

Användning av Autodesk Robot Structural Analysis för dimensionering av betongkonstruktioner

Linda Sipola

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Linda Sipola
Utbildning och ort: Byggnadsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Konstruktionsteknik
Handledare: Allan Andersson

Titel: Användning av Autodesk Robot Structural Analysis för dimensionering av betongkonstruktioner

Datum 18.4.2017 Sidantal 32

Bilagor 6

Abstrakt

Detta examensarbete behandlar programmet Robot Structural Analysis, hur man använder det och hur man tolkar resultaten. Syftet var att ta fram resultat ur programmet och jämföra dem med handberäkningar.

Examensarbetet har endast tagit upp en betongbalk och en betongplatta. Arbetet utfördes genom prövning i programmet och handberäkningarna med Microsoft Excel. Arbetet innehåller även korta manualer om hur man använder Robot Structural Analysis.

Språk: svenska

Nyckelord: Robot Structural Analysis, betong

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Linda Sipola
Koulutus ja paikkakunta:	Rakennustekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Rakennesuunnittelu
Ohjaaja:	Allan Andersson

Nimike: Autodesk Robot Structural Analysisin käyttö betonirakenteiden mitoituksessa

Päivämäärä 18.4.2017 Sivumäärä 32

Liitteet 6

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö koskee Robot Structural Analysisia, miten sitä käytetään ja miten tulkitaan tulokset. Tarkoitus on tuoda esille tulokset ja vertailla niitä käsin laskettuihin tuloksiin.

Opinnäytetyössä on valittu kertoa vain betonipalkista ja betonilaatasta. Työ suoritettiin kokeilemalla ja laskemalla Microsoft Excelin taulukkojen avulla. Opinnäytetyössä on myös pikaohjeita palkin ja laatan tekemiseen.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: Robot Structural Analysis, betoni

BACHELOR'S THESIS

Author: Linda Sipola
Degree Programme: Construction Engineering, Vaasa
Specialization: Structural engineering
Supervisor: Allan Andersson

Title: How to Use Autodesk Robot Structural Analysis When Dimensioning Concrete Structures

Date April 18, 2017 Number of pages 32

Appendices 6

Abstract

This Bachelor's thesis examines the program Robot Structural Analysis, how to use it and how to read the results. The purpose is to bring forward the results and compare them to calculations made by hand.

The Bachelor's thesis only brings up an example of a concrete beam and a concrete plate. This has been done by measuring in the program and by calculating with Microsoft Excel tables. There are also short manuals written how to create a beam and a plate using Robot Structural Analysis.

Language: swedish

Key words: Robot Structural Analysis, concrete

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Mål och syfte.....	1
1.3	Avgränsningar	1
1.4	Terminologi	2
2	Teoretisk bakgrund	2
2.1	Betongbalkar och plattor.....	2
2.2	Användningen av Robot Structural Analysis	2
2.2.1	Balk i Robot Structural Analysis	3
2.2.2	Platta i Robot Structural Analysis	13
3	Beräkningar	16
3.1	Balkens beräkningar i Robot.....	16
3.2	Plattans beräkningar i Robot.....	22
3.3	Jämförelseberäkningar.....	25
4	Resultatens jämförelse.....	26
4.1	Resultatens jämförelse.....	26
4.2	Slutsats	30
5	Diskussion.....	30
6	Källförteckning.....	32

Bilagor

Bilaga 1	Teckenlista med förklaringar till symbolerna.
Bilaga 2	Betongbalkens jämförelseberäkningar
Bilaga 3	Betongplattans jämförelseberäkningar
Bilaga 4	Betongbalkens armeringsritningar ur Robot Structural Analysis
Bilaga 5	Betongplattans armeringsritningar ur Robot Structural Analysis
Bilaga 6	Svar från Autodesk

1 Inledning

Robot Structural Analysis är ett Autodesk program som man använder till att analysera konstruktioner i olika material och förhållanden. Man kan även jobba mellan till exempel programmen AutoCad och Tekla Structures, eftersom de är gjorda att kunna överföra data sinns emellan.

Programmet används mest av större företag, då de har resurser att lägga på inläringen av programmet. Detta slutarbete, som har exempel på tillvägagångssätt, hjälp med tolkningen av resultat och skillnader mellan handberäkningar och programmets beräkningar, ger en bättre uppfattning om hur programmet fungerar.

1.1 Bakgrund

Det var under min företagsförlagda utbildning, som utfördes på en ingenjörbyrå i Borgå hösten 2016, som jag fick idén till mitt examensarbete. Jag jobbade mycket med programmet Robot Structural Analysis och fick ofta frågan vad programmet baserade sina resultat på, vilken teori som har använts och hur pålitliga resultaten var. Ingen på ingenjörbyrån hade jobbat med programmet tidigare och då beslöt jag mig för att göra detta som mitt examensarbete.

Ingenjörbyrån hade mest projekt i betong, därav kommer detta examensarbete behandla betongkonstruktioner.

1.2 Mål och syfte

Målet med detta examensarbete var att enkelt och kort förklara hur man använder Robot Structural Analysis, hur pålitliga resultaten är och skillnaderna mellan Robots beräkningar och handberäkningar.

Syftet med detta examensarbete var att företagare ska börja använda Robot Structural Analysis mera då de nu får hjälp med tolkning av resultat och resultatens trovärdighet.

1.3 Avgränsningar

Jag har valt att i detta examensarbete fokusera på betongplattor och -balkar. Det är bland de lättare delarna av programmet att förstå sig på och därför en lämplig grund att bygga på.

1.4 Terminologi

En teckenlista som förklarar vad symboler och bokstäver betyder i formlerna, som använts vid beräkningarna för balken och för plattan, finns som bilaga ett. (SFS-EN 1992-1-1 + AC)

2 Teoretisk bakgrund

Här berättas kort om betongbalkar och betongplattor, både teori och hur man gör i programmet Robot Structural Analysis.

2.1 Betongbalkar och plattor

Principer då man dimensionerar en balk är att uppskatta effektiva höjden, kolla att förhållandet mellan balkhöjd och bredd är ungefär $h \approx 2 \cdot b$ och att få ett lämpligt värde för β , som för balkar helst ska vara mellan 0,15...0,32. Täcksikt till byglarna ska vara minst 25 mm och kan behöva ökas på grund av exponeringsklass, brandklass, huvudstålsdiameter och max kornstorlek. Man ska även kontrollera att stålen ryms i tvärsnittet. Man kollar minimiarmeringsvillkoret ifall β -värden är små.

Då man dimensionerar en platta beräknas huvudstålen på samma vis som för balkar, alltså med balkteorins formler. Man beräknar då en strimla av plattan med bredden 1m. Sedan uppskattar man plattans effektiva höjd och β -värdet, som för plattor är 0,08...0,15. Man kollar även huvudstålens minimiarmering och minimivärdet för fördelningsarmeringen. Centrumavstånd som är lämpliga att använda är 150, 200, 250 och 300.

När dessa grundprinciper är gjorda för både balkar och plattor kan man fortsätta att dimensionera mot böjstyvhet, sprickkapacitet, långtidsdeformationer, nedböjning, spänningar och sprickning. (Leskelä, M. V. (2005).)

2.2 Användningen av Robot Structural Analysis

Att använda Robot Structural Analysis kan vara knepigt då det finns flera olika sätt att beräkna samma sak. Att veta vilket sätt man skall använda när. Fastän detta examensarbete fokuserar på balkar och plattor, är en del av stegen lika för andra konstruktioner i Robot.

Här är skrivet korta anvisningar till hur man modellerar och beräknar en balk och en platta i programmet.

2.2.1 Balk i Robot Structural Analysis

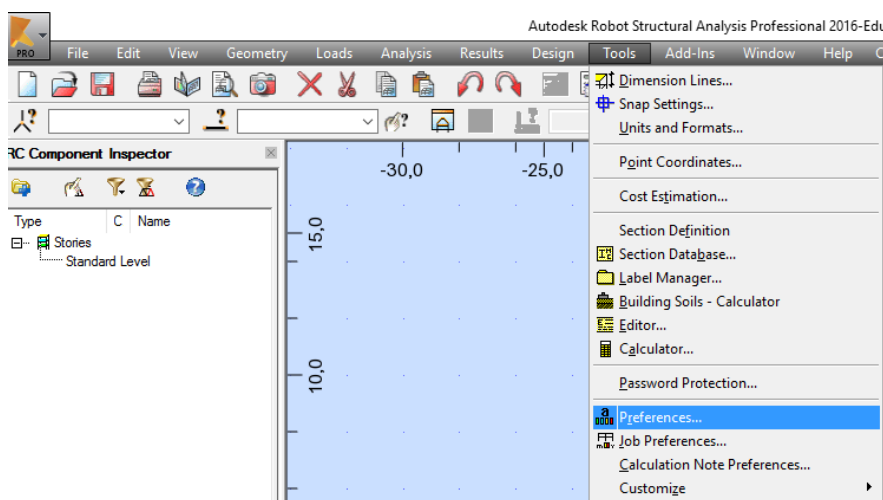
Som det nämndes tidigare finns det olika sätt att göra samma sak i Robot och här är två sätt för att dimensionera en balk.

Första sättet man kan göra en balk på är med RC Members metoden. Då börjar man med att välja 2D-modellering. Se figur 1.

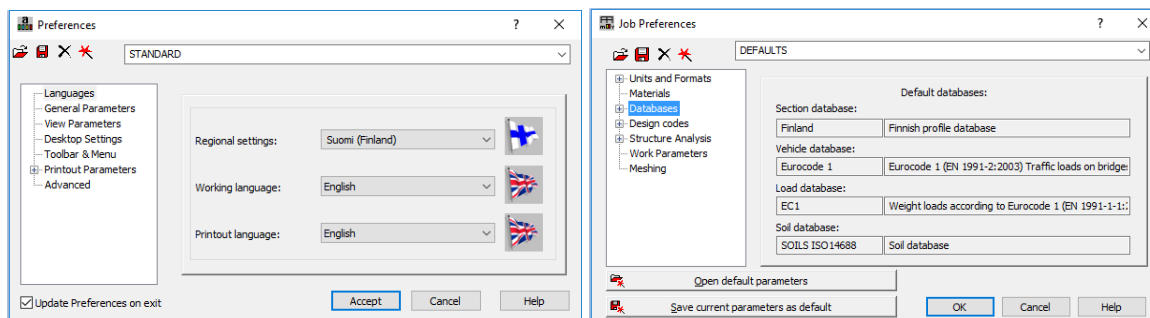


Figur 1. Bild på vilken projekttyp man ska välja då man börjar dimensionera balken.

Efter detta fortsätter man med att kolla inställningarna om rätt lands normer följs och material. Se figur 2 och 3.

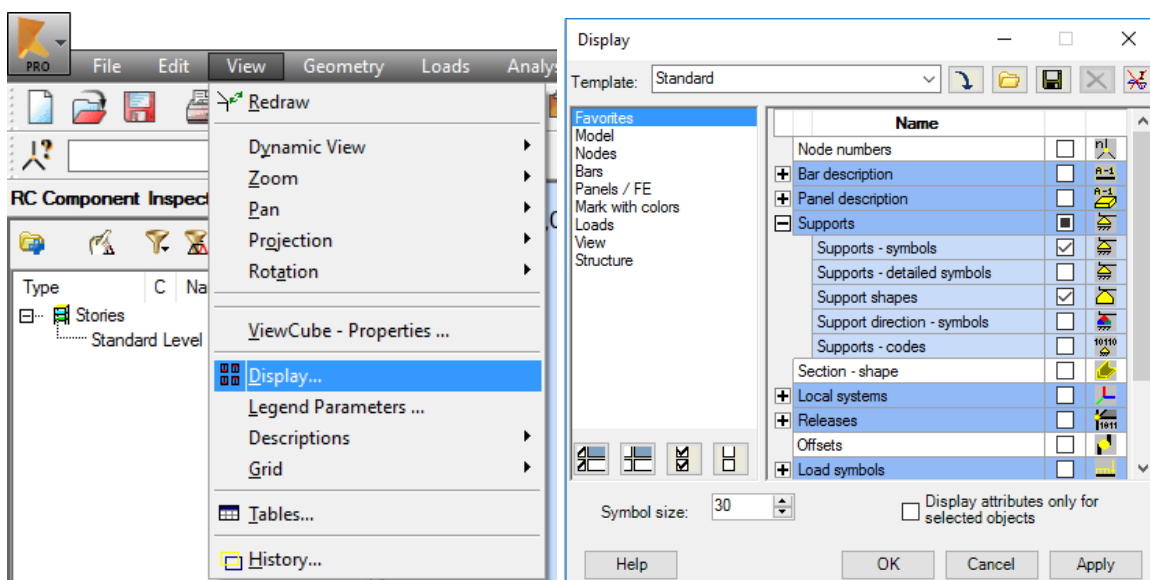


Figur 2. Bild på var man hittar inställningarna. Man ska gå in på både Preferences och Job Preferences.



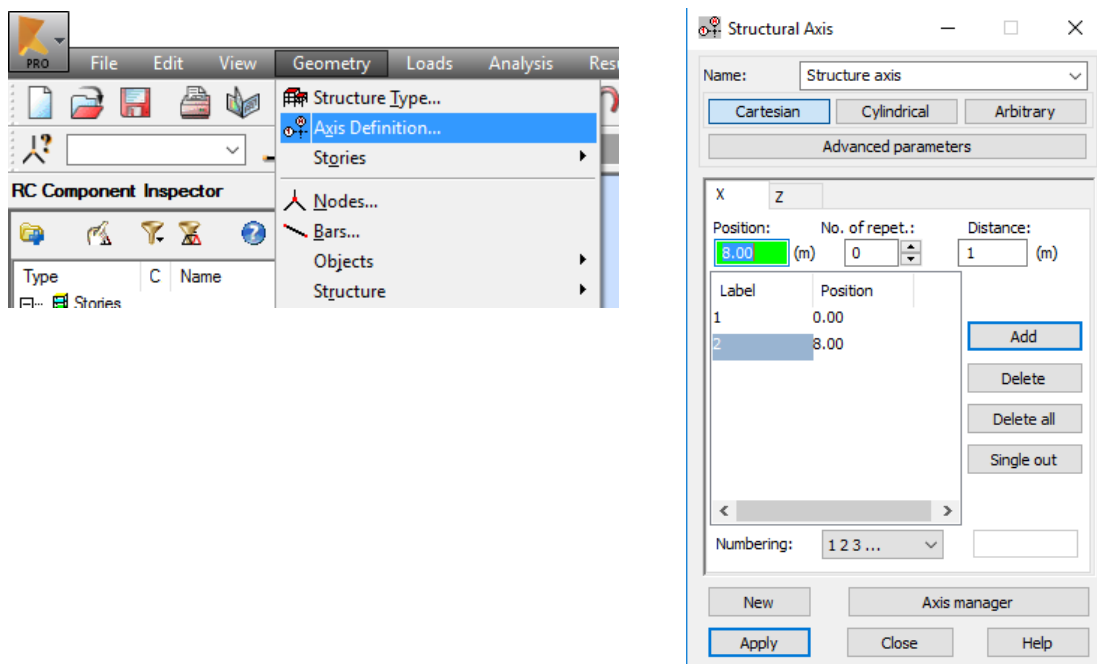
Figur 3. Bild på båda rutorna för Preferences och Job Preferences.

Från menyraden hittar man View och då man väljer Display får man en ruta upp var man kan välja vilka alla funktioner som ska visas. Man kan när som helst gå in där och ändra. Se figur 4.



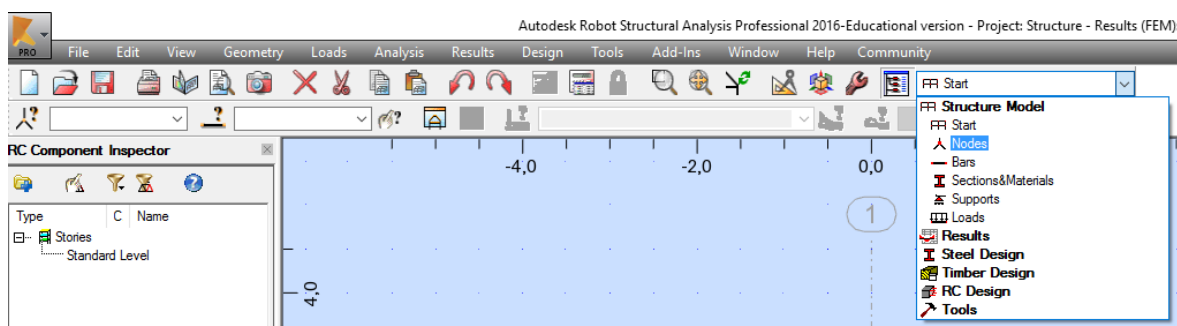
Figur 4. Bild på hur man hittar Display och bild på rutan Display.

Då man valt rätt inställningar börjar man med att skapa ett modulnät. Modulnätet skapar man genom att gå in på Geometry från menyraden och väljer Axis Definition. Modulnätet skapar man för att förenkla modellerandet. Modellerande förenklas på så sätt att man kommer ha färdiga punkter vart man kan fästa noder utan att behöva fundera på avståndet mellan noderna. Se figur 5. Nu kommer man ha ett eller flera sträck i rutan som är modulnätet och man måste lägga till noder, som är fästningspunkter, där man vill att balken ska vara.



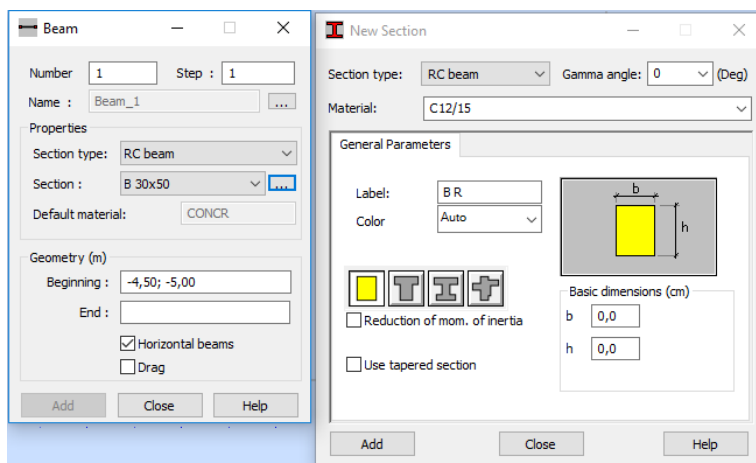
Figur 5. Bild på hur man hittar Axis Definition och bild på hur rutan Structural Axis ser ut.

Noderna lägger man till genom att gå till den neddragbara menyn och går in på Nodes. Sedan trycker man in noderna där man vill att balken börjar och slutar. Se figur 6.



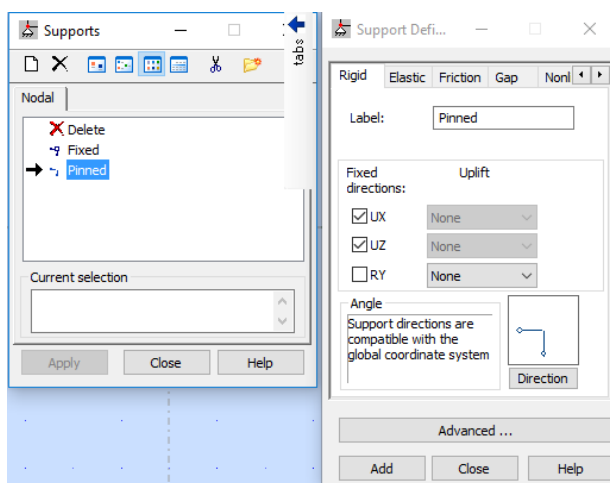
Figur 6. Bild på hur man hittar Nodes.

Nu kan man skapa sin balk. Man väljer först i den neddragbara menyn Start. Efter det går man in på Geometry, samma väg som för Axis Definition, men väljer Beams denna gång. Man får upp en ruta var man ska bestämma hurudan balk man vill ha. Ibland måste man skapa en ny balkstorlek om inte den man vill ha finns inprogrammerad. Det gör man genom att vid Section trycka på en ruta som har tre punkter i sig. När man har valt vilken typ och storlek av balk man vill ha lägger man balken in mellan noderna. Se figur 7.



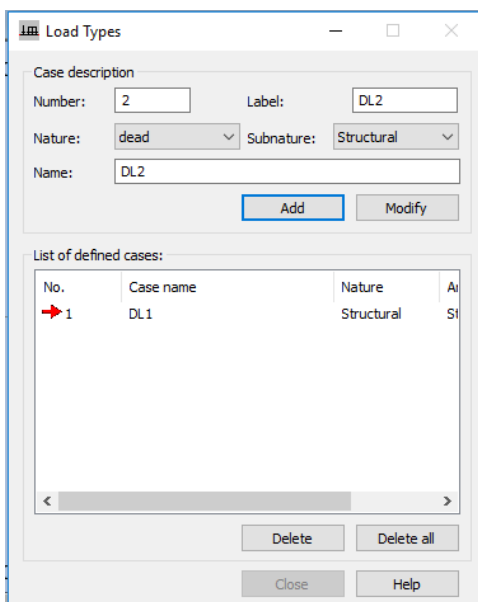
Figur 7. Bild på Beam rutan och bild på rutan New Section som man får upp genom att trycka på de tre punkterna.

Stöden bestäms genom att gå in till Geometry och välja Supports. I programmet finns färdigt Fixed, som är fast inspänd, och Pinned, som är en led. Man kan själv skapa egna stöd. Stöden läggs till i noder eller genom att använda hjälplinjer, polyline, som inte kräver noder. Se figur 8.



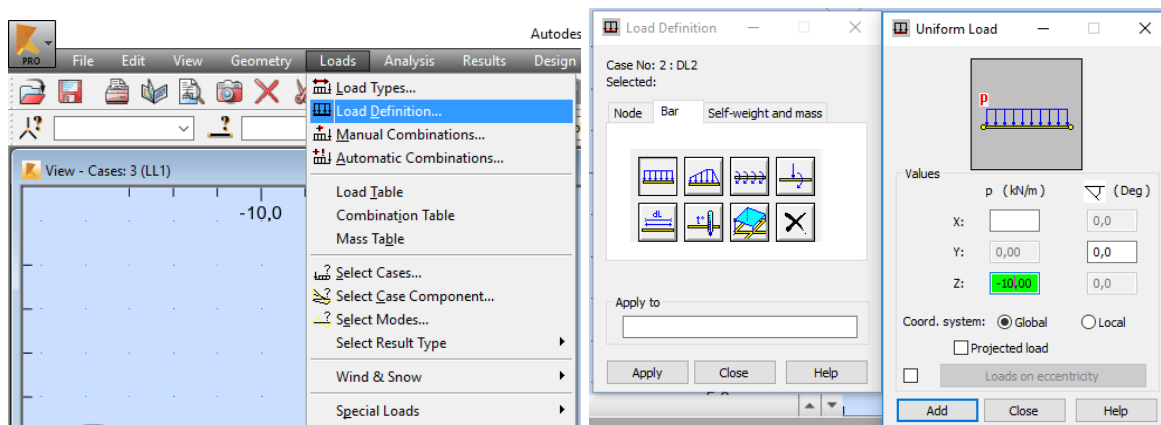
Figur 8. Bild på rutan Supports och bild på rutan Support Definition som man får upp genom att dubbel klicka på någon av stöden, som exempel Pinned.

Laster lägger man till genom att gå in via neddragbara menyn till Loads. Nu kommer man in i en ny vy var man bara behandlar laster. Automatiskt fick man upp en ruta, Load Types, var man kan lägga till olika sorters laster. Se figur 9. Om man klickar en gång direkt på Add, lägger Robot själv en egenvikt på alla konstruktioner. Med andra ord, man behöver inte själv beräkna och lägga till egenvikten för någon konstruktion. Alla andra laster förutom egenvikten ska man förhand lägga till och ha värden för.

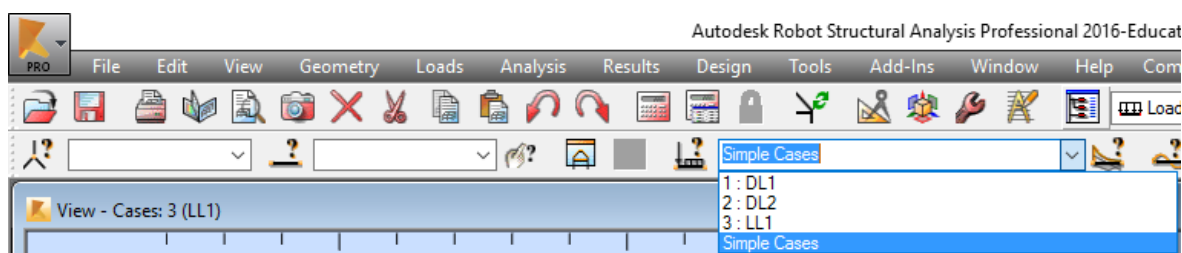


Figur 9. Bild på rutan Load Types.

Från menyraden hittar man Loads och där ska man välja Load Definition för att bestämma hur lasterna kommer på balken. Se figur 10. Då väljer man först från den neddragbara menyn Cases vilket lastfall man behandlar. Se figur 11. Sedan bestämmer man om det ska vara en punkt- eller linjelast och klickar på noden eller balken där lasten ska komma.

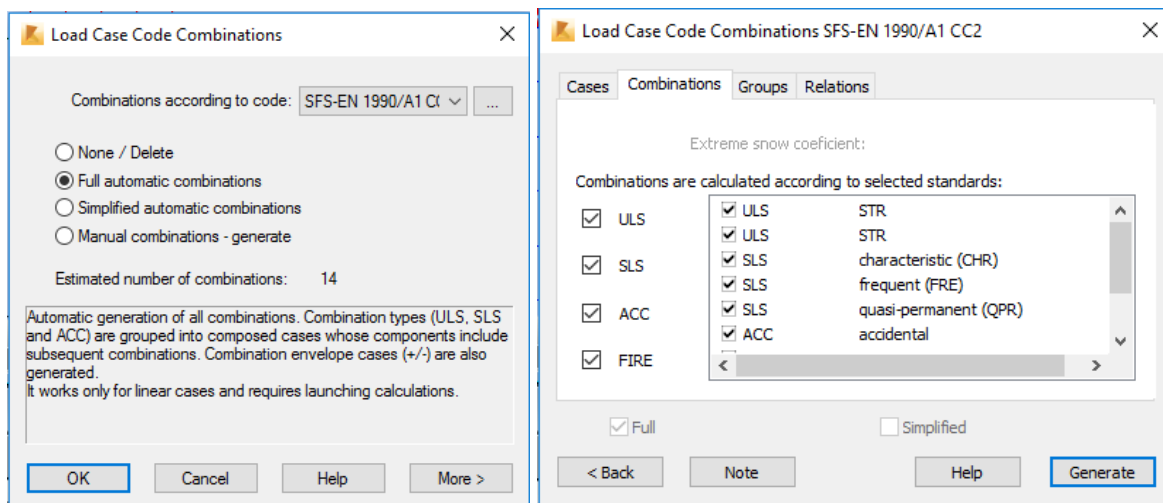


Figur 10. Bild på hur man hittar Load Definition och hur rutan ser ut. Även bild på hur rutan för Uniform Load rutan ser ut då man bestämmer lastens storlek.



Figur 11. Bild på den neddragbara menyn Cases.

För att göra lastfallskombinationerna går man in via Loads och väljer Load Combinations. Sedan väljer man Full automatic combinations och More. Nu får man upp en ruta var man väljer vilka alla kombinationer man vill ha och sedan trycker man på Generate. Se figur 12.

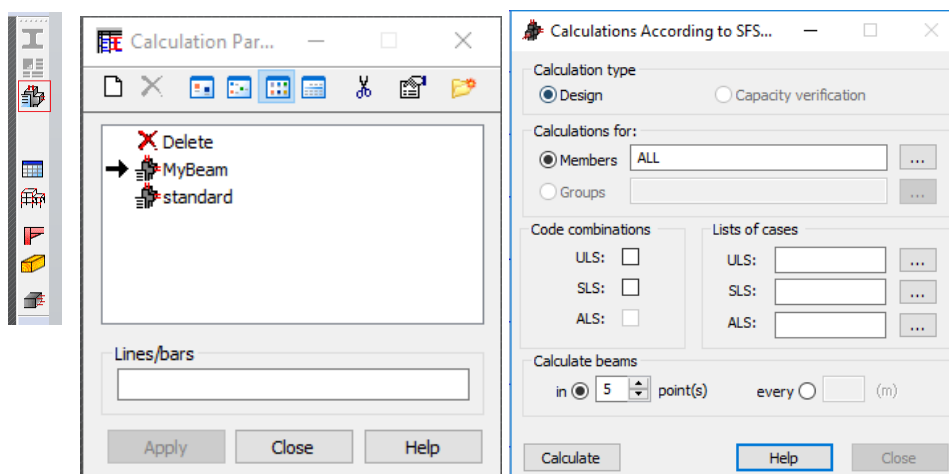


Figur 12. Bild på Load Case Code Combinations och bild på vilka kombinationer man får upp efter att man klickat på More.

Från menyraden går man nu in på Analysis och trycker på Calculations.

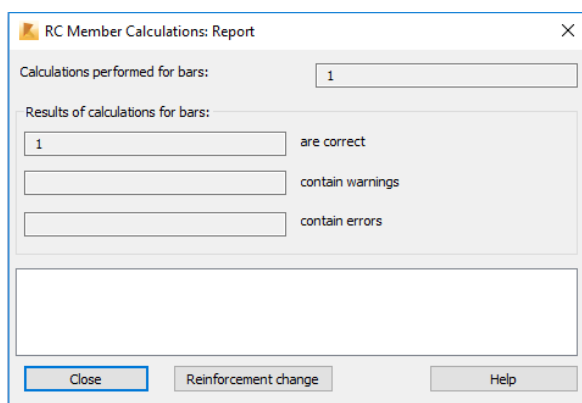
Efter detta kan man kolla moment och dylikt från den neddragbara menyn på Results och Results. Om inga varningar eller fel kommer upp då man tryckte på Calculate, fortsätter man med att beräkna armeringen.

Först går man till neddragbara menyn och väljer Structure Model och Start. Här markerar man sin/sina konstruktioner. Sedan i den neddragbara menyn till RC Design och väljer RC Members – required reinf. Här kommer man till en ny vy och automatiskt kommer tre rutor upp, Calculations According to SFS, Bars och Required Member Reinforcement. Men först går man längst till höger balken, där det finns olika valmöjligheter. Därifrån väljer man Calculations Parameters och så skapar man en sådan profil som behövs. Se figur 13.



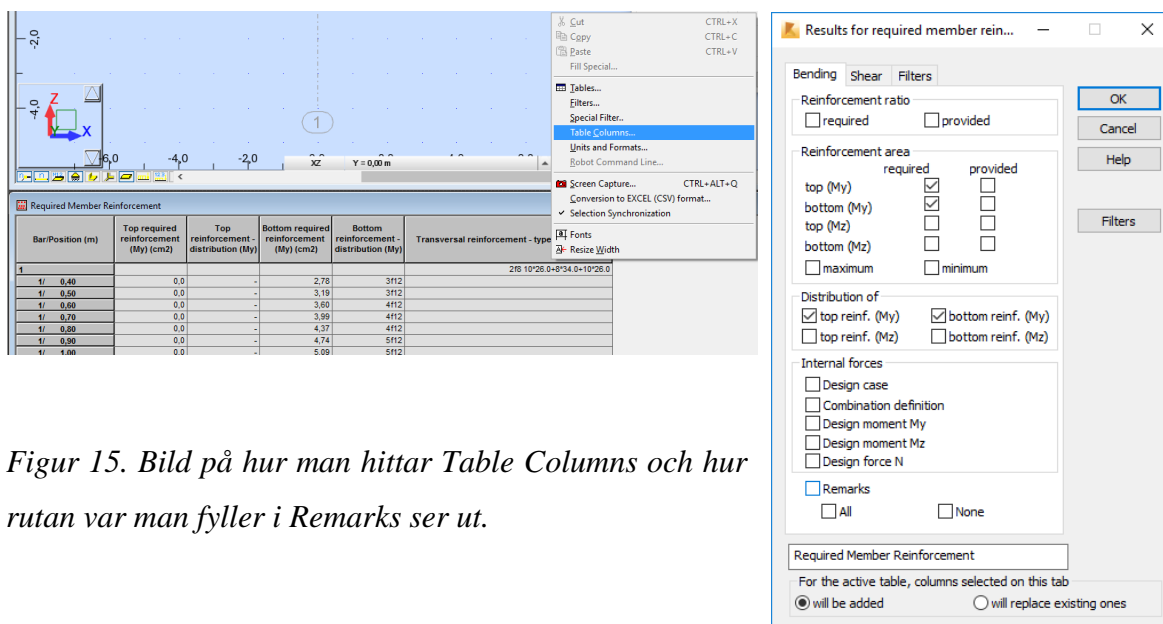
Figur 13. Bild på balken längst till höger där man hittar Calculations parameters, som även har en röd ruta runt sig så man direkt vet vilken man ska trycka på. Även bild på rutan Calculation parameters och Calculations According to SFS.

Efter det fyller man i rutan Calculations According to SFS, som automatiskt kom upp. Man ska fylla i Calculations for, ULS, SLS och every. ULS, Ultimate Limit State som på svenska är brottgränstillstånd, och SLS, Serviceability Limit State som på svenska är bruksgränstillstånd, fylls i pga att Robot väljer då automatiskt de lastfallskombinationer som påverkar mest, så att beräkningarna går snabbare. Man fyller i every med ett lämpligt avstånd som man vill att Robot ska undersöka, som t.ex. varje 0,20m, för att Robot beräknar inte automatiskt i maximi och minimi punkterna. Om man i Robot istället skulle välja in _ point, delar Robot in balken i punkter med lika långa avstånd. Nu trycker man på Calculate och då beräkningarna är klara får man upp en ruta som heter RC Member Calculations Report. Se figur 14.



Figur 14. Bild på rutan RC Member Calculations Report, som berättar om beräkningarna gått igenom eller om det finns fel och varningar.

Om fel och varningar dyker upp, står det ofta inte vad som är fel utan hänvisar till Remarks kolumnen. Den får man upp genom att högerklicka i rutan Required Member Reinforcement och välja Table Columns och sedan fyller man i Remarks för att få beskrivningen på problemen. Resultaten kommer upp i rutan Required Member Reinforcement och där väljer man Beams. Se figur 15.



Figur 15. Bild på hur man hittar Table Columns och hur rutan var man fyller i Remarks ser ut.

Resultatet för armeringen avläses från rutan Required Member Reinforcement rutan.

Nu kommer anvisningarna för RC Element metoden.

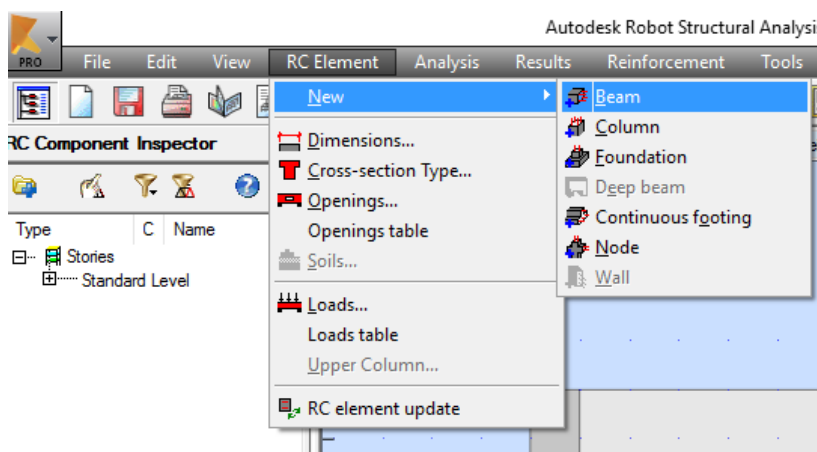
I denna metod börjar man med att välja RC Design och som förra metoden ska man gå igenom inställningarna att de är rätt. Se figur 16.



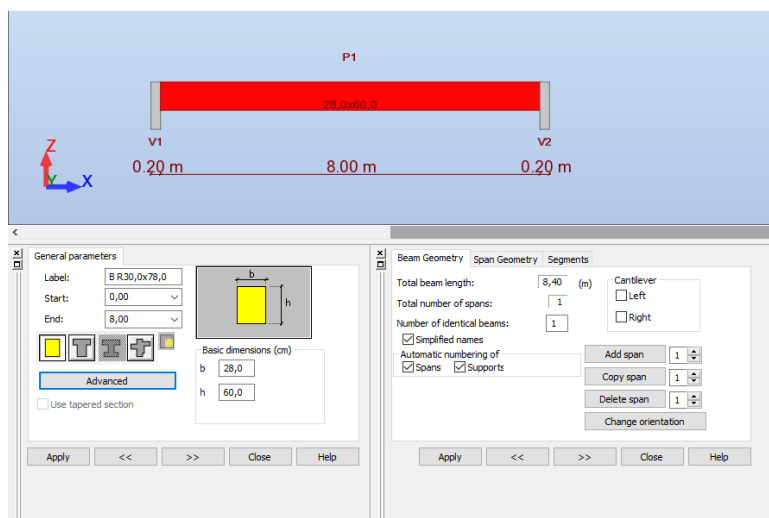
Figur 16. Bild på vilken typ av projekt man ska välja då man börjar.

Från menyraden hittar man RC Element och där väljer man New och sedan Beam. Se figur 17. Man får upp automatiskt en bild på en balk och två rutor, General parameters och Beam

Geometry. Då man ska börja jobba med balken måste man först markera den så den blir röd, annars händer ingenting med balken. Se figur 18.

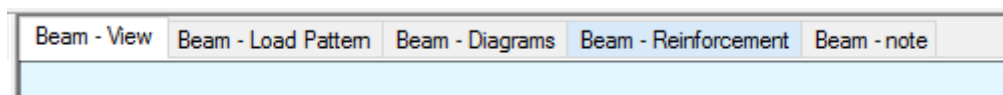


Figur 17. Bild på hur man hittar till att påbörja sin balk.



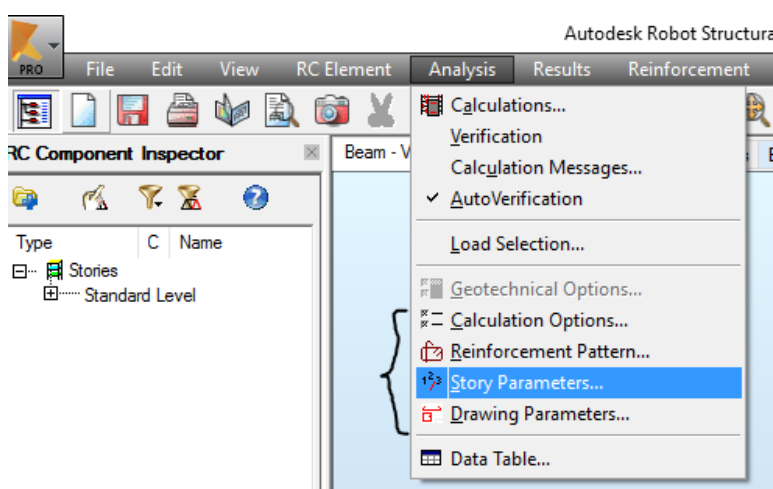
Figur 18. Bild på balken markerad och rutorna General parameters och Beam Geometry med flikarna Span Geometry och Segments.

Man börjar med rutan General parameters och fyller i dimensionerna för balken. Man fortsätter med Span geometry i den andra rutan och definierar stöden. Efter det fyller man i längden, överhäng om det finns och antal spann. Om man har flera spann, jobbar man med ett spann i taget. För att lägga till lasterna väljer man Beam – Load Pattern och då man skriver in lasterna ska man vara aktsam att man inte skriver minus framför värdet, som man vanligen gör, för i denna metod innebär ett minus tecken framför lasten att den trycker underifrån istället för att belasta balken uppifrån ner. Se figur 19.



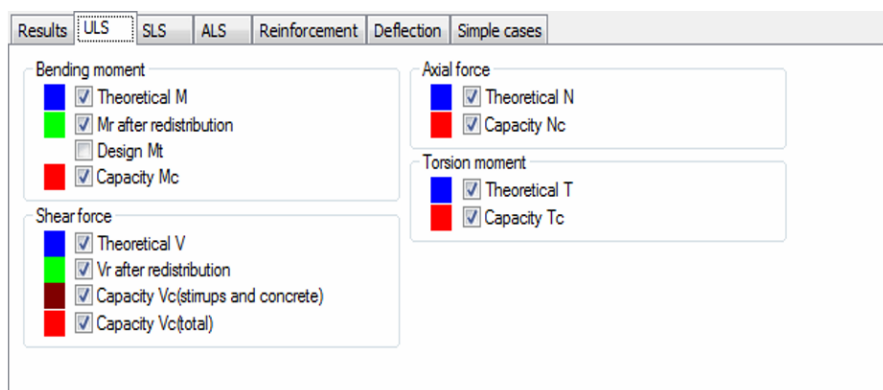
Figur 19. Alla vyer man jobbar mellan med denna metod för balkdimensionering.

Nu går man till menyraden och trycker på Analysis och väljer Story parameters och fyller i bl.a. exponeringsklass. Man trycker på Analysis igen och väljer denna gång Calculation Options och fyller bl.a. i skyddskiktets tjocklek, hurudan betong, huvudarmeringens och byglarna diameter och stenmaterialalets största tillåtna kornstorlek. Efter detta trycker vi igen på Analysis och väljer Reinforcement pattern och då man har fyllt i det, väljer man Analysis en sista gång och väljer Calculations. Se figur 20.



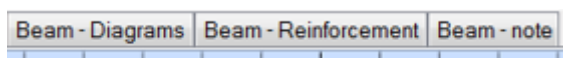
Figur 20. Bild på var man hittar Calculation Options, Reinforcement Pattern, Story Parameters och Drawing Parameters. Högst upp finns även knappen för Calculations.

När man ser på resultaten finns det en flik som heter diagram. Där finns en ruta var man kan kryssa i vilka diagram man vill komma åt. Se figur 21.



Figur 21. Rutan var man väljer vilka diagram man vill att Robot Structural Analysis visar.

Resultaten kommer upp i olika format och har beräknat passande armering till balken. Se figur 22.



Figur 22. Flikarna för olika resultat.

Då man kollat resultaten finns till höger i den stående balken en knapp som heter Drawings och då genererar Robot armeringsritningar.

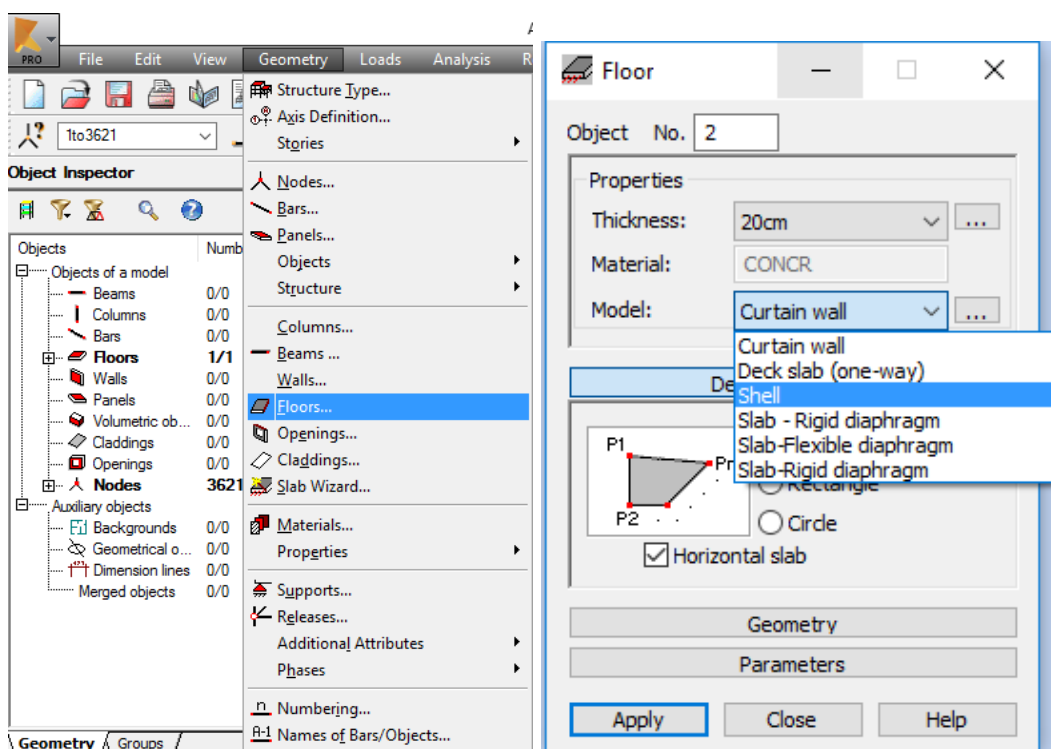
2.2.2 Platta i Robot Structural Analysis

När man ska beräkna en betongplatta i Robot kan man välja både Plate Design och Shell Design. Mina korta anvisningar berättar hur man gör om man väljer Plate design. Se figur 23.



Figur 23. Bild på vilken projekttyp man ska välja då man börjar dimensionera en platta.

Man börjar, som alltid, med att kolla inställningar och bestämma vilka funktioner man vill att syns. Man fortsätter med att skapa modulnätet precis som för balken med RC Members metoden, se kapitel 2.2.1. Sedan skapar man plattan genom att gå in på Geometry i menyraden och väljer Floors. För att Robot ska räkna rätt ska man vara nog med att välja Shell där det står Model i rutan som kommer upp. Se figur 24.

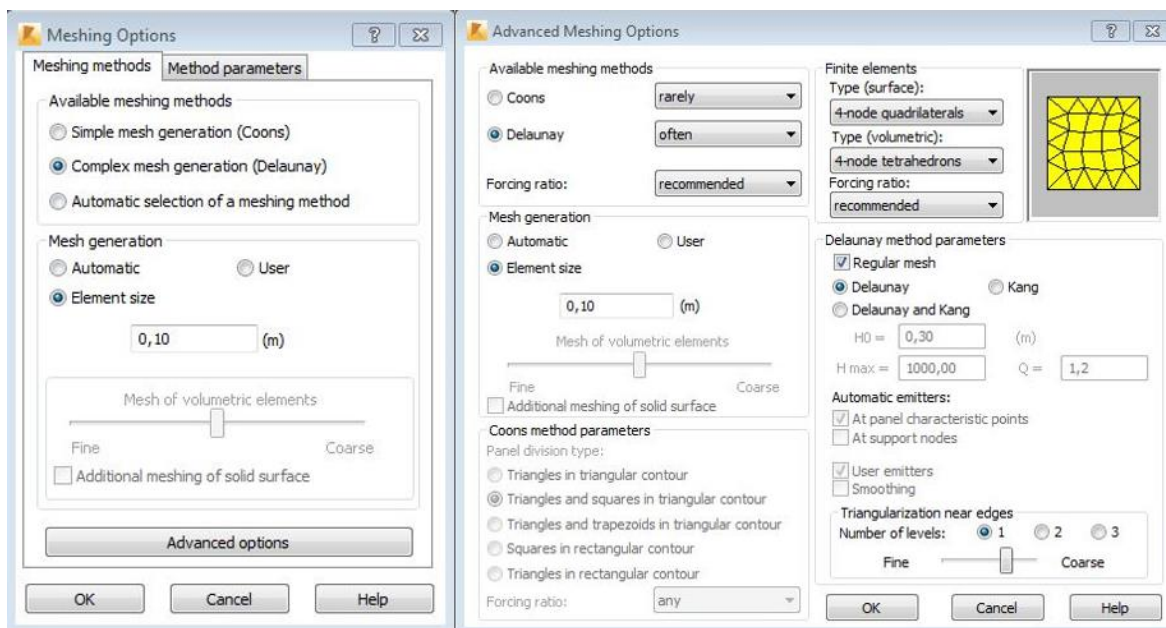


Figur 24. Bild på hur man hittar Floors och hur rutan Floor ser ut.

Om plattan har öppningar går man till Geometry och väljer Objects och Polyline, Rectangle eller Circle. Då skriver man endera in koordinater eller genom att använda punkter i form av noder.

Då man lägger in stöd och laster, fungerar det på samma sätt som för balken med RC Members metoden. Lasterna har nu ett till alternativ som heter Surface som betyder att man kan lägga till laster i kN/m^2 form. Även lastfallskombinationerna fungerar på samma sätt som för balken.

Nu när betongplattan är lagad fortsätter man med att skapa ett elementnät. Då går man till menyraden och trycker på Analysis och väljer Meshing och Meshing Options. Det lönar sig att använda sig av Delaunay-modellen och för att undvika problem väljer man nätstorleken relativt liten, som t.ex. 0,1m. Nätstorleken berättar åt Robot hur ofta den ska berätta förändringar i plattan då man senare kollar resultaten. Se figur 25.



Figur 25. Bild på rutorna Meshing options och Advanced Meshing options.

Efter det går man igen till Analysis och trycker på Calculations. Resultat för t.ex. moment kan man kolla genom att gå till Results i den neddragbara menyn och välja Maps. Där kan man kolla resultaten för alla lastkombinationer både enskilt och alla på samma gång.

Man fortsätter med att armera betongplattan. Då går man först till menyraden och trycker på Design och väljer Required Reinforcement of Slabs/Walls – Options och Code parameters. Nu väljer man armering, skyddskikt och om den ska beakta sprickning osv. Det lönar sig att välja None under Minimum reinforcement. Då får man skilt A_s och $A_{s,min}$.

Nu går man till den neddragbara menyn och trycker på RC Design och väljer Slab – required reinforcement. Då får man upp en ny vy och får upp två rutor automatiskt. Man börjar med rutan Plate and Shell Reinforcement. Här väljer man vilken platta, om det finns flera, man vill beräkna. Man kryssar för ULS och SLS eftersom Robot då väljer de lastfallskombinationer som påverkar mest och snabbar upp kalkylen. Det rekommenderas att använda metoden ”equivalent mom. (Wood&Armer)” och sedan trycker man på Calculate.

I den andra rutan som automatiskt kom upp, Reinforcements, kan man nu se vad för resultat Robot har gett plattan.

Då man vill ha armeringsritningar trycker man till näst sig tillbaka till Structure Model och Geometry och markerar plattan. Efter detta trycker man på Provided reinforcement. Under Analysis finns Reinforcement pattern var man bestämmer diametern på armeringen under

balken Bars. Därefter trycker man OK och går vidare till Slab – reinforcement och Robot genererar armeringsritningar. När man sedan trycker på Analysis hittar man Drawing parameters var man kollar vilken information man vill att ritningarna ska ha och efter det går man under Results till Drawings och där får man färdiga ritningar.

3 Beräkningar

Jag har gjort beräkningar för en betongplatta och en betongbalk. Dessa värden som har använts är inte valda av någon speciell orsak, bara tagna till dessa exempel. Betongplattan är 7m lång, 5m bred och 0,2m tjock. Betongen som använts är C20/25 och stålet A500HW. Exponeringsklassen är X0. Plattan är korsbärande.

Betongbalken har en spännvidd på 8m, en höjd på 0,6m och en bredd på 0,28m. Betong C30/37 och stålet A500HW har använts till balken. Balken har lasterna egenvikt + 10 kN/m + 2,5kN/m vistelseelast, q_k , och plattan har lasterna egenvikt + 10kN/m² + 2,5 kN/m² vistelseelast, q_k .

3.1 Balkens beräkningar i Robot

Här är uträkningarna som Robot har utfört.

Calculation note

1 Level:

- Name : Standard Level
- Reference level : ---
- Maximum cracking : 0,40 (mm)
- Exposure : X0
- Concrete creep coefficient : $\phi_{\pi} = 2,47$
- Cement class : N
- Concrete age (loading moment) : 28 (days)
- Concrete age : 50 (years)
- Concrete age after erecting a structure : 365 (years)
- Structure class : S1
- Fire resistance class : no requirements
- FFB Recommendations 7.4.3(7) : 0,00

2 Beam: Beam1

Number: 1

2.1 Material properties:

- Concrete : C30/37 $f_{ck} = 30,00$ (MPa)
[3.1.7(3)] Rectangular stress distribution

Density	:	2501,36 (kG/m ³)
Aggregate size	:	16,0 (mm)
• Longitudinal reinforcement:	:	A500HW $f_{yk} = 500,00$
(MPa)		
strain diagram		Horizontal branch of the stress-
		Ductility class : A
• Transversal reinforcement:	:	A500HW $f_{yk} = 500,00$
(MPa)		
strain diagram		Horizontal branch of the stress-
		Ductility class : A
• Additional reinforcement:	:	A500HW $f_{yk} = 500,00$
(MPa)		
strain diagram		Horizontal branch of the stress-

2.2 Geometry:

2.2.1	Span	Position	L.supp. (m)	L (m)	R.supp. (m)
	P1	Span 0,20	8,00	0,20	
		Span length: $L_o = 8,20$ (m)			
		Section from 0,00 to 8,00 (m)			
		28,0 x 60,0 (cm)			
		without left slab			
		without right slab			

2.3 Calculation options:

- Regulation of combinations : SFS-EN 1990/A1 CC2
- Calculations according to : SFS-EN 1992-1-1
- Seismic dispositions : No requirements
- Precast beam : no
- Cover : bottom $c = 4,0$ (cm)
: side $c1 = 4,0$ (cm)
: top $c2 = 4,0$ (cm)
- Cover deviations : $C_{dev} = 1,0$ (cm), $C_{dur} = 0,0$ (cm)
- Coefficient $\beta_2 = 0.50$: long-term or cyclic load
- Method of shear calculations : strut inclination

2.4 Loads:

2.4.1 Continuous:										
Type	Nature	Pos.	Span γ_f	X_0	P_{z0} (m)	X_1 (kN/m)	P_{z1} (m)	X_2 (kN/m)	P_{z2} (m)	X_3
self-weight	(kN/m) dead load	(m)	1	1,35	-	-	-	-	-	-
uniform	dead load(Structural)	top	1	1,35	-	10,00	-	-	-	-
uniform	Live(Luokka A)	top	1	1,50	-	2,50	-	-	-	-

γ_f - load factor

2.5 Calculation results:

2.5.1 Reactions

Support V1

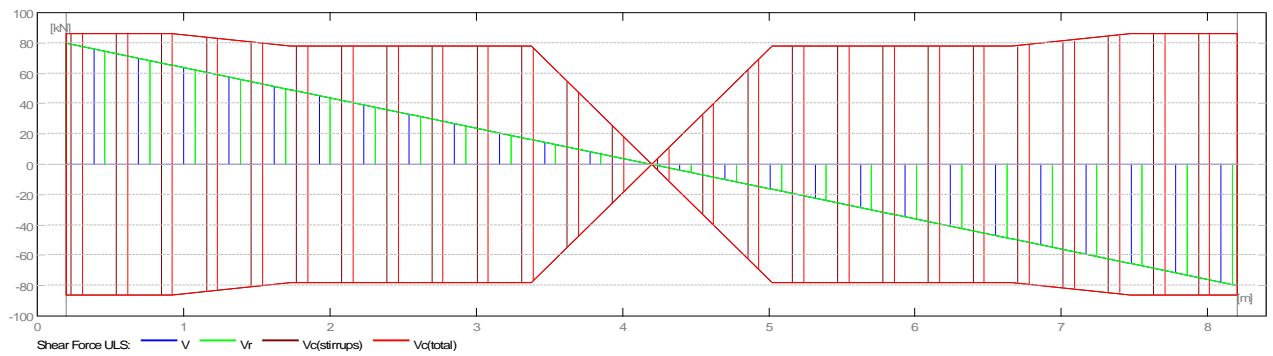
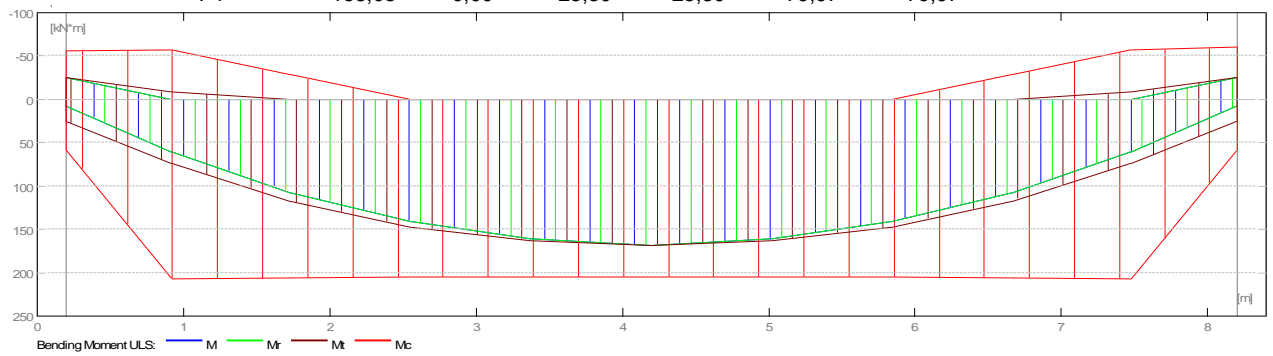
Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1	-	16,90	-	0,00
WALL2	-	41,00	-	0,00
LL1	-	10,25	-	0,00

Support V2

Case	Fx (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
WALL1	-	16,90	-	0,00
WALL2	-	41,00	-	0,00
LL1	-	10,25	-	0,00

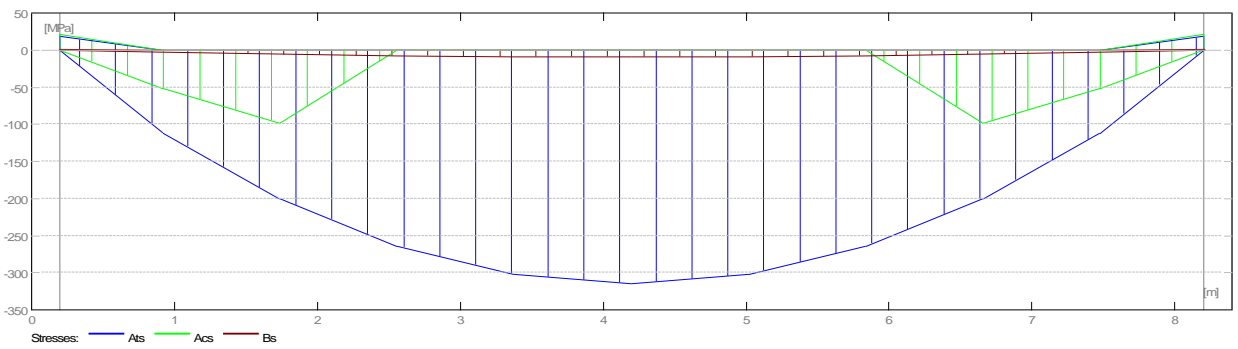
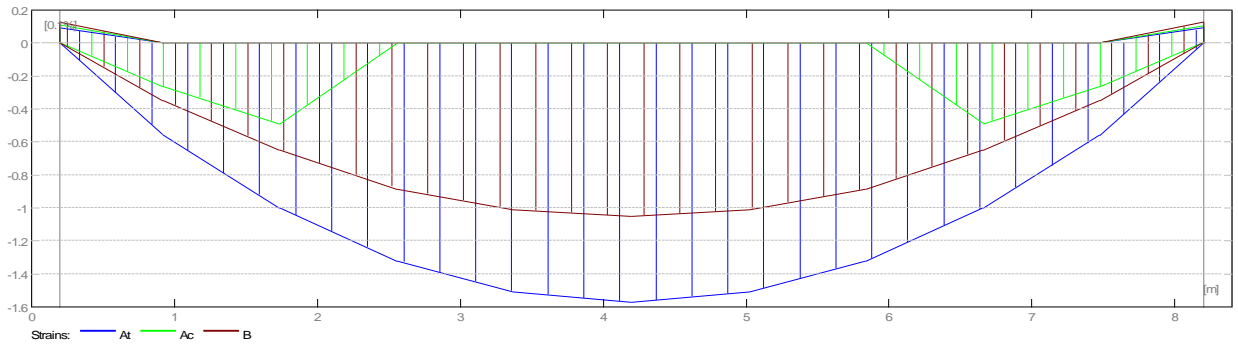
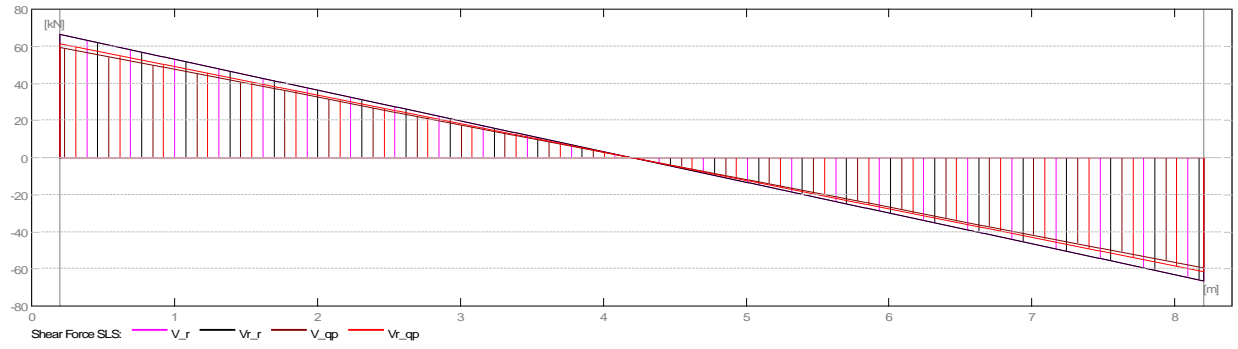
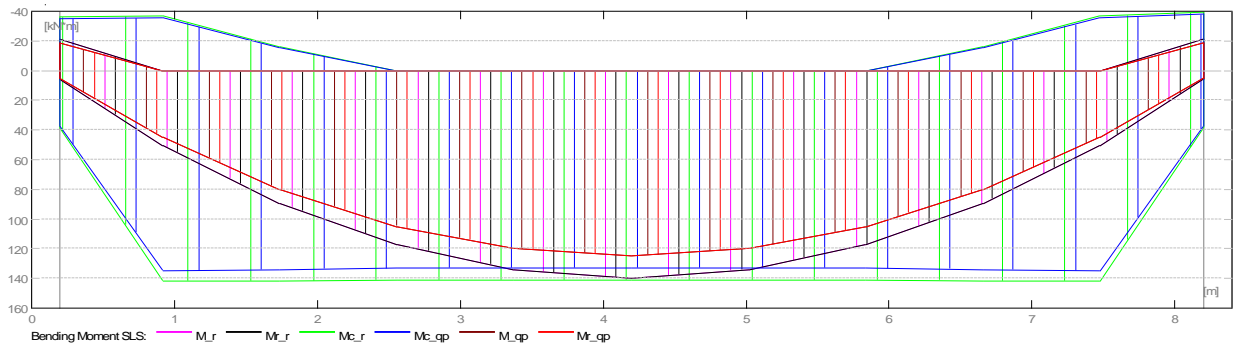
2.5.2 Internal forces in ULS

Span	Mt max. (kN*m)	Mt min. (kN*m)	MI (kN*m)	Mr (kN*m)	Ql (kN)	Qr (kN)
P1	168,03	-0,00	25,30	25,30	79,97	-79,97



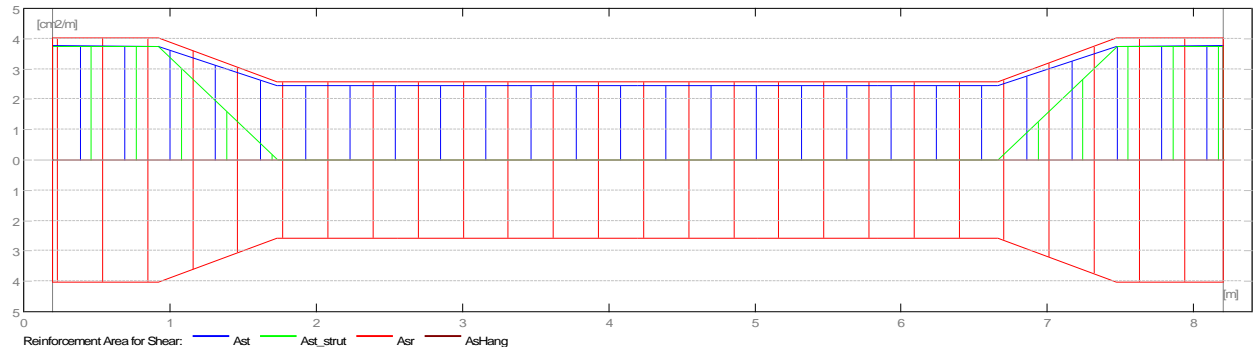
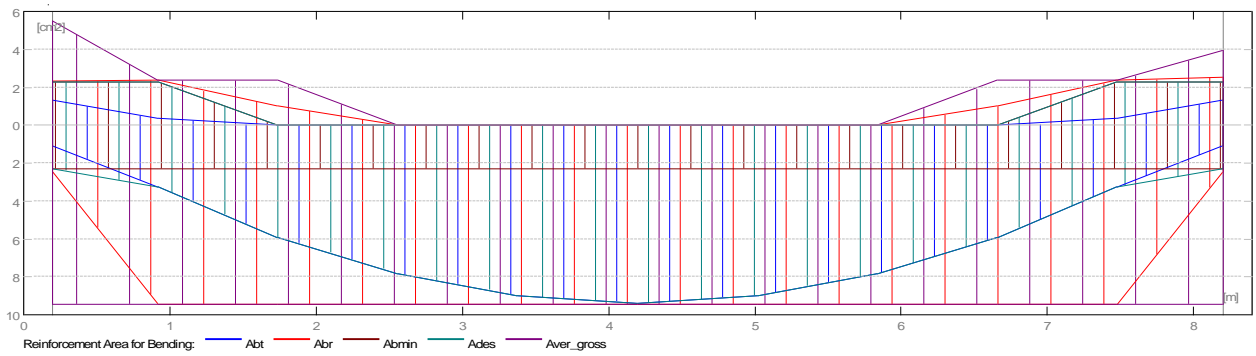
2.5.3 Internal forces in SLS

Span	Mt max. (kN*m)	Mt min. (kN*m)	MI (kN*m)	Mr (kN*m)	Ql (kN)	Qr (kN)
P1	139,70	0,00	-20,95	-20,95	66,48	-66,48



2.5.4 Required reinforcement area

Span	Span (cm ²)		Left support (cm ²)		Right support (cm ²)	
	bottom	top	bottom	top	bottom	top
P1	9,38	0,00	1,09	1,34	1,09	1,34



2.5.5 Deflection and cracking

wt(QP) Total due to quasi-permanent combination
 wt(QP)dop Allowable due to quasi-permanent combination
 Dwt(QP) Deflection increment from the quasi-permanent load combination after erecting a structure.
 Dwt(QP)dop Admissible deflection increment from the quasi-permanent load combination after erecting a structure.

wk - width of perpendicular cracks

Span	wt(QP) (cm)	wt(QP)dop (cm)	Dwt(QP) (cm)	Dwt(QP)dop (cm)	wk (mm)
P1	2,9000	3,3000	0,3000	1,6000	0,3

2.6 Theoretical results - detailed results:

2.6.1 P1 : Span from 0,20 to 8,20 (m)

Abcissa (m)	ULS		SLS		A bottom (cm ²)	A top (cm ²)
	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)	M max. (kN*m)	M min. (kN*m)		
0,20	25,30	-25,20	6,13	-20,95	1,09	1,34
0,92	74,43	-8,51	50,29	0,00	3,27	0,36
1,74	117,50	-0,00	89,41	0,00	5,91	0,00
2,56	147,12	-0,00	117,35	0,00	7,83	0,00
3,38	163,30	-0,00	134,11	0,00	8,99	0,00
4,20	168,03	0,00	139,70	0,00	9,38	0,00
5,02	163,30	-0,00	134,11	0,00	8,99	0,00
5,84	147,12	-0,00	117,35	0,00	7,83	0,00
6,66	117,50	-0,00	89,41	0,00	5,91	0,00
7,48	74,43	-8,51	50,29	0,00	3,27	0,36
8,20	25,30	-25,20	6,13	-20,95	1,09	1,34

Abcissa (m)	ULS		SLS
	V max. (kN)	V max. (kN)	afp (mm)
0,20	79,97	66,48	0,0
0,92	65,57	54,52	0,0
1,74	49,18	40,89	0,2
2,56	32,79	27,26	0,3
3,38	16,39	13,63	0,3
4,20	0,00	0,00	0,3

5,02	-16,39	-13,63	0,3
5,84	-32,79	-27,26	0,3
6,66	-49,18	-40,89	0,2
7,48	-65,57	-54,52	0,0
8,20	-79,97	-66,48	0,0

2.7 Reinforcement:

2.7.1 P1 : Span from 0,20 to 8,20 (m)

Longitudinal reinforcement:

- bottom (A500HW)
 - 3 ϕ 20 $l = 8,59$ from 0,04 to 8,36
- assembling (top) (A500HW)
 - 2 ϕ 8 $l = 5,75$ from 1,33 to 7,07
- support (A500HW)
 - 3 ϕ 10 $l = 1,92$ from 0,04 to 1,90
 - 3 ϕ 10 $l = 1,92$ from 6,50 to 8,36
 - 1 ϕ 10 $l = 1,17$ from 0,05 to 0,05
 - 1 ϕ 10 $l = 1,17$ from 8,35 to 8,35

Transversal reinforcement:

- main (A500HW)
 - stirrups 40 ϕ 6 $l = 1,49$
 $e = 1*0,11 + 5*0,14 + 29*0,22 + 5*0,14$ (m)

3 Material survey:

- Concrete volume = 1,41 (m³)
- Formwork = 12,66 (m²)
- Steel A500HW
 - Total weight = 89,92 (kG)
 - Density = 63,72 (kG/m³)
 - Average diameter = 10,0 (mm)
 - Survey according to diameters:

Diameter (mm)	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
6	1,49	0,33	40	13,22
8	5,75	2,27	2	4,54
10	1,17	0,72	2	1,44
10	1,92	1,18	6	7,11
20	8,59	21,20	3	63,61

Då man läser beräkningsrapporter kan det kännas svårt att tyda. Här kommer en del viktiga delar tas fram.

Dimensionerande momentet för balken hittar man under punkten 2.5.2 och värdet är under Mt.max. Nedböjningen och sprickvidden hittar man under punkten 2.5.5. Nedböjningens värde hittar man under wt(QP) och sprickvidden hittar man under Dwt(QP). Armeringsmängderna hittar man under punkten 2.7.1.

3.2 Plattans beräkningar i Robot

Här är uträkningarna som Robot har utfört.

1. Slab: Plate1 - Panel no. 1

1.1. Reinforcement:

- Type : platta_exempel
- Main reinforcement direction : 0°
- Main reinforcement grade : A500HW; Characteristic strength = 500,00 MPa
Horizontal branch of the stress-strain diagram
- Ductility class : C
- Bar diameters
bottom d1 = 1,0 (cm) d2 = 1,0 (cm)
top d1 = 1,0 (cm) d2 = 1,0 (cm)
- Cover
bottom c1 = 3,0 (cm)
top c2 = 3,0 (cm)
- Cover deviations Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)

1.2. Concrete

- Class : C20/25; Characteristic strength = 20,00 MPa
Rectangular stress distribution [3.1.7(3)]
- Density : 2501,36 (kG/m3)
- Concrete creep coefficient : 2,08
- Cement class : N

1.3. Hypothesis

- Calculations according to : SFS-EN 1992-1-1
- Method of reinforcement area calculations : Wood & Armer
- Allowable cracking width
- upper layer : 0,40 (mm)
- lower layer : 0,40 (mm)
- Allowable deflection : 3,0 (cm)
- Verification of punching : no
- Exposure
- upper layer : X0
- lower layer : X0
- Calculation type : bending +
compression/tension
- Structure class : S1

1.4. Slab geometry

Thickness 0,20 (m)

Contour:

edge	beginning		end		length (m)
	x1	y1	x2	y2	
1	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00
2	0,00	0,00	7,00	0,00	7,00
3	7,00	0,00	7,00	5,00	5,00
4	7,00	5,00	0,00	5,00	7,00

Support:

n°	Name	dimensions (m)	coordinates x y	edge
*	- head present			

1.5. Calculation results:

1.5.1. Maximum moments + reinforcement for bending, compression/tension

	Ax(+) Ay(-)	Ax(-)	Ay(+)
Provided reinforcement (cm ² /m):	5,24 6,04	7,85	5,61
Modified required reinforcement (cm ² /m):	4,85 5,87	7,78	5,14
Original required reinforcement (cm ² /m):	4,79 5,87	7,78	5,06
Coordinates (m):	6,80;4,80 6,30;4,30	3,50;2,50	6,80;4,80

1.5.2. Maximum moments + reinforcement for bending, compression/tension

	Ax(+) Ay(-)	Ax(-)	Ay(+)
Symbol: required area/provided area			
Ax(+) (cm ² /m)	4,85/5,24 2,75/5,24	0,00/0,00	4,85/5,24
Ax(-) (cm ² /m)	5,42/7,85 5,91/7,85	7,78/7,85	5,42/7,85
Ay(+) (cm ² /m)	5,14/5,61 3,25/5,61	0,00/0,00	5,14/5,61
Ay(-) (cm ² /m)	5,68/6,04 5,87/6,04	4,69/6,04	5,68/6,04
	SLS		
Mx(+) (kN*m/m)	20,02 10,44	0,00	20,02
Mx(-) (kN*m/m)	-20,66 24,10	-31,81	-20,66 -
My(+) (kN*m/m)	20,10 11,68	0,00	20,10
My(-) (kN*m/m)	-20,58 22,86	-18,31	-20,58 -
	ULS		
Mx(+) (kN*m/m)	24,04 12,54	0,00	24,04
Mx(-) (kN*m/m)	-24,80 28,93	-38,18	-24,80 -
My(+) (kN*m/m)	24,13 14,02	0,00	24,13
My(-) (kN*m/m)	-24,71 27,45	-21,98	-24,71 -
Coordinates (m)	6,80;4,80 6,30;4,30	3,50;2,50	6,80;4,80
Coordinates* (m)	6,80;4,80;0,00 6,30;4,30;0,00	3,50;2,50;0,00	6,80;4,80;0,00

* - Coordinates in the structure global coordinate system

1.5.4. Deflection

$$|f(+)| = 0,0 \text{ (cm)} \leq f_{dop(+)} = 3,0 \text{ (cm)}$$

$$|f(-)| = 3,1 \text{ (cm)} > f_{dop(-)} = 3,0 \text{ (cm)}$$

1.5.5. Cracking

upper layer
 $a_x = 0,29$ (mm) $\leq a_{dop} = 0,40$ (mm)
 $a_y = 0,31$ (mm) $\leq a_{dop} = 0,40$ (mm)
 lower layer
 $a_x = 0,30$ (mm) $\leq a_{dop} = 0,40$ (mm)
 $a_y = 0,32$ (mm) $\leq a_{dop} = 0,40$ (mm)

2. Loads:

Case	Type	List	Value
1	self-weight	1	PZ Negative
2	(FE) uniform	1	PZ=-10,00(kN/m ²)
3	(FE) uniform	1	PZ=-2,50(kN/m ²)

Combination/Component	Definition
-----------------------	------------

3. Results - detailing

List of solutions:
 Reinforcement: bars

Solution no.	Reinforcement range Diameter / Weight	Total weight (kG)
1	-	510,64

Results for the solution no. 1
 Reinforcement zones

Bottom reinforcement

Name reinforcement	coordinates At				Provided Ar ϕ (mm) / (cm)	
	x1 (cm ² /m)	y1	x2 (cm ² /m)	y2		
1/1- Ax Main <	-0,00 7,85	5,00	7,00	0,00	10,0 / 10,0	7,78
1/2- Ay Perpendicular <	-0,00 6,04	5,00	7,00	0,00	10,0 / 13,0	5,87

Top reinforcement

Name reinforcement	coordinates At				Provided Ar ϕ (mm) / (cm)	
	x1 (cm ² /m)	y1	x2 (cm ² /m)	y2		
1/1+(1/8+) Ax Main <	-0,00 5,24	5,00	1,40	3,67	10,0 / 15,0	4,85
1/2+(1/8+) Ax Main <	5,60 5,24	5,00	7,00	3,67	10,0 / 15,0	4,85
1/3+(1/8+) Ax Main <	-0,00 5,24	1,33	1,40	0,00	10,0 / 15,0	4,85
1/4+(1/8+) Ax Main <	5,60 5,24	1,33	7,00	0,00	10,0 / 15,0	4,85
1/5+(1/8+) Ax Main <	-0,00 2,62	5,00	7,00	4,00	10,0 / 30,0	2,33
1/6+(1/8+) Ax Main <	-0,00 2,62	4,00	1,40	0,00	10,0 / 30,0	2,32
1/7+(1/8+) Ax Main <	5,60 2,62	4,00	7,00	0,00	10,0 / 30,0	2,32
1/8+ Ax Main <	1,40 2,62	1,00	5,60	0,00	10,0 / 30,0	2,33
1/9+(1/20+) Ay Perpendicular 14,0	-0,00 5,14	< 5,61	5,00	1,75	4,00	10,0 /
1/10+(1/20+) Ay Perpendicular 14,0	5,25 5,14	< 5,61	5,00	7,00	4,00	10,0 /

1/11+(1/20+) Ay Perpendicular	-0,00	4,00	0,70	3,67	10,0 /
14,0	3,12 < 5,61				
1/12+(1/20+) Ay Perpendicular	6,30	4,00	7,00	3,67	10,0 /
14,0	3,12 < 5,61				
1/13+(1/20+) Ay Perpendicular	-0,00	1,33	1,40	0,00	10,0 /
14,0	5,14 < 5,61				
1/14+(1/20+) Ay Perpendicular	5,60	1,33	7,00	0,00	10,0 /
14,0	5,14 < 5,61				
1/15+(1/20+) Ay Perpendicular	1,40	0,67	1,75	0,00	10,0 /
14,0	2,94 < 5,61				
1/16+(1/20+) Ay Perpendicular	5,25	0,67	5,60	0,00	10,0 /
14,0	2,94 < 5,61				
1/17+(1/20+) Ay Perpendicular	-0,00	5,00	7,00	4,00	10,0 /
28,0	2,38 < 2,80				
1/18+(1/20+) Ay Perpendicular	-0,00	4,00	1,40	0,00	10,0 /
28,0	2,26 < 2,80				
1/19+(1/20+) Ay Perpendicular	5,60	4,00	7,00	0,00	10,0 /
28,0	2,26 < 2,80				
1/20+ Ay Perpendicular	1,40	1,00	5,60	0,00	10,0 / 28,0
<	2,80				2,38

4. Material survey

- Concrete volume = 7,00 (m³)
- Formwork = 35,00 (m²)
- Slab circumference = 24,00 (m)
- Area of openings = 0,00 (m²)

- Steel A500HW
- Total weight = 546,92 (kG)
- Density = 78,13 (kG/m³)
- Average diameter = 10,0 (mm)
- Survey according to diameters:

Diameter	Length (m)	Number:
10	1,36	4
10	1,52	14
10	1,66	14
10	1,99	20
10	2,06	26
10	2,41	12
10	4,94	80
10	6,94	46

I denna rapport behandlas mest armeringen. Om man vill veta till exempel nedböjning och sprickvidd ska man kolla i Results i Robot-filen.

3.3 Jämförelseberäkningar

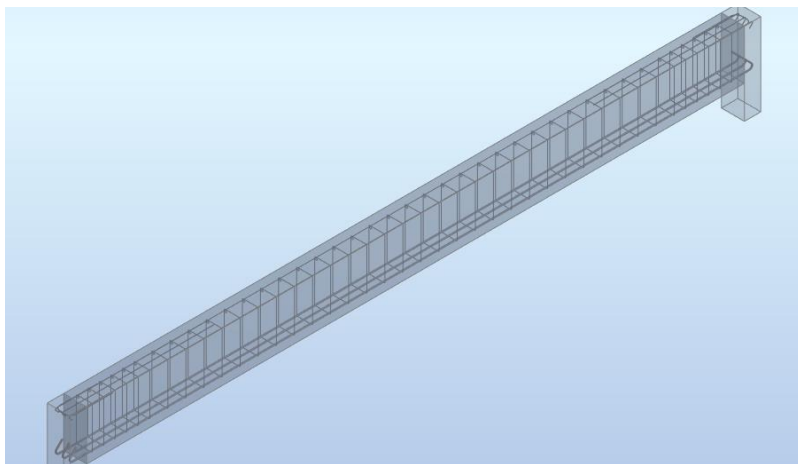
Jämförelseberäkningarna, som finns som bilaga två och tre, har utförts med olika botten i Microsoft Excel som baserar sig på Eurokoderna och finska nationella bilagan.

4 Resultatens jämförelse

Resultaten jämförs och en slutsats ges.

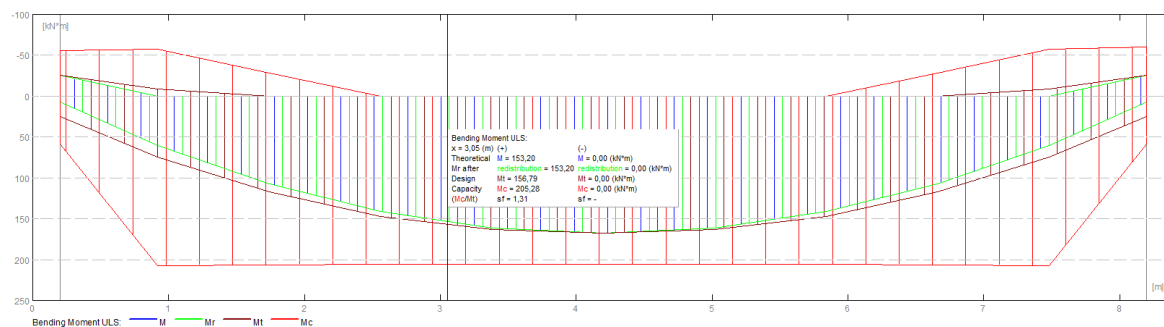
4.1 Resultatens jämförelse

Balken uträknad med Robot Structural Analysis, håller. Då man räknar samma balk med Microsoft Excel tabellbotten, är det lite olikheter men den håller också.



Figur 26. Armeringsresultatet i Robot Structural Analysis.

Resultaten är till stor del ganska lika. Dimensionerande momentet är 168,03 kNm i Robot och 160,6 med Excel. Se figur 27. Orsaken till skillnaden i momentet beror på att g_k -lasterna i Robot Structural Analysis har fått partialkoefficienten 1,35 då det ska vara 1,15. Resultatet för armeringsmängden i balkens nedre kant blev samma oberoende program, 3T20.



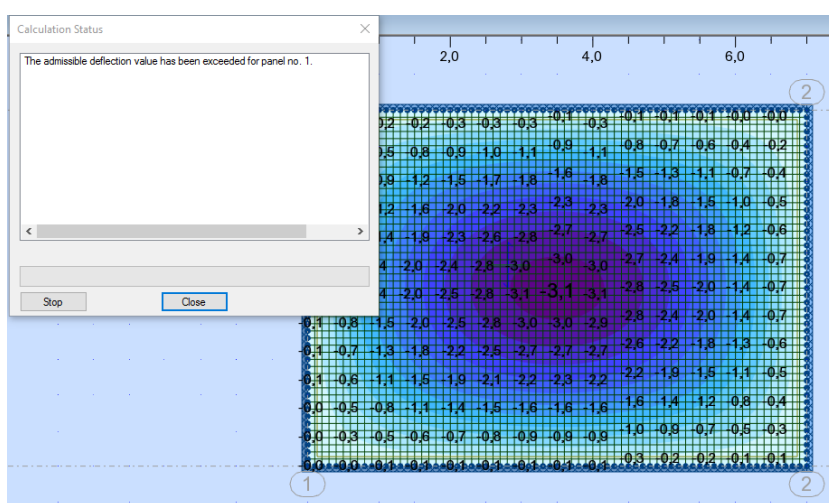
Figur 27. Momentkurva för balken i Robot structural Analysis.

Nedböjning i Excel blev beräknad till 26,9 mm, var den max skulle få vara 32 mm. I Robot Structural Analysis är nedböjningen 29 mm.

Sprickvidden i Excel blev 0,269 mm, var den max får vara 0,4 mm. I Robot blev den 0,3 mm.

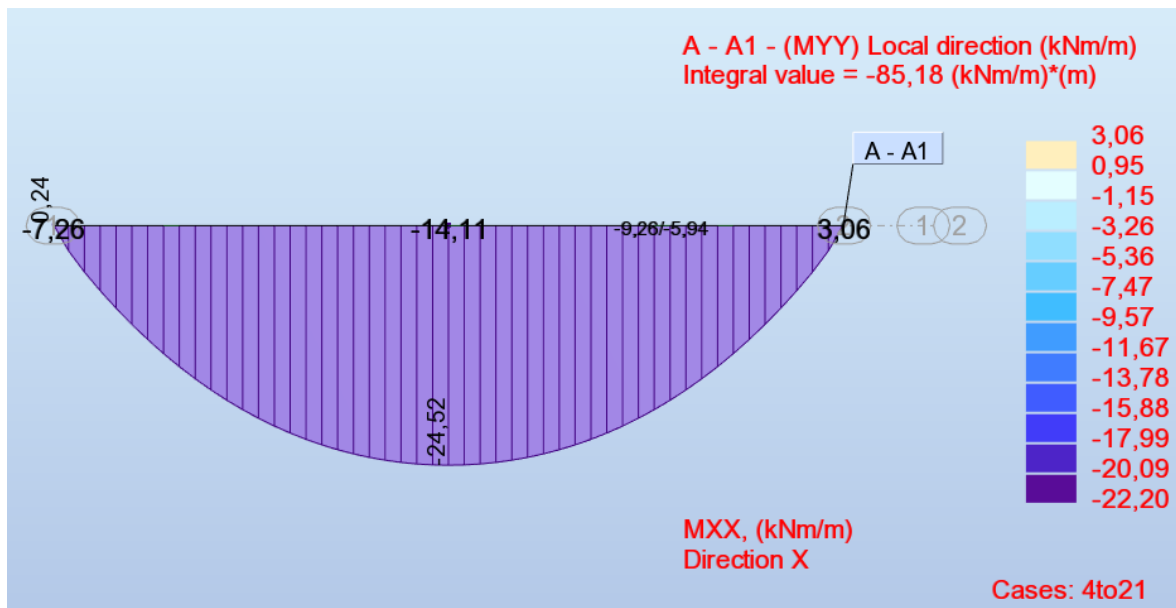
Armeringsritningarna som Robot Structural Analysis har genererat för balken finns som bilaga fyra.

Plattan håller inte pga att nedböjningen är för stor både då man beräknar med Excel och då man beräknar med Robot. I Robot är nedböjningen 31 mm medan i Excel är den 45 mm, vilket är en ganska stor skillnad. Se figur 28.

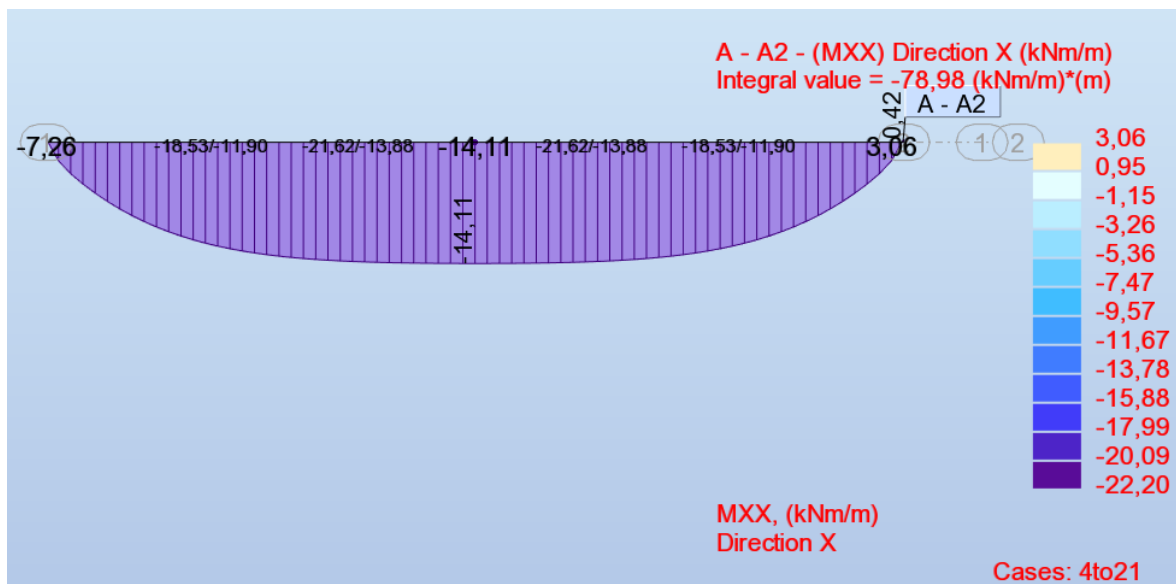


Figur 28. Bild på plattans nedböjning i Robot Structural Analysis.

Plattans moment är det stor skillnad på då man jämför Robot Structural Analysis resultat med Excels resultat. I den kortare riktningen får man i Robot 24,52 kNm medan man i Excel får 41,13 kNm. I den längre riktningen får man i Robot 14,11 kNm medan man i Excel får 30,27 kNm. Se figur 29 och 30. Orsaken till detta beror på att Robot inte automatiskt beaktar att plattan spricker vilket påverkar momentfördelningen i plattan. Plattans sprickning inverkar på moment, nedböjning och sprickvidder. Det får man beaktat i Robot genom att minska på böjstyvheterna. Detta finns det väldigt lite information om i manualer som behandlar beräkningar med Autodesk Robot Structural Analysis.

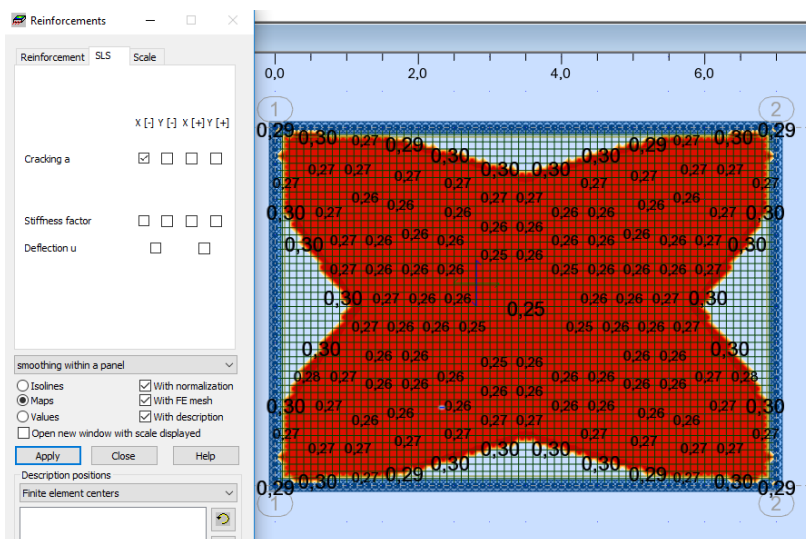


Figur 29. Bild på momentkurvan i den kortare riktningen.



Figur 30. Bild på momentkurvan i den längre riktningen.

Sprickvidden varierar inte mycket mellan programmen. I Robot är den mellan 0,25–0,3 mm beroende på var på plattan man kollar. I Excel får man att sprickvidden är 0,357 mm. Se figur 31.



Figur 31. Bild på plattans sprickvidd i Robot Structural Analysis.

Armeringsritningarna som Robot Structural Analysis har genererat för plattan finns som bilaga fem.

De resultat som jämförs är moment, armeringsmängd, nedböjning och sprickvidd. Se även tabell 1 och tabell 2.

Tabell 1. Resultatens jämförelse för betongbalken.

	Balken i Robot	Balken med Excel	Procentskillnad
Moment	168,03 kNm	160,6 kNm	4%
Armering	3T20 i nedre kanten	3T20 i nedre kanten	0%
Nedböjning	29 mm	26,9 mm	7%
Sprickvidd	0,3 mm	0,269 mm	10%

Tabell 2. Resultatens jämförelse för betongplattan.

	Plattan i Robot	Plattans med Excel	Procentskillnad
Moment i x-led	24,52 kNm	41,13 kNm	41%
Moment i y-led	14,11 kNm	30,27 kNm	53%

Armering	T10 c100 T10 c130	T12 c150 T12 c200	8%
Nedböjning	31 mm	45 mm	31%
Sprickvidd	0,25–0,3 mm	0,357 mm	16%

4.2 Slutsats

Efter att ha jämfört Robot Structural Analysis resultat med handberäkningarna kan man nu se att det finns en del olikheter. Det är svårt att förklara varför dessa olikheter finns, eftersom formlerna som Robot Structural Analysis använder sig av inte finns synliga. Har vid ett tidigare skede varit i kontakt med Autodesk personalen om det finns ett sätt att hitta vilka formler de använder sig av och svaret jag fick var bara Calculation Noten. Svaret finns som bilaga sex. Det tydligaste man får upp i Robot, är en Calculation note den genererar då man är klar med sin konstruktion. Men där är mycket borta från den.

Troligtvis är skillnaderna i resultaten pga. beräkningsmetoderna jag använt i jämförelseberäkningarna. Men oberoende om man har räknat för hand eller med Robot Structural Analysis, håller balken men inte plattan.

Robot Structural Analysis har inte varierat mycket från resultaten man fått med Excel, och därför har jag tagit slutsatsen att Robot Structural Analysis är pålitligt fastän man inte ser varje steg den beräknat.

5 Diskussion

För mig har detta examensarbete varit väldigt intressant och lärorikt. Jag har fått en mycket bättre förståelse för programmet Robot Structural Analysis och hur man beräknar betongbalkar och betongplattor. Det har inte varit så många böcker att läsa i, mest beräknas och söka hjälp från Autodesk's stöd sida.

Största utmaningen för mig var att förstå mig på Robot Structural Analysis, då det är ett avancerat program. Att veta när man gjort rätt och var man hittar resultaten man söker efter.

Nu när detta examensarbete är färdigt hoppas jag denna information om programmet kommer hjälpa studerande och andra intresserade som vill komma igång och förstå sig på Robot Structural Analysis.

Avslutningsvis vill jag säga att jag har trivts med att göra detta som mitt examensarbete och är nöjd med resultatet. Jag är även glad över kunskapen jag fått och kommer ha stor nytta utav den.

6 Källförteckning

Tryckta källor:

Leskelä, M. V. (2005). BY 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Helsingfors: Suomen betoniyhdistys r.y.

Eurokoodi 2 (2005). Betonirakenteiden suunnittelu osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt [SFS-EN 1992-1-1 + AC].

SFS-EN 1990, Eurokoodi, Rakenteiden suunnitteluperusteet

Suomen Betoniyhdistys r.y., by 60, EC2 Suunnitteluohje (luonnos 2008)

Ympäristöministeriön asetus Eurocode –standardien soveltamisesta talonrakennuksessa, Liite 1 SFS-EN 1990 Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet, Helsinki 15.10.2007

RIL-201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat: eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 ja EN 1991-1-4. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y., 2008

Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, osa 8: Taipuma. RTT Betonitoimiala, UK Concrete Center.

Elektroniska källor:

Autodesk, 2017. Getting started. [Online]

<https://knowledge.autodesk.com/support/robot-structural-analysis-products/getting-started?sort=score> [hämtat: 10.04.2017]

Teixeira, N, 2015. Part 1 - Defining and Analyzing a Concrete Floor. [Online]

<https://www.youtube.com/watch?v=do1sGiG3io0> [hämtat: 10.04.2017]

Teixeira, N, 2015. Part 2 - Defining and Analyzing a Concrete Floor. [Online]

<https://www.youtube.com/watch?v=E5gevco31ck> [hämtat: 10.04.2017]

Teixeira, N, 2015. Part 3 - Defining and Analyzing a Concrete Floor. [Online]

<https://www.youtube.com/watch?v=q3TdYV1mBW8> [hämtat: 10.04.2017]

Teixeira, N, 2015. Part 4 - Defining and Analyzing a Concrete Floor. [Online]

https://www.youtube.com/watch?v=7CfcEz8D_70 [hämtat: 10.04.2017]

Bilagor

Bilaga 1

Teckenlista med förklaringar för symbolerna.

Förklaring	Symbol	Förklaring	Symbol		
Vinkel; förhållande	Alfa	α	Slankhet	Lambda	λ
Modifieringskoefficient		α_{cc}	Betongens densitet kg/m ³	Rho	ρ
Förhållandet mellan elasticitetsmodulerna		α_e	Relativ armeringsmängd		ρ
Vinkel; förhållande; gångar	Beta	β	Relativ armeringsmängd med hänsyn till dragen betongtvärsnittsyta		ρ_{eff}
Tryckblockets relativa höjd		β	Skjuvarmeringens förhållande	Rho	ρ_w
Faktor som beaktar lastens varaktighet		β	Relativt moment		μ
Partialkoefficient	Gamma	γ	Sprickningsgrad	Xi	ξ
Betongens partialkoefficient		γ_c	Betongens tryckspänning	Sigma	σ_c
Stålets partialkoefficient		γ_s	Stålspänningen vis spricka pga. momentet		σ_s
Nedböjning		δ	Stålspänningen då första sprickan som just öppnat sig.		σ_{sr}
betongstukning	Epsilon	ϵ_c	Ståldiameter		ϕ
Betongens töjning		ϵ_{ct1}	Kryptal vid beräkning av nedböjning vid långvarig last	Fi	φ
En differens vid beräkningar av sprickvidd		$\Delta\epsilon_{sm}$			
Korrigeringsfaktor; antal	Eta	η			
Vinkel	Theta	θ			

Dragstålsarea	A_s	Normalkraft	N
Den behövliga armeringens area	$A_{s,real}$	Dimensionerande normalkraft	N_{Ed}
Fördelningsarmeringens area	A_{st}	Yt- eller linjelast i brukstillstånd	P_k
Tryckstålsarea	A_{sc}	Yt- eller linjelast i brottgränstillstånd = dimensionerande yt- eller linjelast	P_d
Betongens elasticitetsmodul	E_{cm}	Nyttolast	Q_k
Betongens elasticitetsmodul	E_c	Brukstillstånd	SLS
Stålets elasticitetsmodul	E_s	Vridmoment	T
Böjstyvhet	EI	Dimensionerande vridmoment i snittet	T_{Ed}
Böjstyvhet för osprucket tvärsnitt	$(EI)_I$	Skjuvkraft	V
Böjstyvhet för tvärsnitt vid spricka	$(EI)_{II}$	Dimensionerande skjuvkraft	V_{Ed}
Effektiv böjstyvhet	$(EI)_{ef}$	Brottgränstillstånd	ULS
Kraft	F		
Varaktig last, karakteristiskt värde	G_k		
Tvärsnittets tröghetsmoment	I		
Böjmoment	M		
Dimensionerande värde på moment	M_{Ed}		
Sprickmoment	M_{cr}		

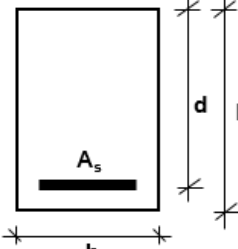
Avstånd; tillåten avvikelse	a	Betongens draghållfasthet i medeltal	f_{ctm}
Bredd	b	Stålets draghållfasthet	f_{yd}
Tvärsnittets bredd	b_w	Höjd; Tjocklek	h
Täckskikt	c	Den effektivt dragna betongareans höjd	h_{ceff}
Effektiv höjd; diameter; dragstålets avstånd till den tryckta kanten	d	Koefficient; faktor	k
Tryckstålets avstånd till den tryckta kanten	dc	Faktor som beräknats för att lättare beräkna böjstyvheten vid spricka	k_x
Kornstorlek	d_g	Nedböjningsfaktor som beror på upplagssätt och belastning enligt tabell	k_δ
Excentricitet	e	Längd	l
Betongens tryckhållfasthet	f_{cd}	Avstånd mellan huvudsprickor då sprickavstånden stabiliserat sig	$S_{r,max}$
Betongens cylinderhållfasthet	f_{ck}	Koordinater	x, y, z
Betongens tryckhållfasthet i medeltal	f_{cm}	Inre hävarm	z
Karakteristisk draghållfasthet	f_{ctk}	Sprickvidd	wks
Skjuvarmeringens dimensioneringshållfasthet	f_{ywd}	Tvärsnittets böjmotstånd med hänsyn till den dragna kanten	w
Armeringsstålets sträckgräns	f_{yk}		

Bilaga 2

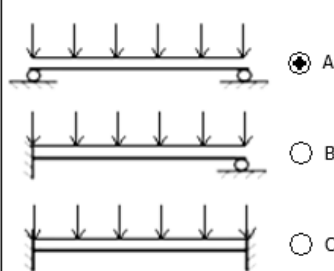
Betongbalkens jämförelseberäkningar

Geometria

Palkin kokonaispituus	8400	mm
Viisteet	0	mm
Tukipinnan pituus	t = 400	mm
Korkeus	h = 600	mm
Leveys	b = 280	mm
Jänneväli	L = 8000	mm
Poikkileikk. pinta-ala	A _c = 168000	mm ²
Poikkileikk. piiri	u = 1760	mm



Valitse rakennemalli:



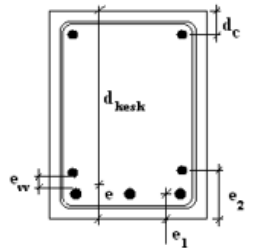
HUOM! Palkin rasiusten laskennassa käytetyn rakennemallin tulee vastata yllä valittua rakennemallia.

Materiaali ja ympäristö

Rakenneluokka	2	Kiviaineen maksimi raekoko	d _g = 16	mm
Betonin lujuus	C30/37	Ympäristön suhteellinen kosteus	RH = 60	%
Sementtilaji	N	Betonin ikä tarkasteluajankohtana	t = 3650	vrk
Rauditus	B500B	Betonin ikä kuorman alkaessa	t ₀ = 28	vrk
Rasitusluokka	X0	Sallittu mittapoikkeama	Δc _{dev} = 10	mm
Suunnitteluikä	50 vuotta	Betonipeitteen vähimmäisarvo	c _{min} = 20	mm
		Betonipeitteen nimellisarvo	c _{nom} = 30	mm
		Betonipeite haan pintaan	c = 30	mm

f _{ck}	30,0	MN/m ²	f _{cm}	38,0	MN/m ²	f _{cd}	17,0	MN/m ²
f _{ctm}	2,90	MN/m ²	f _{ctk}	2,03	MN/m ²	f _{ctd}	1,35	MN/m ²
f _{yk}	500	MN/m ²	f _{yd}	435	MN/m ²	ε _{cu2}	3,50	‰
E _{cm}	32837	MN/m ²	λ	0,8		φ(t, t ₀)	2,08	
E _s	200000	MN/m ²	η ₂	1,0		E _{c,eff}	10656	MN/m ²
						ε _{sd}	2,17	‰

Rauditus HUOM! Puristusteräksien määrä tulee asettaa lähtökohtaisesti nollassi.



Puristusteräksät	Φ _c [mm]	n _c [kpl]	A _{sc} [mm ²]	d _c [mm]
	20	0	0	0

Veto-teräksät	Rivi	Φ ₁ , Φ ₂ [mm]	n ₁ , n ₂ [kpl]	A _{s1} , A _{s2} [mm ²]	d ₁ , d ₂ [mm]
Yläriivi	2	8	0	0	552
Alariivi	1	20	3	942	552
				942	552
				= A _s	= d _{kesk}

Tarkista paloluokkavaatimusten toteutuminen (e₁)!

e _w = max[20; d _g +3; Φ ₁]	20	mm
e ₁ = (c+Φ _n +(Φ ₁ /2)) =	48	mm
e ₂ = e ₁ +(Φ ₁ /2)+e _w +(Φ ₂ /2) =	48	mm
d _c = (c+Φ _n +(Φ _c /2)) =	0	mm

Haat	Φ _n = 8	mm	Hakojen suuntakulma	α _n = 90	deg
Leikkeiden määrä	n _n = 2	kpl	1 ≤ cot θ ≤ 2,5	cot θ = 2,5	
Hakojen jakoväli	s _n = 180	mm	Leikkausraudoitus	A _{sw} = 101	mm ² /haka
				A _{sw,tot} = 559	mm ² /m

Taivutuskestävyys						
$\omega =$	$(A_s f_{yd}) / (b d \eta_2 f_{cd}) =$	0,156	$\mu =$	$\omega (1 - d_c/d) - \beta_c (\beta_c/2 - d_c/d)$	$\mu =$	0,144
$\omega_c =$	$(A_{sc} f_{yd}) / (b d \eta_2 f_{cd}) =$	0,000	$A_{s,min} =$	$(0,26 f_{ctm} d b) / f_{yk} > 0,0013 b d$	$A_{s,min} =$	233 mm ²
$\beta_c =$	$\omega - \omega_c =$	0,156	$M_{pl,Rd} =$	$\mu b d^2 \eta_2 f_{cd} =$		208,6 kNm
$\beta_b =$	$\lambda \epsilon_{cu2} / (\epsilon_{cu2} + (f_{yk}/E_s)) =$	0,467				
$x =$	$\beta_c d / \lambda =$	107,6 mm				
$\epsilon_{sc} =$	$\epsilon_{cu} (1 - (d_c/x)) =$	0,00 ‰				
$\epsilon_{sc} / \epsilon_{sd} =$		0,00				
						Rakenteessa ei puristusraudoitusta
	Taivutuskestävyys, poikkileikkauksen käyttöaste		$M_d/M_{pl,Rd} =$		0,77	OK
	Minimiraudoitus		$A_s > A_{s,min}$			OK
	Vetomurtumisehto		$\beta_c < \beta_b$			OK

Leikkaukestävyys						
$z =$	$0,9d =$	497 mm	$V_{Rd,s} =$	$(A_{sw}/s) z f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha_h) \sin \alpha_h$	$V_{Rd,s} =$	301,6 kN
$v_1 =$	$0,6 (1 - (f_{ck}/250)) =$	0,528	$V_{Rd,max} =$	$\alpha_{cw} b_w z v_1 \eta_2 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha_h) / (1 + \cot^2 \theta)$	$V_{Rd,max} =$	430,6 kN
$S_{h,max} =$	$0,75 d (1 + \cot \alpha_h) =$	414 mm	$V_{Rd} =$	$\min [V_{Rd,s}; V_{Rd,max}] =$		301,6 kN
$A_{sw,min} =$	$(0,08 f_{ck}^{0,5} b_w \sin \alpha_h) / f_{yk}$				$V_{Rd,c} =$	78,3 kN
	$A_{sw,min} =$	245 mm ² /m			$V_{Rd,c,min} =$	60,1 kN

Leikkaukestävyys	$V_{Ed}/V_{Rd} =$	0,27	OK
Minimiraudoitus	$A_{sw,tot} > A_{sw,min}$		OK
Hakojen maksimiväli	$S_h < S_{h,max}$		OK

Kutistuma				
Poikkileikkauksen nimellismita	$h_0 = 2A_c / u =$	190,9 mm		
Nimellinen kuivumiskutistuma	$\epsilon_{cd,0} =$	0,0004321		
Kuivumiskutistuman loppuarvo	$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \epsilon_{cd,0} =$	0,0003732	jossa $k_h =$	0,86
Sisäisen kutistuman loppuarvo	$\epsilon_{ca,\infty} = 2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	0,00005		
Kokonaiskutistuman loppuarvo	$\epsilon_{cs,\infty} = \epsilon_{cd,\infty} + \epsilon_{ca,\infty} =$	0,0004232		
Pituuden muutos	$\Delta L =$	3,55 mm		

Taipuma					
$\alpha_e =$	$E_s / E_{c,eff}$		$\alpha_e =$	18,8	
$x_1 =$	$(bh^2/2 + (\alpha_e - 1)(A_s d + A_{sc} d_c)) / (bh + (\alpha_e - 1)(A_s + A_{sc}))$		$x_1 =$	323 mm	
$I_1 =$	$bh^3/12 + bh(h/2 - x_1)^2 + (\alpha_e - 1)[A_s(d - x_1)^2 + A_{sc}(x_1 - d_c)^2]$		$I_1 =$	0,00601 m ⁴	
$x_2 =$	$\{ [A_s \alpha_e + A_{sc}(\alpha_e - 1)]^2 + 2b[A_s \alpha_e d + A_{sc} d_c(\alpha_e - 1)] \}^{0,5} - [A_s \alpha_e + A_{sc}(\alpha_e - 1)] /$		$x_2 =$	208 mm	
$I_2 =$	$b x_2^3/3 + \alpha_e A_s (d - x_2)^2 + (\alpha_e - 1) A_{sc} (d_c - x_2)^2$		$I_2 =$	0,00293 m ⁴	
$(EI)_1 =$	$E_{c,eff} I_{c1} =$	64,0 MNm ²			
$(EI)_2 =$	$E_{c,eff} I_{c2} =$	31,3 MNm ²	$M_\alpha =$	$f_{ctm} W =$	62,7785 kNm
$S_1 =$	$A_s (d - x_1) - A_{sc} (x_1 - d_c)$		$S_1 =$	215974,5 mm ³	
$S_2 =$	$A_s (d - x_2) - A_{sc} (x_2 - d_c)$		$S_2 =$	323860,5 mm ³	
$\beta =$	$\begin{cases} 1,0 & \text{ominais- tai tavalliselle yhdistelmälle} \\ 0,5 & \text{pitkäaikaisyhdistelmälle} \end{cases}$		$\beta =$	0,50	
$\zeta =$	$1 - \beta (M_\alpha / M_{k,max})^2$		$\zeta =$	0,890 ≥ 0	
$(1/r)_M =$	$(\zeta M_k / EI_2) + ((1 - \zeta) M_k / EI_1)$		$(1/r)_M =$	0,00403 1/m	
$(1/r)_{cs} =$	$\zeta \epsilon_{cs} \alpha_e (S_2 / I_2) + (1 - \zeta) \epsilon_{cs} \alpha_e (S_1 / I_1)$		$(1/r)_{cs} =$	8,117E-07 1/m	
$1/r =$	$(1/r)_M + (1/r)_{cs}$		$1/r =$	0,0040338 1/m	
$w_{tot} =$	$K L^2 (1/r)$	$K = \begin{cases} 5/48 & (A) \\ 128/1665 & (B) \\ 1/16 & (C) \end{cases}$	$w_{tot} =$	26,9 mm	
			$L/250 =$	32,0 mm	

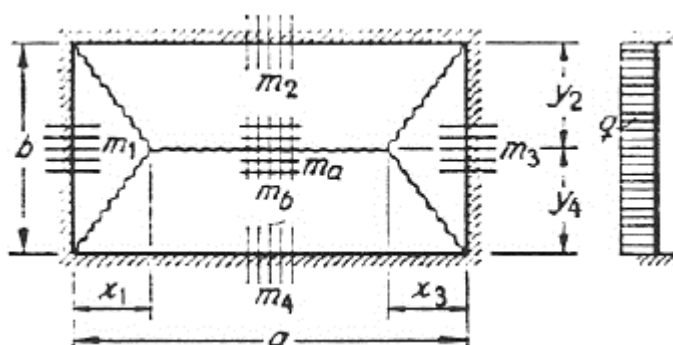
Halkeamaleveys

$\Phi_{eq} =$	$(n_1\Phi_1^2 + n_2\Phi_2^2) / (n_1\Phi_1 + n_2\Phi_2)$	$\Phi_{eq} =$	20	mm
$A_{c,eff} =$	$b \min[2,5(h - d); (h - x_2)/3; h/2]$	$A_{c,eff} =$	33600	mm ²
$\rho_{s,eff} =$	$A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{s,eff} =$	0,028	
$\sigma_c =$	$M_{k1} / [0,5bx_2(d - x_2/3) + (\alpha_e - 1)A_{sc}(x_2 - d_c)/x_2(d - d_c)]$	$\sigma_c =$	9,5	MN/m ²
$\sigma_s =$	$\alpha_e\sigma_c(d - x_2) / x_2$	$\sigma_s =$	293,8	MN/m ²
$k_t =$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,6 \text{ ominais- tai tavalliselle yhdistelmälle} \\ (0,6M_{k1} + 0,4M_{k2}) / (M_{k1} + M_{k2}) \text{ pitkäaikaisyhdistelmälle} \end{array} \right.$	$k_t =$	0,50	
$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} =$	$[\sigma_s - k_t(f_{ctm}/\rho_{s,eff})(1 + \alpha_e\rho_{s,eff})]/E_s > 0,6\sigma_s/E_s$	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} =$	0,00107	
$c_c =$	38 mm	$S_{r,max} =$	$k_3c_c + k_1k_2k_4\Phi_{eq}/\rho_{s,eff} =$	250 mm
		$w_k =$	$S_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,269 mm

förklaring	symbol	värde	enhet
betongens cylinderhållfasthet	f_{ck}	20	MPa
stålets sträckgräns	f_{yk}	500	MPa
plattans tjocklek	h_L	0,2	m
avstånd från uk platta till understa huvudstålets yta	c	0,02	m
egenvikt på platta (slipskikt)	g	15	kN/m ²
nyttolast på platta	q	2,5	kN/m ²
kortare spännvidden (sida 1 och 3)	b	5	m
längre spännvidden (sida 2 och 4)	a	7	m
koefficient för relativt moment (m_a/m_b) --> sök	μ	0,465	
relativt stödmoment för sida 1 ($=m_1/m_a$)	i_1	0	
relativt stödmoment för sida 2 ($=m_2/m_b$)	i_2	0	
relativt stödmoment för sida 3 ($=m_3/m_a$)	i_3	0	
relativt stödmoment för sida 4 ($=m_4/m_b$)	i_4	0	

defaultvärden			
lastkoefficient	K_{fl}	1	
egenviktens partialkoefficient	γ_g	1,15	
nyttolastens partialkoefficient	γ_q	1,5	
betongens partialkoefficient	γ_c	1,5	
stålets partialkoefficient	γ_s	1,15	
kombinationsfaktor för långvarig nyttolast	ψ_2	0,3	
betongens volymvikt [kN/m ³]	ρ_g	25	
kryptal	φ	2,7	

brottlinjeteori:			
dimensionerande ytlast	p_d	26,75	kN/m ²
reducerat kantmått b_r , enligt formel	b_r	5	m
reducerat kantmått a_r , enligt formel	a_r	7	m
förhållandet mellan reducerade kantmått	ε_r	1,40	m
fältmoment i kortare riktning med formel	m_{b1}	47,98	kNm/m
efter koncentrerung, fältmoment m_b	m_b	58,41	kNm/m
efter koncentrerung, fältmoment m_a	m_a	29,75	kNm/m



$$\text{Givet: } \begin{cases} m_a = \mu m_b \\ m_1 = i_1 m_a; \quad m_2 = i_2 m_b; \quad m_3 = i_3 m_a; \quad m_4 = i_4 m_b \end{cases}$$

$$m_b = \frac{qb_r^2}{24} \left(\sqrt{3 + \frac{\mu}{\varepsilon_r^2}} - \frac{\sqrt{\mu}}{\varepsilon_r} \right)^2 \quad (1 \text{ a})$$

$$\varepsilon_r = \frac{a_r}{b_r} \quad (1 \text{ b})$$

$$a_r = a \frac{2}{\sqrt{1+i_1} + \sqrt{1+i_3}} \quad (1 \text{ c})$$

$$b_r = b \frac{2}{\sqrt{1+i_2} + \sqrt{1+i_4}} \quad (1 \text{ d})$$

gemensamma värden:			
effektiv höjd för båda riktningarna	d	0,162	m
dimensionerande draghållfasthet	f _{cd}	11,3	MPa
dimensionerande tryckhållfasthet	f _{yd}	435	MPa

bestämning av huvudstål:			
erforderlig fältarmering i kortare riktning	A _{sb}	932	mm ² /m
erforderlig fältarmering i längre riktning	A _{sa}	446	mm ² /m
erforderlig stödarmering för stöd 1	A _{s1}	0	mm ² /m
erforderlig stödarmering för stöd 2	A _{s2}	0	mm ² /m
erforderlig stödarmering för stöd 3	A _{s3}	0	mm ² /m
erforderlig stödarmering för stöd 4	A _{s4}	0	mm ² /m

	diam.	centr.avst.	stålarea	utn.grad
vald fältarmering i kortare riktning	T16	c200	1005	93 %
vald fältarmering i längre riktning	T10	c150	524	85 %
vald stödarmering, stöd 1	T16	c300	670	0 %
vald stödarmering, stöd 2	T 8	c300	168	0 %
vald stödarmering, stöd 3	T10	c250	314	0 %
vald stödarmering, stöd 4	T16	c300	670	0 %

$$(EI)_{ef} = \xi \cdot (EI)_{II} + (1-\xi) \cdot (EI)_I$$

$(EI)_I$ = böjstyvhets för osprucket tvärsnitt

$(EI)_{II}$ = böjstyvhets för tvärsnitt vid spricka

ξ = "sprickningsgraden" som beaktar inverkan av betongpartier mellan sprickorna, fås ur

$$\xi = 1 - \beta \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^m \quad \xi = 0 \text{ då } \sigma_s < \sigma_{sr}$$

$m = 2$ ($m = 3$ i gamla betongnormen B4)

β = faktor som beaktar lastens varaktighet

$\beta = 1$ vid kortvariga laster

$\beta = 0,5$ vid långvariga laster eller vid cykliska och dynamiska laster.

σ_{sr} = stålspanningen då första sprickan som just öppnat sig. För att kunna bestämma detta behövs ett värde för tvärsnittets sprickmoment M_{cr} (se punkt 5.1.3)

σ_s = stålspanningen vid spricka på grund av momentet M .

$$x_c = \frac{h^2 + 2(d_c d \rho_c + d^2 \rho)(\alpha_e - 1)}{2(h + d(\alpha_e - 1)(\rho_c + \rho))}$$

$$I_c = b \left(\frac{h^3}{12} + h \left(\frac{h}{2} - x_c \right)^2 + d^3 (\alpha_e - 1) \left(\rho \left(1 - \frac{x_c}{d} \right)^2 + \rho_c \left(\frac{x_c}{d} - \frac{d_c}{d} \right)^2 \right) \right)$$

$$(EI)_c = E_{cm} I_c$$

där

b = tvärsnittets bredd vid den tryckta kanten

d = dragståls (A_s) avstånd till den tryckta kanten

d_c = tryckståls (A_{sc}) avstånd till den tryckta kanten

A_s = dragstålsarea

A_{sc} = tryckstålsarea

x_c = neutralaxelns läge från den trykta kanten mätt

α_e = förhållandet mellan elasticitetsmodulerna = E_s/E_{cm}

ρ = relativ dragstålsarea = A_s/bd

ρ_c = relativ tryckstålsarea = A_{sc}/bd

$$(EI)_{II} = E_s A_s d^2 (1 - k_x)^2 + E_s A_{sc} d^2 \left(k_x - \frac{d_c}{d} \right) + \frac{k_x^2}{3} b d^3 E_{cm}$$

$$k_x = \sqrt{(\rho + \rho_c)^2 \alpha_e^2 + 2 \left(\rho + \rho_c \frac{d_c}{d} \right) \alpha_e} - (\rho + \rho_c) \alpha_e$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}; \quad \rho_c = \frac{A_{sc}}{bd}; \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$$

$$(EI)_{II} = E_s A_s d^2 (1 - k_x) \left(1 - \frac{k_x}{3} \right)$$

beräkningar i brukstillstånd för långtidslast			
långvarig last i brukstillstånd	p_{k2}	20,75	kN/m ²
betongens elasticitetsmodul, kryptal beaktad	E_{c2}	8098	MPa
förhållandet mellan elasticitetsmodulerna	α_{e2}	24,7	
betongens drghållfasthet i medeltal	f_{ctm}	2,21	MPa
sprickmoment	m_{cr}	14,7	kNm/m
nedböjningsfaktor i kortare riktning	$k_{\delta b}$	0,104	
nedböjningsfaktor i längre riktning	$k_{\delta a}$	0,104	
brukstillståndets fältmoment i kortare riktning	m_{b2}	45,3	kNm/m
relativ stålarea i kortare riktning	ρ_b	0,62 %	
neutralaxelns läge, kortare riktning	x_{cb}	0,107	m
tröghetsmoment, kortare riktning	I_{cb}	0,000748	m ⁴
böjstyvhet osprucket tvärsnitt, kortare riktning	EI_{1b}	6,061	MNm ²
neutralaxelns relativa läge, kortare riktning	k_{xb}	0,421	
böjstyvhet vid spricka, kortare riktning	EI_{2b}	2,625	MNm ²
sprickningsgrad, kortare riktning	ξ_b	0,947	
effektiv böjstyvhet, kortare riktning	$EI_{eff\ b}$	2,807	MNm ²
nedböjning mitt i spannet, kortare riktning	δ_b	42,0	mm

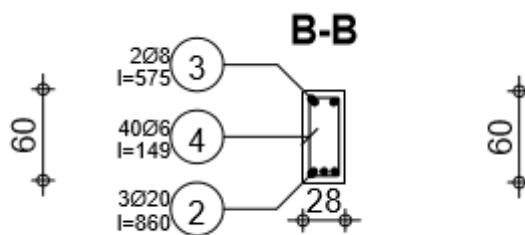
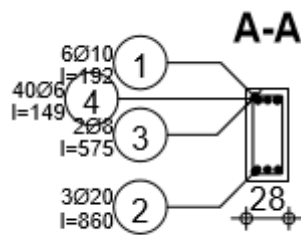
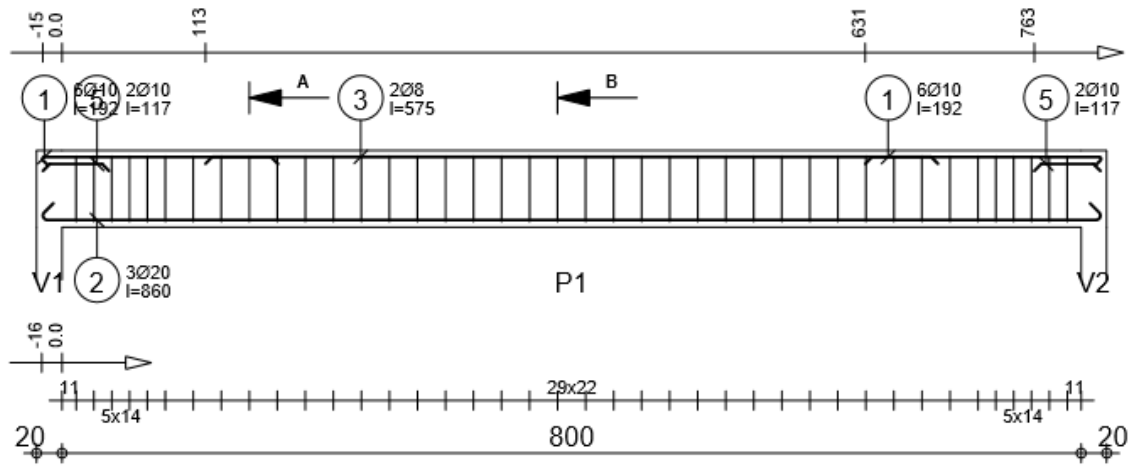
brukstillståndets fältmoment i längre riktning	m_{a2}	23,1	kNm/m
relativ stålarea i längre riktning	ρ_a	0,32 %	
neutralaxelns läge, längre riktning	x_{ca}	0,104	m
tröghetsmoment, längre riktning	I_{ca}	0,000712	m ⁴
böjstyvhet osprucket tvärsnitt, längre riktning	EI_{1a}	5,762	MNm ²
neutralaxelns relativa läge, längre riktning	k_{xa}	0,328	
böjstyvhet vid spricka, längre riktning	EI_{2a}	1,646	MNm ²
sprickningsgrad, längre riktning	ξ_a	0,796	
effektiv böjstyvhet, längre riktning	$EI_{eff\ a}$	2,807	MNm ²
nedböjning mitt i spannet, längre riktning	δ_a	42,0	mm
differens, om positiv => minska värdet på μ	diff	-0,0018	

Sprickvidd			
Koefficient som beaktar stålets vidhäftningsegenskaper	k1	0,8	
Koefficient som beaktar om det är böjning eller enbart dragkraft	k2	0,5	
Empirisk koefficient	k3	3,4	
Empirisk koefficient	k4	0,425	
Koefficient som beror på lastens varaktighet	kt	0,4	
Täckskiktet	c	32	mm
Den effektivt dragna betongareans höjd	h_c.eff	57,05	mm
Dragna betongarean	A_c.eff	57050	mm ²
Relativ stålarea med hänsyn till dragna betongtvärsnittsytan	Rho_s.eff	0,016338	
Ståldiameter	ϕ	12	mm
Avstånd mellan huvudsprickor då sprickavstånden stabiliserat sig	s_r.max	233,6624	mm
Betongens kantspänning vid den tryckta kanten då spricka öppnat sig	sigma_c	9535,752	kN/m ²
Stålsänning vid spricka på grund av verkande last	sigma_s	349047,5	kN/m ²
Differens	Delta_E_sm	0,001365	
Sprickvidd	W_ks	0,319058	mm

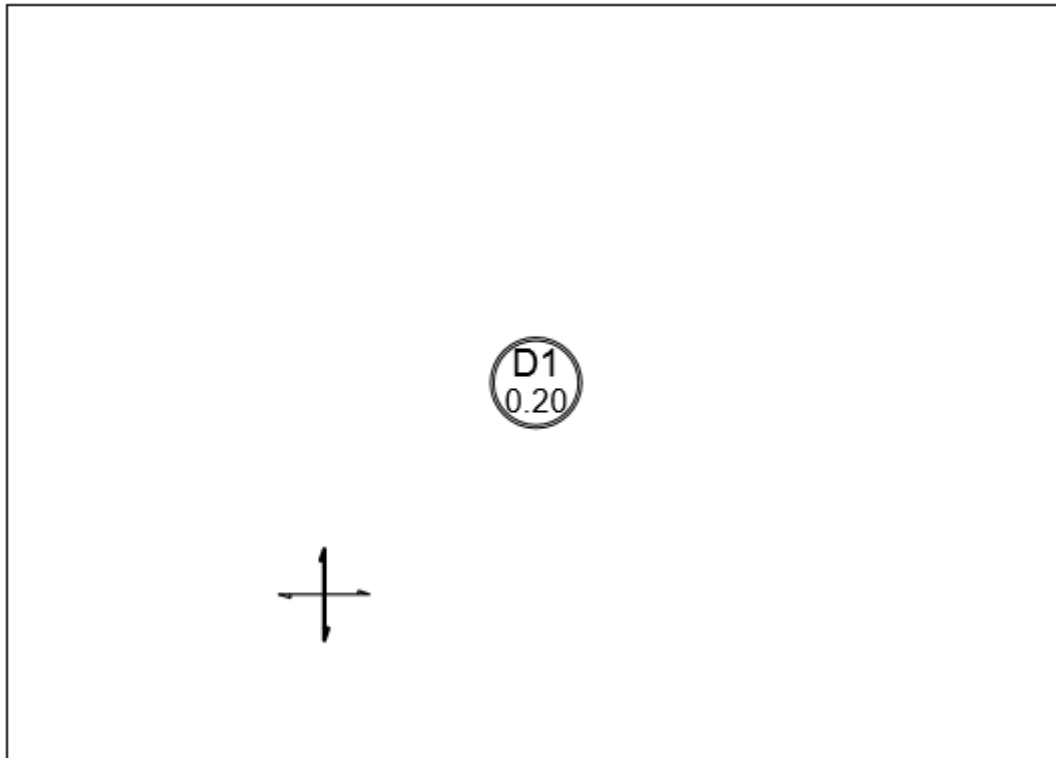
Bilaga 4

Betongbalkens armeringsritningar ur Robot Structural Analysis.

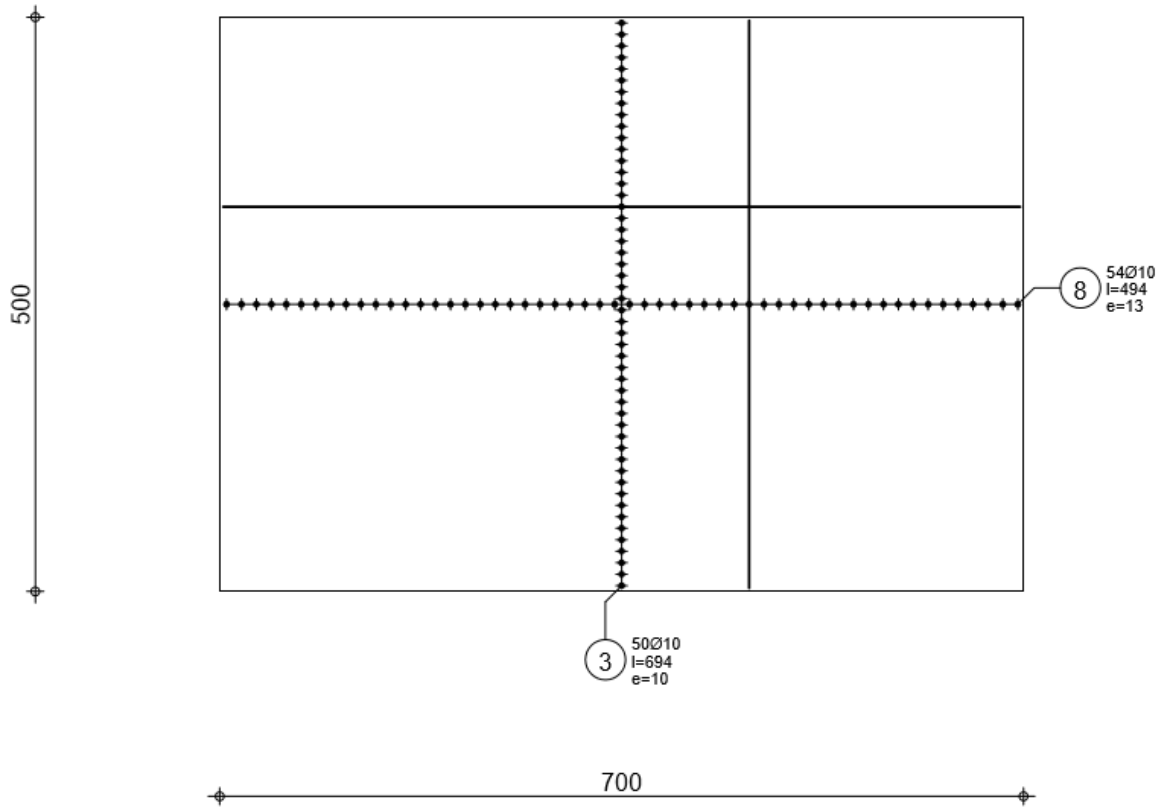
Pos.	Reinforcement	Code	Shape	Steel
①	6Ø10 l=192	00		A500HW
②	3Ø20 l=860	00		A500HW
③	2Ø8 l=575	00		A500HW
④	40Ø6 l=149	31		A500HW
⑤	2Ø10 l=117	21		A500HW



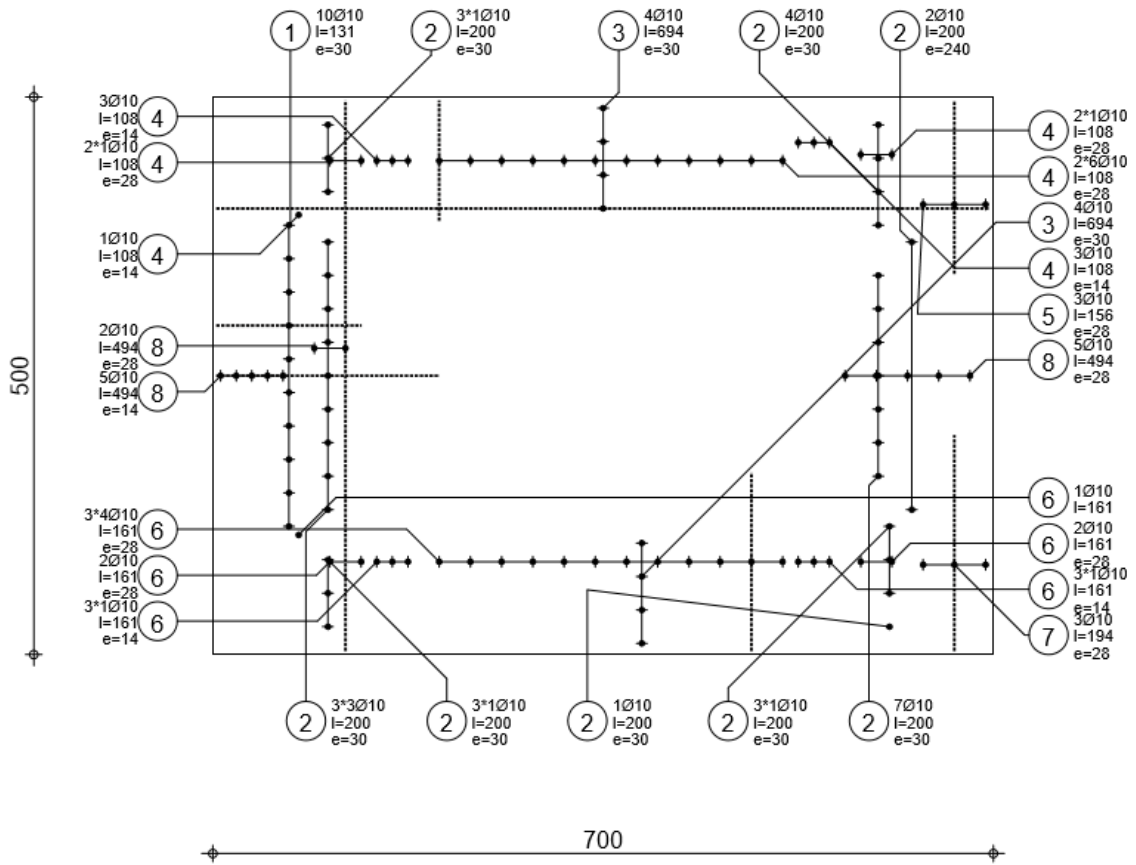
Tel.	Fax		Steel A500HW = 72.1 kg
Max. aggregate diameter : 20mm	Structure class : S1	Concrete : C30/37 = 1.41 m3	Steel A500HW = 17.8 kg
Beam1 : P1	Number 1	Formwork = 12.7 m2	Bottom cover 5 cm
			Top cover 5 cm
Section 28x60		Density (unit weight) = 63.76 kg/m ³ scale 1/50	Page 1/1
		Average diameter = 9.97mm	



Tel.	Fax	Concrete : C20/25 = 7 m3 Formwork = 35 m2	Cover top = 3 cm bottom = 3 cm
Element: Plate1 Drawing: SLAB FORMWORK			
			Page 1/4



Tel.	Fax	Concrete : C20/25 = 7 m ³		Cover top = 3 cm bottom = 3 cm	
Element: Plate1					
Drawing: BOTTOM SLAB REINFORCEMENT					




Tel.	Fax	Concrete : C20/25 = 7 m3	Cover top = 3 cm bottom = 3 cm
Element: Plate1			
Drawing: TOP SLAB REINFORCEMENT			Page 3/4

Pos.	Reinforcement	Code	Shape	Steel
①	10Ø10 l=131	00	130	
②	32Ø10 l=200	00	200	
③	58Ø10 l=694	00	694	
④	23Ø10 l=108	00	108	
⑤	3Ø10 l=156	00	156	
⑥	23Ø10 l=161	00	160	
⑦	3Ø10 l=194	00	194	
⑧	66Ø10 l=494	00	494	

Tel.	Fax	Concrete : C20/25 = 7 m3	Cover top = 3 cm bottom = 3 cm
Element: Plate1			
Drawing: REINFORCEMENT QUANTITY SURVEY		Date : 05/04/17	Page 4/4

AUTODESK. COMMUNITY

FORUMS | IDEAS



Robot Structural Analysis Forum


Welcome to Autodesk's Robot Structural Analysis Forums. Share your knowledge, ask questions, and help others.

To translate this discussion, select the language. ENGLISH

[REPLY](#) [Topic Options](#) [Message Listing](#)

Share this discussion: [f](#) [t](#) [in](#) [e](#)

sipolalinda



6

21 Posts

Post 1 of 4

[Report](#)

✓ calculations

67 Views, 3 Replies

09-05-2016 02:49 AM

hello!


where in robot can I find calculations, not only the results but also how it is calculated?



Is there some kind of report somewhere?

thank you!

[Add Tag...](#)

Rafal.Gaweda
Structural Engine...



8934 Posts

1942 Kudos

1867 Solutions

10 Ideas



Post 2 of 4

[Report](#)

Re: calculations

09-05-2016 02:52 AM in reply to: [sipolalinda](#)

Analysis \ Calculation Notes \ Full Note

Rafal Gaweda

[Add Tag...](#)