tukivoima ($T=A'_g * p_{gd} + A'_q * p_{qd}$).

Pysyvien kuormien aiheuttamat rasitukset

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-119	-84	1,96	-42,6	-36	4,62	-7,8
Kentässä	0,070	7,00	3,925	67	47	1,96	23,8	20	4,62	4,3

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-170	-119	1,96	-60,7	-51	2,94	-17,4
Kentässä	0,070	4,91	5,60	95	67	1,96	34,0	29	2,94	9,7

Y-suun. pys. momentit laattassa [kNm/m]

0	0	0
4,34	23,8	4,34
-7,8	-42,6	-7,8
4,34	23,8	4,3
0	0	0

X= 11,2 m

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]

0,0	9,7	-17,4	9,7	0,0
0,0	34,0	-60,7	34,0	0,0
0,0	9,7	-17,4	9,7	0,0

X= 11,2 m

$t_{2g} =$

1,25

$A_g' =$

34,3 m²

$T_{gd} =$

304,1 kN

Pilarin tukivoima pysyvistä kuormista

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laatalta

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B _q	L _y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	7,00	3,925	-44	-31	1,96	-15,9	-13	4,62	-2,9
Kentässä	0,070	7,00	3,925	25	17	1,96	8,9	7	4,62	1,6

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B _q	L _x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	4,91	5,60	-63	-44	1,96	-22,6	-19	2,94	-6,5
Kentässä	0,070	4,91	5,60	36	25	1,96	12,7	11	2,94	3,6

Y-suun. muut. momentit laatalta [kNm/m]

0	0	0
1,62	8,9	1,62
-2,9	-15,9	-2,9
1,62	8,9	1,6
0	0	0

X= 11,2 m

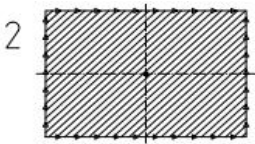
X-suun. muut. momentit laatalta [kNm/m]

0,0	3,6	-6,5	3,6	0,0
0,0	12,7	-22,6	12,7	0,0
0,0	3,6	-6,5	3,6	0,0

X= 11,2 m

t_{2g} = 1,25
A_g' = 34,3 m²
T_{qd} = 113,3 kN

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



	Moment			Reaction at support		
	M _{A-B}	M _B	M _{B-C}	R _A	R _B	R _C
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
	0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	3,50	3,925	-22	-16	1,96	-7,9	-7	4,62	-1,4
Kentässä	0,070	3,50	3,925	12	9	1,96	4,4	4	4,62	0,8

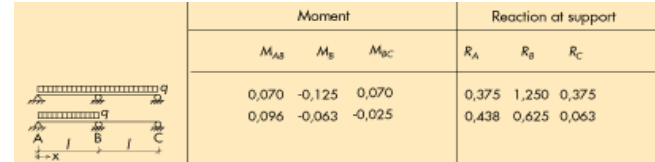
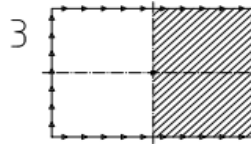
Pilarin kohdalla Kentässä	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
	0,096	4,91	5,60	49	34	1,96	17,4	15	2,94	5,0
	-0,063	4,91	5,60	-32	-22	1,96	-11,4	-10	2,94	-3,3
	-0,025	4,91	5,60	-13	-9	1,96	-4,5	-4	2,94	-1,3

Y-suun. muut. momentit laatasta [kNm/m]			
Y= 7,85 m	0	0	0
	0,00	4,4	0,81
	0,0	-7,9	-1,4
	0,00	4,4	0,8
	0	0	0
	X=	11,2 m	

X-suun. muut. momentit laatasta [kNm/m]					
Y= 7,85 m	0,0	-1,3	-3,3	5,0	0,0
	0,0	-4,5	-11,4	17,4	0,0
	0,0	-1,3	-3,3	5,0	0,0
		X= 11,2 m			

$$\begin{aligned} t_{2gy} &= 1,25 \\ t_{2x} &= 0,625 \\ A_g' &= 17,2 \text{ m}^2 \\ T_{qd} &= 56,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

		Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
		k	B_q	L_y	M	70% M	B	m	30% M	B	m
			[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Kentässä 1		0,096	7,00	3,925	34	24	1,96	12,2	10	4,62	2,2
Pilarin kohdalla		-0,063	7,00	3,925	-22	-16	1,96	-8,0	-7	4,62	-1,5
Kentässä 2		-0,025	7,00	3,925	-9	-6	1,96	-3,2	-3	4,62	-0,6

	Kokonaismomentti Y-suunnassa				Tukikaistan momentti			Laattakaistan momentti		
	k	B_q	L_x	M	70% M	B	m	30% M	B	m
		[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm/m]	[kNm]	[m]	[kNm/m]
Pilarin kohdalla	-0,125	2,45	5,60	-32	-22	1,96	-11,3	-10	2,94	-3,2
Kentässä	0,070	2,45	5,60	18	12	1,96	6,3	5	2,94	1,8

Y-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]		
0	0	0
2,2	12,2	2,2
-1,5	-8,0	-1,5
-0,6	-3,2	-0,6
0	0	0

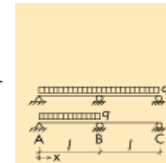
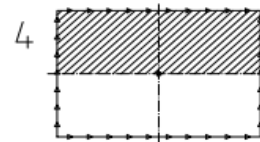
Y= 7,85 m

X= 11,2 m

X-suun. muut. momentit laattassa [kNm/m]					
Y= 7,85 m	0,0	1,8	-3,2	1,8	0,0
	0,0	6,3	-11,3	6,3	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	X=		11,2 m		

$$\begin{aligned} t_{2gy} &= 1,25 \\ t_{2x} &= 0,625 \\ A_g' &= 17,2 \text{ m}^2 \\ T_{qd} &= 56,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pilarin tukivoima muuttuvista kuormista



Moment			Reaction at support		
M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C
0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375
0,096	-0,063	-0,025	0,438	0,625	0,063

D) Yhteenveto laatanrasituksista

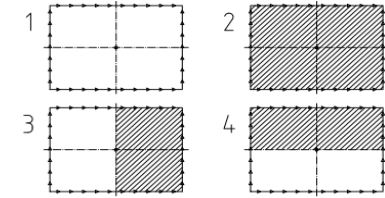
Lasketaan yhteen pysyvistä ja muuttuvista kuormista aiheutuvat laattaosien momentit ja pilarien tukivoimat.

KT1) 6.10 a: ei hyötykuormaa

Y-suun. pys. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	5,10	28,0	5,10	
Y=	-9,1	-50,0	-9,1	
	5,10	28,0	5,1	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	11,4	-20,4	11,4	0,0
0,0	39,9	-71,3	39,9	0,0
0,0	11,4	-20,4	11,4	0,0
	X=	11,2	m	

Kuormitustapaukset



$$T_d = 357,0 \text{ kN}$$

KT2) 6.10 b: hyötykuorma koko laatalle

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	5,96	32,7	5,96	
Y=	-10,6	-58,4	-10,6	
	5,96	32,7	6,0	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	13,3	-23,8	13,3	0,0
0,0	46,7	-83,4	46,7	0,0
0,0	13,3	-23,8	13,3	0,0
	X=	11,2	m	

$$T_d = 417,4 \text{ kN}$$

KT3) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (lyhyellä sivulla)

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	4,34	28,3	5,15	
Y=	-7,8	-50,5	-9,2	
	4,34	28,3	5,2	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	8,4	-20,6	14,7	0,0
0,0	29,5	-72,2	51,4	0,0
0,0	8,4	-20,6	14,7	0,0
	X=	11,2	m	

$$T_d = 360,8 \text{ kN}$$

KT4) 6.10 b: hyötykuorma vain laatan toisella puolella (pitkällä sivulla)

Y-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
	0	0	0	
7,85	6,56	36,0	6,56	
Y=	-9,2	-50,6	-9,2	
	3,76	20,7	3,8	
	0	0	0	
	X=	11,2	m	

X-suun. muut. momentit laataassa [kNm/m]				
0,0	11,5	-20,6	11,5	0,0
0,0	40,4	-72,1	40,4	0,0
0,0	9,7	-17,4	9,7	0,0
	X=	11,2	m	

$$T_d = 360,8 \text{ kN}$$

E) Laattaosien määräävimät negatiiviset ja positiiviset momentit

Etsitään laattaosien määräävimät taivutusmomentit, joille rakenne mitoitetaan.
Negatiivinen momentti -> Mitoitetaan laatan yläpinnan taivutusraudoitus, alapintaan minimiteräksset.
Postiivinen momentti -> Mitoitetaan laatan alapinnan taivutusraudoitus, yläpintaan minimiteräksset.

Y= 7,85 m

0	0	0
6,56	36,0	6,56
-10,64	-58,4	-10,64
5,96	32,7	5,96
0	0	0

2,94 m
1,96 m
2,94 m

Laattaosien leveydet
raudoituksen suunnittelua
varten

0,0	13,3	-23,8	14,7	0,0
0,0	46,7	-83,4	51,4	0,0
0,0	13,3	-23,8	14,7	0,0
5,60 m		1,96 m	5,60 m	
X= 11,2 m				

Suurin tukivoima pilarille:

$T_{d,max} = 417,4 \text{ kN}$

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP, $M_{y,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Laatan mitat ja rasisus

B) Materiaalien lähtötiedot

Betoni
Raudoitus

C) Rasisusluokat ja betonipeite

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

E) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraudoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraudoitus
Todellinen jakoraudoituksen poikkipinta-ala

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP, $M_{y,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat ja rasitus

$H = 260$ mm Laatan paksuus
 $M_d = 51400000$ kNm Laataassa vaikuttava momentti

B) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka: 2 Betonin lujuusluokka: C25/30

Betoni

$f_{ck} = 25,00$ N/mm² Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56$ N/mm² Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80$ N/mm² Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476$ N/mm² Betonin kimmokerroin
 $\gamma_c = 1,50$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{cd} = 14,17$ N/mm² Betonin mitoituspuristuslujuus
 $f_{ctd} = 1,20$ N/mm² Betonin mitoitusvetolujuus
 $\rho_{betoni} = 25,00$ kN/m³ Raudoitettun betonin tilavuuspaino

Rauditus

$f_{yk} = 500,00$ N/mm² Raudoitteen ominaislujuus
 $\gamma_k = 1,15$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{yd} = 434,78$ N/mm² Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $E_s = 200000$ N/mm² Raudituksen kimmokerroin

C) Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne sijaitsee kuivissa sisätiloissa.
Ilmankosteus vastaa normaalia sisäilmankosteutta.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Leukapalkki	XC1	10	C25/30

$$c_{min} = \max[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 12$ mm Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10$ mm Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 12$ mm Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10$ mm Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 22$ mm Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$\varphi_{työ} = 22$ mm Työteräksen ja ala-/yläpuolisen poikittaisen raudoitteen yhteenlasketut halkaisijat

$\varphi_s = 12$ mm Pääteräksen halkaisija

$d = 210$ mm Etäisyys puristuspuunnan yläpinnasta alapinnan vetorausituksen painopisteeseen (laatan tehollinen korkeus)

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP, $M_{y,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (b * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 51400000 \text{ Nm}$	Laatassa vaikuttava momentti
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$d = 210 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$f_{cd} = 14 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,082$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,082$	
$\theta = 0,086 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 210,0 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$\theta = 0,086$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 201 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 51400000 \text{ Nm}$	Laatassa vaikuttava momentti
$z = 201 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 588 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$d = 210 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$A_{s,min,1} = 280 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitusehdon vaatima raudoituksen poikkipinta-ala
$A_{s,vaad} = 588,24 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu pääraudoituksen poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk_{max} = 250,00 \text{ mm}$	Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [2*H; <250]
$kk = 125 \text{ mm}$	Käytettävä raudoitejako
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s = 12 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 905 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 65,0 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan pääraudoitukseksi
T 12, K125

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP, $M_{y,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraidoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraidoitus

$A_{s,jako,min} = 0,2 * A_{s,tod}$	Minimi jakoraidoitus anturan alapinnassa, 20 % pääraudoituksesta
$A_{s,tod} =$	905 mm ² Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti
$A_{s,jako,min} =$	181 mm ² /m Jakoraidoituksen minimi poikkileikkauspinta-ala

Todellinen jakoraidoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk_{max} =$	400,00 mm Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [3*H; <400]
$kk =$	250 mm Käytettävä raudoitejako
$b =$	1000 mm Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s =$	10 mm Jakoraudan halkaisija
$A_{teräs} =$	79 mm ² Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} =$	314 mm ² /m Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 57,6 % **EHTO:** $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan jakoraidoitukseksi
T 10, K250

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP , $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Laatan mitat ja rasitus

B) Materiaalien lähtötiedot

Betoni
Raudoitus

C) Rasitusluokat ja betonipeite

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

E) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraudoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraudoitus
Todellinen jakoraudoituksen poikkipinta-ala

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP, $M_{x,max}$

Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat ja rasitus

$H = 260$ mm Laatan paksuus
 $M_d = 73300000$ kNm Laataassa vaikuttava momentti

B) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C25/30

Betoni

$f_{ck} = 25,00$ N/mm² Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56$ N/mm² Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80$ N/mm² Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476$ N/mm² Betonin kimmokerroin
 $\gamma_c = 1,50$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{cd} = 14,17$ N/mm² Betonin mitoituspuristuslujuus
 $f_{ctd} = 1,20$ N/mm² Betonin mitoitusvetolujuus
 $\rho_{betoni} = 25,00$ kN/m³ Raudoitettun betonin tilavuuspaino

Rauditus

$f_{yk} = 500,00$ N/mm² Raudoitteen ominaislujuus
 $\gamma_k = 1,15$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{yd} = 434,78$ N/mm² Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $E_s = 200000$ N/mm² Raudituksen kimmokerroin

C) Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne sijaitsee kuivissa sisätiloissa.
Ilmankosteus vastaa normaalia sisäilmankosteutta.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Leukapalkki	XC1	10	C25/30

$$c_{min} = \max[c_{min,b}; c_{min,dur}, 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 12$ mm Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10$ mm Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 12$ mm Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10$ mm Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 22$ mm Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$\varphi_{työ} = 10$ mm Työteräksen ja ala-/yläpuolisen poikittaisen raudoitteen yhteenlasketut halkaisijat

$\varphi_s = 12$ mm Pääteräksen halkaisija

$d = 222$ mm Etäisyys puristuspuunnan yläpinnasta alapinnan vetorausituksen painopisteeseen (laatan tehollinen korkeus)

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP, $M_{x,max}$

Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (b * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 73300000 \text{ Nm}$	Laatassa vaikuttava momentti
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$d = 222 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$f_{cd} = 14 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,105$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,105$	
$\theta = 0,111 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 222,0 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$\theta = 0,111$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 210 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 73300000 \text{ Nm}$	Laatassa vaikuttava momentti
$z = 210 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 804 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$d = 222 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$A_{s,min,1} = 296 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitusehdon vaatima raudoituksen poikkipinta-ala
$A_{s,vaad} = 804,11 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu pääraudoituksen poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk_{max} = 250,00 \text{ mm}$	Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [2*H; <250]
$kk = 125 \text{ mm}$	Käytettävä raudoitejako
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s = 12 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 905 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 88,9 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan pääraudoitukseksi
T 12, K125

Laskennan suoritti: HT3, laatan AP, $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraidoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraidoitus

$A_{s,jako,min} = 0,2 * A_{s,tod}$	Minimi jakoraidoitus anturan alapinnassa, 20 % pääraudoituksesta
$A_{s,tod} =$	905 mm ² Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti
$A_{s,jako,min} =$	181 mm ² /m Jakoraidoituksen minimi poikkileikkauspinta-ala

Todellinen jakoraidoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk_{max} =$	400,00 mm Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [3*H; <400]
$kk =$	250 mm Käytettävä raudoitejako
$b =$	1000 mm Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s =$	10 mm Jakoraudan halkaisija
$A_{teräs} =$	79 mm ² Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} =$	314 mm ² /m Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 57,6 % **EHTO:** $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan jakoraidoitukseksi
T 10, K250

Laskennan suoritti:	HT3, laatan YP, $M_{y,max}$	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	26.11.2016	Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Laatan mitat ja rasitus

B) Materiaalien lähtötiedot

Betoni
Raudoitus

C) Rasitusluokat ja betonipeite

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

E) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraudoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraudoitus
Todellinen jakoraudoituksen poikkipinta-ala

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{y,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat ja rasitus

$H = 260$ mm Laatan paksuus
 $M_d = 85800000$ kNm Laatasta vaikuttava momentti

B) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka: 2 Betonin lujuusluokka: C25/30

Betoni

$f_{ck} = 25,00$ N/mm² Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56$ N/mm² Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80$ N/mm² Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476$ N/mm² Betonin kimmokerroin
 $\gamma_c = 1,50$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{cd} = 14,17$ N/mm² Betonin mitoituspuristuslujuus
 $f_{ctd} = 1,20$ N/mm² Betonin mitoitusvetolujuus
 $\rho_{betoni} = 25,00$ kN/m³ Raudoitettun betonin tilavuuspaino

Rauditus

$f_{yk} = 500,00$ N/mm² Raudoitteen ominaislujuus
 $\gamma_k = 1,15$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{yd} = 434,78$ N/mm² Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $E_s = 200000$ N/mm² Raudituksen kimmokerroin

C) Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne sijaitsee kuivissa sisätiloissa.
Ilmankosteus vastaa normaalia sisäilmankosteutta.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Leukapalkki	XC1	10	C25/30

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 16$ mm Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10$ mm Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 16$ mm Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10$ mm Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 26$ mm Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$\varphi_{työ} = 16$ mm Työteräksen ja ala-/yläpuolisen poikittaisen raudoitteen yhteenlasketut halkaisijat

$\varphi_s = 16$ mm Pääteräksen halkaisija

$d = 210$ mm Etäisyys puristuspuunnan yläpinnasta alapinnan vetorausituksen painopisteeseen (laatan tehollinen korkeus)

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{y,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (b * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 85800000 \text{ Nm}$	Laatassa vaikuttava momentti
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$d = 210 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$f_{cd} = 14 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,137$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,137$	
$\theta = 0,148 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 210,0 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$\theta = 0,148$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 194 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 85800000 \text{ Nm}$	Laatassa vaikuttava momentti
$z = 194 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 1015 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$d = 210 \text{ mm}$	Rakenteen tehollinen korkeus
$A_{s,min,1} = 280 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitusehdon vaatima raudoituksen poikkipinta-ala
$A_{s,vaad} = 1014,99 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu pääraudoituksen poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk_{max} = 250,00 \text{ mm}$	Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [2*H; <250]
$kk = 125 \text{ mm}$	Käytettävä raudoitejako
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s = 16 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 201 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 1608 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 63,1 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan pääraudoitukseksi
T 16, K125

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{y,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraidoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraidoitus

$A_{s,jako,min} = 0,2 * A_{s,tod}$	Minimi jakoraidoitus anturan alapinnassa, 20 % pääraudoituksesta
$A_{s,tod} = 1608 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti
$A_{s,jako,min} = 322 \text{ mm}^2 / m$	Jakoraidoituksen minimi poikkileikkauspinta-ala

Todellinen jakoraidoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk_{max} = 400,00 \text{ mm}$	Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [3*H; <400]
$kk = 250 \text{ mm}$	Käytettävä raudoitejako
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s = 10 \text{ mm}$	Jakoraudan halkaisija
$A_{teräs} = 79 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 314 \text{ mm}^2 / m$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 102,4 % **EHTO:** $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan jakoraidoitukseksi
T 10, K250

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Laatan mitat ja rasisus

B) Materiaalien lähtötiedot

Betoni
Raudoitus

C) Rasisusluokat ja betonipeite

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

E) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus
Mimiraudoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraudoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraudoitus
Todellinen jakoraudoituksen poikkipinta-ala

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat ja rasitus

$H = 260$ mm Laatan paksuus
 $M_d = 122400000$ kNm Laataassa vaikuttava momentti

B) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C25/30

Betoni

$f_{ck} = 25,00$ N/mm² Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56$ N/mm² Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80$ N/mm² Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476$ N/mm² Betonin kimmokerroin
 $\gamma_c = 1,50$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{cd} = 14,17$ N/mm² Betonin mitoituspuristuslujuus
 $f_{ctd} = 1,20$ N/mm² Betonin mitoitusvetolujuus
 $\rho_{betoni} = 25,00$ kN/m³ Raudoitettun betonin tilavuuspaino

Rauditus

$f_{yk} = 500,00$ N/mm² Raudoitteen ominaislujuus
 $\gamma_k = 1,15$ Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{yd} = 434,78$ N/mm² Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $E_s = 200000$ N/mm² Raudituksen kimmokerroin

C) Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne sijaitsee kuivissa sisätiloissa.
Ilmankosteus vastaa normaalia sisäilmankosteutta.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Leukapalkki	XC1	10	C25/30

$$c_{min} = \max[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 16$ mm Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10$ mm Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 16$ mm Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10$ mm Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 26$ mm Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$\varphi_{työ} = 0$ mm Työteräksen ja ala-/yläpuolisen poikittaisen raudoitteen yhteenlasketut halkaisijat

$\varphi_s = 16$ mm Pääteräksen halkaisija

$d = 226$ mm Etäisyys puristuspuunnan yläpinnasta alapinnan vetorausituksen painopisteeseen (laatan tehollinen korkeus)

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Laatan pääraudoitus vetorasitetussa pinnassa

Taivutusmitoituksen vaatima raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (b * d * f_{cd})$		
$M_{u,d} =$	122400000 Nm	Laatassa vaikuttava momentti
$b =$	1000 mm	Mitoituskaistan pituus
$d =$	226 mm	Rakenteen tehollinen korkeus
$f_{cd} =$	14 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu =$	0,169	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$		
$\mu =$	0,169	
$\theta =$	0,187 < 0,495 ok	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$		
$d =$	226,0 mm	Rakenteen tehollinen korkeus
$\theta =$	0,187	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z =$	205 mm	Sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$		
$M_{u,d} =$	122400000 Nm	Laatassa vaikuttava momentti
$z =$	205 mm	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} =$	435 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s =$	1374 mm ² /m	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$		
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} =$	500 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$b =$	1000 mm	Mitoituskaistan pituus
$d =$	226 mm	Rakenteen tehollinen korkeus
$A_{s,min,1} =$	301 mm ² /m	Minimiraudoitusehdon vaatima raudoituksen poikkipinta-ala
$A_{s,vaad} =$	1373,81 mm ² /m	Vaadittu pääraudoituksen poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$		
$kk_{max} =$	250,00 mm	Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [2*H; <250]
$kk =$	125 mm	Käytettävä raudoitejako
$b =$	1000 mm	Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s =$	16 mm	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} =$	201 mm ²	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} =$	1608 mm ² /m	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 85,4 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan pääraudoitukseksi
T 16, K125

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Pääraudoituksen poikkisuuntainen jakoraidoitus, mikäli poikkisuunnassa ei esiinny taivutusta

Vaadittu jakoraidoitus

$A_{s,jako,min} = 0,2 * A_{s,tod}$	Minimi jakoraidoitus anturan alapinnassa, 20 % pääraudoituksesta
$A_{s,tod} = 1608 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti
$A_{s,jako,min} = 322 \text{ mm}^2 / m$	Jakoraidoituksen minimi poikkileikkauspinta-ala

Todellinen jakoraidoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk_{max} = 400,00 \text{ mm}$	Pääraudoituksen enimmäisjakoväli [3*H; <400]
$kk = 250 \text{ mm}$	Käytettävä raudoitejako
$b = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaistan pituus
$\varphi_s = 12 \text{ mm}$	Jakoraudan halkaisija
$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 452 \text{ mm}^2 / m$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

KA= 71,1 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan vetorasitetun pinnan jakoraidoitukseksi
T 12, K250

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaallisuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaalilujuudet

Rauditus
Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	237 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 79 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,190 mm		KA= 47 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	248 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 83 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,186 mm		KA= 46 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	284 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 95 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,176 mm		KA= 44 %

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{x,max}$

Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallisuudet

Palkin poikkileikkaus

$B =$	1000 mm	Palkin leveys
$H =$	260 mm	Palkin korkeus
$B_{kuorma} =$	1,0 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$u =$	2000 mm	Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_0 =$	260 mm	Palkin kuivattuva piiri
$\varphi_{(\infty,t_0)} =$	2,5	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk
$C_1 =$	26 mm	Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	16 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s1} =$	8,00 kpl	Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s1} =$	1608 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_2 =$	26 mm	Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s2} =$	12 mm	Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s2} =$	6 kpl	Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s2} =$	679 mm ²	Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	226 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$d_2 =$	32 mm	Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$M_{yp,\infty,k} =$	79 kNm	Pitkaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$M_{yp,\infty,k} =$	93 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetovalikoista:

Betoni:

C25/30

Sallittu halkeamaleveys:

0,4

Rauditus:

Harjateräs

Laskennan suoritti: HT3, laatan YP, $M_{x,max}$
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Raudoitus

$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen ominaislujuus
 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ Raudoituksen kimmokerroin

Betoni

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80 \text{ N/mm}^2$ Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$ Betonin kimmokerroin

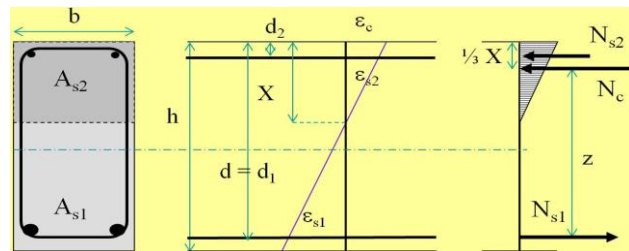
C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonoipokileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuunnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$
 $A_{s1} = 1608 \text{ mm}^2$ Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
 $d = 226 \text{ mm}$ Rakenteen tehokas korkeus
 $B = 1000 \text{ mm}$ Palkin leveys
 $\rho_1 = 0,00712$ Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala

$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$
 $A_{s2} = 679 \text{ mm}^2$ Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
 $d = 226 \text{ mm}$ Rakenteen tehokas korkeus
 $d_2 = 32 \text{ mm}$ Yläpuunnan pääteräksen sijainti
 $B = 1000 \text{ mm}$ Palkin leveys
 $\rho_2 = 0,00300$ Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala

$\alpha_e = E_s / E_{cm}$
 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ Raudoituksen kimmokerroin
 $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$ Betonin kimmokerroin
 $\alpha_e = 6,35$ Kimmokerrointen suhde

$M_k = 79 \text{ kNm}$ Halkeamatarkastelun taivutusmomentti

$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$ || kun $A_2 = 0$
 $X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d$ || yleismuoto

$z = d - X / 3$

$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$

$X = 57 \text{ mm}$ Puristuspuunnan korkeus käyttörajaatilamitoituksessa
 $z = 207 \text{ mm}$ Sisäinen momenttivarsi
 $\sigma_s = 237 \text{ N/mm}^2$ Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajaatilassa
 $\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2$ KA= 79 %

Laskennan suoritti:

HT3, laatan YP, $M_{x,max}$

Pvm:

26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	260 mm	Palkin korkeus
$B =$	1000 mm	Palkin leveys
$d =$	226 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1608 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	26 mm	Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	16 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	57 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	85 mm	
$H_{c,eff} = \min (H - X) / 3 =$	68 mm	
$H / 2 =$	130 mm	
$H_{c,eff} =$	68 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	67690 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetorausituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,02376 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \varphi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	237 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s = 0,000936$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000711$	
$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	203 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000936	
$w_k =$	0,190 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{soll} =$	0,40 mm	KA= 47 %

Laskennan suoritti:

HT3, laatan YP, $M_{x,max}$

Pvm:

26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	226 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1608 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00712	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00300	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	2,5	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} =$	$1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$	
$E_{c,eff} =$	9443 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e =$	$E_s / E_{c,eff}$	
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	21,18	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	79 kNm	#VIITTAUS!
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$	// kun $A_2=0$
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)))} * d$	// yleisluoto
$z =$	$d - X / 3$	
$\sigma_s =$	$M_k / (z * A_{s1})$	

$X =$	85 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	198 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	248 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 83 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	203 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,02376 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	248 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	21,18	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$MAX: (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s =$	0,000916
	$0,6 * \sigma_s / E_s =$	0,000744
$W_k =$	$S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000916	
$W_k =$	0,186 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 46 %

Laskennan suoritti:

HT3, laatan YP, $M_{x,max}$

Pvm:

26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaikuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	226 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1608 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00712	Alapinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00300	Yläpinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	93 kNm	#VIITTAUS!
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))}) * d$		yleisluoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		
$X =$	69 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	203 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	284 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 95 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	203 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,02376 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	248 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s = 0,000868$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000744$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000868	
$W_k =$	0,176 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 44 %

© Janne Iho
info@ffholm.comTeräsbetonisen laatan mitoitus lävistymiselle
RakMK B4 mukaanVersio 1.
16.4.2016

Laskennan suoritti:

HT3, pilarin ja laatan lävistysmitoitus

Pvm:

27.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYSA) Laatan mitatB) Pilarin kuormatC) Materiaalien lähtötiedotD) Laatan pääraudoitus yläpinnassa (leikkauskartion "pohjassa")E) LävistysvoimaF) Lävistyskapasiteetti (ilman leikkausraudoitusta)G) Lävistyskapasiteetti leikkausraudoitetussa rakenteessa**Siltakannen lävistyskestävyys**

- 1) Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen lävistyskapasiteetti.
 - 2) Lasketaan leikkausraudoitetun rakenteen lävistyskapasiteetti.
- Mitoitus RakMk B4 mukaan.



© Janne Iho
info@ffholm.comTeräsbetonisen laatan mitoitus lävistymiselle
RakMK B4 mukaanVersio 1.
16.4.2016

Laskennan suoritti:

HT3, pilarin ja laatan lävistysmitoitus

Pvm:

27.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

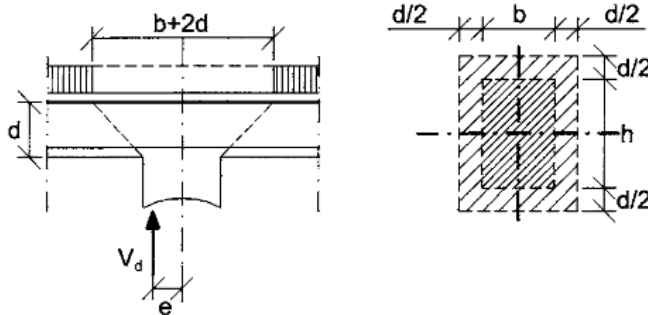
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Laatan mitat

$H = 260 \text{ mm}$ Laatan paksuus
 $L_{\text{pilari}} = 600 \text{ mm}$ Pilarin halkaisija

B) Pilarin kuormat

$N_{Ed} = 613,0 \text{ kN}$ Normaalivoiman arvo pilarin yläpäässä
 $M_d = 0 \text{ kNm}$ Suurin taivutusmomentti pilarin yläpäässä
 $e = 0 \text{ mm}$ Normaalivoiman laskentaepäkeskisyyttä
 $q_d = 17,8 \text{ kN/m}^2$ Laatan pintakuorma



Lävistyskartion muodostuminen laatasta.

C) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C25/30

Betoni

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80 \text{ N/mm}^2$ Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$ Betonin kimmokerroin
 $\gamma_c = 1,50$ Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$ Betonin mitoituspuristuslujuus
 $f_{ctd} = 1,20 \text{ N/mm}^2$ Betonin mitoitusvetolujuus
 $\rho_{betoni} = 25,00 \text{ kN/m}^3$ Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen ominaislujuus
 $\gamma_k = 1,15$ Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ Raudoituksen kimmokerroin

© Janne Iho
info@ffholm.comTeräsbetonisen laatan mitoitus lävistymiselle
RakMK B4 mukaanVersio 1.
16.4.2016

Laskennan suoritti:

HT3, pilarin ja laatan lävistysmitoitus

Pvm:

27.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Laatan pääraudoitus yläpinnassa (leikkauskartion "pohjassa")

$$A_{s1} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{Ulomman pääraudoituksen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{Sisemmän pääraudoituksen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$C_{nom} = 26 \text{ mm} \quad \text{Betonin nimellispeitepaksuus}$$

$$\varphi_{s1} = 16 \text{ mm} \quad \text{Ulomman pääteräksen halkaisija}$$

$$\varphi_{s2} = 16 \text{ mm} \quad \text{Sisemmän pääteräksen halkaisija}$$

$$d_1 = 226 \text{ mm} \quad \text{Ulomman raudoituksen tehollinen korkeus}$$

$$d_2 = 210 \text{ mm} \quad \text{Sisemmän raudoituksen tehollinen korkeus}$$

$$d_k = 218 \text{ mm} \quad \text{Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)}$$

E) Lävistysvoima

$$V_{ed,red} = N_{ed} - \Delta V_{ed} \quad \text{Redusoitu lävistysvoima}$$

$$\Delta V_{ed} = P_{eff,d} * A_{neg} \quad \text{Lävistysvoiman vähennys tuella}$$

$$A_{neg} = (L_{pilari} + 2 * d_k)^2$$

$$\varnothing_{pilari} = 600 \text{ mm} \quad \text{Pilarin halkaisija}$$

$$d_k = 218 \text{ mm} \quad \text{Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)}$$

$$A_{neg} = 1,07 \text{ m}^2 \quad \text{Pinta-ala tuella (kuorman vähennys)}$$

$$P_{eff,d} = 17,8 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Laatan pintakuorma}$$

$$\Delta V_{ed} = 19,1 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 613 \text{ kN} \quad \text{Normaalivoiman arvo pilarin yläpäässä}$$

$$V_{ed,red} = 594 \text{ kN} \quad \text{Redusoitus lävistysvoima}$$

© Janne Iho
info@ffholm.comTeräsbetonisen laatan mitoitus lävistymiselle
RakMK B4 mukaanVersio 1.
16.4.2016

Laskennan suoritti:

HT3, pilarin ja laatan lävistysmitoitus

Pvm:

27.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Lävistyskapasiteetti (ilman leikkausraudoitusta)

$$V_{R,cd} = k * \theta * (1 + 50 * \rho) * u * d_k * f_{ctd}$$

$$k = 1,382$$

$$k = 1,6 - d [m]; >1,0,$$

$$\text{kun betonin tiheys} \geq 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 1$$

$$\text{kun betonin tiheys} \geq 1800 \text{ kg/m}^3 \text{ ja } < 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 1,6 - d [m],$$

$$\text{kun betonin tiheys} < 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$d_k = 218 \text{ mm}$$

$$\text{Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)}$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{s1} * \rho_{s2}}; \leq 0,008$$

$$\rho_{s1} = 0,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pääraudoituksen suhteellinen pinta-ala leikkauksessa 2-2 (x-akseli)}$$

$$\rho_{s2} = 0,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pääraudoituksen suhteellinen pinta-ala leikkauksessa 1-1 (y-akseli)}$$

$$\rho = 0,000 \text{ mm}^2$$

$$\leq 0,008 \text{ OK}$$

$$u = (L_{\text{pilari}} + B_{\text{pilari}} + 2d_k) * 2$$

$$u = 3272 \text{ mm}$$

$$\text{Tuen reunasta etäisyydellä } \frac{1}{2}d_k \text{ rajaaman alueen piiri}$$

$$\theta = 0,40 / (1 + 1,5 * e / \sqrt{Au})$$

$$A_u = (L_{\text{pilari}} + d_k) * (B_{\text{pilari}} + d_k)$$

$$A_u = 0,67 \text{ m}^2$$

$$\text{Tuen reunasta etäisyydellä } \frac{1}{2}d_k \text{ rajaaman alueen pinta-ala}$$

$$e_{\text{kok}} = 0,00 \text{ m}$$

$$\text{Normaalivoiman laskentaepäkeskisyys}$$

$$\theta = 0,400$$

$$f_{ctd} = 1,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Betonin mitoitusvetolujuus}$$

$$V_{R,cd} = 472 \text{ kN}$$

$$\text{Raudoittamattoman laatan lävistyskapasiteetti}$$

$$\text{EHTO: } V_{Ed,red} > V_{R,cd}$$

$$KA = 125,8 \%$$

$$\text{ei käy}$$

© Janne Iho
info@ffholm.comTeräsbetonisen laatan mitoitus läivistymiselle
RakMK B4 mukaanVersio 1.
16.4.2016

Laskennan suoritti:

HT3, pilarin ja laatan läivistysmitoitus

Pvm:

27.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Läivistyskapasiteetti leikkausraudoitetussa rakenteessa

$$V_{R,d} = (0,25 * V_{R,cd} + V_s) \leq 2 V_{R,cd}$$

$$V_s = A_{sv} * f_{yd} * \sin \alpha$$

Leikkaushakojen vetokapasiteetti

$$A_{sv} = A_1 + A_2 + A_3$$

Leikkaushakojen leikkeiden kokonaispoikkileikkauspinta-ala

$$\varphi_{haka1} = 6 \text{ mm}$$

Haan halkaisija

$$A_{haka1} = 28 \text{ mm}^2$$

Haan poikkipinta-ala

$$n_1 = 80 \text{ kpl}$$

Leikkeiden määrä alueella, joka rajautuu $1,5*d$ -säteellä pilarin reunasta

$$A_1 = 2262 \text{ mm}^2$$

$$\varphi_{haka2} = 0 \text{ mm}$$

Haan halkaisija

$$A_{haka2} = 0 \text{ mm}^2$$

Haan poikkipinta-ala

$$n_2 = 0 \text{ kpl}$$

Leikkeiden määrä alueella, joka rajautuu $1,5*d$ -säteellä pilarin reunasta

$$A_2 = 0 \text{ mm}^2$$

$$\varphi_{haka3} = 0 \text{ mm}$$

Haan halkaisija

$$A_{haka3} = 0 \text{ mm}^2$$

Haan poikkipinta-ala

$$n_3 = 0 \text{ kpl}$$

Leikkeiden määrä alueella, joka rajautuu $1,5*d$ -säteellä pilarin reunasta

$$A_3 = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv} = 2262 \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} = 300 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen laskentalujuus, $\leq 300 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha = 90^\circ$$

Leikkaushakojen kulma suhteessa laatan alapintaan; $\geq 30^\circ$; $\leq 90^\circ$

$$V_s = 679 \text{ kN}$$

Hakojen läivistyskapasiteetti

$$V_{R,cd} = 472 \text{ kN}$$

Raudoittamattoman laatan läivistyskapasiteetti

$$V_{R,d} = 797 \text{ kN}$$

Raudoitettun rakenteen läivistyskapasiteetti

$$V_{R,d,max} = 944 \text{ kN}$$

Leikkausraudoitetun rakenteen maksimiläivistyskapasiteetti, **max. $2 * V_{R,d}$**

$$V_{R,d} = 797 \text{ kN}$$

Leikkausraudoitetun laatan läivistyskapasiteetti

$$V_{Ed,red} = 594 \text{ kN}$$

Redusoitus läivistysvoima

$$EHTO: V_{Ed,red} > V_{R,d}$$

$$KA = 74,6 \%$$

Läivistyskapasiteetti riittää

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Pilari	Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Pilarin mitat

B) Materiaalien ominaisuudet

Betoni
Rauditus
Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkauksarvoja

C) Pilarin kuormat

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti
Minimimomentti
Toisen kertaluvun mitoitusmomentti
Rajahoikkuuden ehto
Korjauskertoimet normaalivoimalle (K_r) ja virumalle (K_ϕ)
Kaarevuus
Taipuman aiheuttama epäkeskeisyys
Mitoitusrasitukset

D) Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

Pääraudoitus
Hakaraudoitus

Mitoitetaan teräsbetoninen suorakaidepilari nurjahdukselle nimellisen kaarevuuden menetelmällä.
Mitoitus EC2:n mukaan. Nurjahduskestävyys on tarkastettava pilarin molemmissa suunnissa, mikäli poikkileikkaus ei ole neliö tai pilarin tuenta-aste muuttuu eri suunnissa.

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Pilari	Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Pilarin mitat

$h =$	300 mm	Pilarin poikkileikkauksen pituus heikommassa suunnassa y
$b =$	300 mm	Pilarin poikkileikkauksen leveys, suunta z
$L =$	4500 mm	Pilarin korkeus
$u =$	1200 mm	Pilarin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_0 =$	150 mm	
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	3,7	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk

Pilarin yläpää liittyy jäykästi rakenteeseen ja on tuettu y- ja z suunnassa.
Alapää liittyy jäykästi pilarianturaan, joka pääsee kiertymään jousien päällä.
Nurjahduspituuden laskennassa on turvallista olettaa alapää nivelöidyksi.

$N_{urj} =$	0,80 mm	Nurjahduspituuskerroin rakennemallin mukaan.
$L_0 =$	3600 mm	Pilarin nurjahduspituus

B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:	2	Yläpään vaakasiirtymä estetty mitoitussuunnassa:	Kyllä
Betonin lujuusluokka:	C25/30	Huomioi vapausaste myös nurjahduspituudessa!	

Betoni

$f_{ck} =$	25,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	14,17 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,20 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{yd} =$	0,00217	Raudoituksen myötövenymä

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Pilari	Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkausarvoja

Mitoitettava rakenne kuivissa sisätiloissa sijaitseva kantava rakenne.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Pilari	XC1	10	C25/30

$$C_{min} = \text{MAX}[C_{min,b}; C_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$$C_{min,b} = 12 \text{ mm} \quad \text{Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo}$$

$$C_{min,dur} = 10 \text{ mm} \quad \text{Rasitusluokan asettama raudoituksen pienin sallittu betonipeite}$$

$$C_{min} = 12 \text{ mm} \quad \text{Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus}$$

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

$$\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{Raudoituksen sijaintitoleranssi}$$

$$C_{nom} = 25 \text{ mm} \quad \text{Raudoituksen nimellinen (pyöristetty) betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa}$$

$$\varphi_{haka} = 6 \text{ mm} \quad \text{Hakojen halkaisija}$$

$$\varphi_{s1} = 12 \text{ mm} \quad \text{Pääterästen (t1) halkaisija}$$

$$n_{s1} = 4 \text{ kpl} \quad \text{Pääterästen (t1) määrä, vähintään joka nurkassa}$$

$$\varphi_{s2} = 0 \text{ mm} \quad \text{Pääterästen (t2) halkaisija}$$

$$n_{s2} = 0 \text{ kpl} \quad \text{Pääterästen (t2) määrä, vähintään joka nurkassa}$$

$$A_s = 452 \text{ mm}^2 \quad \text{Teräsmäärä poikkileikkauksessa}$$

$$A_c = 90000 \text{ mm}^2 \quad \text{Raudoituksen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa}$$

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

$$\omega = 0,154 \quad \text{Mekaaninen raudoitusaste}$$

$$d' = C_{nom} + 1,1 * \varphi_{haka} + 1,1 * \varphi_{s,min} / 2$$

$$d'_y = 38,2 \text{ mm} \quad \text{Pienimmän pääraudoituksen keskiöetäisyys suunnassa Y}$$

$$d_y = 262 \text{ mm} \quad \text{Tehollinen korkeus Y-suunnassa}$$

$$d'_z = 38,2 \text{ mm} \quad \text{Pienimmän pääraudoituksen keskiöetäisyys suunnassa Z}$$

$$d_z = 262 \text{ mm} \quad \text{Tehollinen korkeus Z-suunnassa}$$

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Pilari	Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Pilarin kuormat

$N_{k,YP}$	415,6 kN	Pilarin normaalivoima, pitkäaikainen käyttörajatila, 30% muuttuvakuorma
$N_{Ed,YP}$	417,4 kN	Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu
$H_{d,YP}$	0,0 kN	Pilarin yläpäätä rasittava vaakakuorma
$M_{d,ylä,y}$	3,5 kNm	Yläpuoliselta rakenteelta välittyvä pilarin yläpään momentti
$M_{d,ala,y}$	3,5 kNm	Pilarin alapään momentti (voi olla eri merkinen kuin yläpäässä)
M_{Eqp}	4,9 kNm	1. Kertaluvun käyttötilan taivutusmomentti pitkäaikaisessa kuormitusyhdistelmässä
M_{0Ed}	7,0 kNm	1. Kertaluvun murtotilan taivutusmomentti tarkasteltavassa kuormitusyhdistelmässä
$\varphi_{eff} = \varphi_{(\infty,t0)} * M_{0Eqp} / M_{0Ed}$		
φ_{eff}	2,6	Tehokas virumaluku
$\alpha_h = 2 / \sqrt{L}$		
α_h	0,94	Pilarin korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]
α_h	1,0	Pilareiden määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 * (1 + 1 / \text{pilareiden määrä})}$
$\alpha_h = \alpha_h * \alpha_m / 200 * L_0 / 2$		
e_i	8,5 mm	Rakenteen mittaepätarkkuudesta johtuva epäkeskisyyys
$M_{01} = \text{MIN}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
$M_{02} = \text{MAX}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
M_{01}	7,0 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, pienempi arvoista
M_{02}	7,0 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, suurempi arvoista

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti

$M_{0Ed} = M_{0e} = \text{MAX}[0,6 * M_{02} + 0,4 * M_{01}; 0,4 * M_{02}]$	Yläpästä jäykistetyille pilarille
$M_{0Ed} = M_{02}$	Yläpästä vapaalle pilarille
$M_{0Ed} = 7,0 \text{ kNm}$	Pilarin mitoitusmomentti, 1. kertaluku huomioitu.

Minimimomentti

$e_{0,min} = \text{max}[L/30, 20 \text{ mm}]$		
$e_{0,min}$	20 mm	Minimiepäkeskisyyys
$M_{0,min} = e_{0,min} * N_{Ed}$		
$M_{0,min}$	8,3 kNm	Vähimmäismomentti, jolle pilari mitoitetaan, mikäli M_{Ed} jää tätä pienemmäksi.

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Pilari

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

Lasketut kertoimet

(Likimääräisillä kertoimilla laskenta on useimmiten varman puolella)

$$\begin{aligned}i &= h / \sqrt{12} \\i &= 86,7 \text{ mm} && \text{Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde} \\ \lambda &= L_0 / i \\ \lambda &= 41,52 && \text{Hoikkuusluku} \\ n &= N_{Ed} / (b * h * f_{cd}) \\ n &= 0,33 && \text{Suhteellinen normaalivoima (=} N_{Ed} / R_d \text{)} \\ \lambda_{lim} &= 20 * A * B * C / \sqrt{n} \\ A &= [1 / (1 + 0,2 * \varphi_{eff}); 0,7] = 0,66 \\ B &= [\sqrt{1 + 2 * \omega}; 1,1] = 1,02 \\ C &= [1,7 - M_{01} / M_{02}; 0,7] = 0,70 \\ \lambda_{lim} &= 16,4 && \text{Rajahoikkuus} && \text{KA: 254 \%} && \text{Raja-arvo ylittyy.}\end{aligned}$$

Korjauskertoimet normaalivoimalle (K_r) ja virumalle (K_φ)

$$\begin{aligned}K_r &= (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \\ \omega &= 0,154 && \text{Mekaaninen raudoitustaste} \\ n_u &= 1 + \omega \\ n_u &= 1,15 \\ n_{bal} &= 0,4 \\ K_r &= 1,53 && \text{Korjauskerroin normaalivoiman vaikutukselle} \\ K_\varphi &= \text{MAX}[1 + \theta * \varphi_{eff}; 1] \\ \theta &= 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 \\ f_{ck} &= 25,00 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin ominaispuristuslujuus} \\ \theta &= -0,10 \\ K_\varphi &= 1,00 && \text{Korjauskerroin viruman vaikutukselle}\end{aligned}$$

Kaarevuus

$$\begin{aligned}1/r_0 &= \epsilon_{yd} / (0,45 * d) && \text{Tasapainomurtoa vastaava kaarevuus} \\ d &= 262 \text{ mm} && \text{Tehollinen korkeus} \\ 1/r_0 &= 0,01842 \text{ 1/m} \\ 1/r &= K_r * K_\varphi * 1/r_0 \\ 1/r &= 0,02819 \text{ 1/m} && \text{Kaarevuus}\end{aligned}$$

Taipuman aiheuttama epäkeskeisyys

$$\begin{aligned}e_2 &= 1/r * L_0^2 / (\pi^2) \\ L_0 &= 3600 \text{ mm} && \text{Pilarin nurjahduspituus} \\ e_2 &= 37 \text{ mm} && \text{Taipumasta johtuva kuorman epäkeskeisyys}\end{aligned}$$

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Pilari

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Toisen kertaluvun mitoitusmomentti

$$M_2 = e_2 \cdot N_{ed}$$

$$N_{ed,yp} = 417 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu

$$M_2 = 15,4 \text{ kNm}$$

Toisen kertaluvun momentti

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{0Ed} + M_2; M_{02}; M_{0,min})$$

Yläpäästä jäykistetyille pilarille

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{02} + M_2; M_{0,min})$$

Yläpäästä vapaalle pilarille

Mitoitusrasitukset

$$M_{Ed} = 22,5 \text{ kNm}$$

Pilarin mitoitusmomentti

$$N_{Ed} = 417 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

Momentissa on huomioitu 2. kertaluvun vaikutus nimellisen kaarevuuden menetelmällä.

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Pilari

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

$N_{Ed} = 417 \text{ kN}$ Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

$\mu = M_{Ed} / (b * d^2 * f_{cd})$
 $M_{Ed} = 22,5 \text{ kNm}$ Mitoittava taivutusmomentti
 $b = 300,0 \text{ mm}$ Poikkileikkauksen leveys
 $f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$ Betonin mitoituspuristuslujuus
 $d' = 38 \text{ mm}$ Pääraudoituksen keskiöetäisyys (L)
 $h = 300 \text{ mm}$

Valitaan yhteisvaikutuskäyrästä: $d'/h = 0,15$
 $n = 0,33$ Suhteellinen normaalivoima ($= N_{Ed} / R_d$)
 $\mu = 0,059$ Suhteellinen taivutusmomentti

Valitaan raudoitussuhteen arvo: $\omega_{vaad} = 0$

Pääraudoitus

Vaadittu raudoitus

$A_s = \omega_{vaad} * b * h * f_{cd} / f_{yd}$
 $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $A_s = 0 \text{ mm}^2$ Mitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,1 * N_{Ed} / f_{yd} = 96 \text{ mm}^2$
 $A_{s,min,2} = 0,002 * h * b = 180 \text{ mm}^2$

Maksimiraudoitus

$A_{s,max} = 0,06 * h * b = 5400 \text{ mm}^2$

$\varphi_{s1} = 12 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija, t1
 $n_{s1} = 4 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä, vähintään joka nurkassa t2
 $\varphi_{s2} = 0 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija t2
 $n_{s2} = 0 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä t2
 $A_{s,tod} = 452 \text{ mm}^2$ KA: 40 %

Valitaan pilarin pääraudoitukseksi **4 kpl T12**

Hakaraudoitus

Haan halkaisija on suurempi seuraavista ehdoista:

$\varphi_{min} = \text{Vähintään } 6 \text{ mm}$
 $0,25 * \varphi_{s,min} = 3 \text{ mm}$

Hakojen enimmäisjako pilarin keskellä on pienin seuraavista ehdoista:

$KK_{min} = 15 * \varphi_{s,min} = 180 \text{ mm}$
 $MIN[B; H] = 300 \text{ mm}$
 $\text{Enintään } 400 \text{ mm}$

Valitaan pilarin hakaraudoitukseksi vähintään **$\varphi 6 \text{ K180}$**

Pilarin päissä käytetään tihennettyä hakaväliä **K100**

Laskennan suoritti:

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Anturan mitat

B) Anturan kuormat

C) Materiaalien ominaisuudet

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeiden taivutusrasitus leikkauksessa 1 - 1

Tehokas pohjapinta-ala

Pohjamaan kantavuus

Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti

Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti

E) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 1 - 1

Vaadittu teräsmäärä

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 2 - 2

Vaadittu teräsmäärä

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

G) Laatan lävistyminen

Anturan mitat

Anturan pääraudoitus

Anturan kuormat

Lävistysvoima

Lävistyskapasiteetti (ilman leikkausraudoitusta)

Laatan lävistyskestävyys

1) Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen lävistyskapasiteetti.

Mitoitus RakMk B4 mukaan.

Laskennan suoritti:

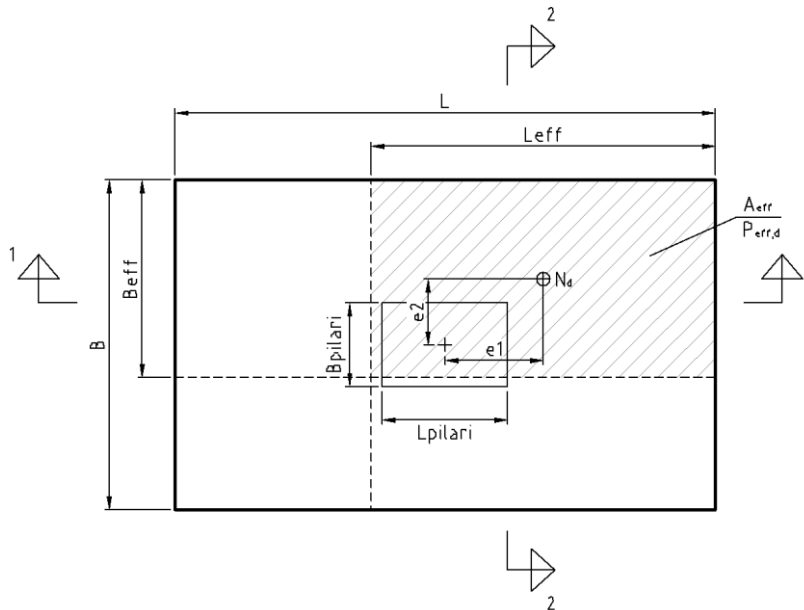
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Anturan mitat

$L =$	1500 mm	Anturan pituus
$B =$	1500 mm	Anturan leveys
$H_a =$	400 mm	Anturan korkeus
$H_p =$	400 mm	Peruspilarin korkeus
$L_{pilari} =$	400 mm	Peruspilarin pituus
$B_{pilari} =$	400 mm	Peruspilarin leveys
$L_{Lu} =$	550 mm	Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 1 - 1
$L_{Bu} =$	550 mm	Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 2 - 2
$H_{maa} =$	500 mm	Maamassan korkeus anturalaatan päällä



B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C25/30

Betoni

$f_{ck} =$	25,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin

$\gamma_c =$	1,50	Teräsoasavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	14,17 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,20 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus

$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino
-------------------	-------------------------	-----------------------------------

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsoasavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on pitkään vedenkanssa kosketuksissa oleva perustus.

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Anturalaatta	XC2	20	C25/30

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}, 10 \text{ mm}]$$

$$c_{min,b} = 12 \text{ mm}$$

Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$$c_{min,dur} = 20 \text{ mm}$$

Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$$c_{min} = 20 \text{ mm}$$

Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Raudoitteen sijaintitoleranssi

$$c_{nom} = 30 \text{ mm}$$

Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$$C_{nom} = 75 \text{ mm}$$

Betonin nimellispeitepaksuus maata vasten valettaessa

$$\varphi_{työ} = 10 \text{ mm}$$

Työteräksen ja ala-/yläpuolisen poikittaisen raudoitteen yhteenlasketut halkaisijat

$$\varphi_{s1} = 12 \text{ mm}$$

Pitkän sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija

$$\varphi_{s2} = 12 \text{ mm}$$

Lyhyen sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija

$$d_1 = 309 \text{ mm}$$

Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1

$$d_2 = 297 \text{ mm}$$

Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2

$$d_k = 303 \text{ mm}$$

Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)

Laskennan suoritti:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Anturan kuormat

Anturan paino

$$V_g = 1,15$$

Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin, riippuu kuormitustapauksesta

$$K_{FI} = 1,10$$

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$$G_d = V_g * K_{FI} * G_k$$

$$V_a = 0,90 \text{ m}^3$$

Anturan tilavuus

$$V_p = 0,06 \text{ m}^3$$

Pilarin tilavuus

$$G_{k,op} = 24,1 \text{ kN}$$

Anturan ja pilarin omapaino

$$G_{d,op} = 30,5 \text{ kN}$$

Anturan ja pilarin mitoituspaino

$$V_{maa} = 20,0 \text{ kN/m}^3$$

Maan tilavuuspaino anturan päällä

$$G_{k,maa} = 20,9 \text{ kN}$$

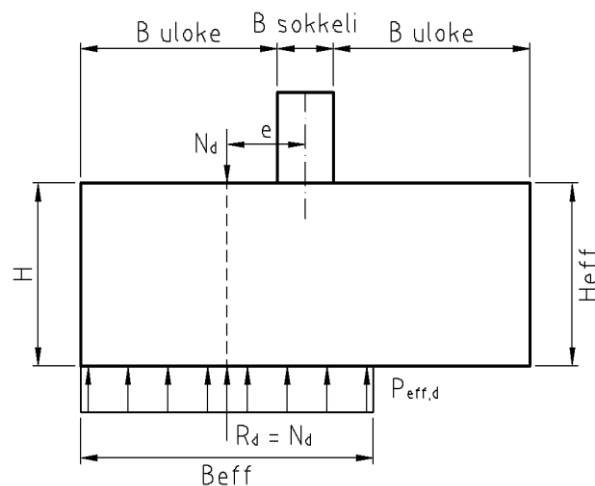
Maan omapaino anturan päällä

$$G_{d,maa} = 26,4 \text{ kN}$$

Maan mitoituspaino anturan päällä, ei aiheuta laattaa lävistysrasitusta

$$G_{d,yp} = 418,0 \text{ kN}$$

Yläpuolisen rakenteen mitoituskuorma



Leikkauksessa 1 - 1

$$N_d = 475 \text{ kN}$$

Anturan kokonaispystykuormitus

$$M_{1,d} = 8,3 \text{ kNm}$$

Anturan pituussuunnassa vaikuttava momentti

$$e_1 = M_d / N_d * 1000 \text{ mm}$$

$$e_1 = 17,5 \text{ mm}$$

Kuorman epäkeskisyyys

Leikkauksessa 2 - 2

$$N_d = 475 \text{ kN}$$

Anturan kokonaispystykuormitus

$$M_{2,d} = 8,3 \text{ kNm}$$

Anturassa vaikuttava momentti rakenteen poikkisuunnassa

$$e_2 = M_d / N_d * 1000 \text{ mm}$$

$$e_2 = 17,5 \text{ mm}$$

Kuorman epäkeskisyyys

$$e_{kok} = 25 \text{ mm}$$

Kokonaisepäkeskisyyys (epäkeskisyyksien tangentti)

Laskennan suoritti:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeiden taivutusrasitus leikkauksessa 1 - 1

Tehokas pohjapinta-ala

$$L_{eff} = (L / 2 - e_1) * 2$$

$$L = 1500 \text{ mm} \quad \text{Anturan pituus}$$

$$e_1 = 17 \text{ mm} \quad \text{Kuorman epäkeskisyyks}$$

$$L_{eff} = 1465 \text{ mm} \quad \text{Anturan tehokas pituus}$$

$$B_{eff} = (B / 2 - e_2) * 2$$

$$B = 1500 \text{ mm} \quad \text{Anturan leveys}$$

$$e_2 = 17 \text{ mm} \quad \text{Kuorman epäkeskisyyks}$$

$$B_{eff} = 1465 \text{ mm} \quad \text{Anturan tehokas leveys}$$

$$A_{eff} = L_{eff} * B_{eff}$$

$$L_{eff} = 1,47 \text{ m} \quad \text{Anturan tehokas pituus}$$

$$B_{eff} = 1,47 \text{ m} \quad \text{Anturan tehokas leveys}$$

$$A_{eff} = 2,15 \text{ m}^2 \quad \text{Anturan tehokas pohjapinta-ala}$$

$$P_{eff,d} = P_d / A_{eff}$$

$$N_d = 475 \text{ kN} \quad \text{Anturan kokonaispystykuormitus}$$

$$A_{eff} = 2,15 \text{ m}^2 \quad \text{Anturan tehokas pohjapinta-ala}$$

$$P_{eff,d} = 221 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Anturan tehokas pohjapaine}$$

Pohjamaan kantavuus

$$P_{eff,d} = 221 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Tehokas pohjapaine}$$

$$P_R = 260 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Pohjamaan kantokestävyys, määritettävä erikseen}$$

$$OK \quad P_R > V_d$$

Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti

$$M_{u,d} = P_{eff,d} * B * L_{Lu}^2 / 2$$

$$P_{eff,d} = 221 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Tehokas pohjapaine}$$

$$B = 1,50 \text{ m} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys}$$

$$L_{Lu} = 0,55 \text{ m} \quad \text{Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 1 - 1}$$

$$M_{u,d} = 50 \text{ kNm} \quad \text{Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti}$$

Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti

$$M_{u,d} = P_{eff,d} * B * L_{Bu}^2 / 2$$

$$P_{eff,d} = 221 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Tehokas pohjapaine}$$

$$B = 1,50 \text{ m} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys}$$

$$L_{Bu} = 0,55 \text{ m} \quad \text{Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 2 - 2}$$

$$M_{u,d} = 50 \text{ kNm} \quad \text{Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti}$$

Laskennan suoritti:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 1 - 1

Vaadittu teräsmäärä

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 50200552 \text{ Nm}$	Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti
$B = 1500 \text{ mm}$	Anturan leveys
$d = 309 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1
$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,025$	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,025$	
$\beta = 0,025 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$	
$d = 309,0 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1
$\beta = 0,025$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 305 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 50200552 \text{ Nm}$	Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti
$z = 305 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 378 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 1500 \text{ mm}$	
$d = 309 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1
$A_{s,min,1} = 618 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 603 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 618 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = B / kk * A_{teräs}$	
$kk = 100 \text{ mm}$	Raudoitejako, kun tangot jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$B = 1500 \text{ mm}$	Rakennepoikkileikkauksen leveys
$\varphi_s = 12 \text{ mm}$	Pitkän sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 1696 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

KA= 36,4 %

EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

≤ 100%

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

- ϕ 12

- kk 100

Laskennan suoritti:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 2 - 2

Vaadittu teräsmäärä

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 50200552 \text{ Nm}$	Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti
$B = 1500,00 \text{ mm}$	Poikkileikkauksen leveys
$d = 297 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2
$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,027$	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,027$	
$\beta = 0,027 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$	
$d = 297,0 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2
$\beta = 0,027$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 293 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 50200552 \text{ Nm}$	Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti
$z = 293 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 394 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 1500 \text{ mm}$	
$d = 297 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2
$A_{s,min,1} = 594 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 579 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 594 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = B / kk * A_{teräs}$	
$kk = 100 \text{ mm}$	Raudoitejako, kun tangot jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$B = 1500 \text{ mm}$	Rakennepoikkileikkauksen leveys
$\varphi_s = 12 \text{ mm}$	Lyhyen sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 1696 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

KA= 35,0 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\% \leq 100\%$

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

- ϕ 12
- kk 100

Laskennan suoritti:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Laatan lävistyminen

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen lävistyskapasiteetti.
Mitoitus RakMk B4 mukaan.

Anturan mitat

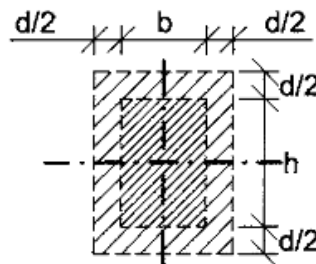
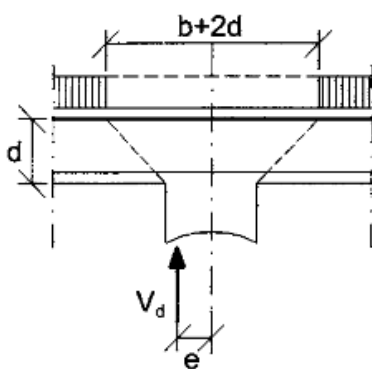
$L =$	1500 mm	Anturan pituus
$B =$	1500 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$H =$	400 mm	Anturan korkeus
$L_{pilar} =$	400 mm	Peruspilarin pituus
$B_{pilar} =$	400 mm	Peruspilarin leveys
$d_k =$	303 mm	Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)

Anturan pääraudoitus

$\varphi_{s1} =$	12 mm	Linjan 1 suuntaisen pääraudan halkaisija (x-akseli)
$\varphi_{s2} =$	12 mm	Linjan 2 suuntaisen pääraudan halkaisija (y-akseli)
$A_{s1} =$	1696 mm	Pääraudoituksen pinta-ala leikkauksessa 2-2 (x-akseli)
$A_{s2} =$	1696 mm	Pääraudoituksen pinta-ala leikkauksessa 1-1 (y-akseli)

Anturan kuormat

$N_{Ed} =$	475 kN	Pilarin kuorma anturalle
$e_{kok} =$	25 mm	Kokonaisepäkeskisyyys (epäkeskisyyksien tangentti)
$P_{eff,d} =$	221 kN/m ²	Tehokas pohjapaine



Laskennan suoritti:

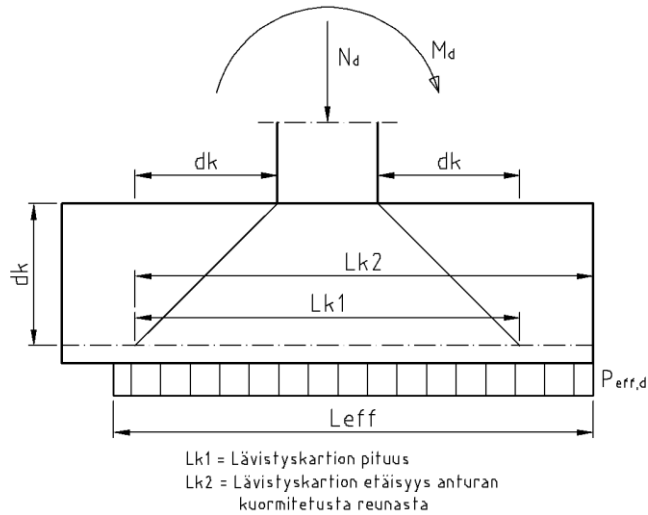
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Tarkistetaan, muodostuuko lävistyskartio tehokkaan pohjapaineen alueelle.

Kuinka suurelta anturan pohjapinta-alalta voidaan tehdä lävistysvoiman vähennys?



A) Kyllä, lävistyskartion koko pohjapinta-alan alueelta voidaan tehdä lävistysvoiman vähennys

Ehdot: $L_{k2} < L_{eff}$

$B_{k2} < B_{eff}$

Ehdon on täytävä anturan molempien linjojen (1 ja 2) suunnassa

Tällöin

$$A_{neg} = (L_{pilari} + 2 * d_k) * (B_{pilari} + 2 * d_k)$$

B) Ei, lävistyskartio sijoittuu vain osittain tehokkaan pohjapaineen alueelle. Lävistysvoiman vähennys voidaan tehdä vain

Tällöin

$$A_{neg} = \text{Määritettävä erikseen}$$

Ehdon tarkistaminen:

Lävistyskartion sijainti lijalla 1 - 1

$$L_{k2} = 1253 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = 1465 \text{ mm}$$

$$L_{k2} < L_{eff}$$

Lävistyskartion sijainti lijalla 1 - 1

$$B_{k2} = 1253 \text{ mm}$$

$$B_{eff} = 1465 \text{ mm}$$

$$B_{k2} < B_{eff}$$

Ehto täyttyy -> Lävistysvoiman vähennys kohta A:n mukaan

Laskennan suoritti:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Lävistysvoima

$V_{ed,red} = N_{ed} - \Delta V_{ed} - G_{d,maa}$	Redusoitu lävistysvoima
$\Delta V_{ed} = P_{eff,d} * A_{neg}$	Lävistysvoiman vähennys tuella
$A_{neg} = (L_{pilari} + 2 * d_k) * (B_{pilari} + 2 * d_k)$	
$L_{pilari} = 400 \text{ mm}$	Peruspilarin pituus
$B_{pilari} = 400 \text{ mm}$	Peruspilarin leveys
$d_k = 303 \text{ mm}$	Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)
$A_{neg} = 1,01 \text{ m}^2$	Pinta-ala tuella (kuorman vähennys)
$P_{eff,d} = 221 \text{ kN/m}^2$	Tehokas pohjapaine
$\Delta V_{ed} = 224 \text{ kN}$	
$G_{d,maa} = 26,4 \text{ kN}$	Maan mitoituspaino anturan päällä
$N_{ed} = 475 \text{ kN}$	Pilarin kuorma anturalle
$V_{ed,red} = 225 \text{ kN}$	Redusoitus lävistysvoima

Lävistyskapasiteetti (ilman leikkausraudoitusta)

$V_{R,cd} = k * \beta * (1 + 50 * \rho) * u * d_k * f_{ctd}$	
$k = 1,297$	$k = 1,6 - d [m]$, kun betonin tiheys $\geq 2400 \text{ kg/m}^3$ $k = 1$ kun betonin tiheys $\geq 1800 \text{ kg/m}^3$ ja $< 2400 \text{ kg/m}^3$ $k = 1,6 - d [m]$, kun betonin tiheys $< 1800 \text{ kg/m}^3$
$d_k = 303 \text{ mm}$	Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)
$\rho = \sqrt{\rho_{s1} * \rho_{s2}}$	
$\rho_{s1} = 0,004 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen suhteellinen pinta-ala leikkauksessa 2-2 (x-akseli)
$\rho_{s2} = 0,004 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen suhteellinen pinta-ala leikkauksessa 1-1 (y-akseli)
$\rho = 0,004 \text{ mm}^2$	
$u = (L_{pilari} + B_{pilari} + 2d_k) * 2$	
$u = 2812 \text{ mm}$	Tuen reunasta etäisyydellä $\frac{1}{2}d_k$ rajaaman alueen piiri
$\beta = 0,40 / (1 + 1,5 * e / \sqrt{Au})$	
$A_u = (L_{pilari} + d_k) * (B_{pilari} + d_k)$	
$A_u = 494209,00 \text{ mm}^2$	Tuen reunasta etäisyydellä $\frac{1}{2}d_k$ rajaaman alueen pinta-ala
$e_{kok} = 25 \text{ mm}$	Kokonaisepäkeskisyyys (epäkeskisyyksien tangentti)
$\beta = 0,380$	
$f_{ctd} = 1,20 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskentasvetolujuus
$V_{R,cd} = 596 \text{ kN}$	Laatan lävistyskapasiteetti

$$EHTO: V_{ed,red} > V_{R,cd}$$

Ok, laatan lävistyskapasiteetti riittää

$$KA = 37,7 \%$$

Laskennan suoritti: HT3, pilarianturan laatta
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalilujuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaalilujuudet

Raudoitus
Beton

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	115 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 38 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,226 mm		KA= 75 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	119 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 40 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,234 mm		KA= 78 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	130 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 43 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,234 mm		KA= 78 %

Laskennan suoritti: HT3, pilarianturan laatta

Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallisuudet

Palkin poikkileikkaus

$B = 1500$ mm

Palkin leveys

$H = 400$ mm

Palkin korkeus

$u = 2300$ mm

Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa

$h_0 = 522$ mm

Palkin kuivattuva piiri

$\varphi_{(\infty, t_0)} = 2,0$

Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk

$C_1 = 100$ mm

Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s1} = 12$ mm

Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s1} = 10,00$ kpl

Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s1} = 1131$ mm²

Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$C_2 = 0$ mm

Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s2} = 0$ mm

Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s2} = 0$ kpl

Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s2} = 0$ mm²

Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$d = 294$ mm

Rakenteen tehokas korkeus

$d_2 = 0$ mm

Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$M_{yp, \infty, k} = 36$ kNm

Pitkaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

$M_{yp, \infty, k} = 41$ kNm

Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetovalikoista:

Betoni:

C25/30

Sallittu halkeamaleveys:

0,3

Rauditus:

Harjateräs

Laskennan suoritti: HT3, pilarianturan laatta
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Raudoitus

$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen ominaislujuus
 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ Raudoituksen kimmokerroin

Betoni

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80 \text{ N/mm}^2$ Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$ Betonin kimmokerroin

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

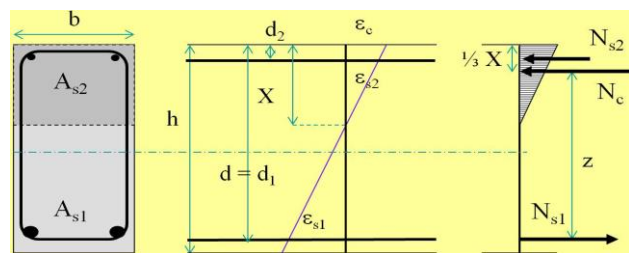
Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen

puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuunnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$A_{s1} = 1131 \text{ mm}^2$ Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$d = 294 \text{ mm}$ Rakenteen tehokas korkeus

$B = 1500 \text{ mm}$ Palkin leveys

$\rho_1 = 0,00256$ Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$ Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$d = 294 \text{ mm}$ Rakenteen tehokas korkeus

$d_2 = 0 \text{ mm}$ Yläpuunnan pääteräksen sijainti

$B = 1500 \text{ mm}$ Palkin leveys

$\rho_2 = 0,00000$ Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ Raudoituksen kimmokerroin

$E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$ Betonin kimmokerroin

$\alpha_e = 6,35$ Kimmokerrointen suhde

$M_k = 36 \text{ kNm}$ Halkeamatarkastelun taivutusmomentti

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad || \text{ kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d + \rho_2 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_2 * \alpha_e)}) * d \quad || \text{ yleismuoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$X = 49 \text{ mm}$ Puristuspuunnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa

$z = 278 \text{ mm}$ Sisäinen momenttivarsi

$\sigma_s = 115 \text{ N/mm}^2$ Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa

$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2$ KA= 38 %

Laskennan suoritti:

HT3, pilarianturan laatta

Pvm:

26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	400 mm	Palkin korkeus
$B =$	1500 mm	Palkin leveys
$d =$	294 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1131 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	100 mm	Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\phi_{s1} =$	12 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	49 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajautilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	265 mm	
$H_{c,eff} = \text{MIN } (H - X) / 3 =$	117 mm	
$H / 2 =$	200 mm	
$H_{c,eff} =$	117 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	175750 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetorausituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,00644 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \phi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	115 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajautilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s = -0,000257$ $0,6 * \sigma_s / E_s =$	0,000344
$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	657 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000344	
$w_k =$	0,226 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{soll} =$	0,30 mm	KA= 75 %

Laskennan suoritti:	HT3, pilarianturan laatta	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	26.11.2016	Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	294 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1131 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00256	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	2,0	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} =$	$1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$	
$E_{c,eff} =$	11017 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e =$	$E_s / E_{c,eff}$	
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	18,15	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	36 kNm	#VIITTAUS!
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$	// kun $A_2=0$
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)))} * d$	// yleisluoto
$z =$	$d - X / 3$	
$\sigma_s =$	$M_k / (z * A_{s1})$	

$X =$	77 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	268 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	119 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 40 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	657 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,00644 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	119 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	18,15	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$MAX: (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s = -0,000297$	
	$0,6 * \sigma_s / E_s =$	0,000356
$W_k =$	$S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000356	
$W_k =$	0,234 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 78 %

Laskennan suoritti:	HT3, pilarianturan laatta	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	26.11.2016	Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaikuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	294 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1131 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00256	Alapinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Yläpinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	41 kNm	#VIITTAUS!
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))}) * d$		yleisluoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	49 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$z =$	278 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	130 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 43 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	657 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,00644 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	119 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s = -0,000651$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000356$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000356	
$W_k =$	0,234 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 78 %

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Raudoittamaton betoniseinä	Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Seinän mitat

B) Materiaalien ominaisuudet

Betoni
Raudoitus
Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkausarvoja
Paikalla valetun raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

C) Seinän kuormat

Talon mittoja
Pystykuormat
Vaakakuormat
Kuormitustapaukset ja seinän maksimipystykuormat
KT1, $\gamma_g=1,00$, $\gamma_q=1,00$: Lyhytaikainen ominaiskuormayhdistelmä
KT3, $\gamma_g=1,35$, $\gamma_q=0,00$: 6,10a - Suurin pystykuorma, ei vaakakuormaa
KT4, $\gamma_g=1,15$, $\gamma_q=1,5$: 6,10b - Suurin pystykuorma, suurin vaakakuormaa
KT5, $\gamma_g=1,15$, $\gamma_q=1,5$: 6,10b - Pienin pystykuorma, suurin vaakakuormaa
Määrävin seinän juuressa vaikuttava normaalivoima

D) Seinän puristuskestävyys

E) Seinän vaakaraudoitus

Mitoitetaan raudoittamaton betoniseinä puristukselle yksinkertaistetulla menetelmällä (EC2 12.6.5.2).

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Raudoittamaton betoniseinä	Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Seinän mitat

$h =$	180 mm	Paksuus
$B =$	7120 mm	Pituus vaakasuunnassa
$b =$	1000 mm	Mitoituskaidan pituus
$L =$	2920 mm	Seinän tukiväli, välipohjien keskiviivojen välinen etäisyys

Seinän oletetaan olevan nivelellisesti tuettu jokaisen välipohjan kohdalta.

Rakennuksen muut poikkisuuntaiset seinät eivät ole kantavia seiniä eli mitoitettava seinä on jäykistetty vain ylä- ja alareunoistaan.

$k =$	1,00 mm	Nurjahduspituuskerroin rakennemallin mukaan.
$L_0 =$	2920 mm	Pilarin nurjahduspituus

B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:	2	Yläpään vaakasiirtymä estetty mitoitussuunnassa:	Kyllä
Betonin lujuusluokka:	C25/30	Huomioi vapausaste myös nurjahduspituudessa!	

Betoni

$f_{ck} =$	25,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
$\alpha_{cc} =$	0,80	Puristuslujuuden kerroin
$f_{cd,pl} =$	13,33 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,20 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Raudoittamaton betoniseinä	Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkausarvoja

Mitoitettava rakenne kuivissa sisätiloissa sijaitseva kantava rakenne.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.
Betonipeite huomioidaan työterästen, vaakasuuntaisen kutistumaraudoituksen sekä pieliterästen kohdalla.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$c_{min,dur}$	Betoni
Seinä	XC1	10	C25/30

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$$c_{min,b} = 8 \text{ mm} \quad \text{Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo}$$

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm} \quad \text{Rasitusluokan asettama raudoituksen pienin sallittu betonipeite}$$

$$c_{min} = 10 \text{ mm} \quad \text{Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{Raudoituksen sijaintitoleranssi}$$

$$c_{nom} = 20 \text{ mm} \quad \text{Raudoituksen nimellinen (pyöristetty) betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa}$$

$$\varphi_{työt} = 10 \text{ mm} \quad \text{Työteräksen halkaisija}$$

$$\varphi_{s1} = 8 \text{ mm} \quad \text{Terästen suurin halkaisija}$$

Paikalla valetun raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

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

$$i = 52,0 \text{ mm} \quad \text{Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde}$$

$$\lambda = L_0 / i$$

$$\lambda = 56,13 \quad \text{Hoikkuusluku}$$

$$\lambda_{lim} = 86,0 \quad \text{rajahoikkuus} \quad \text{KA: 65 \%} \quad \text{Rajarvo ei ylity.}$$

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Raudoittamaton betoniseinä	Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Seinän kuormat

Talon mittoja

H_{kok}	=	24,0 m	Koko talon korkeus anturan yläpinnasta katon harjalle
L_{kok}	=	18,0 m	Koko talon pituus
JM	=	5,8 m	Kantavien seinien välinen etäisyys, välipohjalaatan JM
B_{talo}	=	7,8 m	Talon leveys
B_{vp}	=	7,2 m	Välipohjalaatan leveys
n_s	=	4 kpl	Kantavien peräkkäisten seinien lukumäärä
n_k	=	6 kpl	Kerrosten lukumäärä ilman vesikattoa, yläpohjaa ja alinta maanvaraista kerrosta.
B_{katto}	=	9,4 m	Katon leveys = lumen kuormittama leveys

Pystykuormat

Määritetään pysty- ja vaakakuormien neliökuormat.

Vesikatto

$g_{k,katto}$	=	2 kN/m ²	Vesikatteen, eristeiden, puuristikoiden ym. rakenteiden omapaino
q_{lumi}	=	2,0 kN/m ²	Hyötykuorman ominaisarvo

μ_i	=	0,8	Lumikuorman korjauskerroin katolla
s_k	=	3 kN/m ²	Lumikuorma maassa
q_{klumi}	=	2,4 kN/m ²	Lumikuorma katolla

Yläpohja, betonilaatta 25 kN/m³

h_{yp}	=	260 mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp}$	=	6,5 kN/m ²	Yläpohjalaatan paino

Välipohja, betonilaatta 25 kN/m³

h_{vp}	=	260 mm	Laatan paksuus
$g_{k,vp}$	=	6,5 kN/m ²	Välipohjalaatan paino
$g_{k,vp,tas}$	=	0,5 kN/m ²	Tasoitteen paino

Raudoittamaton betoniseinä, 24 kN/m³

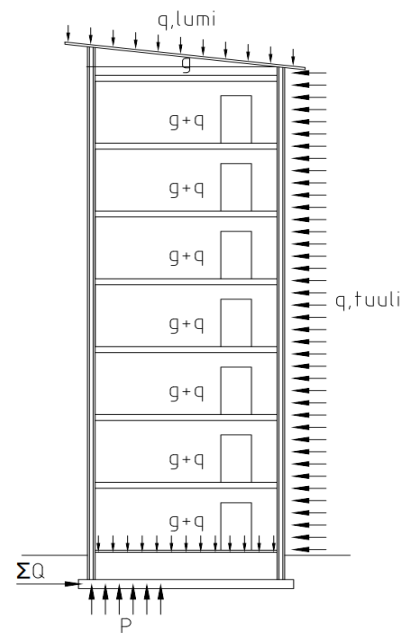
$h_{seinä,sisä}$	=	180 mm	Seinän paksuus
$h_{seinä,ulko}$	=	150 mm	Seinän paksuus
$g_{k,seinä,sisä}$	=	104 kN/m	Sisäseinän metrikuorma
$g_{k,seinä,ulko}$	=	86 kN/m	Ulkoseinän metrikuorma

Betoninen seinäantura, 25 kN/m³ + maanpaino

$g_{k,antura}$	=	0 kN/m	Anturan metrikuorma, määritetty myöhemmin
----------------	---	--------	---

Tuulikuorman pystypaine katon lappeeseen

Tuulikuorman vaikutusta ei huomioida pystykuormissa, koska sen suuruus on pieni suhteessa pysyviin kuormiin



Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Raudoittamaton betoniseinä

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vaakakuormat

Tuulikuormitus mitoitettavan seinän suunnassa

VIITE: RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat
Osa 1.4: Rakenteiden kuormat - Yleiset kuormat. Tuulikuormat

Määritetään hallin ulko- ja sisäpintoihin vaikuttavat tuulenpainet eri mitoitustapauksille, joissa tuuli puhaltaa eri suunnista hallia vasten. Rakennus sijaitsee tasaisella esikaupunkialueella, maastoluokassa II.

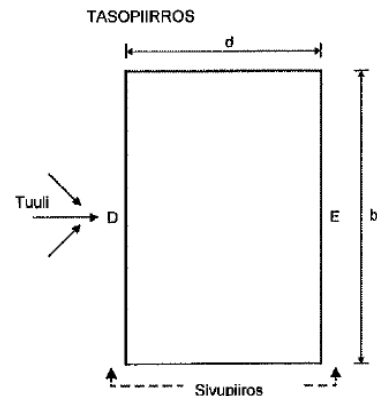
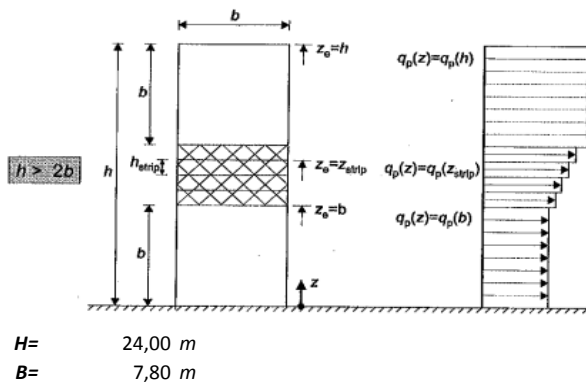
Rakenteen ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine

Rakennuksen korkeus on suurempi kuin leveys. Korkeuden B yläpuolella vaikuttaa suurempi tuulikuorma.

$$w_o = q_p(z_o) * c_{pe} \quad \text{Yksittäiseen pintaan korkeudella } z_o \text{ vaikuttava ulkoinen paine}$$

Rakenteen sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine

$$w_i = q_p(z_o) * c_{pi} \quad \text{Yksittäiseen pintaan korkeudella } z_o \text{ vaikuttava ulkoinen paine}$$



Yksinkertaistetaan laskentaa siten, että korkeudelta B ylöspäin rakennuksessa vaikuttaa vakiotuulikuorma.

SIVU	H	$q_p(z_o)$	$c_{pe,10}$		c_{pi}	$c_{p,netto}$	w_{netto}
D	0...B	0,82	0,8	Rakennukseen sisäänpäin	-0,05	0,85	0,70
	B...H	0,43	0,8	Rakennukseen sisäänpäin	-0,05	0,85	0,37
E	0...B	0,82	-0,5	Rakennuksesta ulospäin	-0,05	-0,45	-0,37
	B...H	0,43	-0,5	Rakennuksesta ulospäin	-0,05	-0,45	-0,19

Kokonaistuulikuormat, paine tuulen puoleisella sivulla, imu vastakkaisella sivulla

H	s [m]	q [kN/m ²]	Q [kN/m]	H=tuulikuorman vaikutuskorkeus
0...B	15,9	1,07	17,3	s=tuulikuorman resultantti
B...H	3,9	0,56	4,4	q=tuulikuorma neliometriä kohti
				Q=tuulikuorman resultantti yhtä D-seinämetriä kohden.

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Raudoittamaton betoniseinä	Laskenta vain harrastekäyttöön!

Kuormitustapaukset ja seinän maksimipystykuormat

Lasketaan PUPAXilla pysty- ja vaakakuormien jakautuminen tuille eli paikallavalettaville kantaville seinille.
Huom. Taulukoissa esiintyvät seinien juurien tukivoimat ovat liikkuvan kuorman aiheuttamia maksimi-arvoja.
Kaatava momentti kerää kuormaa seinään tuulen vastaakkaiselle sivulle.
Lasketaan kuorman epäkeskisyyden ja seinän tehokas pystykuorma.

KT1, $\gamma_g=1,00$, $\gamma_q=1,00$: Lyhytaikainen ominaiskuormayhdistelmä

	T1	T2	T3	T4		
Vesikatto	8,3	16,8	16,8	8,3		
lumi	4,6	12,8	12,8	4,6		
yläpohja	15,1	41,5	41,5	15,1		
välipohja	97,2	268,2	268,2	97,2	Välipohja	6 kpl
vp, hyöty	31,2	83,4	83,4	31,2		
betoniseinä	86,4	103,7	103,7	86,4		
$g_k =$	243	526	526	243	Metrikuorma anturalle	
$N_k =$	1751	3795	3795	1751	Pystykuormien resultantti	
Tuuli B...H	45,1	120,5	120,5	45,1		
Tuuli O...B	11,4	30,4	30,4	11,4		
$Q_k =$	56,5	150,9	150,9	56,5	Tuulikuorman resultantti	
$M_{kaat} =$	761	2035	2035	761	Kaatava momentti	

$N_k =$	3795 kN	Anturan kokonaispystykuormitus
$M_d =$	2034,6 kNm	Anturan pituussuunnassa vaikuttava momentti
$e_1 = M_k / N_k$		
$e_1 =$	0,5 m	Kuorman epäkeskisyyden
$B_{eff} =$	6,1 m	Seinän tehokas pituus koko talon leveydestä
$N_{eff,d} = N_k / B_{eff}$		
$N_{eff,k} =$	618 kN/m	

KT2, $\gamma_g=1,00$, $\gamma_q=0,30$: pitkäaikainen ominaiskuormayhdistelmä

	T1	T2	T3	T4		
Vesikatto	8,3	16,8	16,8	8,3		
lumi	4,6	12,8	12,8	4,6		
yläpohja	15,1	41,5	41,5	15,1		
välipohja	97,2	268,2	268,2	97,2	Välipohja	6 kpl
vp, hyöty	9,4	25,0	25,0	9,4		
betoniseinä	86,4	103,7	103,7	86,4		
$g_k =$	221	468	468	221	Metrikuorma anturalle	
$N_k =$	1593	3374	3374	1593	Pystykuormien resultantti	
Tuuli B...H	45,1	120,5	120,5	45,1		
Tuuli O...B	11,4	30,4	30,4	11,4		
$Q_k =$	56,5	150,9	150,9	56,5	Tuulikuorman resultantti	
$M_{kaat} =$	761	2035	2035	761	Kaatava momentti	

$N_k =$	3374 kN	Anturan kokonaispystykuormitus
$M_d =$	2034,6 kNm	Anturan pituussuunnassa vaikuttava momentti
$e_1 = M_k / N_k$		
$e_1 =$	0,6 m	Kuorman epäkeskisyyden
$B_{eff} =$	6,0 m	Seinän tehokas pituus koko talon leveydestä
$N_{eff,d} = N_k / B_{eff}$		
$N_{eff,k} =$	562 kN/m	

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Raudoittamaton betoniseinä

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT3, $\gamma_g=1,35$, $\gamma_q=0,00$: 6,10a - Suurin pystykuorma, ei vaakakuormaa

	T1	T2	T3	T4		
Vesikatto	11,2	22,7	22,7	11,2		
lumi	0,0	0,0	0,0	0,0		
yläpohja	20,4	56,0	56,0	20,4		
välipohja	131,2	362,1	362,1	131,2	Välipohjia	6 kpl
vp, hyöty	0,0	0,0	0,0	0,0		
betoniseinä	116,6	140,0	140,0	116,6		
$g_k =$	279,5	580,7	580,7	279,5	Metrikuorma anturalle	
$N_k =$	2015	4187	4187	2015	Pystykuormien resultantti	
Tuuli B...H	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuuli O...B	0,0	0,0	0,0	0,0		
$Q_d =$	0,0	0,0	0,0	0,0	Tuulikuorman resultantti	
$M_{kaat} =$	0	0	0	0	Kaatava momentti	

$N_d =$	4187 kN	Anturan kokonaispystykuormitus
$M_d =$	0,0 kNm	Anturan pituussuunnassa vaikuttava momentti
$e_1 = M_d / N_d$		
$e_1 =$	0,0 m	Kuorman epäkeskisyyys
$B_{eff} =$	7,2 m	Seinän tehokas pituus koko talon leveydestä
$N_{eff,d} = N / B_{eff}$		
$N_{eff,d} =$	581 kN/m	

KT4, $\gamma_g=1,15$, $\gamma_q=1,5$: 6,10b - Suurin pystykuorma, suurin vaakakuormaa

	T1	T2	T3	T4		
Vesikatto	9,5	19,3	19,3	9,5		
lumi	6,9	19,2	19,2	6,9		
yläpohja	17,4	47,7	47,7	17,4		
välipohja	111,8	308,4	308,4	111,8	Välipohjia	6 kpl
vp, hyöty	46,8	125,1	125,1	46,8		
betoniseinä	99,4	119,2	119,2	99,4		
$g_k =$	291,8	639,0	639,0	291,8	Metrikuorma anturalle	
$N_k =$	2104	4607	4607	2104	Pystykuormien resultantti	
Tuuli B...H	67,7	180,8	180,8	67,7		
Tuuli O...B	17,1	45,6	45,6	17,1		
$Q_d =$	84,7	226,4	226,4	84,7	Tuulikuorman resultantti	
$M_{kaat} =$	1142	3052	3052	1142	Kaatava momentti	

$N_d =$	4607 kN	Anturan kokonaispystykuormitus
$M_d =$	3051,9 kNm	Anturan pituussuunnassa vaikuttava momentti
$e_1 = M_d / N_d$		
$e_1 =$	0,7 m	Kuorman epäkeskisyyys
$B_{eff} =$	5,9 m	Seinän tehokas pituus koko talon leveydestä
$N_{eff,d} = N / B_{eff}$		
$N_{eff,d} =$	783 kN/m	

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Raudoittamaton betoniseinä

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT5, $\gamma_g=1,15$, $\gamma_q=1,5$: 6,10b - Pienin pystykuorma, suurin vaakakuormaa

	T1	T2	T3	T4		
Vesikatto	9,5	19,3	19,3	9,5		
lumi	0,0	0,0	0,0	0,0		
yläpohja	17,4	47,7	47,7	17,4		
välipohja	111,8	308,4	308,4	111,8	Välipohjia	6 kpl
vp, hyöty	0,0	0,0	0,0	0,0		
betoniseinä	99,4	119,2	119,2	99,4		
$g_k =$	238,1	494,7	494,7	238,1	Metrikuorma anturalle	
$N_k =$	1716	3567	3567	1716	Pystykuormien resultantti	
Tuuli B...H	67,7	180,8	180,8	67,7		
Tuuli O...B	17,1	45,6	45,6	17,1		
$Q_d =$	84,7	226,4	226,4	84,7	Tuulikuorman resultantti	
$M_{kaat} =$	1142	3052	3052	1142	Kaatava momentti	

$N_d =$	3567 kN	Anturan kokonaispystykuormitus
$M_d =$	3051,9 kNm	Anturan pituussuunnassa vaikuttava momentti
$e_1 = M_d / N_d$		
$e_1 =$	0,9 m	Kuorman epäkeskisyyys
$B_{eff} =$	5,5 m	Seinän tehokas pituus koko talon leveydestä
$N_{eff,d} = N / B_{eff}$		
$N_{eff,d} =$	649 kN/m	

Määrittävin seinän juuressa vaikuttava normaalivoima

$$N_{Ed} = 783 \text{ kN} \quad \text{Seinän normaalivoiman mitoitusarvo}$$

Laskennan suoritti:	HT3	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Raudoittamaton betoniseinä	Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Seinän puristuskestävyys

1. Kertaluvun epäkeskisyyys

$$\begin{aligned}e_{ylä} &= 20,0 \text{ mm} && \text{Alkuperäinen tuen epäkeskisyyys seinän yläpäässä, vähintään 20 mm} \\e_{ala} &= 0,0 \text{ mm} && \text{Alkuperäinen tuen epäkeskisyyys seinän alapäässä} \\ \alpha_h &= 2 / \sqrt{L} \\ \alpha_h &= 1,00 && \text{Pilarin korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]} \\ \alpha_h &= 0,791 && \text{Peräkkäisten seinien määrästä riippuva kerroin. } \sqrt{0,5 * (1 + 1 / \text{seinien määrä})} \\ \alpha_h &= \\ e_i &= 5,8 \text{ mm} && \text{Rakenteen vinoudesta ja mittaepätarkkuudesta johtuva epäkeskisyyys} \\ e_{02} = e_{ylä} + e_i &= 25,8 \text{ mm} \\ e_{01} = e_{ala} + e_i &= 5,8 \text{ mm} \\ e_{tot} = \text{MAX } 0,6 * e_{02} + 0,4 * e_{01} &= 17,8 \text{ mm} && \text{MAX} = 17,8 \text{ mm} \\ &= 0,4 * e_{02} = 10,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

$$\begin{aligned}h &= 180 \text{ mm} && \text{Seinän paksuus} \\ L_0 &= 2920 \text{ mm} && \text{Pilarin nurjahduspituus} \\ \Phi &= \text{MIN } 0,71 * (1 - 2 * e_{tot} / h) - 0,013 * L_0 / h = 0,36 && \text{MIN} = 0,36 \text{ mm} \\ &= 1 - 2 * e_{tot} / h = 0,80 \end{aligned}$$

Seinän puristuskestävyys

$$\begin{aligned}f_{cd,pl} &= 13,33 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin mitoituspuristuslujuus} \\ n_{Rd} &= f_{cd,pl} * h * \Phi \\ n_{Rd} &= 861 \text{ kN/m} && \text{Seinän puristuskestävyys yhtä metriä kohden} \\ KA: 91 \% &&& \text{Ok, seinän kestävyys on riittävä} \end{aligned}$$

E) Seinän vaakaraudoitus

Vaakaraudoitus seinän yhdellä pinnalla yhden metrin korkuisella kaistalla

Mimiraudoitusehto

$$A_{s,min,2} = 0,001 * 1m * h = 180 \text{ mm}^2$$

Tankoväli

$$kk_{max} = 400 \text{ mm}$$

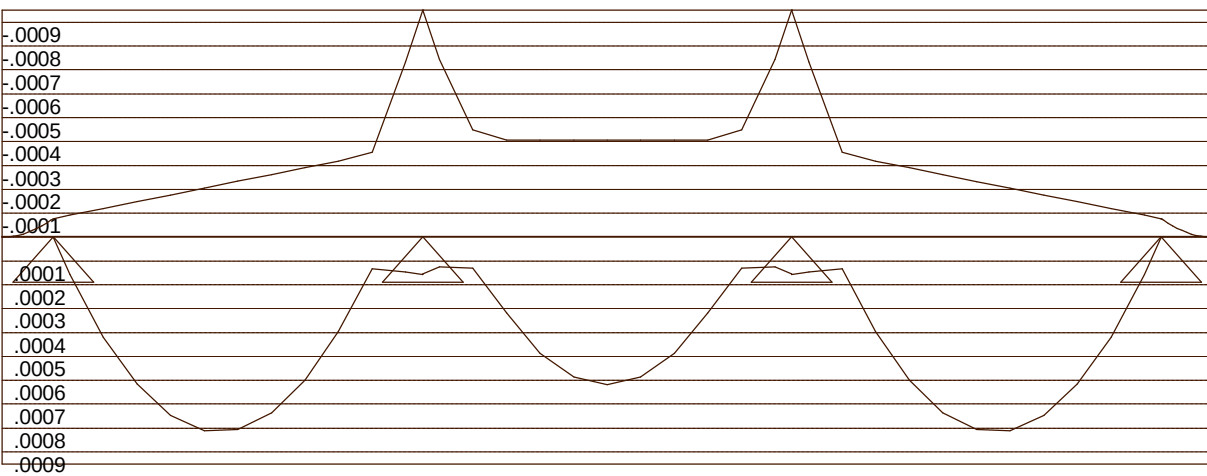
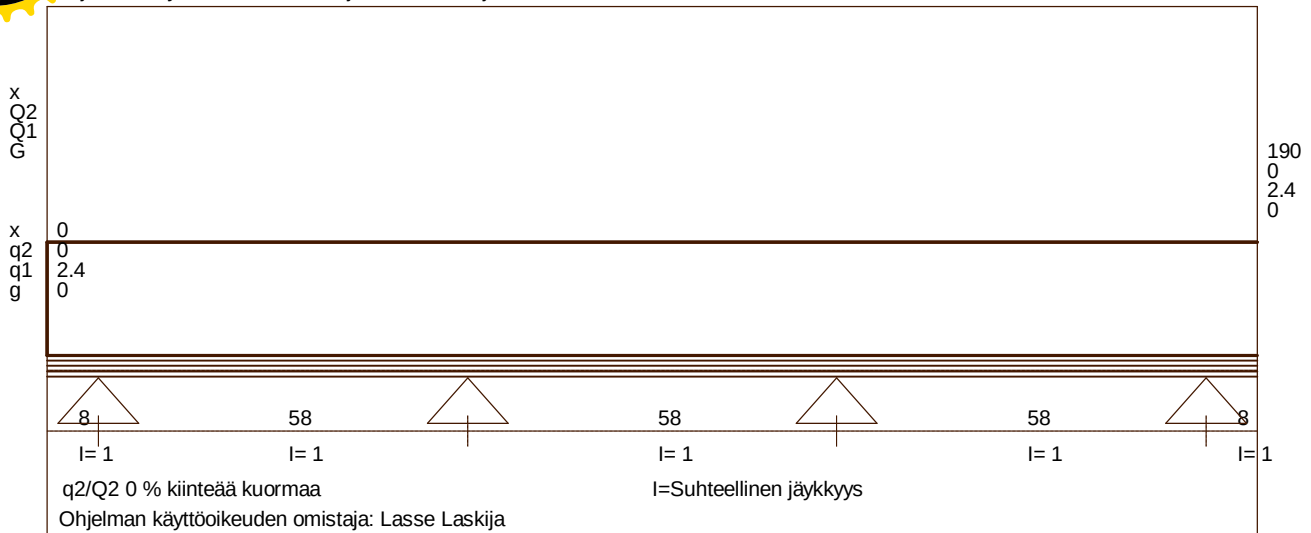
$$\begin{aligned}\varphi &= 8 \text{ mm} && \text{Vaakaraudoitteen halkaisija} \\ kk &= 250 \text{ mm} && \text{Vaakaraudoitteen jako} \\ A_{s,tod} &= 201 \text{ mm}^2 / m \end{aligned}$$

$$KA: 90 \% \quad \text{Valitaan seinän vaakaraudoitteeksi} \quad T8 \text{ k250}$$

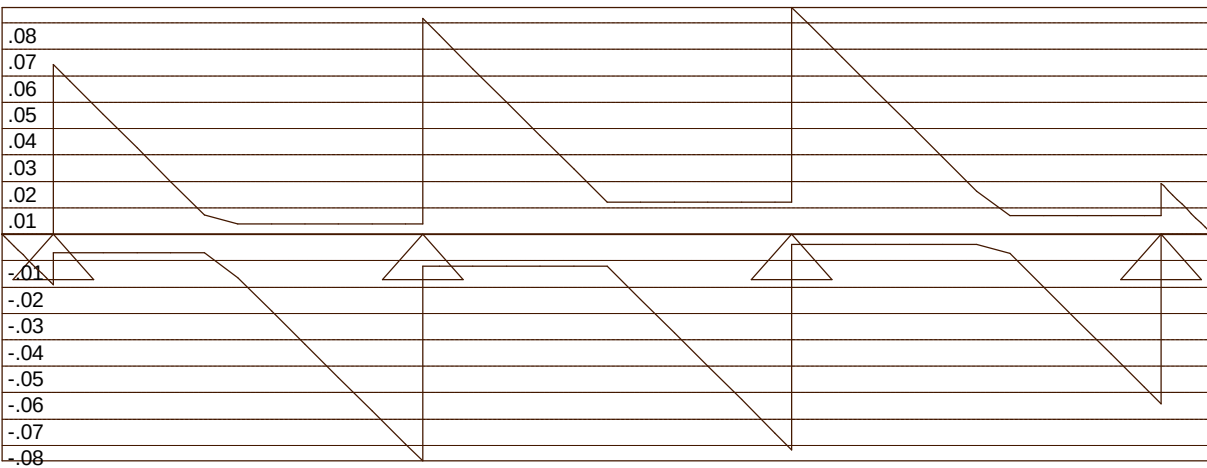
Pvm 18-12-2016

Ohjelman tunnus:

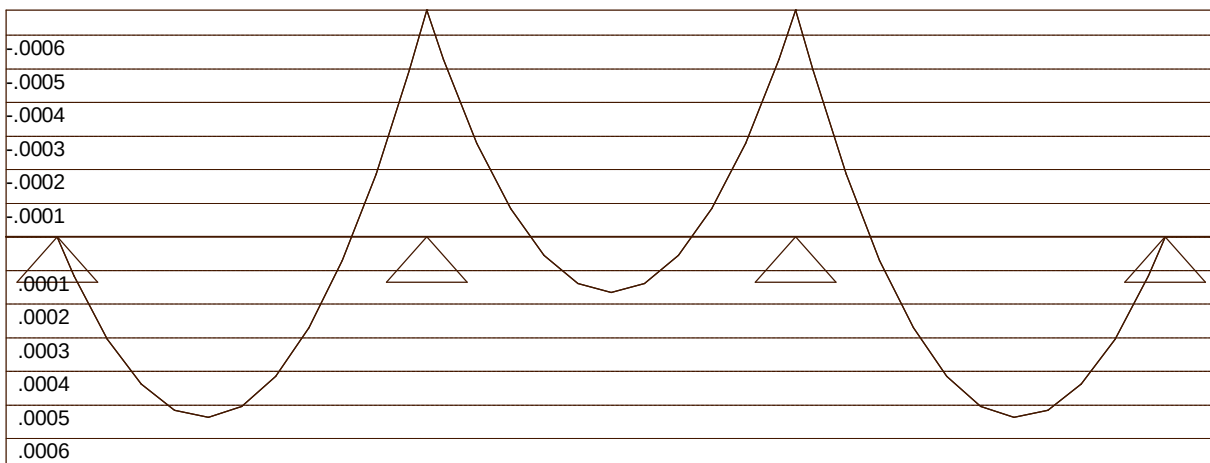
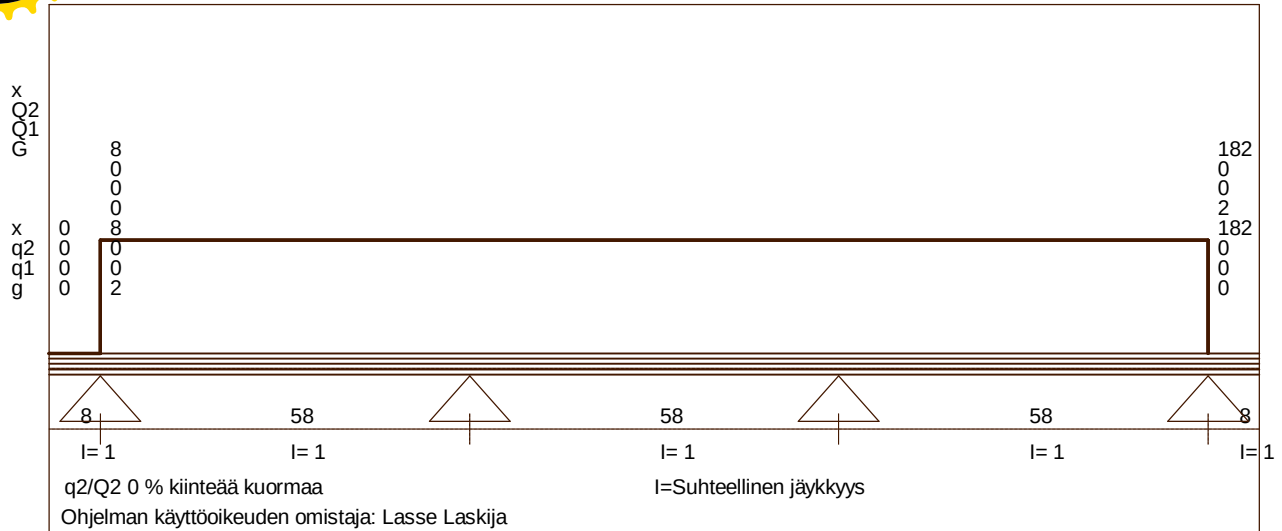
Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



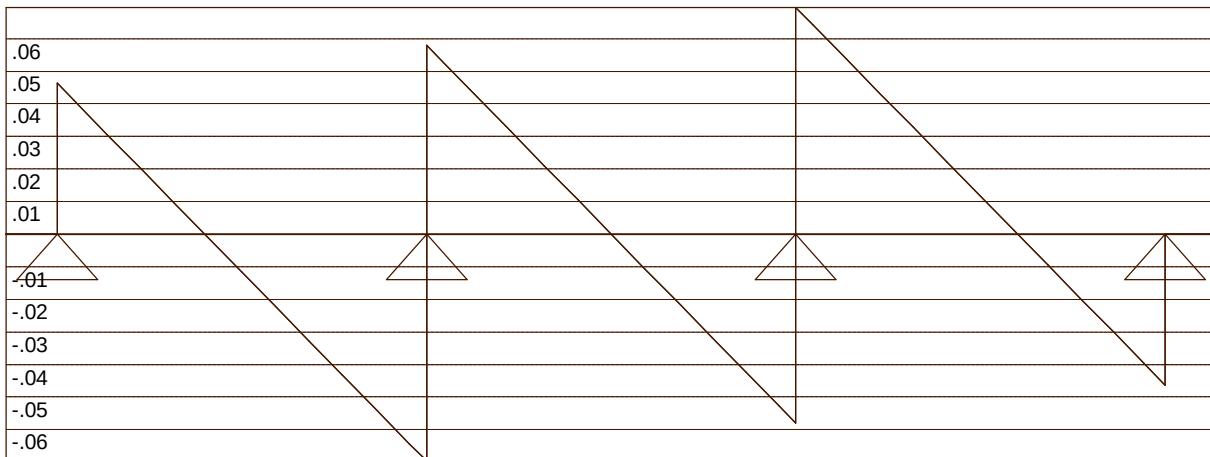
Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1
Kuormitusleveys 1 [m], jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu.
Max tukivoimat [kN] 0,083 0,168 0,168 0,083
Min tukivoimat [kN] -0,007 -0,016 -0,016 -0,007



Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1
Kuormitusleveys 1 [m], jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu.
Max tukivoimat [kN] 0,046 0,128 0,128 0,046
Min tukivoimat [kN] 0,046 0,128 0,128 0,046

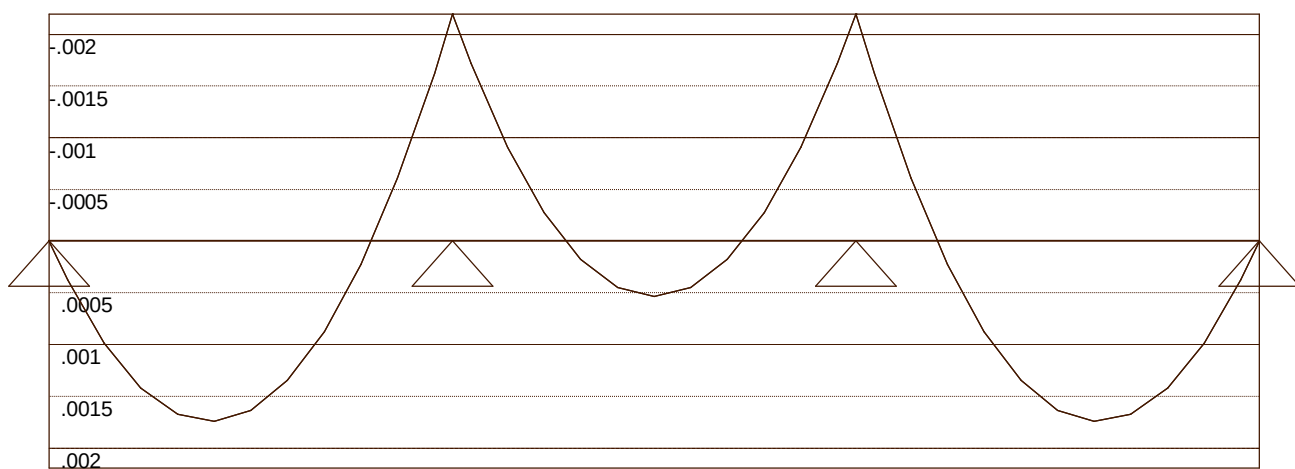
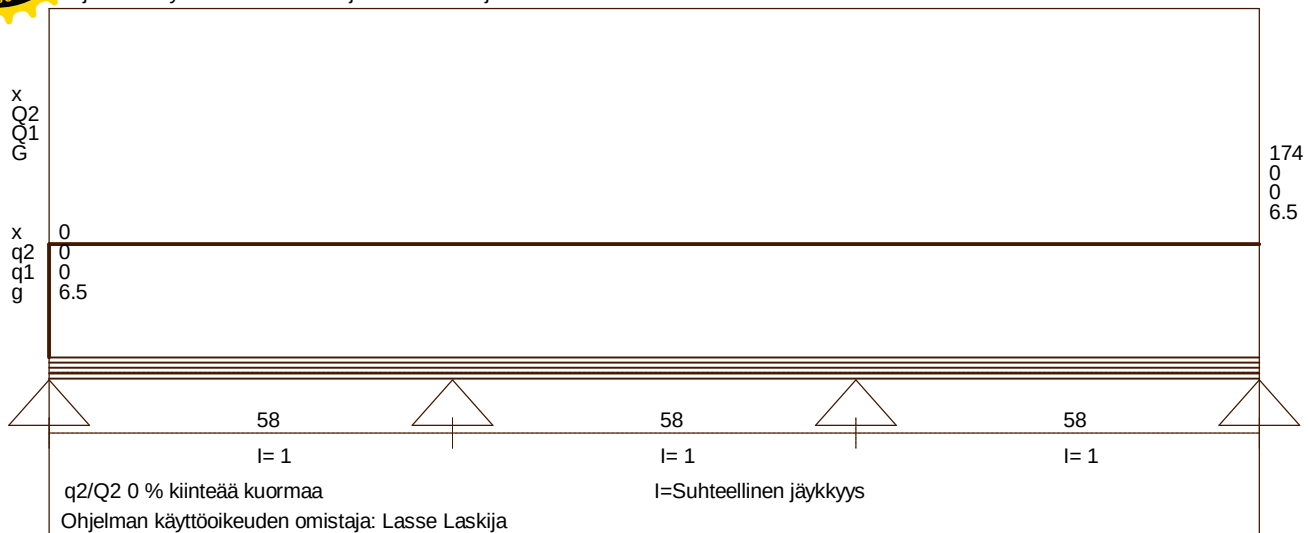


Pvm 18-12-2016

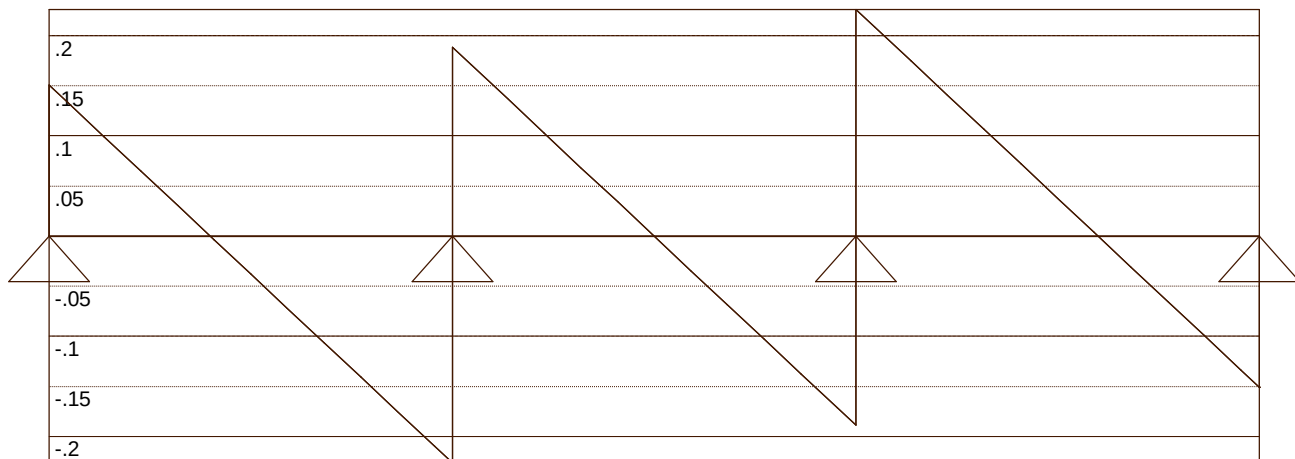
Ohjelman tunnus:

Ohjelman versio: v.1.22 Laskennan suoritti:

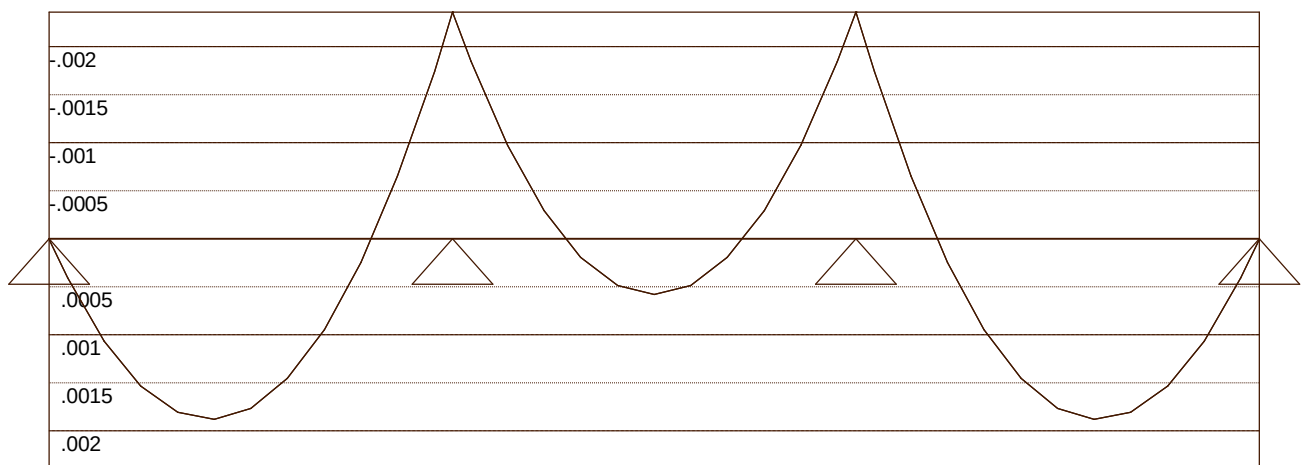
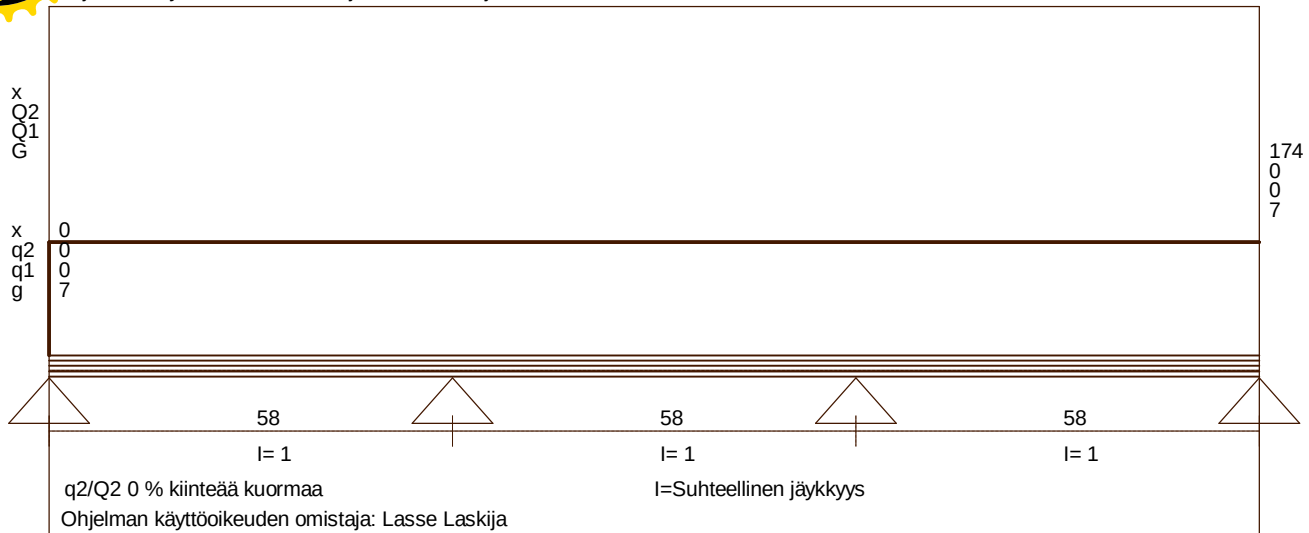
Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



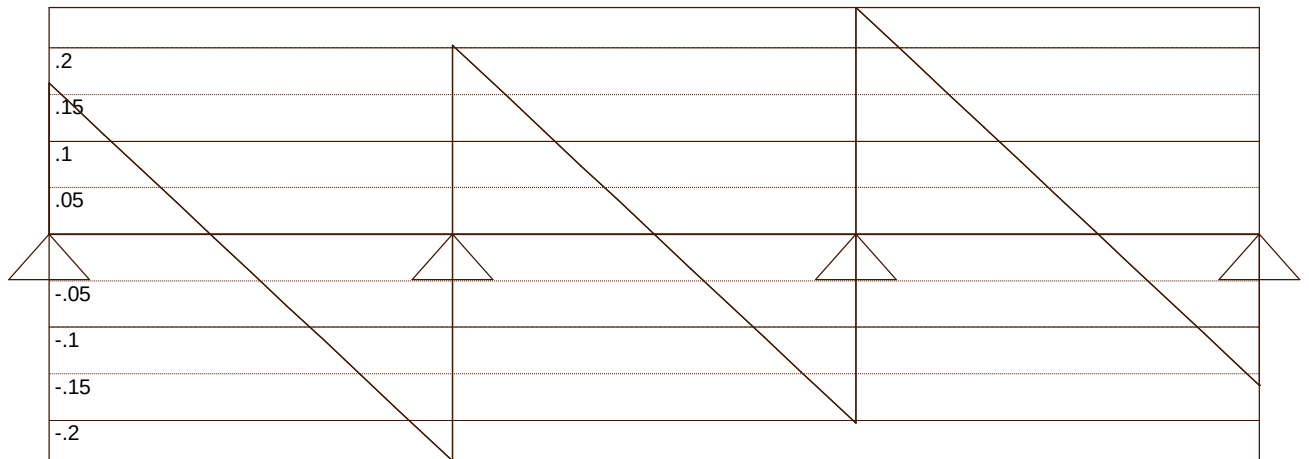
Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



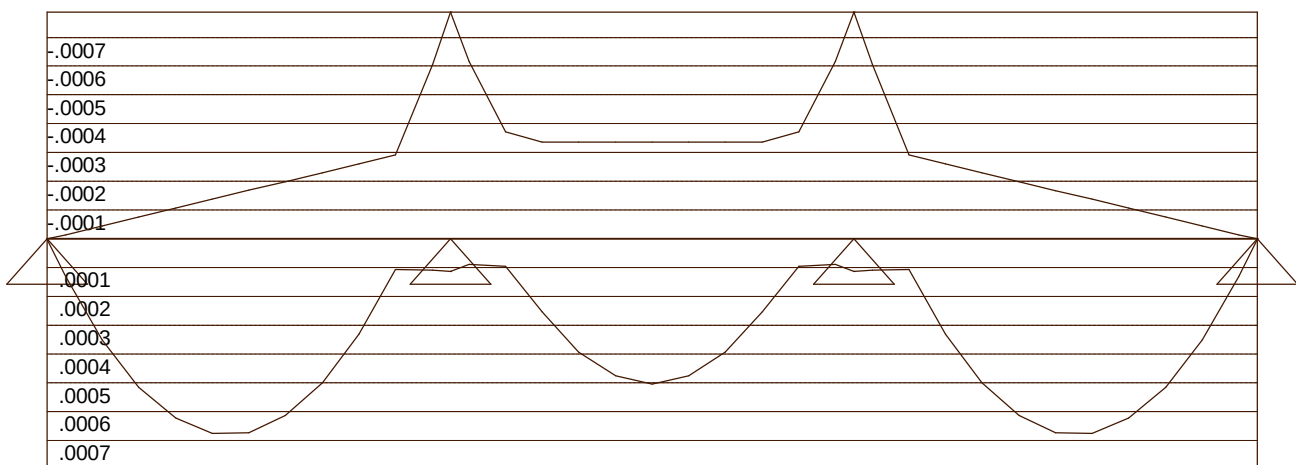
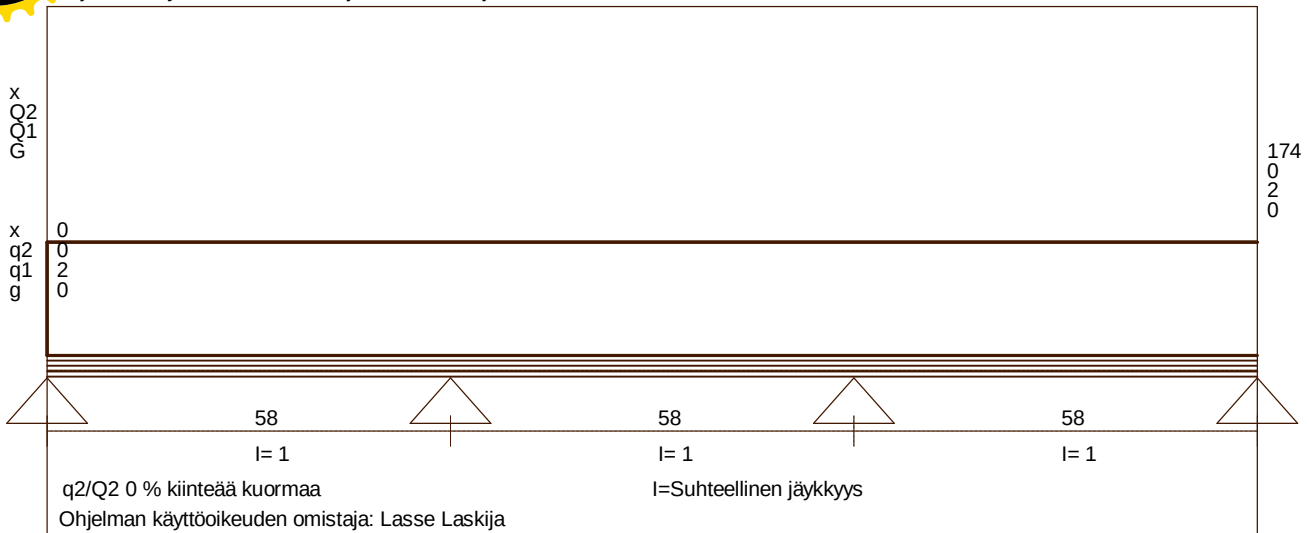
Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1
Kuormitusleveys 1 [m], jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu.
Max tukivoimat [kN] 0,151 0,415 0,415 0,151
Min tukivoimat [kN] 0,151 0,415 0,415 0,151



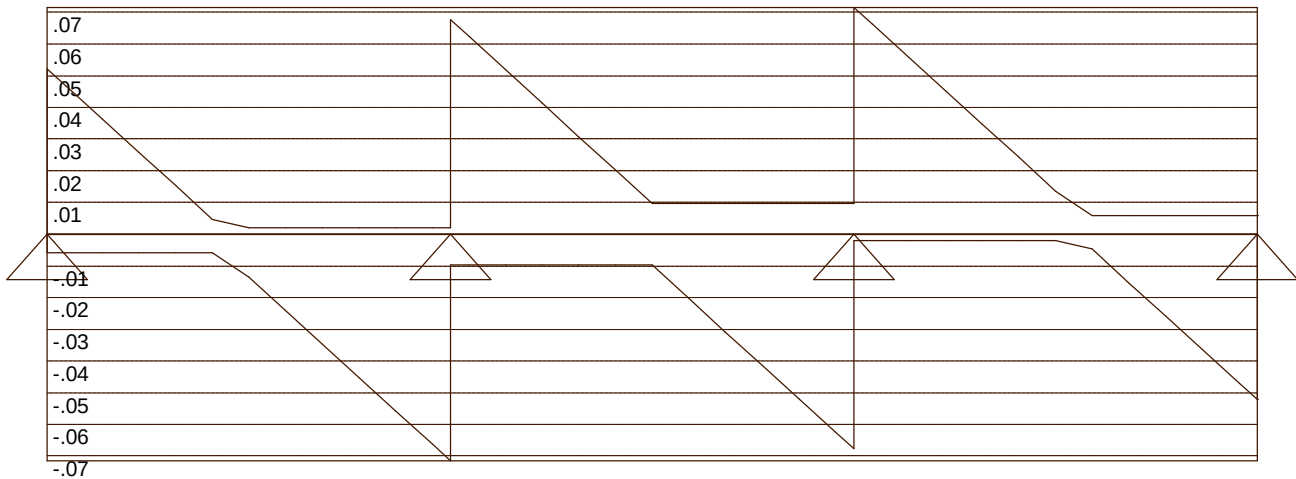
Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



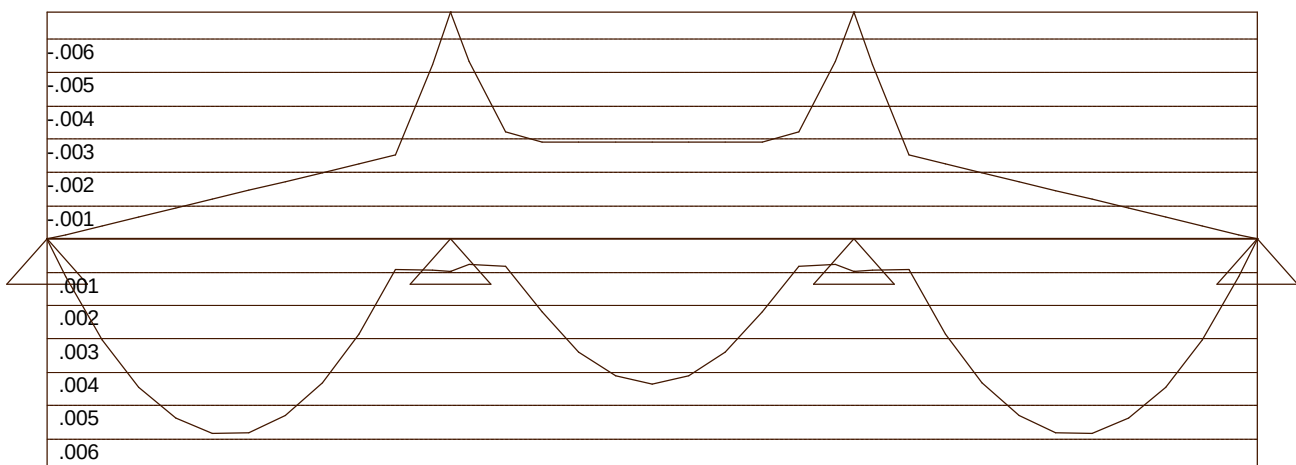
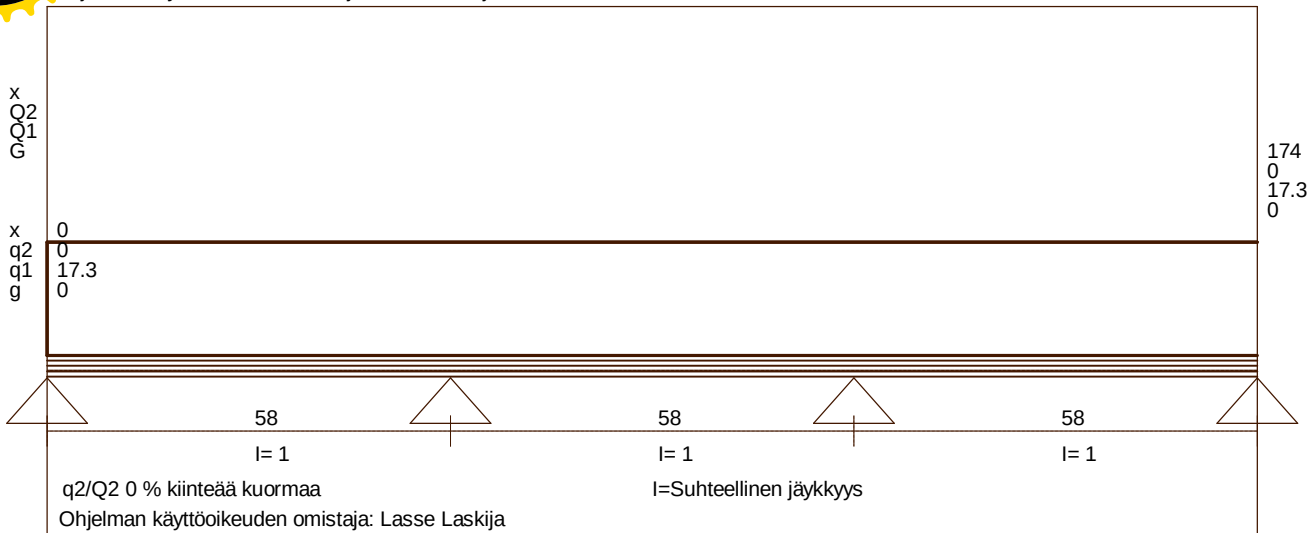
Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1
Kuormitusleveys 1 [m], jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu.
Max tukivoimat [kN] 0,162 0,447 0,447 0,162
Min tukivoimat [kN] 0,162 0,447 0,447 0,162



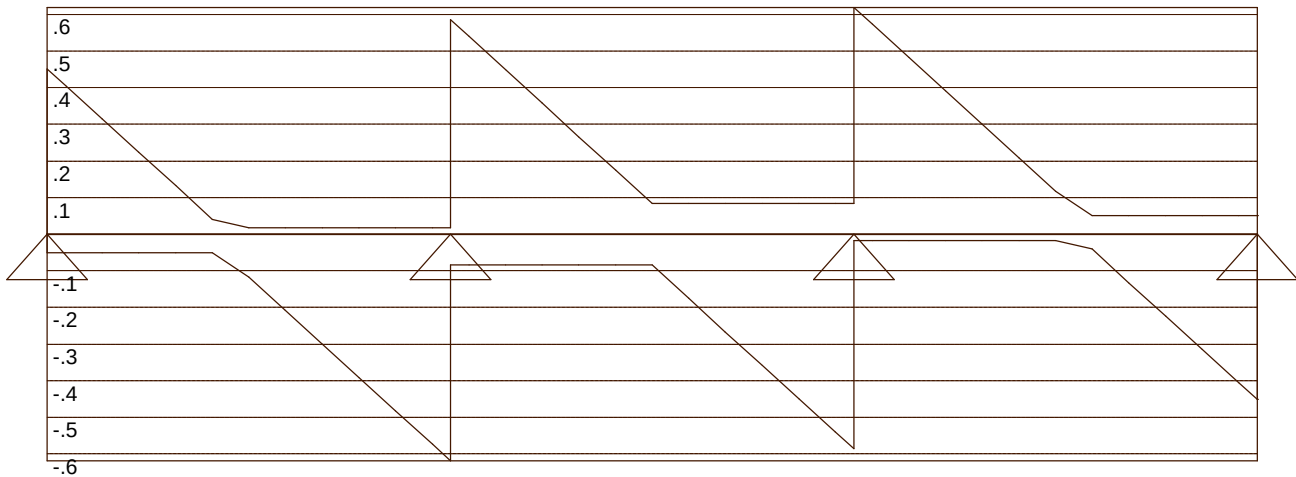
Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1
Kuormitusleveys 1 [m], jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu.
Max tukivoimat [kN] 0,052 0,139 0,139 0,052
Min tukivoimat [kN] -0,006 -0,012 -0,012 -0,006



Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Lasse Laskija



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1
Kuormitusleveys 1 [m], jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu.
Max tukivoimat [kN] 0,451 1,205 1,205 0,451
Min tukivoimat [kN] -0,050 -0,101 -0,101 -0,050

A) Materiaalien ominaisuudet

$f_y =$	500,00	N/mm ²	Raudoitteen A500HW ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15		Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan (2)
$f_{yd} =$	434,78	N/mm ²	Raudoitteen laskentalujuus
$f_{ck} =$	25,00	N/mm ²	Betonin C20/25-1 ominaispuristuslujuus
$\gamma_c =$	1,50		Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan (2)
$f_{cd} =$	14,17	N/mm ²	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56	N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80	N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$f_{ctd} =$	1,20	N/mm ²	Betonin laskentasetolujuus

B) Ovipalkin leikkausmitoitus

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetti.

Anturan mitat

$B_{ovi} =$	1200	mm	Oviaukon leveys
$b =$	180	mm	Seinän paksuus
$H =$	640	mm	Ovipalkin korkeus

Ovipalkin pääraudoitus

$\varphi_s =$	0	mm
---------------	---	----

Ovipalkin kuorma

$N_d =$	76	kN/m	Seinän viivakuorma ovipalkille(MRT)
---------	----	------	-------------------------------------

Leikkausrasitus

$V_{ed} = N_d / 2 \cdot 2$		
$V_{ed} =$	21,3 kN	Redusoitu leikkausvoima, kuorma jakautuu 2:1 kulmassa oven päältä seinälle

Ovipalkin leikkauskapasiteetti

$b =$	180	mm	Seinän paksuus
$d =$	640	mm	Ovipalkin korkeus
$f_{ck} =$	25	N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$			
$k =$	1,56	$\leq 2,0$	Korkeuskerroin

$V_{Rd,min} = 0,035 \cdot b \cdot d \cdot k^{3/2} \cdot \sqrt{f_{ck}}$		
$V_{Rd,min} =$	39 kN	Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo

$KA =$	54,37	%	$EHTO: V_{Ed} / V_{Rd,c} \cdot 100\%$
--------	-------	---	---------------------------------------

Palkki kestää leikkausrasituksen. Leikkaushakoja ei tarvita.

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Anturan mitat

B) Anturan kuormat

C) Materiaalien ominaisuudet

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeen taivutusrasitus

Tehokas pohjapinta-ala

Pohjamaan kantavuus

Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti

E) Anturan poikkisuuntainen alapinnan taivutusraudoitus

Vaadittu raudoitus

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Anturan pituussuuntainen kutistuma- ja jakorauditus

Vaadittu jakorauditus

Todellinen kutistuma- ja jakoraudituksen poikkipinta-ala

G) Laatan leikkausmitoitus

Anturan mitat

Anturan pääraudoitus

Anturan kuormat

Leikkausrasitus

Laatan leikkauskapasiteetti

HUOM! Pohjamaan huonon kantavuuden takia anturan mitta kasvaa valtavaksi!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

$f_y =$	500,00	N/mm ²	Raudoitteen A500HW ominaislujuus
$v_k =$	1,15		Teräso savarmuus toteutusluokan mukaan (2)
$f_{yd} =$	434,78	N/mm ²	Raudoitteen laskentalujuus
$f_{ck} =$	25,00	N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$v_c =$	1,50		Teräso savarmuus toteutusluokan mukaan (2)
$f_{cd} =$	14,17	N/mm ²	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56	N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80	N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$f_{ctd} =$	1,20	N/mm ²	Betonin laskentasvetolujuus
$C_{nom} =$	100	mm	Betonin nimellispeitepaksuus maata vasten valettaessa
$\varphi_s =$	32	mm	Pääteräksen halkaisija
$d =$	484	mm	Etäisyys puristus pinnan yläpinnasta alapinnan vetoraidoituksen painopisteeseen (laatan tehollinen korkeus)

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeen taivutusrasitus

Tehokas pohjapinta-ala

$e = M_d / N_d * 1000 \text{ mm}$		
$M_d =$	16 kNm	Anturassa vaikuttava momentti rakenteen poikkisuunnassa
$N_d =$	783 kNm	Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)
$e =$	20 mm	Kuorman epäkeskisyyys

$B_{eff} = (B_{antura} / 2 - e) * 2$		
$B_{antura} =$	3200 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$e =$	20 mm	Kuorman epäkeskisyyys
$B_{eff} =$	3160 mm	Anturan tehokas leveys

$A_{eff} = B_{eff,antura} * L_{antura}$		
$B_{eff} =$	3,16 m	Anturan tehokas leveys
$L_{antura} =$	1,00 m	Anturan pituus (tarkastelukaista)
$A_{eff} =$	3,16 m ²	Anturan tehokas pohjapinta-ala

$P_{eff,d} = P_d / A_{eff}$		
$N_d =$	783 kN/m	Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)
$A_{eff} =$	3,16 m ²	Anturan tehokas pohjapinta-ala
$P_{eff,d} =$	248 kN/m ²	Anturan tehokas pohjapaine

Pohjamaan kantavuus

$P_{eff,d} =$	248 kN/m ²	Tehokas pohjapaine
$P_R =$	260 kN/m ²	Pohjamaan kantokestävyys, määritettävä erikseen
OK		$P_R > V_d$

Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti

$M_{u,d} = P_{eff,d} * L_u^2 / 2$		
$P_{eff,d} =$	248 kN/m ²	Tehokas pohjapaine
$L_u =$	3,00 m	Anturan ulokkeiden pituus
$M_{u,d} =$	1115 kNm	Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Anturan poikkisuuntainen alapinnan taivutusraudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 1115031646 \text{ Nm}$	Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti
$L_{antura} = 1000 \text{ mm}$	Anturan pituus (tarkastelukaista)
$d = 484 \text{ mm}$	Etäisyys puristuspinnan yläpinnasta alapinnan vetoraudoituksen painopisteeseen
$f_{cd} = 14 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,336$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,336$	
$\theta = 0,427 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 484,0 \text{ mm}$	Etäisyys puristuspinnan yläpinnasta alapinnan vetoraudoituksen painopisteeseen
$\theta = 0,427$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 381 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 1115031646 \text{ Nm}$	Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti
$z = 381 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 6738 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen A500HW ominaislujuus
$b = 1000 \text{ mm}$	
$d = 484 \text{ mm}$	Etäisyys puristuspinnan yläpinnasta alapinnan vetoraudoituksen painopisteeseen
$A_{s,min,1} = 644 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 629 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 6738,24 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Raudoituksen poikkipinta-ala anturassa yhtä metriä kohti

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk = 100 \text{ mm}$	Raudoitejako, kun tangot jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$L_{antura} = 1000 \text{ mm}$	Minimiraudoitusehto 1
$\phi_s = 32 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 804 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 8042 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti

KA= 83,8 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

- ϕ 32

- kk 100

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Anturan pituussuuntainen kutistuma- ja jakoraidoitus

Vaadittu jakoraidoitus

$A_{s,jako,min} = 0,2 \cdot A_{s,tod}$	Minimi jakoraidoitus anturan alapinnassa, 20 % pääraidoituksesta
$A_{s,tod} = 8042 \text{ mm}^2$	Pääraidoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti
$A_{s,jako,min} = 1608 \text{ mm}^2$	Jakoraidoituksen minimi määrä
$A_{s,jako,max} = B_{antura} \cdot H_{antura} \cdot f_{cta} / f_y$	Mitoitetaan betonipoikkileikkauksen vetolujuutta vastaava teräsmäärä
$B_{antura} = 3200 \text{ mm}$	Anturan poikkileikkauksen leveys
$H_{antura} = 600 \text{ mm}$	Anturan pituus (tarkastelukaista)
$f_{cta} = 1,2 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskentasvetolujuus
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raidoitteen laskentalujuus
$A_{s,jako,max} = 5299 \text{ mm}^2$	Jakoraidoituksen maksimimäärä anturapoikkileikkauksessa

Jakoraidoituksen määrä määritetään usein näiden maksimi- ja minimimäärän keskiarvona, koska maata vasten valetussa anturassa esiintyy pohjakitkaa

$A_{s,jako,kesk} = 3454 \text{ mm}^2$ Käytettävä jakoraidoituksen minimimäärä

Todellinen kutistuma- ja jakoraidoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,jako,tod} = kpl \cdot A_{teräs}$	
$n = 20 \text{ kpl}$	Tankojen määrä, kun raidoite jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$\varphi_s = 16 \text{ mm}$	Jakoraudan halkaisija
$A_{teräs} = 201 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$B_{antura} = 3200 \text{ mm}$	Anturan poikkileikkauksen leveys
$kk = (B_{antura} - 100 \text{ mm}) / n$	Jakorautojen jako poikkileikkauksessa
$kk = 155 \text{ mm}$	
$A_{s,jako,tod} = 4021 \text{ mm}^2$	Pääraidoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti

$KA = 85,9 \%$ EHTO: $A_{s,jako,kesk} / A_{s,jako,tod} \cdot 100\%$

Valitaan anturan alapinnan jakoraidoitukseksi

- $\Phi 16$
- $kk 155$

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Laatan leikkausmitoitus

Lasketaan leikkauradoittamattoman rakenteen leikkaukapasiteetti.

Anturan mitat

B_{antura}	=	3200 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
b	=	1000 mm	Anturan pituus (tarkastelukaista)
H_{antura}	=	600 mm	Anturan korkeus
$B_{sokkeli}$	=	400 mm	Sokkelin leveys
d	=	484 mm	Laatan tehollinen korkeus ($=H_{eff}$)
c	=	916 mm	Anturan ulokkeen pituus leikkausmitoituksessa

Anturan pääraudoitus

φ_s	=	32 mm	Pääteräksen halkaisija
-------------	---	-------	------------------------

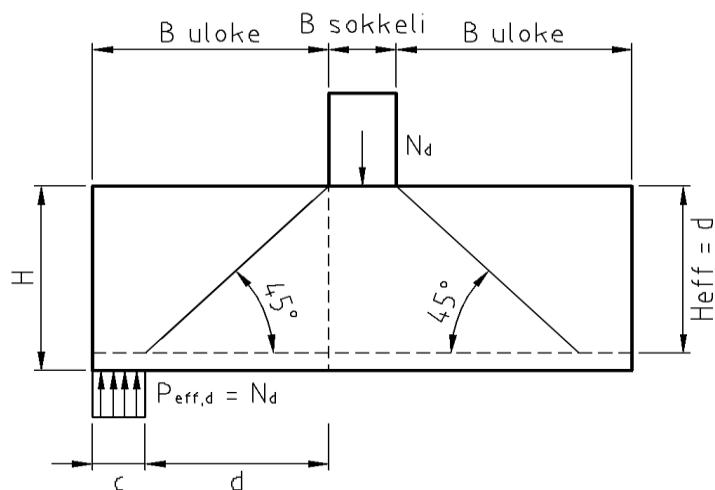
Anturan kuormat

N_d	=	783 kN/m	Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)
$P_{eff,d}$	=	248 kN/m ²	Tehokas pohjapaine

Leikkaurasitus

$V_{ed} = P_{eff,d} * c * L_{antura}$		
V_{ed}	=	227,0 kN

Leikkausvoima yhtä sokkelimetriä kohti



Leikkausvoiman määrittäminen tehokkaan pohjapaineen avulla

Laskennan suoritti:

HT3

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laatan leikkauskapasiteetti

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \text{Mitoituskaistan pituus, anturametri}$$

$$d = 484 \text{ mm} \quad \text{Laatan tehollinen korkeus (=Heff)}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,64 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 8042 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti}$$

$$\rho = 0,01662 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 330 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 178 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 330 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$KA = 68,68 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$$

Laatta kestää leikkausrasituksen. Leikkaushakoja ei tarvita.

Laskennan suoritti: HT3, pilarianturan laatta
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalilujuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaalilujuudet

Rauditus
Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	222 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 74 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,517 mm		KA= 172 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	233 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 78 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,511 mm		KA= 170 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	244 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 81 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,484 mm		KA= 161 %

Laskennan suoritti: HT3, pilarianturan laatta

Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallisuudet

Palkin poikkileikkaus

$B = 3200$ mm

Palkin leveys

$H = 600$ mm

Palkin korkeus

$u = 4400$ mm

Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa

$h_0 = 873$ mm

Palkin kuivattuva piiri

$\varphi_{(\infty, t_0)} = 2,0$

Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk

$C_1 = 100$ mm

Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s1} = 32$ mm

Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s1} = 10,00$ kpl

Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s1} = 8042$ mm²

Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$C_2 = 0$ mm

Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s2} = 0$ mm

Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s2} = 0$ kpl

Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s2} = 0$ mm²

Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$d = 484$ mm

Rakenteen tehokas korkeus

$d_2 = 0$ mm

Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$M_{yp, \infty, k} = 800$ kNm

Pitkaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

$M_{yp, \infty, k} = 880$ kNm

Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetovalikoista:

Betoni: C25/30

Sallittu halkeamaleveys: 0,3

Rauditus: Harjateräs

Laskennan suoritti: HT3, pilarianturan laatta
Pvm: 26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Raudoitus

$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen ominaislujuus
 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ Raudoituksen kimmokerroin

Betoni

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaispuristuslujuus
 $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaisvetolujuus
 $f_{ctk,0,05} = 1,80 \text{ N/mm}^2$ Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
 $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$ Betonin kimmokerroin

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

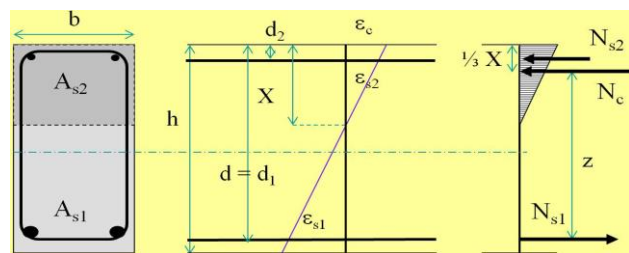
Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen

puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuunnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$
 $A_{s1} = 8042 \text{ mm}^2$ Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
 $d = 484 \text{ mm}$ Rakenteen tehokas korkeus
 $B = 3200 \text{ mm}$ Palkin leveys
 $\rho_1 = 0,00519$ Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala

$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$
 $A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$ Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
 $d = 484 \text{ mm}$ Rakenteen tehokas korkeus
 $d_2 = 0 \text{ mm}$ Yläpuunnan pääteräksen sijainti
 $B = 3200 \text{ mm}$ Palkin leveys
 $\rho_2 = 0,00000$ Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala

$\alpha_e = E_s / E_{cm}$
 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ Raudoituksen kimmokerroin
 $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$ Betonin kimmokerroin
 $\alpha_e = 6,35$ Kimmokerrointen suhde

$M_k = 800 \text{ kNm}$ Halkeamatarkastelun taivutusmomentti

$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$ // kun $A_2 = 0$
 $X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d + \rho_2 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_2 * \alpha_e)}) * d$ // yleismuoto

$z = d - X / 3$

$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$

$X = 109 \text{ mm}$ Puristuspuunnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
 $z = 448 \text{ mm}$ Sisäinen momenttivarsi
 $\sigma_s = 222 \text{ N/mm}^2$ Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
 $\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2$ KA= 74 %

Laskennan suoritti:

HT3, pilarianturan laatta

Pvm:

26.11.2016

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	600 mm	Palkin korkeus
$B =$	3200 mm	Palkin leveys
$d =$	484 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	8042 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	100 mm	Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	32 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	109 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	290 mm	
$H_{c,eff} = \min (H - X) / 3 =$	164 mm	
$H / 2 =$	300 mm	
$H_{c,eff} =$	164 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	523324 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetorausituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,01537 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \varphi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	222 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s = 0,000745$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000667$	
$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$ 694 mm Suurin halkeamien välimatka

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$ 0,000745

$w_k =$ 0,517 mm

Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa

$w_{soll} =$ 0,30 mm

KA= 172 %

Laskennan suoritti:	HT3, pilarianturan laatta	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	26.11.2016	Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	484 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	8042 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00519	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	2,0	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} =$	$1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$	
$E_{c,eff} =$	11017 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e =$	$E_s / E_{c,eff}$	
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	18,15	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	800 kNm	#VIITTAUS!
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$	// kun $A_2=0$
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)))} * d$	// yleisluoto
$z =$	$d - X / 3$	
$\sigma_s =$	$M_k / (z * A_{s1})$	

$X =$	169 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	428 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	233 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 78 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	694 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01537 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	233 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	18,15	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$MAX: (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s =$	0,000736
	$0,6 * \sigma_s / E_s =$	0,000698
$W_k =$	$S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000736	
$W_k =$	0,511 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 170 %

Laskennan suoritti:	HT3, pilarianturan laatta	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	26.11.2016	Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaikuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	484 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	8042 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00519	Alapinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Yläpinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	880 kNm	#VIITTAUS!
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))}) * d$		yleisluoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	109 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$z =$	448 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	244 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 81 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	694 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01537 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	233 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s = 0,000614$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000698$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000698	
$W_k =$	0,484 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 161 %