

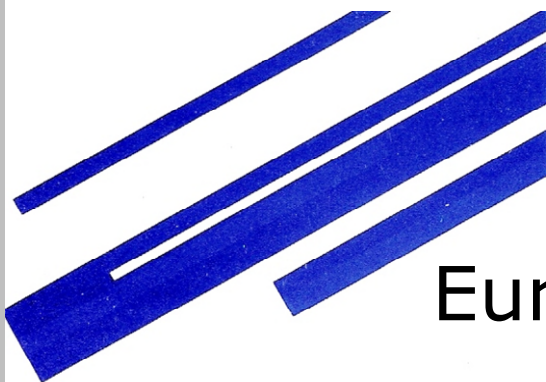
caeEc213

Strut and Tie

Beräkningsprogram för betong konstruktion hög balkar.
Programmet innehåller lastgenerering enligt Ec2.
Resultatet omfattar dimensionerande värden för Krafts
spänningar, armeringersbehov.

Användarmanual

Rev C



Eurocode Software AB

Innehållsförteckning

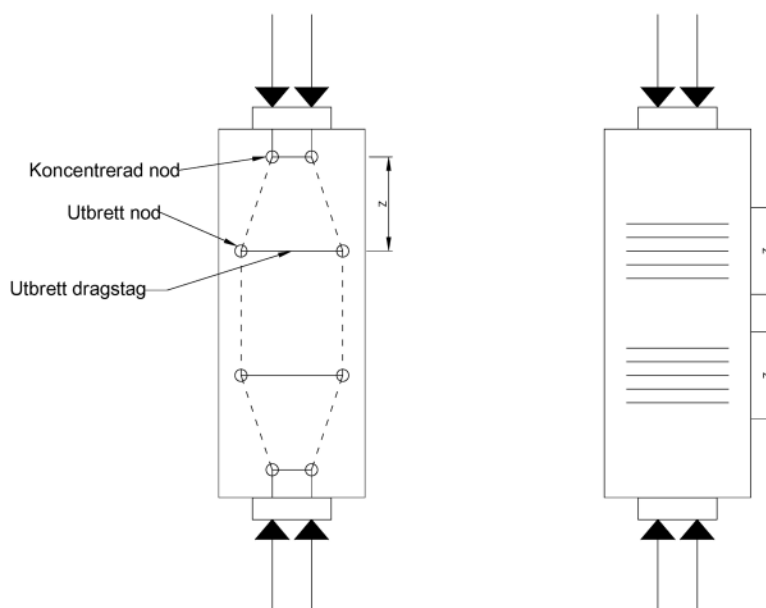
1	Inledning.....	3
1.1	Teknisk beskrivning.	3
1.1.1	Trycksträvor	3
1.1.2	Dragstag	4
1.1.3	Noder.....	4
1.2	Beteckningar.....	6
2	Instruktioner	7
2.1	Toolbar.....	7
2.2	Arkiv.....	8
2.3	Indata	8
2.3.1	Betong & Armering.....	8
2.3.2	Geometri.....	11
2.3.3	Nodkoordinater.....	12
2.3.4	Laster	13
2.3.5	Redigera noder geometri	14
2.4	Resultat	16
2.4.1	Rapport	16
2.5	Hjälp	18
2.5.1	Ärende	18
2.5.1	Licens	19
2.6	Snabbkommandon	19
2.7	Handberäknings exempel (ex1).....	20
2.7.1	Förutsättningar	20
2.7.2	Val av fackverksmodell med hjälp av kraftlinjemetod	21
2.7.3	Dimensionering av fackverkets delar	22
2.7.4	Kontroll av noder	24
2.8	Handberäknings exempel (ex2).....	26
2.8.1	Förutsättningar	26
2.8.2	Kontroll av noder	32
2.8.3	Kontroll av strävor	35

1 Inledning

caeEc213 är ett beräkningsprogram som dimensionera hög balk konstruktion m.h.a fackverksanalogi. Med en enkel hantering av indata erhålls sedermera en mängd beräknad data för vidare analys av ansatt system. Dimensionering innebär att komponenterna i den valda fackverksmodellen gest erforderliga dimensioner med hänsyn till aktuella hållfasthet. Metod för beräkning av armering i områden med plant spänningstillstånd redovisa enligt i EK2. Resultatet omfattar dimensionerande värden för tvärkraft, stödmoment, nodspänningar samt armeringsmängd.

1.1 Teknisk beskrivning.

Generellt kan det tolkas som konstruktioners fördels i två delar, diskontinuitetszoner (D-Zoner) och kontinutetszoner (B-Zoner). Till exempel områden vid upplag, intill koncentrerade laster och områden med plant spänningstillstånd, laster anges att dimensionering får basera på fackverksanalogi i områden där töjningsfördelningen är icke-linjär (D-Zoner). För element som innehåller både zoner bör armering dras genom hela elementets bredd. (bild fig 6.20)



Figur 1 Dimensionering av en utbredd konstruktionsdel med koncentrerad last

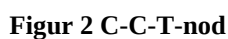
1.1.1 Trycksträvor

Betongs tryckhållfasthet som är specificeras i EK avsnitt 3.1.2. utgår från standardiserad provning (EN 206-1) och anses motsvara ensaxiell tryckhållfasthet. Spännings tillståndet i olika delar av den aktuella konstruktionen kan dock avvika väsentlig från det fälde vid standarprovning. Tvärgående tryckspänningar ger en ökning av tryckhållfastheten medan tvärgående dragspänningar ger en minskning. Den följande reglerna för trycksträvors hållfasthetär förenklade genom att endast två olika spänningstillstånd beaktas på ett schablonartat sätt.

Dragkraften i dragstaget tas upp av armeringsstål som anordnas och förankras i konstruktionsdelen så att det avsedda jämviktssystemet kan utbildas. Armeringen bör ha samma riktning som dragstaget i modellen och tyngdpunkten av en grupp stänger bör ha samma läge som det idealiserade dragstaget i modellen.

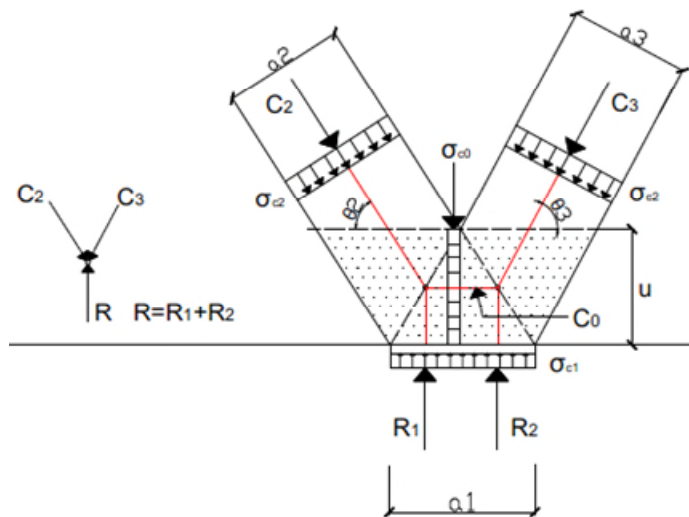
Enligt lasten är reglerna för noder generellt tillämpliga för områden där koncentrerade laster angriper en konstruktion även om inte dimensioneringen baseras på fackversanalogi. Krafter som verka på noden vara i jämvikt.

C-C-T-nod, d.v.s. en trycknod där ett dragstag förankras i en riktning. Genom förankringen uppkommer spjälkspänning i noden vilken ger ett mer komplicerat spänningstillstånd som motiverar en lägre tryckhållfasthet jämför med rena trycknoder. Dragstaget betraktas som ett stag av armerad betong med formell höjd u , dvs. armering med omgivande medverkande betong, se figur nedför.



1.1.3.2 CCC

Via C-C-C-nod har tre trycknod som möts i noden. Bärförmåga hos koncentrerade noder beror på nodens dimensioner och detaljutformning, exempelvis mått hos upplagsdetaljer, förankringsplattor och belastningsplattor.



Figur 3 C-C-C-nod

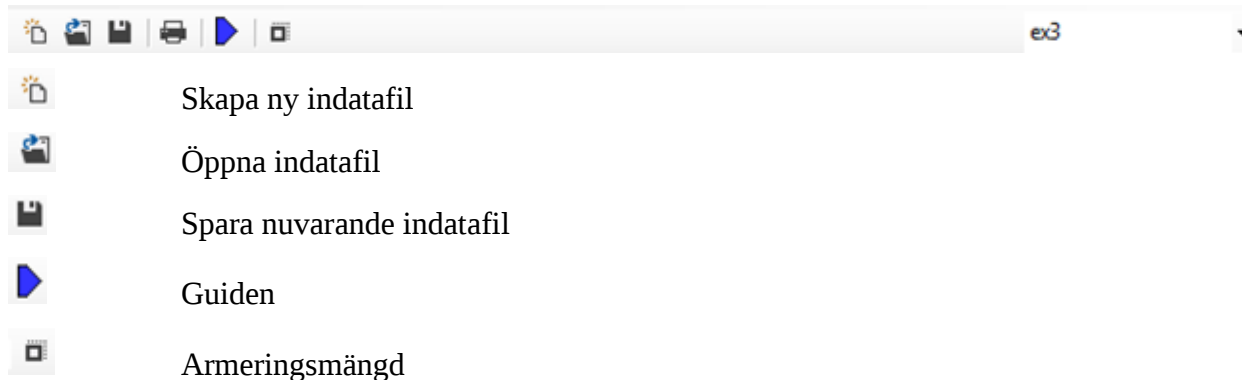
1.2 Beteckningar

Ec2	SS EN 1992-1:2004 Dimensionering av betongkonstruktioner
EKS	Europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)
ULS	Ultimate limit state (brottgränstillstånd)
SLS	Service limit state (bruksgränstillstånd)
E	Lasteffekt
Ed	Dimensionerande värde för lasteffekt
R	Bärförmåga
Rd	Dimensionerande värde för bärförmåga

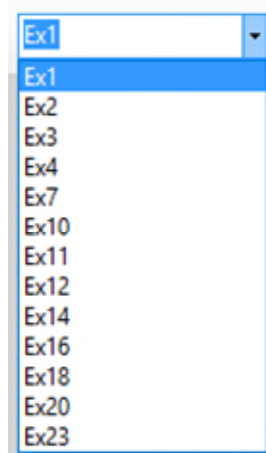
2 Instruktioner

Användbar genomgång av menyraden för att genomföra beräkningar i caeEc213.

2.1 Toolbar

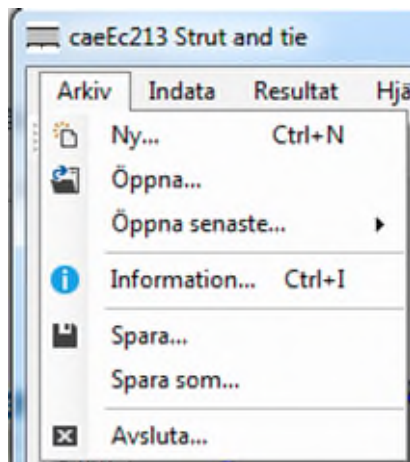


Program är beskriven med antal standar exemplar, vilken kan välja mellan i menylistan.



2.2 Arkiv

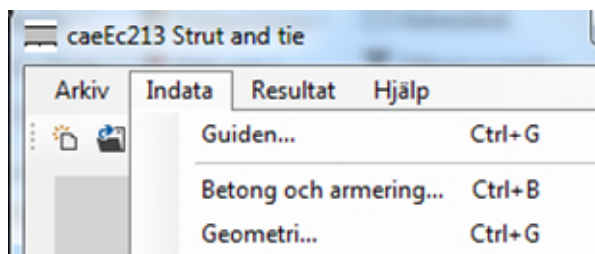
Under *Arkiv/Information* finns möjlighet för inmatning av information gällande projektet, så som *Projekt*, *Position*, *Bilaga* samt *Beskrivning*. Under *Arkiv* finns även verktyg likt, *Spara* och *Öppna*, *Öppna senaste...* finns möjlighet att komma åt senaste indatafilen som du har tidigare har använt.se Figur 4. Dessa funktioner återfinns även i verktygsfältet.



Figur 4. Arkiv

2.3 Indata

Under menyn *Indata* finns möjlighet att ge fullständig indata genom att följa *Guiden*. Här finns även stegen i *Guiden* uppdelat för att lätt ange indata så som *Betong och armering* och *Geometri*.



Figur 5 Indata

2.3.1 Betong & Armering

Använder *Guide* funktion kan du komma åt *föregående* information och ändra indata du gav i tidigare steg. Trycker *nästa* att välja konstruktionens materialegenskaper.

I *Betong & Armering* väljs ut behöriga information om betongklass, täckskikt tjocklek, Max stenstorlek i betongen används vid beräkning av fria avståndet mellan armeringslager. Samt armeringsstorlekar.

Figur 6. Betong & Armering

Betongklass

Användaren anger betongklass enligt Ec2 tabell 3.1.

Std, NA+(Sv)

Användaren kan styra vilka nationella anpassningar som skall gälla vid dimensioneringen i denna version kan användaren välja mellan följande nationella anpassningar:

Std

Standard eurokod

NA+(Sv)

EKS

max fywd

Vid dimensionering av tvärkraftsarmering kan användaren välja vilken maximal sträckgräns som skall gälla för armeringen.

Täckskikt

Programmet tar själv hänsyn till övriga parametrar som behövs för att beräkna täckskikt och minsta avstånd för huvudarmering. För balkar medräknas även skjuvarmering vid beräkning av täckskiktet.

Max stenstorlek

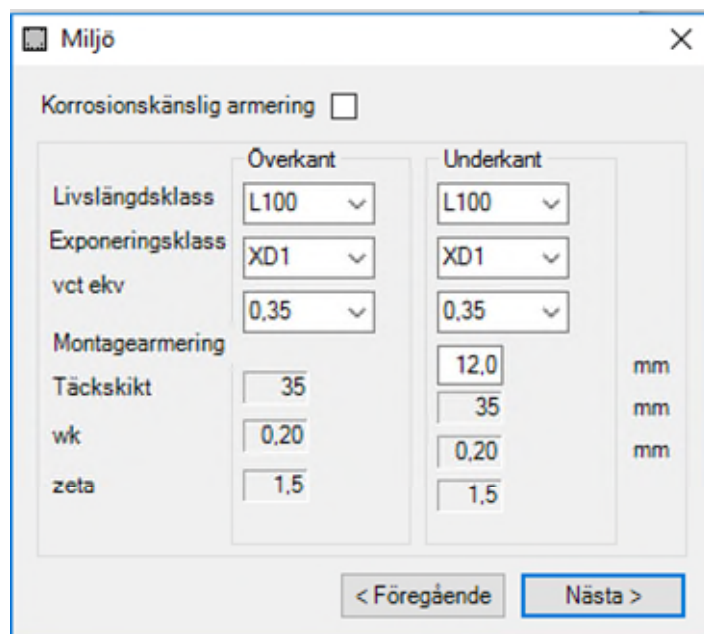
Används vid beräkning av fria avståndet mellan armeringsjärnen i samma lager och i olika lager.

Armering

Här anger användaren armeringstyp och diameter.

2.3.1.1 Miljö

Genom trycka  bredvid *Täckskikt mht korrosion* kan du mata miljön som armeringsjärnen utsätts för, se Figur 7.



Miljö

Korrosionskänslig armering ☐

	Överkant	Underkant	
Livslängdsklass	L100	L100	
Exponeringsklass	XD1	XD1	
vct ekv	0,35	0,35	
Montagearmering			
Täckskikt	35	12,0	mm
wk	0,20	35	mm
zeta	1,5	0,20	mm
		1,5	

< Föregående Nästa >

Figur 7. Miljö

2.3.2 Geometri

I *Geometri* anges balkens geometri se Figur 8. För balkar som har mer än två stöd kan man ge *L1*.

The image shows two identical 'Geometri' dialog boxes side-by-side. Each box has a title bar with a minus sign, the text 'Geometri', and a close button (X). Inside each box, there is a section titled 'Geometri [mm]'. Below this title are five input fields, each with a label to its left: 'h', 'L', 'L1', 't', and 'z'. At the bottom of each box is a button labeled 'Stäng'. The values entered in the fields are as follows:

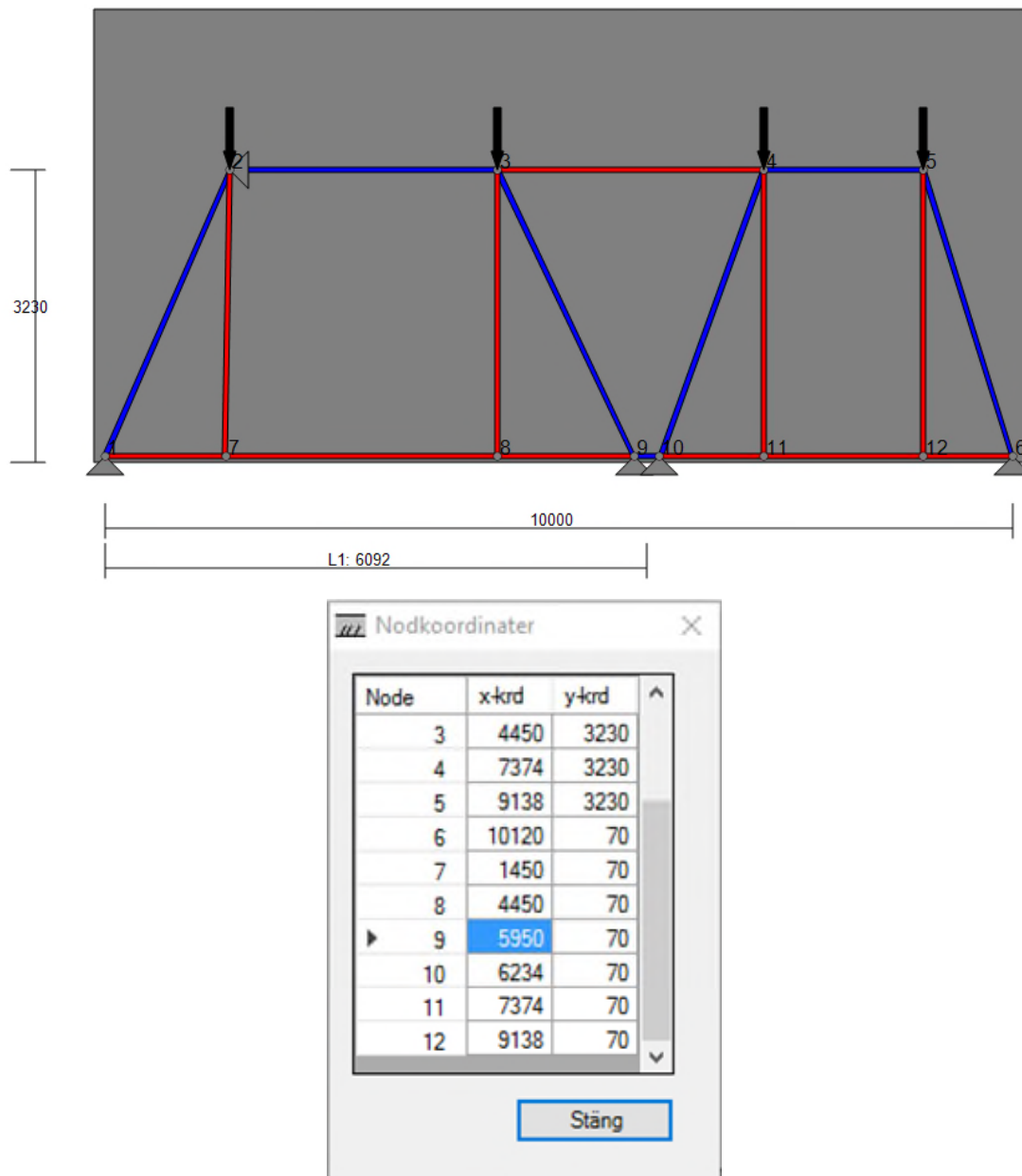
Parameter	Left Dialog Value	Right Dialog Value
h	2000	5000
L	6000	10250
L1	0	6137
t	250	220
z	1760	3230

Figur 8. Geometri

h	Höjd
L	Längd
L1	Avstånd mellan upplagen
t	Balkens/skivans tjocklek
z	Inre hävarm

2.3.3 Nodkoordinater

Funktionen med *Nodkoordinater* kan du redigera modellens nodposition. Se figur nedan.



Figur 9 Nodkoordinater

Nod

Nod nummer

x-krd

x koordination av noden

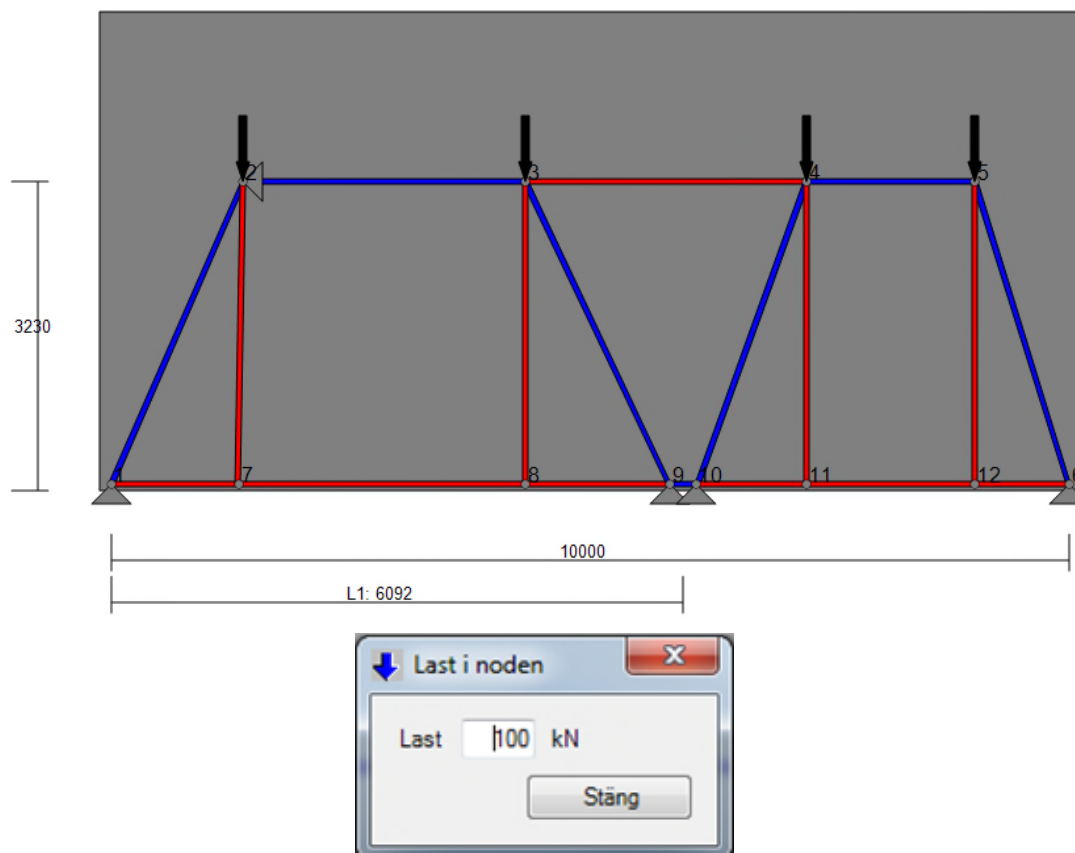
y-krd

y koordination av noden

2.3.4 Laster

2.3.4.1 Noder laster

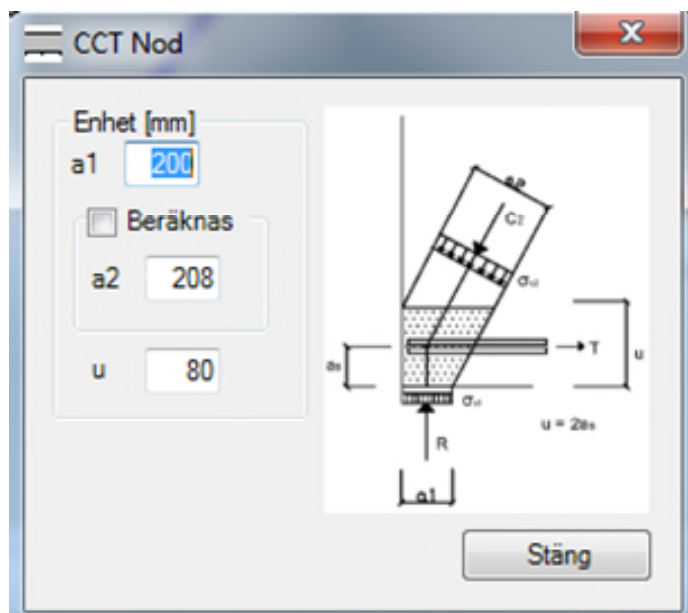
Generera nodlaster genom att hålla musmarkören över enskilda punktlaster pilen och högerklicka, sedan mata in last storlek, se Figur 10.



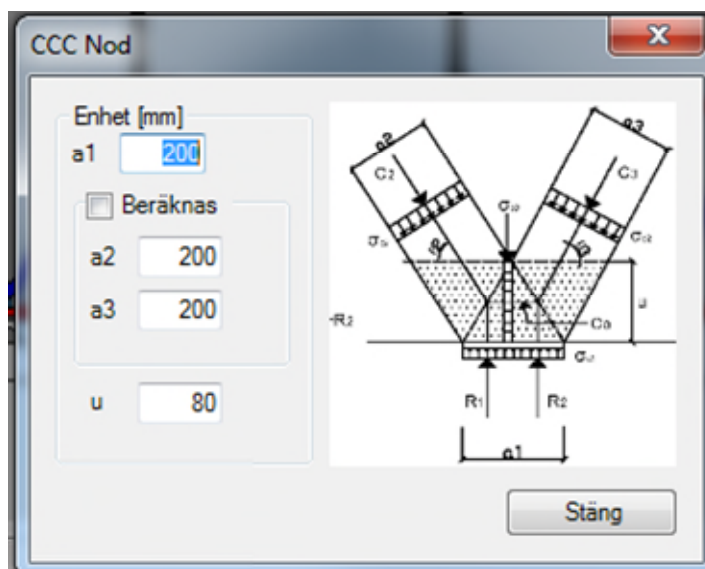
Figur 10. Generera nodlaster

2.3.5 Redigera noder geometri

Ändra nodgeometri genom att hålla musmarkören över upplagsnoder och högerklicka, se Figur 11. Programmet innehåller antal varierande exemplar, delvis strukturer innehåller både CCT och CCC noder.



Figur 11 Generera CCT-nod geometri



Figur 12 Generera CCC-nod geometri

a1

Här ange användare upplagsbredd med enhet i [mm].

a2/a3

Bredden a_2 eller a_3 inom vilken den sneda tryckkraften C_2 eller C_3 verkar på noden. Här kan användare mata in egen spänningsbredd eller markera i ruta "Beräkna" och låt program beräkna fram spänningsbredd som senare redovisa i Rapporten.

$$a_2 = \left(a_1 + \frac{u}{\tan\theta} \right) \sin\theta = a_1 \sin\theta + u \cos\theta$$

$$a_3 = \left(a_1 + \frac{u}{\tan\theta} \right) \sin\theta = a_1 \sin\theta + u \cos\theta$$

a_s

Avstånd mellan nodpunkt och skivans underkant, t.ex.

$$a_s = c_{nom} + \emptyset + \frac{20}{2}$$

Fritt avstånd mellan olika lager är:

$$\text{Max} \{k_1 \cdot \emptyset, d_g + 5\text{mm}, 20\text{ mm}\}$$

Där: $k_1 = 1$ (nationell parameter enligt svensk NA användas rekommendera värde)

s₀

Avstånd från kant till tyngdpunkten hos första armeringslaget.

s

Centrumavstånd mellan armeringslager.

u

Här ska användare mata in dragstaget höjd i

- $u = 0$ För noder med ett lager armering som inte dras fram bakom nodområdet (Schäfer 199a)
- $u = 2s_0$ För noder med ett lager armering som dras fram minst måttet $2s_0$ bakom nodområdet
- $u = 2s_0 + (n - 1)s$ För noder med n armeringslager som drag fram minst måttet $2s_0$ bakom nodområdet

2.4 Resultat

I menyfältet finner du till höger om *Indata* en meny nämnd *Resultat*. Under denna meny erhåller du undermenyer med utdata, så som *Rapport* samt *kopiera till klippbordet*.

Kopiera till klippbordet ger dig möjlighet att kopiera hög balk figur till annat Windows Office programmet.

2.4.1 Rapport

Här erhålls en rapport där indata samt viktiga beräkningsresultat redovisas, se Figur 13.

caeEc213 Strut and tie

Stäng Skrivare Kopiera Page 3

Eurocode Software AB
 Rotevägen 36 433 69 SÄVEDALEN
 Projekt:
 Position:
 caeec213-----Version 2.1.0

Strut and tie

Material-----

SS-EN 1992-1 Dimensionering av betongkonstruktioner-----

Materialparametrar brottstadie-----

Betong	fcd MPa	fctd MPa	Ecd GPa	ecu %
C40/50	26,7	1,67	29,2	3,50

Armering	Beteckning	fi mm	fyd MPa	fsc MPa
ök	K500C-T	16,0	434,8	

Täckskikt (mått i mm)-----

Kant.....	c	c1	cs	co
ök	47	47	37	37

Minimiarmering enligt Ec2 avsnitt 9-7-----

Rutarmering.....As,dmin 250 mm²/m
 Rutarmering största centrumavstånd....Smax 500 mm

Dimensionerande hållfasthet-----

$\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot (1 - f_{ck}/250) \cdot f_{cd}$ 19,0 MPa

Kontroll av strävor Ec2 avsnitt 6-5-2-----

Element nr	Teta grader	NEd kN	As mm ²	σcc MPa
1	53,5	-124,3		-1,3
2	0,0	-73,9		-0,8
3	53,6	-124,3		-1,3
4	0,0	73,9	170	

Kontroll av noder Ec2 avsnitt 6-5-4-----

Node no	t mm	teta grader	Upplagstryck.....		Huvudspänning.....			
			R kN	l mm	σcc MPa	C kN	a mm	σcc MPa
1	250	53,5	100,0	200	2,0	-124,3	208	-2,4
4	250	53,6	100,0	200	2,0	-124,3	208	-2,4

Figur 13. Rapport

2.4.1.1 Miniarmering enligt Ec2 avsnitt 9-7**Rutarmering A_s , d_{min}**

Minsta armerings diameter

Rutarmering största centrumavstånd, s_{max}

En nationell parameter, enligt bilaga NA rekommenderat värde:

$$s_{max} = \min\{2 \cdot t, 300 \text{ mm}\}$$

2.4.1.2 Dimensionerade hållfasthet

$$\sigma_{Rd,max} = 0,85 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{cd}$$

Dimensionerande hållfasthet hos noder med förankrad armering i en riktning

2.4.1.3 Kontroll av strävor Ec avsnitt 6-5-2**Element nr**

Nummering av noder som beräknas i programmet

Teta,grader

vinkel mellan två stävor i varje nod

NEd,kN

Normalkraften

 A_s ,mm²

armerings arean

 σ_{cc} ,MPa

Spänningar i strävor

2.4.1.4 Kontroll av noder Ec2 avsnitt 6-5-4**Nodert nr**

dfgd

t, mm

skivans tjocklek

Teta,grader

vinkel mellan två stävor i varje nod

Upplagstryck**R,kN**

Reaktions kraften på upplaget

l,mm

Förankningslängd

 σ_{cc} ,MPa

Upplagets tryckspänningar

Huvudspänning**C,kN**

Strävors tryckkraft

a,mm

Spränningsbredd

 σ_{cc} ,MPa

huvudspänning

2.5 Hjälp

Under *Hjälp* i menyn finner du en kortare beskrivning *OM* programmet caeEc213 Strut and tie. Information om huruvida beräkningar genomförs samt lastgenerering.

Du kan även skicka ett *Ärende* till Eurocode Software AB som kan gälla felrapport, idé eller någon fråga som uppkommer när du arbetar med caeEc213. Bifoga gärna indatafil vilket ger ett snabbare och bättre svar.

2.5.1 Ärende

För *Ärende* till Eurocode Software AB som kan gälla felrapport, idé eller någon fråga som uppkommer när du arbetar med caeEc213. Bifoga gärna indatafil vilket ger ett snabbare och bättre svar.

Supportärende

nr: 2017-04-10 14:27:17

Program: caeec213

Version: 2.1.3

Email: perjohan.kindlund@telia.com

Typ:

- ☐ Felrapport
- ☐ Idé
- ☒ Fråga

Kommentarer

Kommentar

☐ Bifoga indatafil

Skicka Stäng

Figur 14supportärende

2.5.1 Licens

Det är väldigt enkelt att uppdatera licens till programmet, mata in ditt giltiga kundnummer och sedan trycker på knappen *Uppdatera*. Programmet kommer meddela dig vilka program du har tillgång till och hur länge gäller. För kunderna som hade redan en licens nummer och vill förnya sitt giltiga datum, genom att trycka på knappen *Kontrollera*.

The image shows two overlapping windows from a software application. The background window is titled 'Licens: Licensen är giltig' and contains three sections: 'Kundnummer' with an empty text box, 'Licens' with 'Tom datum' set to '2017-07-31' in a green box, and 'Företagsuppgifter' with fields for 'Företag' (Eurocode Software AB), 'Adress' (Rotevägen 36), and 'Ort' (433 69 and SÄVEDALEN). At the bottom are 'Uppdatera' and 'Stäng' buttons. The foreground window is titled 'Licens ok' and displays an information icon followed by a long list of software modules (Ec101 through Ec712, RanaFackverk, RanaTruss, RanaSagData, trusseexplorer, SWLTruss, ConcreteDesignBridge, ConcreteDesignerBridge) and the date 'till 2017-07-31'. An 'OK' button is at the bottom right.

2.6 Snabbkommandon

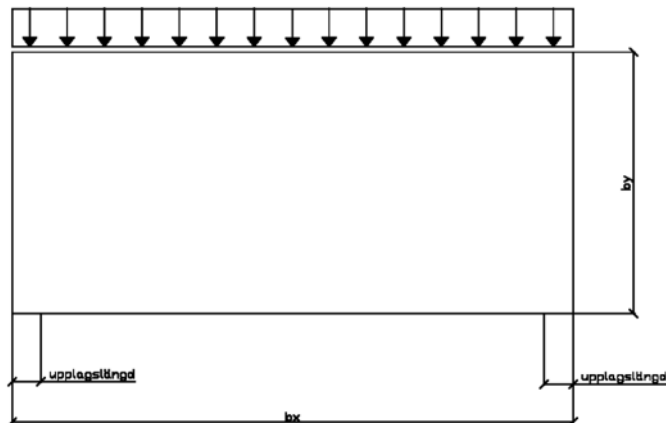
Ctrl+C	kopiera till din klippbordet
Ctrl + N	För att starta ett nytt arbete.
Ctrl + I	Information angående beräkningarna.
Ctrl + G	<i>Guiden</i> öppnas som leder dig genom det indata som krävs för att köra beräkningarna.

2.7 Handberäknings exempel (ex1)

2.7.1 Förutsättningar

2.7.1.1 Grundförutsättningar

Hög balk med mått enligt figur nedför. Jämt utbreddast på skivans överkant (Får antas inkludera effekt av egentygnd). Täckande betongskikt $c_{nom} = 25mm$.



Skivans tjocklek $t = 250\text{ mm}$

Material Betong C30/37

Armeringsstål: B500B

$b_x = 6\text{ m}$

$b_y = 1,85\text{ m}$

2.7.1.2 Dimensionerande hållfastheter i brottgränstillstånd

Dimensionerande hållfastheter enligt EK2, avsnitt 3.1.6 och 3.2.7.

Betong	$f_{ck} = 30\text{ MPa}$	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 20\text{ MPa}$
	$f_{ctk0,05} = 2,0\text{ MPa}$	$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,33\text{ MPa}$
	$f_{ctm} = 2,9\text{ MPa}$	$E_{cm} = 33\text{ GPa}$
Armering	$f_{yk} = 500\text{ MPa}$	$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435\text{ MPa}$
	$E_s = 200\text{ GPa}$	

2.7.1.3 Dimensioneraande lastvärde

Brottgränstillstånd: $q_d = 450\text{ kN/m}$

2.7.2 Val av fackverksmodell med hjälp av kraftlinjemetod

Enligt EK2, avsnitt 5.6.4(5) kan en fackverksmodell ställa upp med hjälp av kraftlinjemetod. Grunderna för tillämpning av fackverksanalogi och kraftlinjemetod.

2.7.2.1 Beräkning av stödaktioner och identifiering av tillhörande laster

Skivan med belastning är symmetriskt anordnad. Stödreaktioner blir

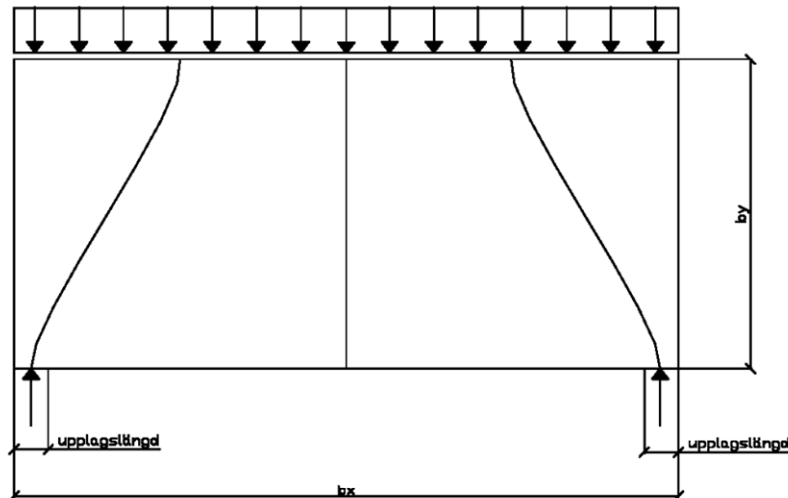
$$R_A = R_B = q_d \cdot \frac{l}{2} = 450 \cdot \frac{6,0}{2} = 1350 \text{ kN}$$

Lastdelar (stnitt där tvärkraften är noll):

$$x_0 = 3,0 \text{ m}$$

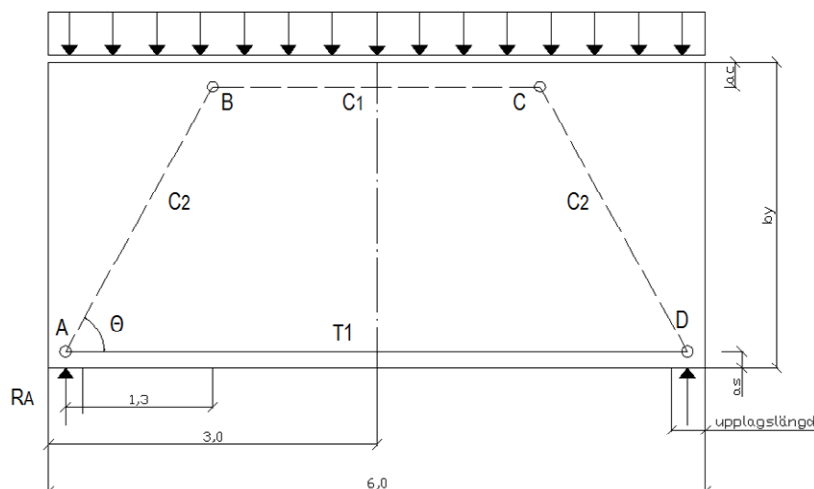
Kraft linjer läggs in så att spänningsfälten simuleras (EK 2 5.6.4(5)). Eftersom den höga balken är relativt låg bör de horisontella tryckkrafterna läggas in utefter den övre kanten så att inre hävarmen blir så stor som möjlig.

2.7.2.2 Inläggning av kraftlinjer



2.7.2.3 Fackverksmodell

Utgående från kraftlinjerna och balanserade sidokrafter konstrueras en fackverksmodell. För att simulera ett linjärelastiskt spänningsfält väljs normalt vinkeln θ mellan sned tryckstäva och dragstag vid upplag till cirka 60° ,



Motsvarande värde på den inre hävarmen blir

$$z = 1,3 \cdot \tan \theta = 1,3 \cdot \tan 60^\circ = 2,25 \text{ m} \quad (>2,0 \text{ m, ej möjligt})$$

2.7.3 Dimensionering av fackverkets delar

2.7.3.1 Preliminärt val av vinkel mellan sned trycksträva och dragstag

Antag att dragstaget ameras med stänger $\phi 16$ mm i tre lager med minsta fria avstånden emellan (EK 2 8.2). Avståndet a_s mellan nodpunkten och skivans underkant blir då

$$a_s = c_{nom} + \phi + 20 + \frac{\phi}{2} = 25 + 16 + 20 + \frac{16}{2} = 69 \text{ mm}$$

Där fritt avstånd mellan olika lager är

$$\text{Max} \{k_1 \cdot \phi, d_g + 5 \text{ mm}, 20 \text{ mm}\} = 20 \text{ mm}$$

Där $k_1 = 1$

$$\text{Dragstagets höjd: } u = 2a_s = 138 \text{ mm}$$

Antag att den horisontella trycksträvan har en tjocklek av 200 mm, dvs.

$$a_c = 100 \text{ mm}$$

Inre hävarmen blir då

$$z = b_y - a_c - a_s = 2,0 - 0,1 - 0,069 = 1,82 \text{ m}$$

Motsvarande vinkel θ blir

$$\theta = \arctan \frac{1,82}{1,3} = 54,6^\circ \quad (>45^\circ \text{ ok})$$

2.7.3.2 Kontroll av vald fackverksmodell

För den valda vinkeln kontrolleras att erforderliga mtt hos dragstag och horisontell trycksträva ryms inom skivan.

Dragkraften T i dragstaget blir

$$T = R_A / \tan \theta = \frac{1350}{\tan 54,6^\circ} = 959 \text{ kN}$$

Erforderlig armering i dragstaget(EK2 6.5.3)

$$A_s = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{959 \cdot 10^3}{435 \cdot 10^6} = 2205 \cdot 10^{-6} m^2$$

$$n = \frac{A_s}{A_{si}} = \frac{2205}{201} = 11,0$$

Högsta antalet strängar som får plats i ett lager (EK2 8.2)

$$n = t - \frac{2 \left(c_{nom} + \frac{\phi}{2} \right)}{20 + \phi} = 250 - \frac{2 \left(25 + \frac{16}{2} \right)}{20 + 16} + 1 = 5,1 \text{ strängar}$$

Där fritt avstånd mellan stänger i samma lager är

$$\text{Max} \{ k_1 \cdot \phi, d_g + 5 \text{ mm}, 20 \text{ mm} \} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Där } k_1 = 1$$

Väljer 3 lager med 4 $\phi 16$ B500B i varje.

Kontroll av horsintell trycksträva(EK2 6.5.2):

Tillåten tryckspänning: $\sigma_{Rd,max} = f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$$C_1 = T = 959 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cc1} = \frac{C_1}{2 \cdot a_c \cdot t} = \frac{959 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,1 \cdot 0,25} = 19,2 \cdot 10^6 \text{ Pa} < \sigma_{Rd,max}$$

Den valda fackverksmodellen är en möjlig modell.

2.7.3.3 Beräkning av övriga krafter i dragstag och strävor

Sned trycksträva

$$C_2 = \frac{R_A}{\sin \theta} = 1350 / \sin 54,6^\circ = 1656 \text{ kN}$$

2.7.3.4 Minimiarmering

Enlig EK 2, avsnitt 9.7, bör höga balkar förse med rutarmering nära vardera ytan med en area av minst

$$A_{s,dbmin} = 0,001 \cdot t = 0,001 \cdot 0,25 = 250 \cdot 10^{-6} m^2/m$$

Dock minst $150 mm^2/m$ i varje riktning och i varje yta.

Detta är en nationella parameter, men enligt NA tillämpas rekommenderat värde, den största centrumavstånd till

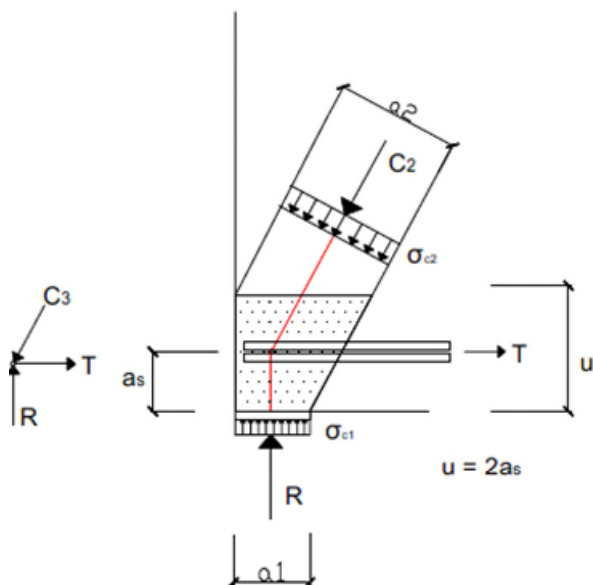
$$s_{max} = \{ 2 \cdot t, 300 \text{ mm} \} = \min \{ 2 \cdot 250, 300 \} = 300 \text{ mm}$$

I det aktuella fallet motsvara minimikravet $\phi 8$ s200 i varje riktning och i varje yta.

2.7.4 Kontroll av noder

Noder dimensioneras enligt EK2, avsnitt 6.5.4. för kontroll av spänningar se kap.1.1.3.

Nod A



$$a_2 = l_A \sin \theta + u \cos \theta = 0,4 \sin 54,6^\circ + 0,138 \cos 54,6^\circ = 0,406 \text{ m}$$

Dimensionerande hållfasthet hos noder med förankrad armering i en riktning:

$$\sigma_{Rd,max} = k_2 v' f_{cd} = 0,85 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd} = 0,85 \left(1 - \frac{30}{250} \right) 20 = 15,0 \text{ MPa}$$

Där $k_2=0,85$ (nationell parameter)

Eftersom armeringen anordnas i flera lager får ovanstående grundvärde ökas med 10 %, (EK2 6.5.4(5)), dvs.

$$\sigma_{Rd,max} = 1,10 \cdot 15,0 = 16,5 \text{ MPa}$$

Upplagstryck:

$$\sigma_{ccA} = \frac{R_A}{l_A \cdot t} = \frac{1350 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 0,25} = 13,5 \cdot 10^6 \text{ Pa} < \sigma_{Rd,max}, \text{ ok}$$

Tryck från sned trycksrtäva:

$$\sigma_{cc2} = \frac{C_2}{a_2 \cdot t} = \frac{1656 \cdot 10^3}{0,406 \cdot 0,25} = 16,3 \cdot 10^6 \text{ Pa} < \sigma_{Rd,max}, \text{ ok}$$

Nod B

Nod B är en korsning emellan en koncentrerad trycksträva C1 och ett utbrett vertikalt spänningsfält. Detta innebär att noden är utbredd och spänningar behöver inte kontrolleras så länge som den horisontella tryckstävans inte överbelastas.

Förankring av dragstag

Principen för förankring av dragstag framgår av EK2, avsnitt 6.5.4(7)

Dimensionerade förankringslängd

Dimensionerade vidhäftningshållfasthet f_{bd} (EK2 8.4.2):

$$f_{bd} = 2,25\eta_1\eta_2f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,33 = 2,99 \text{ MPa}$$

Erforderlig förankringslängd $l_{b,rqd}$ (EK2 8.4.3):

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{0,016}{4} \cdot \frac{398}{2,99} = 0,532 \text{ m}$$

$$\text{Där } \sigma_{sd} = \frac{T}{A_s} = \frac{959 \cdot 10^3}{12 \cdot 201 \cdot 10^{-6}} = 398 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Beräkning av dimensionerande förankringslängd (EK2 8.4.4):

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,916 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,532 = 0,341 \text{ m}$$

Där:

$$\alpha_1 = 1,0 \text{ (rak stång)}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \frac{c_d - \phi}{\phi} = 1 - 0,15 \frac{25 - 16}{16} = 0,916 \text{ (} 0,7 \leq \alpha_2 \leq 1,0 \text{)}$$

$$\alpha_3 = 1,0 \text{ (ingen tvärarmering)}$$

$$\alpha_4 = 1,0 \text{ (ingen påsvetsad armering)}$$

$$\alpha_5 = 1 - 0,04p = 1 - 0,04 \cdot 13,5 = 0,460$$

Där:

$$p = \sigma_{ccA} = 13,5 \text{ MPa}$$

Minsta erforderling förankringslängd

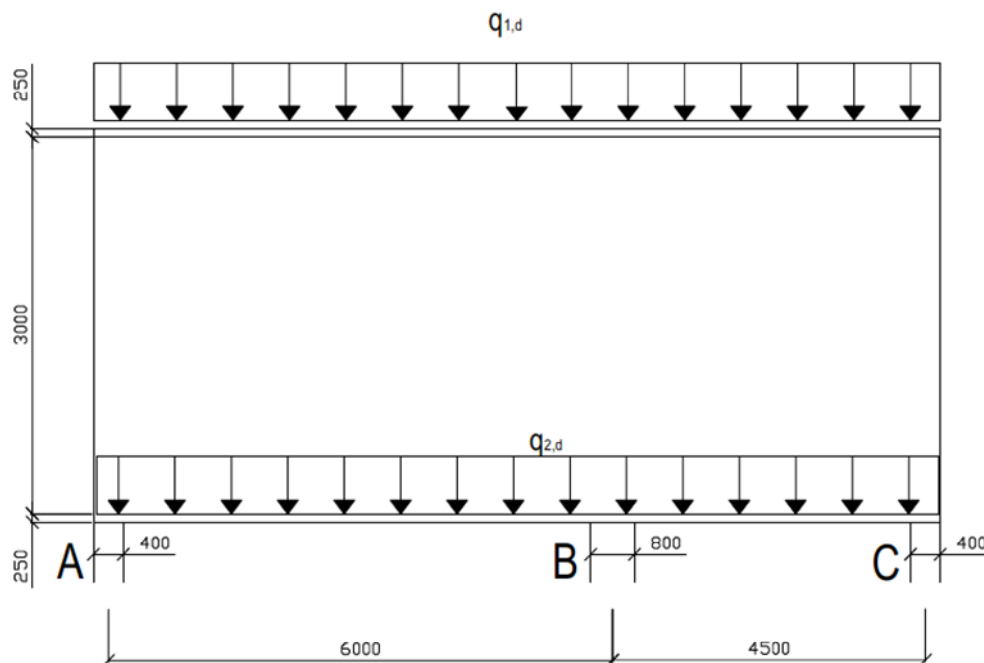
$$l_{b,min} = \max\{0,3 \cdot l_{b,req}, 10 \cdot \phi, 100\text{mm}\} = \max\{0,3 \cdot 532, 10 \cdot 16, 100\text{mm}\} = 160 \text{ mm ok}$$

2.8 Handberäknings exempel (ex2)

2.8.1 Förutsättningar

2.8.1.1 Grundförutsättningar

Hög balk med mått enligt figur nedför. Jämt utbreddast på skivans överkant (Får antas inkludera effekt av egentygnd). Täckande betongskikt $c_{nom} = 25mm$.



Skivans tjocklek $t = 200 \text{ mm}$

Total höjd $h = 3000 \text{ mm}$

Spacing $s = 4,75m$

Material Betong C30/37

Armeringsstål: B500B

2.8.1.2 Dimensionerande hållfastheter i brottgränstillstånd

Dimensionerande hållfastheten enligt EK2, avsnitt 3.1.6 och 3.2.7.

$$\text{Betong} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk0,05} = 2,0 \text{ MPa} \quad f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,33 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa} \quad E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

$$\text{Armering} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

2.8.1.3 Dimensionerande last värde

Egentyngd (betong): $g_{Btg,k} = 0,25 \text{ kN/m}^3$

Nyttiglast (garage): $q_{tot,d} = 2 \text{ kN/m}^2$

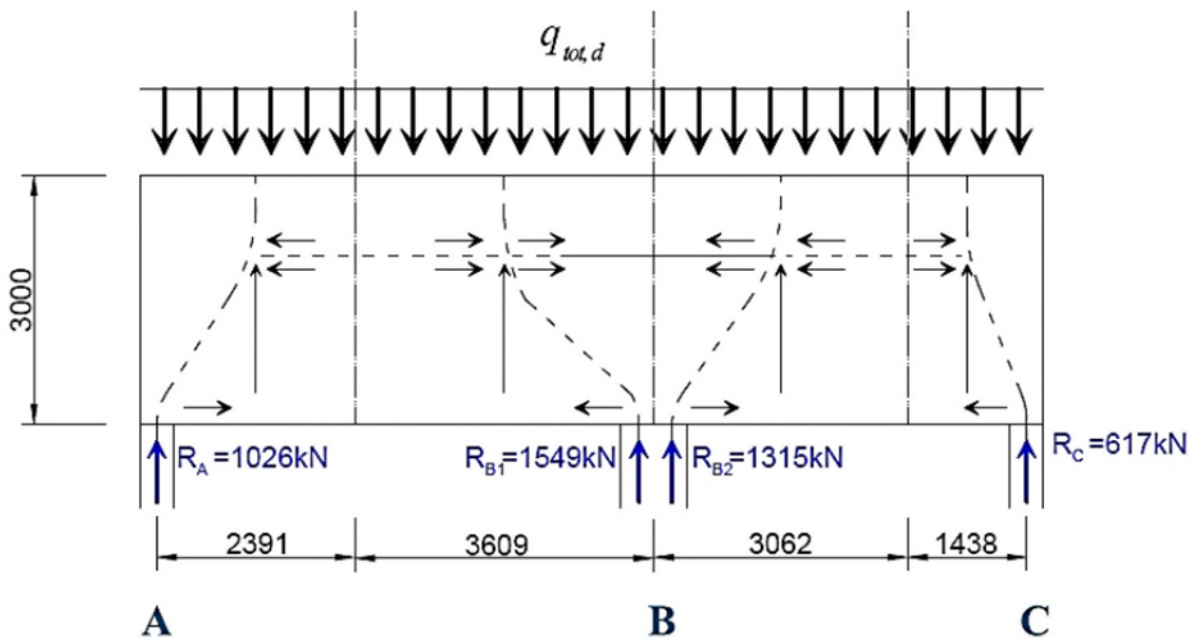
Brottgränstillstånd:

Last underkant:

$$q_{d1} = \gamma \left(1,2 * (h * t_{väggskiva} * g_{btg,k}) + (t_{grundplatta} * s * g_{btg,k}) \right) + 1,5 * q_{garage,k} * s = 67,88 \text{ kN/m}$$

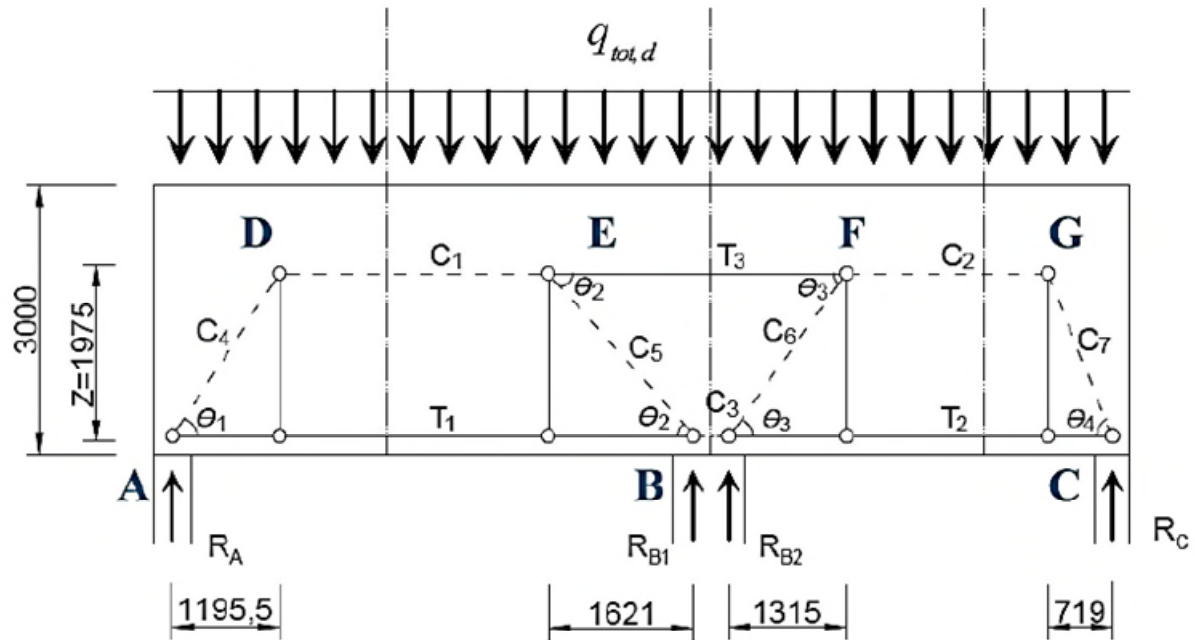
Last överkant: $q_{d2} = 76,1 \text{ kN/m}$

Last Total: $q_{tot,d} = q_{d1} + q_{d2} = 143,98 \text{ kN/m}$



Figur 15 Reaktionskrafter och kraftlinjer

Vinklarna i fackverket ska vara omkring 60° , $45^\circ \leq \theta \leq 70^\circ$



Figur 16 Olika vinklar ska vara omkring 60 grader

Välj $\theta_4 = 70^\circ$

$$Z = \frac{y_{0,2}}{2} \cdot \tan(70^\circ) = \frac{3,609}{2} \cdot \tan(70^\circ) = 1,975\text{m} (< 3\text{m}, \text{ok}) \text{ inre hävarm}$$

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{\frac{Z}{X_{0,1}}}{\frac{2}{2}}\right) = \left(\frac{\frac{1,975}{2,319}}{2}\right) = 58,8^\circ (45^\circ \leq \theta_1 \leq 70^\circ, \text{ok})$$

$$\theta_2 = \arctan\left(\frac{\frac{Z}{X_{0,2}} - \frac{a_B}{2} + \frac{L_{B1}}{2}}{\frac{2}{2}}\right) = \arctan\left(\frac{1,975}{\frac{3,609}{2} - \frac{0,8}{2} + \frac{0,433}{2}}\right) = 50,6^\circ$$

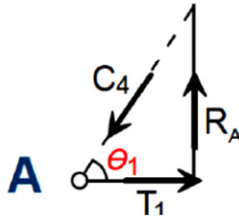
$(45^\circ \leq \theta_1 \leq 70^\circ, \text{ok})$

$$\theta_3 = \arctan\left(\frac{\frac{Z}{Y_{0,1}} - \frac{a_B}{2} + \frac{L_{B2}}{2}}{\frac{2}{2}}\right) = \arctan\left(\frac{1,975}{\frac{3,063}{2} - \frac{0,8}{2} + \frac{0,367}{2}}\right) = 56,3^\circ$$

$(45^\circ \leq \theta_1 \leq 70^\circ, \text{ok})$

2.8.1.4 Beräkna krafter i dragstag och strävor:

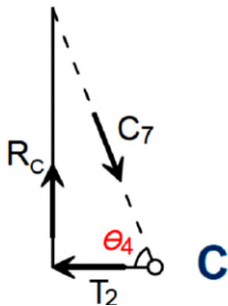
Kraft i dragstag och stävor räknas med hjälp av trianglar och trigonometri

Nod A

$$T_1 = R_A / \tan(\theta_1) = \frac{1026,5}{\tan(58,8^\circ)} = 621,36 \text{ kN}$$

$$C_4 = \frac{R_A}{\sin(\theta_1)} = \frac{1026,5}{\sin(58,8^\circ)} = 1199,94 \text{ kN}$$

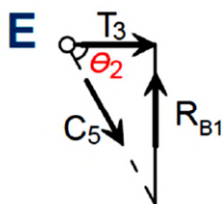
$$C_1 = T_1$$

Nod C

$$T_2 = R_C / \tan(\theta_4) = \frac{617,3}{\tan(70^\circ)} = 224,67 \text{ kN}$$

$$C_7 = \frac{R_C}{\sin(\theta_4)} = \frac{617,3}{\sin(70^\circ)} = 656,88 \text{ kN}$$

$$C_2 = T_2$$

Nod E

$$T_3 = R_C / \tan(\theta_2) - C_1 = \frac{1549.86}{\tan(50.6^\circ)} - 621,36 = 650,93 \text{ kN}$$

$$C_5 = \frac{R_C}{\sin(\theta_2)} = \frac{1549,86}{\sin(50.6^\circ)} = 2005,2 \text{ kN}$$

$$C_3 = T_3$$

Nod B

$$C_6 = \frac{R_{B2}}{\sin(\theta_3)} = \frac{1315,038}{\sin(56,3^\circ)} = 1579,87$$

2.8.1.5 Böjarmingering i dragstagDragstag T_1 :

$$A_{s1} = \frac{T_1}{f_{yd}} = \frac{621,36 * 10^3}{435} = 1429,13 \text{ mm}^2$$

Väljs $\phi 16$

$$n = \frac{A_{s1}}{A_{\phi 16}} = \frac{1429,13}{\pi \cdot 8^2} = 7,11 \sim 8 \text{ Väljs fyra lager med } 2\phi 16$$

Underkant armering spann1: $4 \times 2\phi 16$ (B500B)

$$A_{s1} = 1429 \text{ mm}^2$$

Dragstag T_2 :

$$A_{s2} = \frac{T_2}{f_{yd}} = \frac{224.67 * 10^3}{435} = 516,73 \text{ mm}^2$$

Väljs $\phi 16$

$$n = \frac{A_{s2}}{A_{\phi 16}} = \frac{516,73}{\pi \cdot 8^2} = 2.57 \sim 3 \text{ Väljs } 3\phi 16$$

Underkant armering spann2: $3\phi 16$ (B500B)

$$A_{s2} = 516,73 \text{ mm}^2$$

Dragstag T_3 :

$$A_{s3} = \frac{T_3}{f_{yd}} = \frac{650,93 \cdot 10^3}{435} = 1497,14 \text{ mm}^2$$

Väljs $\phi 16$

$$n = \frac{A_{s2}}{A_{\phi 16}} = \frac{1497,14}{\pi \cdot 8^2} = 7,43 \sim 8 \text{ Väljs fyra lager med } 2\phi 16$$

Överkant armering stöd B: $4 \times 2\phi 16$ (B500B)

$$A_{s3} = 1497,14 \text{ mm}^2$$

2.8.1.6 Miniarmering

Enligt EK en hög balk skall armeras med rutarmering på vardera sidan med armeringsmängd av minst

$$A_{s,dbmin} = 0,001 \cdot t = 0,001 \cdot 200 = 200 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ dock } A_{s,min} > 150 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \text{ok}$$

$$s - \text{avstånd} = \frac{A_{\phi 16} \cdot 100}{A_{s,dbmin}} = \frac{4^2 \cdot \pi \cdot 1000}{200} = 251 \text{ mm} \sim 250 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min\{2t, 300 \text{ mm}\} = \{400, 300\} = 300 \text{ mm} \text{ centrumavståndet får vara max } 300 \text{ mm}$$

$$s - \text{avstånd} = 250 \text{ mm} < 300 \text{ mm}, \text{ ok}$$

2.8.1.7 Upphängningsarmering

Upphängningsarmering erfordras om minimiarmering inte tar upp alla laster i underkant.

$$A_{s,upphängning} = \frac{q_{d.1}}{f_{yd}} = \frac{67,88 \cdot 10^3}{435} = 156 \text{ mm}^2/\text{m} < (A_{s,dbmin} = 200 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Upphängningsarmering behövs inte, men min arm. Måste utformas som upphängningsarmering.

2.8.2 Kontroll av noder

Noder A, B och C är koncentrerade noder som kan vara kritiska och innehåller armeringsstänger som är helt eller delvis förankrat i noden, därför bör kontrolleras.

Däremot noderna D,E F och G är utbredda noder och kan aldrig blir kritiska.

Nod A:

Armering placeras i fyra lager två stränger i varje lager ($4 \times 2\phi 16$) med minsta täckande betongskikt $c_{nom} = 10 + \phi = 26mm$.

Villkor: $\sigma_{cCA}, \sigma_{cc4} \leq \sigma_{Rd,max}$

$$\sigma_{Rd,max} = k_2 \cdot v \cdot f_{cd} \quad v = 1 - \frac{f_{ck}}{250}, \quad k_2 = 0,85$$

$$\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 = 14,96MPa$$

Avstånd mellan nodpunkt och skivans underkant = b

Fria avstånden mellan armeringsstänger är $\max\{k_1 \cdot \phi, dg + 5,20\} = 20mm$

$$b = c_{nom} + \left(\frac{n}{4} \cdot \phi\right) + 2,5 \cdot 20 = 26 + \left(\frac{8}{4} \cdot 16\right) + 2,5 \cdot 20 = 108mm$$

Dragstaget höjd i spann 1: $u_1 = 2b = 2 \cdot 108 = 216mm$

$$\alpha_4 = a_A \cdot \sin\theta_1 + u_1 \cdot \cos\theta_1 = 400 \cdot \sin(58,8) + 216 \cdot \cos(58,8) = 454,04mm$$

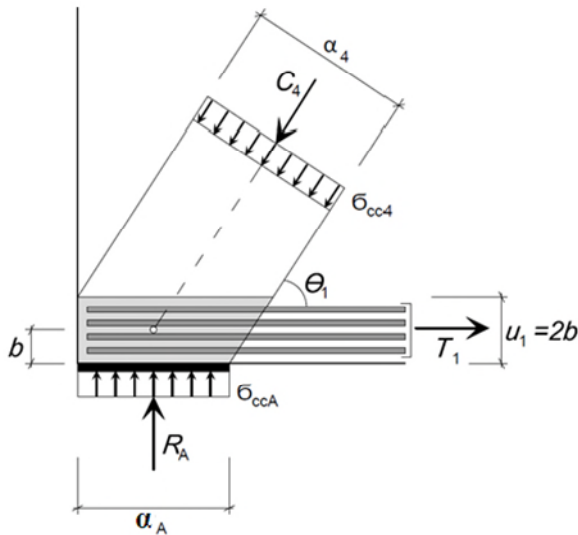


Figure 17 Nod A

$$\sigma_{cc4} = \frac{C_4}{\alpha_4 \cdot t} = \frac{1199,94 \cdot 10^3}{454,04 \cdot 200} = 13,214 MPa$$

Sned tryckstäva C_4

$$\sigma_{cCA} = \frac{R_A}{\alpha_A \cdot t} = \frac{1026,5344 \cdot 10^3}{400 \cdot 200} = 12,832 MPa$$

Upplagstryck (A)

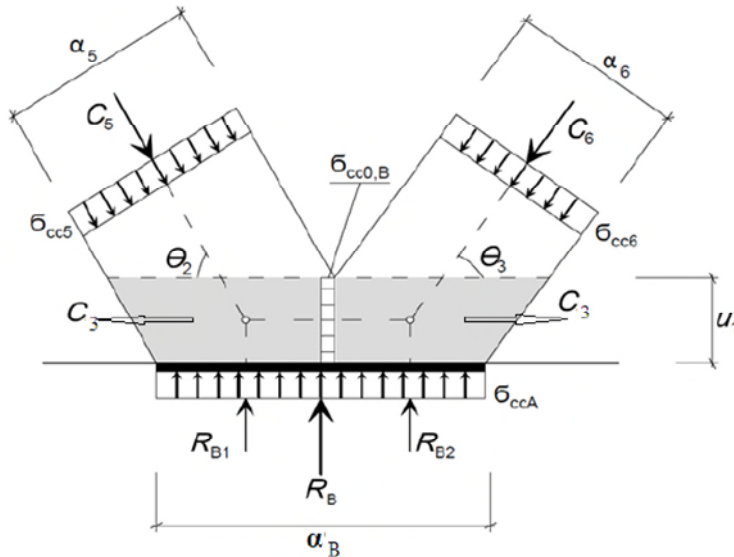
$$[\sigma_{cCA} = 12,832MPa; \sigma_{cc4} = 13,214MPa] \leq [\sigma_{Rd,max} = 14,960MPa] \rightarrow ok$$

Nod B:

$$\text{Villkor: } \sigma_{cc0,B}, \sigma_{ccB}, \sigma_{cc5}, \sigma_{cc6} \leq \sigma_{Rd,max}$$

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 \cdot v \cdot f_{cd} \quad v = 1 - \frac{f_{ck}}{250}, \quad k_2 = 1,0$$

$$\sigma_{Rd,max} = 1,0 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 = 17,6 \text{ MPa}$$

**Figur 18 Nod B**

Tryckkraft i överkant $T_3 = \text{Dragkraft i underkant } C_3$

$$\sigma_{cc0,B} = \frac{C_3}{u_1 \cdot t} = \frac{650,93 \cdot 10^3}{216 \cdot 200} = 15,068 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Huvudspänning i nod B}$$

$$\sigma_{ccA} = \frac{R_B}{a_B \cdot t} = \frac{2864,9 \cdot 10^3}{800 \cdot 200} = 17,419 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Upplagstryck (B)}$$

$$\alpha_5 = a_B \cdot \sin \theta_2 = 800 \cdot \sin(50,6) = 618,34 \text{ mm}$$

$$\sigma_{cc5} = \frac{C_5}{\alpha_5 \cdot t} = \frac{2005,2 \cdot 10^3}{618,34 \cdot 200} = 16,214 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Sned tryckstäva } C_5$$

$$\alpha_6 = a_B \cdot \sin \theta_3 = 800 \cdot \sin(56,3) = 665,896 \text{ mm}$$

$$\sigma_{cc6} = \frac{C_6}{\alpha_6 \cdot t} = \frac{1579,87 \cdot 10^3}{665,896 \cdot 200} = 11,863 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Sned tryckstäva } C_6$$

$$[\sigma_{cc0,B} = 15,068 \text{ MPa}; \sigma_{ccB} = 17,419 \text{ MPa}; \sigma_{cc5} = 16,214 \text{ MPa}; \sigma_{cc6} = 11,863 \text{ MPa}] \leq [\sigma_{Rd,max} = 14,960 \text{ MPa}] \rightarrow \text{ok}$$

Nod C:

Armering placeras i ett lager med tre armeringsstänger (3 ϕ 16) med minsta täckande betongskikt
 $c_{nom} = 10 + \phi = 26mm$

Villkor: $\sigma_{ccC}, \sigma_{cc7} \leq \sigma_{Rd,max}$

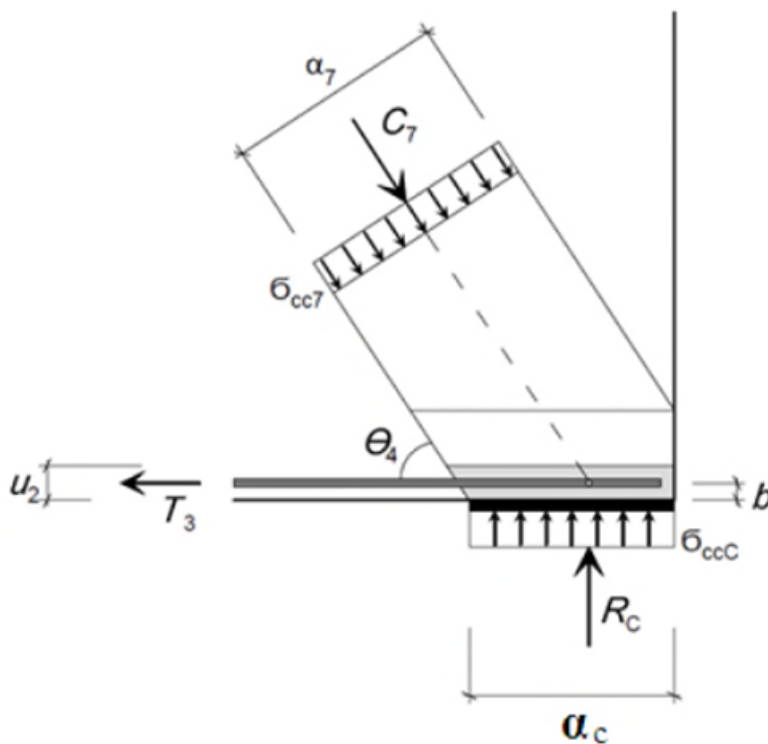
$$\sigma_{Rd,max} = k_2 \cdot v \cdot f_{cd} \quad v = 1 - \frac{f_{ck}}{250}, \quad k_2 = 0,85$$

$$\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 = 14,96MPa$$

Avstånd mellan nodpunkt och skivans underkant = b

$$b = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 26 + \frac{16}{2} = 34mm$$

Dragstaget höjd i spann 2: $u_2 = 2b = 2 \cdot 34 = 68mm \rightarrow$ ett lager armering $u = 0$



Figur 19 Nod C

Tryckkraft i överkant $T_3 =$ Dragkraft i underkant C_3

$$\sigma_{ccC} = \frac{R_c}{a_c \cdot t} = \frac{617,263 \cdot 10^3}{400 \cdot 200} = 7,715 MPa \quad \rightarrow \text{Upplagstryck (C)}$$

$$\alpha_7 = a_c \cdot \sin\theta_4 + u \cdot \cos\theta_4 = 400 \cdot \sin(70) + 0 \cdot \cos(70) = 375,877mm$$

$$\sigma_{cc7} = \frac{C_7}{\alpha_7 \cdot t} = \frac{656,88 \cdot 10^3}{375,877 \cdot 200} = 8,73MPa \quad \rightarrow \text{Sned trycksträva } C_7$$

$$[\sigma_{ccC} = 7,715MPa; \sigma_{cc7} = 8,73MPa] \leq [\sigma_{Rd,max} = 14,960MPa] \rightarrow ok$$

2.8.3 Kontroll av strävor

Trycksträva C_1

Villkor: $\sigma_{cc1} < \sigma_{Rd,max}$

$$\sigma_{Rd,max} = f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$$

Trycksträvans tjocklek $\geq u_1$ för spann 1 och u_2 för spann 2.

Trycksträvan tjocklek = 216 mm

$$\sigma_{cc1} = \frac{C_1}{\text{trycksträvans tjocklek} \cdot t} = \frac{621,3 \cdot 10^3}{216 \cdot 200} = 14,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cc1} = 14,4 \text{ MPa} < \sigma_{Rd,max} = 16,67 \text{ MPa} \rightarrow \text{ok}$$

Trycksträva C_2

Villkor: $\sigma_{cc1} < \sigma_{Rd,max}$

$$\sigma_{Rd,max} = f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$$

Trycksträvans tjocklek $\geq u_1$ för spann 1 och u_2 för spann 2.

Trycksträvan tjocklek = 68 mm

$$\sigma_{cc1} = \frac{C_2}{\text{trycksträvans tjocklek} \cdot t} = \frac{224,67 \cdot 10^3}{68 \cdot 200} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cc2} = 16,5 \text{ MPa} < \sigma_{Rd,max} = 16,67 \text{ MPa} \rightarrow \text{ok}$$