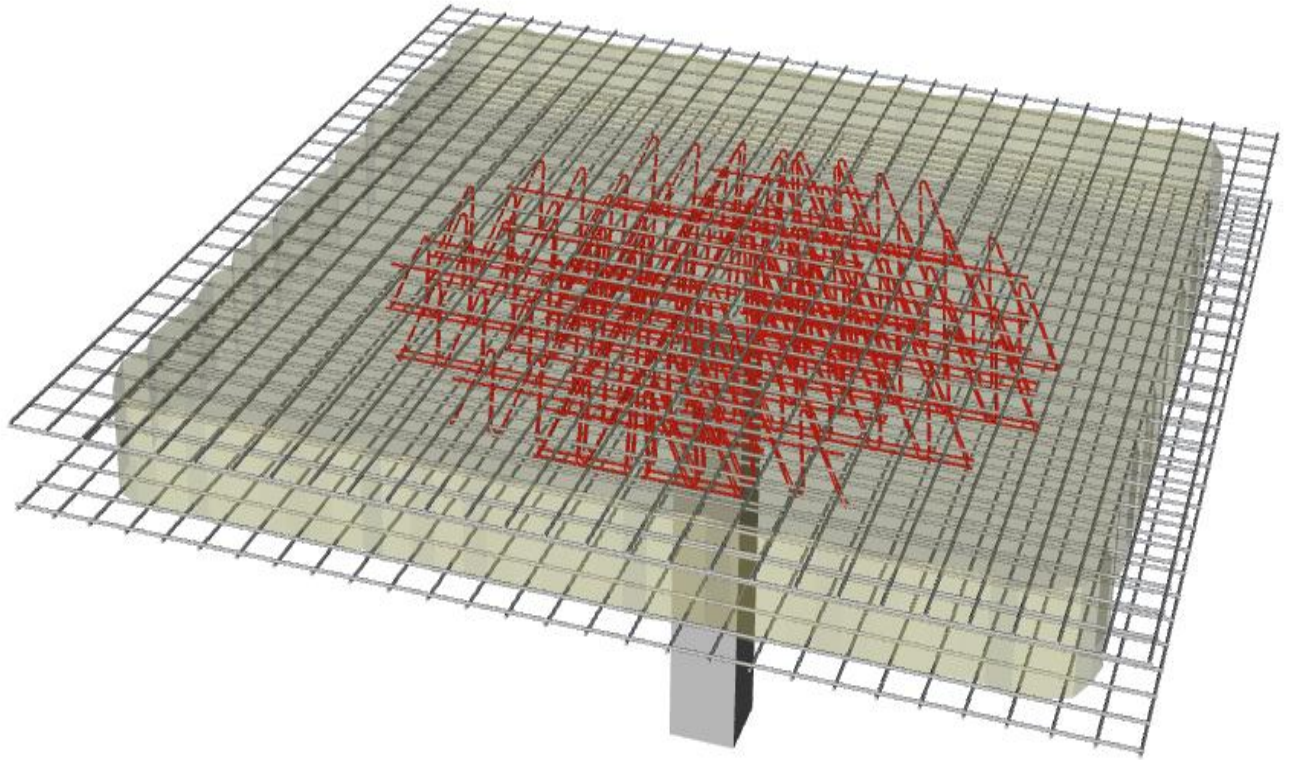




CHALMERS



Armeringslösningar med hänsyn till genomstansning i delvis prefabricerade betongbjälklag

En jämförelsestudie

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ANTON BODIN
PER SÄVNEBY

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdeleningen för konstruktionsteknik
Betongbyggnad
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete 2015:59
Göteborg, Sverige 2015

EXAMENSARBETE 2015:59

Armeringslösningar med hänsyn till genomstansning i delvis prefabricerade betongbjälklag

En jämförelsestudie

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ANTON BODIN

PER SÄVNEBY

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Betongbyggnad
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2015

Armeringslösningar med hänsyn till genomstansning i delvis prefabricerade betongbjälklag

En jämförelsestudie

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ANTON BODIN

PER SÄVNEBY

© ANTON BODIN, PER SÄVNEBY, 2015

Examensarbete 2015:59 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2015

Institutionen för bygg och miljöteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Betongbyggnad

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

3D visualisering av FDB II i ett gårdsbjälklag.

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Göteborg 2015

Armeringslösningar med hänsyn till genomstansning i delvis prefabricerade betongbjälklag

En jämförelsestudie

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ANTON BODIN

PER SÄVNEBY

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Betongbyggnad

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Att det krävs armering mot genomstansning i dagens bostadsprojekt är vanligt då målet ofta är att försöka få så slanka bjälklag som möjligt. Tidigare har pelarkapital eller tjockare bjälklag använts men allt eftersom krav på nya lösningar för att motverka genomstansning växt fram har även nya lösningar tagits fram för marknaden.

Projektet syftade till att göra en jämförelsestudie mellan olika armeringslösningar i delvis prefabricerade betongbjälklag. Det syftade även till att ge en förståelse för hur de olika armeringslösningarna samverkar med befintlig armeringsmängd och hur detta påverkar resultatet.

Eurokod 2 som är standard idag har använts tillsammans med Halfen Dehas beräkningsmjukvara HDB 12.20 och Strusoft Punching. Dessa har använts för att få fram ett beräkningsunderlag för jämförelsestudien. De fyra armeringslösningar som jämförts har i sin tur sammanvägts med olika parametrar som ekonomi och kapacitet. Dessa parametrar har sedan förts in i diagram för att få en överskådlig bild av de resultat som framkommit.

Den viktigaste slutsatsen i det här projektet är att beräkningsprocesserna i olika program skiljer sig åt vilket har lett till olika resultat med likvärdiga ingångsvärden.

Nyckelord: Armeringslösningar, Eurokod 2, Delvis prefabricerade betongbjälklag, kapacitet, ekonomi.

Reinforcement solutions with respect to punching in partially prefabricated concrete slabs

A comparison study

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

ANTON BODIN

PER SÄVNEBY

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of structural engineering

Concrete structures

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The need to reinforce against punching in today's building projects is frequently occurring since there is a high demand for thin floors. Previously, column heads or a thicker floor was used. Because the demands for thinner floors have increased, better reinforcement solutions to prevent punching have been developed.

One of the aims for this project was to do a comparison study between different reinforcement solutions in partly prefabricated concrete floors. Another aim was also to get an understanding of the cooperation between the reinforcement solutions and the already existing reinforcement and how that affects the result.

Eurocode 2 that is the standard of today has been used together with Halfen Deha calculation software HDB 12.20 and Strusoft Punching. These have been used to get the material necessary for the comparison study. The four different methods of reinforcement have been compared within such parameters as economy and capacity. These parameters have been used to provide tables for an easy comparison of the results.

The most important conclusion during this project is that the processes of calculation differ between different programs that have lead to various results with the same entrance values.

Key words: Reinforcement solutions, Eurocode 2, partly prefabricated concrete slabs, capacity, economy.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
2 GENOMSTANSNING	3
2.1 Genomstansningsbrottet	3
2.2 Metoder att motverka genomstansning	4
3 BERÄKNINGSMODELL, GENOMSTANSNING ENLIGT EUROKOD 2	5
3.1 Beräkning av snitt där skjuvarmering krävs enligt Eurokod 2	5
4 ARMERINGSLÖSNINGAR	8
4.1 Allmänna hänsynstaganden	8
4.2 Utan skjuvarmering	8
4.2.1 Beräkningsmetod enligt Eurokod 2	9
4.3 J-byglar	9
4.3.1 Beräkningsgång enligt SS-EN 1992-1-1:2005	10
4.4 Skjuvankare (HALFEN HDB SHEAR RAIL)	11
4.4.1 Beräkning HDB	11
4.5 FILIGRAN FDB II PUNCHING SHEAR REINFORCEMENT	12
4.5.1 Beräkning FDB II	12
5 PRAKTISKA ASPEKTER	13
5.1 Utan skjuvarmering	13
5.2 J-byglar	13
5.3 HDB	14
5.4 FDB II	14
6 EKONOMISKA ASPEKTER	15
CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete 2015:59	III

6.1	Utan skjuvarmering	15
6.2	J-byglar	15
6.3	HDB	15
6.4	FDB II	15
7	SAMMANFATTNING OCH RESULTAT	16
7.1	Resultat av konstruktionsberäkningar	17
7.2	Ekonomi	19
7.3	Lösningarnas för- och nackdelar	21
7.3.1	Utan skjuvarmering	21
7.3.2	J-byglar	22
7.3.3	HDB	22
7.3.4	FDB II	22
8	DISKUSSION	23
9	SLUTSATS	25
	REFERENSER	26
	BILAGOR	27
1	Förslag till riktlinjer till Thomas Betong angående riktlinjer för skjuvarmering	27
2	Beräkningsgång rakjärn	27
3	Halfen Deha Resultat FDB II 250 bjälklag	27
4	Halfen Deha Resultat FDB II 350 bjälklag	27
5	Halfen Deha Resultat HDB 250 bjälklag	27
6	Halfen Deha Resultat HDB 350 bjälklag	27
7	Punching Resultat J-byglar	27
8	Resultattabell 250 bjälklag	27
9	Resultattabell 350 bjälklag	27

Förord

Detta projekt har utförts i samarbete med Thomas Betong under våren 2015 som examensarbete vid högskoleprogrammet Byggingenjör på Chalmers tekniska högskola. Våra varmaste tack till Rasmus Rempling för vägledning genom hela arbetet. Till Helene Wengholt Johnsson från Thomas Betong för möjligheten till detta examensarbete och hjälp under resans gång. Till Niklas Eriksson, från Thomas Betong för hans hjälpande hand då vi har behövt den och även tack till Martin Ljungberg på Halfen för visat intresse och hjälpsamhet med våra frågor.

Göteborg juni 2015

Anton Bodin & Per Sävneby

Beteckningar

Latinska versaler

A_{sw}	Armeringsarea, total
$A_{s,yz}$	Armeringsmängd, y-, och z- led
$C_{Rd.c}$	Nationell parameter
V_{Ed}	Dimensionerande kapacitet
$V_{Rd.c}$	Tvärkraftskapacitet utan tvärkraftsarmering
$V_{Rd.cs}$	Tvärkraftskapacitet med tvärkraftsarmering
$V_{Rd,max}$	Maximal tvärkraftskapacitet

Latinska gemener

a	Pelarsidans längd, y -led
b	Pelarsidans längd, z -led
d	Effektiv höjd
d_{eff}	Effektiv höjd, från topplåt
d_g	Största stenstorlek i ballast
d_m	Effektiv höjd, medel
d_y	Effektiv höjd, y -led
d_z	Effektiv höjd, z -led
f_{cd}	Betongkvalitet, dimensionerande
f_{ck}	Betongkvalitet, karakteristisk
$f_{ywd,ef}$	Betongkvalitet, dimensionerande effektiv
k	Nationell parameter
k_1	Nationell parameter, rekommenderat värde $k_1 = 1,0$
k_2	Nationell parameter, rekommenderat värde $k_2 = 5mm$
r	Radie
r_{out}	Radien från pelare till u_{out}
s_r	Avstånd mellan armeringsstänger vinkelrätt mot pelaren
s_t	Avstånd mellan armeringsstänger längs pelaren
v_{Ed}	Dimensionerande kapacitet med säkerhetsmarginal
u_0	Kontrollperimeter, pelarens utsida
u_1	Kontrollperimeter, vid $2d$
u_{out}	Kontrollperimeter, där skjuvarmering ej längre krävs
v	Nationell parameter

Grekiska gemener

α	Vinkel i grader
β	Nationell parameter
γ_c	Nationell parameter, rekommenderat värde $\gamma_c = 1,5$
ρ_1	Armeringsmängd, total
ρ_{1y}	Armeringsmängd, y- led
ρ_{1z}	Armeringsmängd, z- led

1 Inledning

I Sverige är en av de mest använda metoderna för att bygga flerbostadshus att använda sig av delvis prefabricerade betongbjälklag med bärande pelare och väggar (*Svensk Betong*, 2015). Då dagens beräkningsmetoder är mer förfinade skapar detta möjligheter att ta fram slankare och mer effektiva konstruktioner än någonsin.

1.1 Bakgrund

För slankare bjälklag är området med särskilda utmaningar mötet mellan pelare och bjälklag, där risk för genomstansning kan uppstå. Att förhindra genomstansning är ett problem som redan i antiken löstes med kapital för att öka arean som tar upp lagstrycket och därigenom motverka genomstansning. En annan effekt är en lägre tvärkraft i det kritiska snittet. Ofta estetiskt tilltalande, men det är en lösning som tar upp utrymme under bjälklaget vilket inte alltid är önskvärt.

I moderna betongkonstruktioner användes istället olika armeringslösningar för att klara av lasterna. Oftast handlar det om bockad armering eller lösningar där tillverkare har sina egna, till ändamålet framtagna produkter. Delvis prefabricerade betongbjälklag skapar en annan unik utmaning i och med att gjutning sker i två etapper, vilket gör att skarven mellan de två gjutningarna är en intressant punkt med hänsyn till skjuvkrafter.

Att beräkna behovet för skjuvarmering görs idag i störst utsträckning med hjälp av olika beräkningsmjukvara. Dessa bygger på beräkningsmodeller från Eurokod 2. Eurokod 2 med nationellt appendix är idag standard i Sverige.

Det här examensarbetet skrevs i samarbete med Thomas Betong eftersom de var intresserade av en jämförelse av olika armeringslösningar vid genomstansning av prefabricerade betongbjälklag med bärande pelare. Thomas Betong ville öka sin kunskap om de olika lösningarna samt även undersöka en, för dem, ny lösning.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport var att jämföra armeringslösningar för genomstansning av delvis prefabricerade betongbjälklag.

De olika tillvägagångssätten har kontrollerats utifrån sin bärförmåga, ekonomiska aspekter och praktiskt handhavande. Därefter undersöktes möjligheterna att kunna föreslå riktlinjer för de olika metodernas framtida användande eller föreslå vilka vidare studier som kan behövas.

1.3 Avgränsningar

Denna studie har behandlat skjuvarmering med hänsyn till genomstansning i delvis prefabricerade betongelement.

De armeringslösningar som studerats är:

- Utan skjuvarmering
- J-byglar
- Halfen HDB shear rail (skjuvankare)
- Filigran FDB II punching shear reinforcement (stege)

Ur beräkningssynpunkt har Eurokod 2 med Sveriges nationella appendix, (NA Sweden) tillämpats. Därav begränsas även fallstudierna till Sverige då andra länder kan använda andra appendix och begränsningar.

Studien avgränsades till delvis prefabricerade betongbjälklag med pelare med rektangulära tvärsnitt som utförs med slakarmering och topplåt, denna lösning är den vanligaste i Sverige idag. I studien har ingen hänsyn till momentkrafter tagits vilket har föranlett användning av föreslagna β faktorer enligt Eurokod 2 i dessa fall.

Vidare har inte armeringsmängder för att klara fogskjuvning beräknats. Studien fokuserades på Thomas Betongs prefabricerade produkter därför har inte byggarbetsplatsens tilläggskostnader vägts in i de ekonomiska beräkningarna för de olika fallen.

1.4 Metod

Centralt i studien var fallstudier av aktuella bostadshusprojekt i Sverige. Fallstudierna användes för att få en djupare kunskap om utförandet genom dimensionering med hjälp av handberäkning. Därefter utfördes beräkningar med dimensioneringsmjukvara från Strusoft och Halfen Deha.

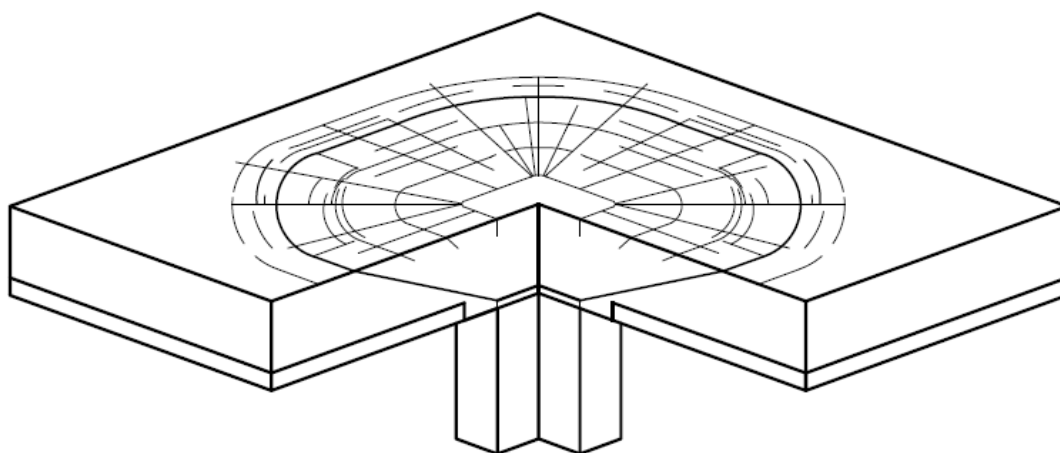
Samtliga beräkningsfall beräknades med de olika metoderna ovan för att skapa en bred grund till jämförelsen. Beräkningarna har parameteriserats med hänsyn till lastkapacitet och ekonomi och låg till grund för en jämförelsestudie. Vidare har även praktiska aspekter vägts in. Utifrån jämförelsen kunde riktlinjer för armeringsmetoder med hänsyn till genomstansning tas fram, i något fall identifierades behov av vidare undersökningar.

2 Genomstansning

Genomstansning är ett plötsligt brott som uppstår när ett pelardäck överbelastas och en konformad del av däckets stansas ut (O'Brien, Dixon, 1995). Genomstansning av bjälklag är särskilt problematiskt, då när ett brott uppstår risk för dominoeffekt då bärförmågan i den påverkade pelaren försvagas avsevärt (Öman, Blomkvist, 2006.). Lasterna överförs då till övriga lastbärare, vilket i sin tur kan orsaka brott även där. Att förklara förloppet är mycket komplicerat då det handlar om stora spänningar på en liten yta och består av både böj och skjavsprickor i fleraxligt tillstånd.

2.1 Genomstansningsbrottet

Genom observationer under en rad laboratorieförsök av Kinnunen och Nylander studerades brottskedet. Försöken låg sedan till grund för en modell som var den första som väl beskrev brottskedets kraftsamverkan (Ericsson, Farahaninia, 2010). Deras försök visar och beskriver brottskedet väl, då alla brott uppstår på samma vis. Detta för att den inledande sprickbildningen består av små sprickor som uppkommer i ett cirkulärt mönster runt pelaren (Öman, Blomkvist, 2006). Därefter uppkommer vinkelräta sprickor ut från de inledande sprickorna. Vidare uppkom nya cirkulära sprickor utanför de vinkelräta sprickorna. Vid ökad last blev sprickbildningen inåtlutande mot pelaren tills plattan var helt genomsprucken. Detta skapar det typiska konformade genomstansningsbrottet.



Figur 2.1 Sprickbildning vid genomstansningsbrott vid innerpelare

Modellerna för beskrivning av brottskedets kraftsamverkan blir komplicerade och blir därför ej användbara vid praktisk beräkning således har beräkningsmodeller utformats.

2.2 Metoder att motverka genomstansning

Genomstansningslast ofta blir det dimensionerande lastfallet vid pelare. Enligt Niklas Eriksson, Konstruktör, Thomas Betong¹ krävs ofta någon metod att förstärka. En av de historiskt sett vanligaste metoderna har varit pelarkapital (se figur 2.1), denna metod har använts sedan länge och görs även idag. Den består av en utökning av den lastbärande ytan för en pelare. Denna metod är typisk för antikens tempel.



Figur 2.2 *Segesta Tempio Greco (Alec, 2011).*

Metoden kan dock uppfattas som skrymmande då den inkräktar på utrymmet under bjälklaget eller balken. Den är fortfarande vanligt förekommande i parkeringshus och liknande konstruktioner. När pelardäcket gjorde entré som byggmetod för bostadshus krävdes en ny lösning då ett kapital blev för skrymmande samtidigt som användandet av pelare minimerades för att maximera golvytan. Där låg början till utvecklingen av olika armeringslösningar för att motverka genomstansning, det vanligast förekommande var upp- eller nedbockad armering samt byglar av olika slag. Denna har använts under lång tid och används även idag, framförallt i parkeringshus eller liknande konstruktioner. Vidare har även metoder med specialtillverkade armeringslösningar för just genomstansning som t.ex. skjuvankare utvecklats för att möjliggöra högre lastkapaciteter än tidigare.

¹ Niklas Eriksson, Konstruktör, Thomas Betong intervjuad av författarna den 6 maj 2015

3 Beräkningsmodell, genomstansning enligt Eurokod 2

Denna beräkningsmodell är endast en metod att enkelt visa skjuvkraftens påverkan på bjälklaget (Westerberg, 2010). Beräkning av genomstansning enligt Eurokod 2 och Boverkets handbok om betongkonstruktioner, BBK 04, härleds enligt samma princip. Dock skiljer sig beräkningssnittet från det tidigare när BBK användes, där ansattes en högre stansningsbelastning och därmed minskade beräkningssnittet till skillnad från Eurokod 2, i vilken istället beräkningssnittet ökade och använde tvärkraften som stansningsbelastning.

När dimensionering görs enligt Eurokod 2 finns möjligheten att lägga in stora mängder skjuvarmering och därigenom uppnå en hög beräknad bärförmåga (Svenska Betongföreningen, 2010), vilket gör att Sverige har valt att lägga in ett lägre gränsvärde i sin nationella bilaga, (NA Sweden). Detta gränsvärde innebär att bärförmågan med hänsyn till genomstansning i skjuvarmerad platta sätts till 1,6 gånger motsvarande platta utan skjuvarmering enligt ekvation [4].

3.1 Beräkning av snitt där skjuvarmering krävs enligt Eurokod 2

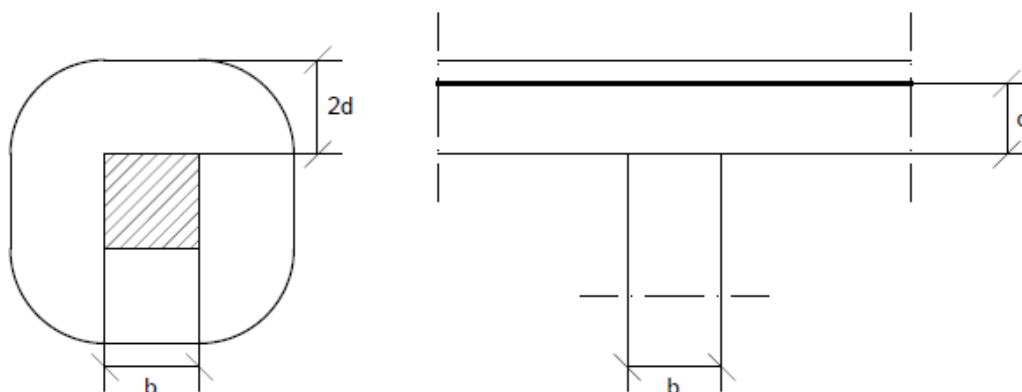
Risk för genomstansning uppstår då: $V_{Ed} \geq V_{Rd.c}$ [1]

Där:

V_{Ed} Dimensionerande kapacitet

$V_{Rd.c}$ Tvärkraftskapacitet utan tvärkraftsarmering

Kontroll av detta enligt Eurokod 2 sker i ett cirkulärt snitt u_1 med avståndet $2d$ från utkanten av en pelare. (se figur 3.1) Kontroll sker även vid snitten u_0 som är pelarens utkant samt vid u_{out} som är det sista snitt där skjuvarmering krävs.



Figur 3.1 Visualisering av beräkningssnittet u_1 enligt Eurokod 2.

Intill pelaren begränsas bärförmågan per ytenhet med hänsyn till genomstansning enligt:

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq V_{Rd,max} \quad [2]$$

intill pelaren u_0

där:

- v_{Ed} Dimensionerande kapacitet med säkerhetsmarginal
- β Nationell parameter
- u_0 Kontrollperimetern vid pelarens utsida
- d Effektiv höjd
- $V_{Rd,max}$ Maximal tvärkraftskapacitet

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_1 d} \leq V_{Rd,max} \quad [3]$$

vid kontrollperimetern u_1

där:

- u_1 Kontrollperimetern vid $2d$

$$V_{Rd,max} = \min[0,5v f_{cd}] [1,6V_{Rd,c} u_1 / u_0] \quad [4]$$

där:

- v Nationell parameter
- f_{cd} Betongkvalitet, dimensionerande

$$v_{Rd,c} = \max[C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3}] [0,0525 / \gamma_c k^{3/2} f_{ck}^{1/2}] \quad [5]$$

där:

- $C_{Rd,c}$ Nationell parameter
- k Nationell parameter
- ρ_1 Armeringsmängd, total
- γ_c Nationell parameter, rekommenderat värde $\gamma_c = 1,5$
- f_{ck} Betongkvalitet, karakteristisk

$$v_{Rd,cs} = 0.75V_{Rd,c} + 1.5(d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/u_1 d) \sin \alpha \quad [6]$$

där:

- s_r Avstånd mellan armeringsstänger vinkelrätt mot pelaren
- A_{sw} Armeringsarea, total
- $f_{ywd,ef}$ Betongkvalitet, dimensionerande effektiv
- α Vinkel i grader

Ekvation [6] visar additionsprincipen där 75 % av den oarmerade bärförmågan $V_{Rd,c}$ utnyttjas med tillägg av skjuvarmering. $V_{Rd,cs}$ är den bärförmåga som behövs, ansätts $V_{Rd,cs} = V_{Ed}$ och därmed löses A_{sw} ut enligt ekvation [6]

$$A_{sw} = (V_{Ed} - 0.75V_{Rd,c}) s_r u_1 / (1.5 f_{ywd,ef} \sin \alpha)$$

Vilket ger mängden skjuvarmering som krävs i mm^2 .

Kontroll av avståndet från pelaren där skjuvarmering inte längre krävs görs enligt:

$$u_{out} = \frac{\beta V_{Ed}}{V_{Rd,c} d} \quad [7]$$

där:

u_{out} Kontrollperimeter, där skjuvarmering ej längre krävs

$$r_{out} = \frac{u_{out} - 2(a + b)}{2\pi} \quad [8]$$

där:

a Pelarsidans längd, y -led

b Pelarsidans längd, z -led

r_{out} Radien från pelare till u_{out}

$$r = r_{out} - 1,5d \quad [9]$$

där:

r Radie

Ekvation [9] ger ett resultat på hur långt ut från pelarkant skjuvarmering krävs.

4 Armeringslösningar

Skjuvarmering vid pelare används för att öka lastkapaciteten med hänsyn till tvärkrafter. I normalfall armeras bjälklag i överkant med hänsyn till moment. I vissa fall kan denna armering vara tillräcklig för att klara även skjuvspänningarna som uppstår. Är inte kapaciteten tillräcklig används istället skjuvarmering. För bjälklag där skjuvarmering krävs används ett flertal olika metoder. De fyra metoder som studerats presenteras i detta kapitel ur konstruktionssynpunkt.

4.1 Allmänna hänsynstaganden

Förankringslängden på armeringen sätts vanligtvis till 50 gånger armeringsdiametern enligt Eriksson². Anledningen till att inte exakta beräkningar av förankringslängder sker beror på att de är tidskrävande och oftast liten armeringsvinst finns att hämta. Armeringslängderna avrundas sedan upp till en jämn multipel av 6, detta beroende på att armeringsjärn tillverkas i längderna 6 och 12 meter och sedan klipps. I och med det ligger även förankringslängden alltid på säker sida. Ett bjälklag bör vara minst 200mm tjockt vid användande av vertikal stansarmering (O'Brien, Dixon, 1995).

Excentricitetsfaktorn β kan beräknas i stället för att ansättas till NA rekommenderade värden. För en mer noggrann analys kräver denna inverkan av moment vilket rapporten enligt avgränsningarna inte tagit hänsyn till. Detta kan vara en god säkerhetsmarginal då konstruktören inte alltid vet om en pelare hamnar exakt där den är tänkt.

När konstruktion av bjälklag görs tas hänsyn till fogsjuvning mellan plattbärlag och pågjutning. Gjutskarven som uppstår där armeras med hjälp av armeringsstegar, vid stora skjuvkrafter använder Thomas Betong extra stegar för att klara av skjuvkrafterna. Vid dimensionering av skjuvarmering beräknas inte tillskottet från stegarna i genomstansningsområde för att vara på säker sida.

4.2 Utan skjuvarmering

Att dimensionera bjälklag utan särskild skjuvarmering är vanligt förekommande vid mindre tvärkrafter enligt Eriksson. Tillvägagångssättet för metoden är att överkantsarmeringen dimensioneras för att klara de skjuvkrafter som uppstår i pågjutningsskarv och av last. Beräkning av detta sker vanligtvis med kontroll mot beräkningsprogramvara om genomstansningsarmering krävs. Om genomstansningsarmering krävs ökas överkantsarmeringen för kontroll av vilken mängd som krävs och bedöms av konstruktören om det är en rimlig ökning.

² Niklas Eriksson, Konstruktör, Thomas Betong intervjuad av författarna den 6 maj 2015

4.2.1 Beräkningsmetod enligt Eurokod 2

Enligt tidigare uppstår risk för genomstansning vid $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}$ därför sätts $V_{Ed} = V_{Rd,c}$ i ekvation [5]

$$V_{Rd,c} = \max[C_{Rd,c}k(100\rho_1f_{ck})^{1/3}][0,0525/\gamma_c k^{3/2} f_{ck}^{1/2}] \quad [10]$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{1y}\rho_{1z}} \leq 0.02 \quad [11]$$

där:

ρ_{1y} Armeringsmängd, y- led

ρ_{1z} Armeringsmängd, z- led

$$\rho_{1yz} = \frac{A_{s,yz}}{d_{yz}} \quad [12]$$

där:

$A_{s,yz}$ Armeringsmängd, y-, och z- led

d_y Effektiv höjd, y -led

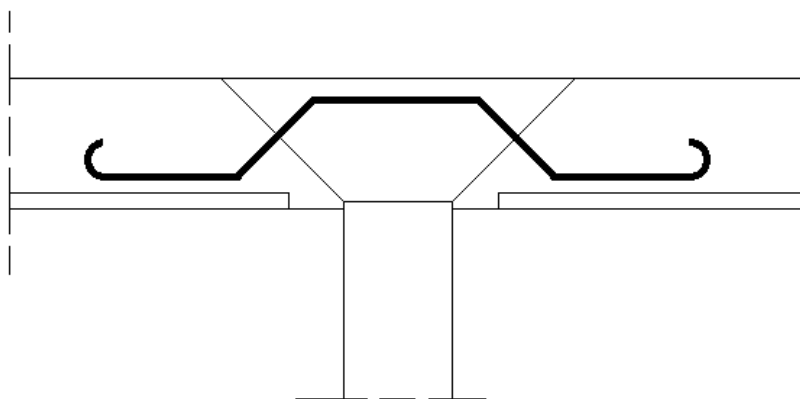
d_z Effektiv höjd, z -led

$A_{s,yz}$ är tvärsnittsarean på överkantsarmering per meter i y- respektive z- led. Genom att öka mängden överkantsarmering ökar även lastkapaciteten.

Därefter väljs lämplig armeringsdiameter ut och sedan beräknas antalet stänger i snittytan. Där bör armeringsmängder förutom att mängden ρ_1 inte bör överstiga två procent enligt ekvation [11] då den ändå inte tillgodoräknas. S-mått under 100 mm bör undvikas med hänsyn till platsbrist vid monteringen.

4.3 J-byglar

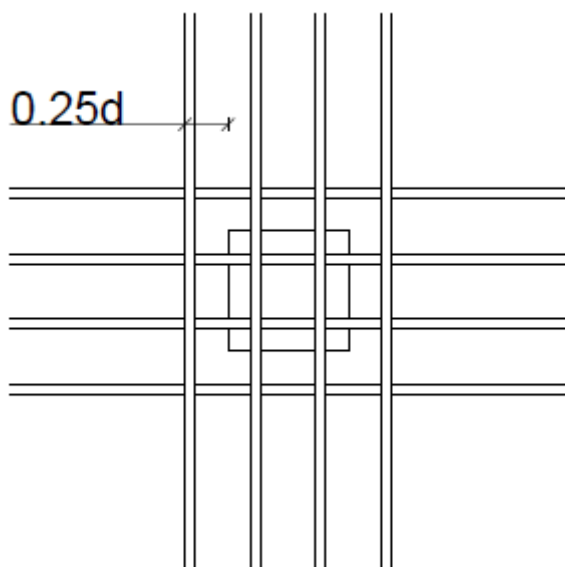
J-byglar är bockade armeringsjärn som placeras så att de skär genom tilltänkt brottsnitt (se figur 4.1) för att motverka genomstansning av bjälklaget.



Figur 4.1. J-bygelns placering i delvis prefabricerat betongbjälklag.

J-byglar placeras i två lager tillsammans med överkantsarmeringen vinkelrätt mot varandra.

Vidare undviks även att använda fler än 3 skär per pelarsida vilket motsvarar 6 skär på hörnpelare och 12 skär på en innerpelare. Det görs för att förenkla montering då det kan blir svårt att få plats med fler skär. Beräkningar sker med hjälp av beräkningsprogramvaran Strusoft Punching och presenterar erforderlig armeringsmängd i antalet skär. Med antalet skär menas antalet gånger ett järn skär genom tilltänkt kritiskt snitt vilket kan vara en eller två gånger per J-bygel. Enligt Eurokod 2 bör byglarna placeras i samma antal för varje pelarsida för att lastdistributionen skall vara jämn. Sedan avrundas antalet stänger uppåt vilket vanligtvis ger en överkapacitet.



Figur 4.2. J-byglars placering över en pelare.

4.3.1 Beräkningsgång enligt SS-EN 1992-1-1:2005

Enligt tidigare uppstår risk för genomstansning vid $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}$

Därför sätts:

$$V_{Ed} = V_{Rd,c} \quad [13]$$

där:

$V_{Rd,c}$ Tvärkraftskapacitet med tvärkraftsarmering

Detta för att i sin tur beräkna en armeringsarea med tillräcklig kapacitet för den last som bjälklaget utsätts för. Detta görs enligt ekvation [6]. I vilken α är vinkeln mellan skjuvarmeringen och plattans plan. Se figur 4.3. Vinkeln sätts vanligtvis till 45 grader enligt Eriksson³



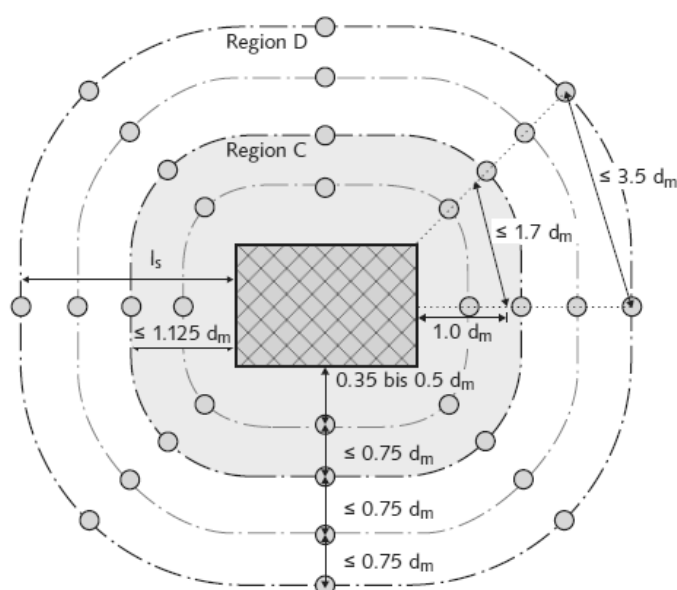
Figur 4.3. J-bygelns utformning med vinkeln α mot plattans plan.

³ Niklas Eriksson, Konstruktör, Thomas Betong intervjuad av författarna den 6 maj 2015

Det framräknade värdet avrundas för att få ett jämnt antal skär via en ny beräkning där A_{sw} divideras med arean för en stång och därefter beräknas antalet skär. Sedan görs en ny beräkning av $V_{Rd,cs}$. För att få fram den faktiska kapaciteten vid det antal skär som har ansatts används ekvation [6].

4.4 Skjuvankare (HALFEN HDB SHEAR RAIL)

Genomstansningsarmering med Halfen HDB Shear Rail (HDB) skiljer sig mot att använda bygelarmering eller rakjärn. Istället för att montera byglar eller rakjärn i två riktningar monteras skjuvankare i en stjärnform runt pelaren som vertikala armeringsdubbar (se figur 4.4). Möjligheten finns att använda skjuvankare i både platsgjutna och i prefabricerade bjälklag med skillnaden att den skena som håller ihop ankarstängerna i ett platsgjutet bjälklag monteras in i ovankant och i ett prefabricerat placeras den in i underkant vid gjutning i fabrik.



Figur 4.4 HDB-S, visualisering av placeringsföreskrifter i delvis prefabricerade betongbjälklag (Halfen, 2015).

4.4.1 Beräkning HDB

Vid användning av skjuvankare använder Thomas Betong uteslutande Halfens programvara HDB 12.20 för beräkning och utformning. Beräkningsmässigt följer metoderna varandra och Eurokod 2. I programmet väljs parametrar som pelar- och bjälklagsdimensioner, betongkvalitet, armeringsinnehåll, topplåtsdimension, pelartyp och last. Därefter beräknas erforderlig mängd tvärkraftsarmering ut av programmet och presenterar en lösning utifrån valda parametrar. Thomas Betongs konstruktörer sätter även endast HDB i genomstansområdet. Det ger en säkerhetsmarginal samt att hänsyn till var stegar och motsvarande placeras i plattan ej behöver tas. Vidare kan även hänsyn till penetrationen av topplåten på pelaren tas vilket ger två olika d-mått att ta hänsyn till.

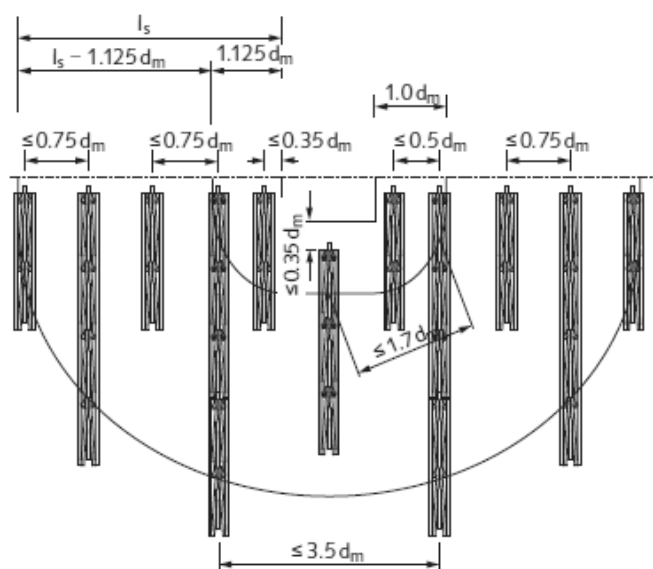
En viktig aspekt som skiljer beräkning av de olika metoderna är att enligt HDB 12.20 sker kontroll av $V_{Rd,max}$ enligt:

$$V_{Rd,max} = \min[0,4vf_{cd}][1,96V_{Rd,c}] \geq V_{Ed}\beta \quad [14]$$

Resultatpresentation av Halfen HDB 12.20 för HDB finns att följa i bilaga 5 och 6.

4.5 FILIGRAN FDB II PUNCHING SHEAR REINFORCEMENT

Filigran FDB II Punching Shear Reinforcement (FDB II) är en i Sverige för Thomas Betong ny armeringsmetod för att motverka genomstansning. Den riktar sig huvudsakligen mot delvis prefabricerade bjälklag. FDB II skiljer sig installationen i fabrik mot den av skjuvankare då den här typen av armering inte monteras i en stjärnform utan i stället placeras likt armeringsstegar i raka linjer från pelaren (Se figur 4.5).



Figur 4.5 FDB II, placeringsföreskrifter i delvis prefabricerade betongbjälklag (Halfen, 2015).

4.5.1 Beräkning FDB II

Likt HDB används även för FDB II uteslutande tillhandahållen beräkningsprogramvara HDB 12.20 från Halfen. Likt tidigare beräknas FDB II med hänsyn till samma parametrar som HDB förutom tillägget av penetrationen för en topplåt i bjälklaget för FDB II. Detta tas dock hänsyn till genom att välja en inre hävarm som tar hänsyn till tjockleken på topplåten. På samma sätt som tidigare presenteras en lösning och placeringsanvisning hur monteringen skall utföras.

Likt beräkningen för HDB skiljer sig kontrollen av $V_{Rd,max}$ mot den som står angiven i Eurokod 2 och sker enligt följande:

$$V_{Rd,max} = \min[0,4vf_{cd}][2,09V_{Rd,c}] \geq V_{Ed}\beta \quad [15]$$

Utförlig resultatrapport finns att följa i bilaga 3 och 4.

5 Praktiska aspekter

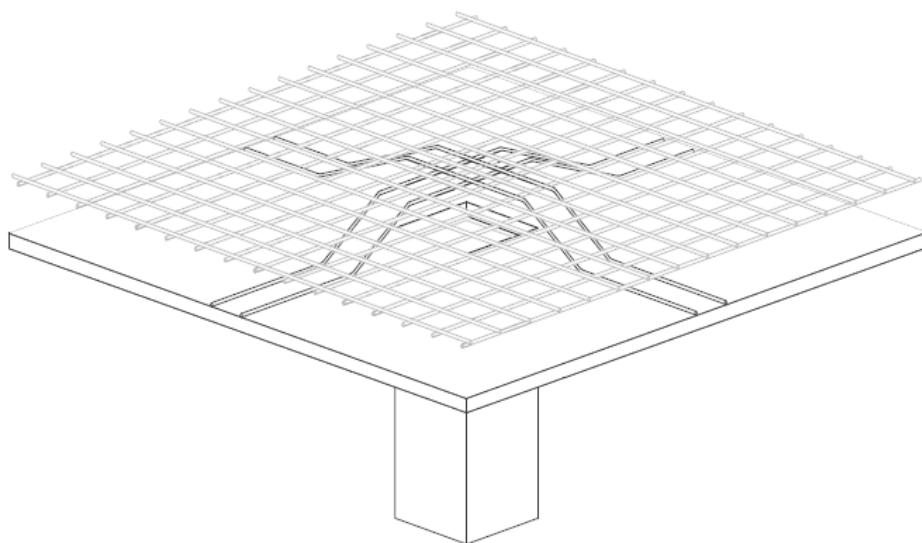
Delvis prefabricerade betongbjälklag har en viktig fördel i att minska arbetstiden på byggplatsen. Det är även den tiden som bör hållas till minimum. En viktig aspekt ur lönsamhetssynpunkt är tidsbesparing, för att jämföra den mot kostnader är monteringsaspekten viktig för en bra jämförelse mellan de olika lösningarna.

5.1 Utan skjuvarmering

Att tillverka bjälklaget utan skjuvarmering skapar inget extra arbete i fabrikstillverkningen av bjälklaget. Däremot skapar det merarbete på byggarbetsplatsen där ökad armeringsmängd medför längre byggtid. Metoden begränsas även av platsbrist då små s-mått gör det trångt att armera.

5.2 J-byglar

På samma sätt som för fallet utan skjuvarmering skapar inte J-byglar något merarbete i prefabriceringen men ökar arbetskostnaden på byggarbetsplatsen när byglarna skall monteras på plats. De levereras vanligen till byggarbetsplatsen färdigbockade och detta medger en relativt enkel montering. Vid ett ökande antal J-byglar som skall monteras blir ofta platsbrist ett reellt problem menar Eriksson⁴. Därför begränsar konstruktörer på Thomas Betong vanligtvis till 3 skär/pelarsida.

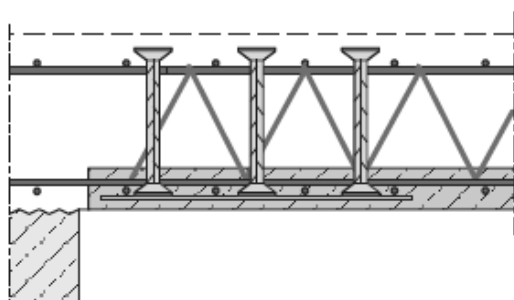


Figur 5.1 J-byglar monterade över en innerpelare.

⁴ Niklas Eriksson, Konstruktör, Thomas Betong intervjuad av författarna den 6 maj 2015

5.3 HDB

Metoden att använda sig av skjuvankare där armeringsarbetet sker på fabrik istället för på byggsplatsen medför att arbetet tar längre tid i produktionen än i fabriken, samt merarbete på bygget ej behöver ske. Genom att minska arbetet på byggsplatsen kan även byggtiden kortas. Handhavandet av produkten upplevs som besvärligt i fabrik då platsbrist samt merarbete med infästning av produkten då den monteras säger Johan Johansson, arbetsledare Thomas betong⁵.

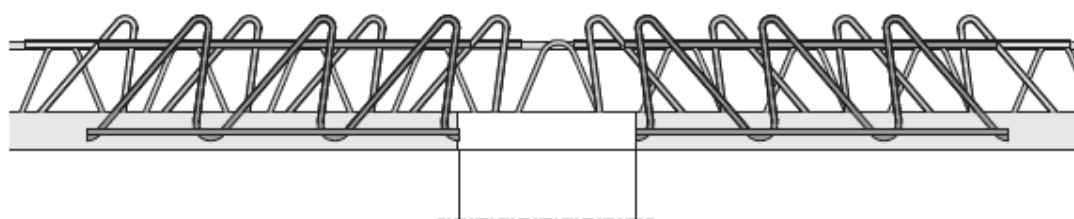


Figur 5.2 Skjuvankare monterat i prefabricerat bjälklag innan pågjutning (Halfen, 2015).

Produkten upplevs också som en unik lösning för varje enskilt fall säger Eriksson⁶, då det finns en mängd olika valmöjligheter. Det medför också problem om fler typer används samtidigt i produktionen vilket leder till risk för förväxling. Även om produkten beställs projektspecifikt så kan problem uppstå när vanligtvis fler projekt samkörs.

5.4 FDB II

FDB II levereras i tre standardlängder 400, 600 och 800mm samt standardhöjder från 130 upp till 300mm. Produkten bedöms även medföra att problem med användning av fel typ bör minska enligt Johansson. Detta eftersom produktens användande liknar det av andra redan använda armeringsstegar.



Figur 5.3 FDB II Shear rail, monterat i prefabricerat bjälklag innan pågjutning (Halfen, 2015).

Däremot finns en risk att stegarna kan monteras i fel riktning vilket medför stora kapacitetsförluster. Stegarna skall monteras enligt figur 5.3 med topparna pekandes mot pelaren. Vår bedömning är att det är viktigt att detta kontrolleras i produktionen så de alltid monteras rätt i plattbärlaget.

⁵ Johan Johansson, arbetsledare, Thomas betong intervjuad av författarna den 18 maj 2015

⁶ Niklas Eriksson, Konstruktör, Thomas Betong intervjuad av författarna den 6 maj 2015

6 Ekonomiska aspekter

I det här kapitlet sammanställs ekonomiska parametrar för de olika armeringslösningarna. Kostnader för ökade armeringsmängder och kostnader för de olika metoderna redovisas.

6.1 Utan skjuvarmering

Kostnaderna för metoden utan skjuvarmering ökar förhållandevis linjärt då det som ökas är arbetet och armeringsmängderna med ökad kapacitet. Metoden är endast applicerbar vid mindre laster. Priset är beräknat på ett snittpris på armering som har satts till 12 SEK/kg.

6.2 J-byglar

Kostnader som uppstår med J-byglar är beroende av armeringspriser samt arbetsinsats på bygget. För rapportens kostnadsexempel har armeringspriser på 12 SEK/kg och 35 SEK/bockad enhet. Vilket ger en ungefärlig uppskattning av kostnader för jämförelse mellan de olika lösningarna. Dock kommer det merarbete som J-byglar medför även påverka slutkostnaden för bygget.

6.3 HDB

Produkten finns att tillgå i över hundralet variationer, därför finns det inte någon möjlighet att jämföra exakta kostnader. Enligt Martin Ljungberg, säljare på Halfen Deha⁷, motsvarade inte tillverkarens priser de publicerade priserna vilket ledde till att en snittpriskoefficient på 0,35 togs fram för att jämföra fakturerade priser mot de publicerade. Vidare tillkommer merkostnader för montage av produkten samt för andra omkostnader. Som tidigare nämnts upplevs produkten som en unik lösning för varje enskilt fall bidrar det till att ibland små partier beställs för enstaka leveranser. Den medför inte några merkostnader på byggarbetsplatsen och därför bör den heller ej ha någon mer påverkan på slutkostnaden.

6.4 FDB II

FDB II är oanvänd i Sverige saknas information om hur mycket tid den beräknas ta vid handhavande i produktion. Johansson⁸ uppskattar att montagetiden är motsvarande den tid som redan använda armeringsstegar. Den medför inte heller något merarbete på byggarbetsplatsen.

För att jämföra FDB II med HDB krävs även ett tillägg för montage och lagerhållning av produkten. Merkostnader för produkten beräknas till att motsvara arbetskostnaderna för HDB och beräknas om till ett snittpris per monterad enhet.

⁷ Martin Ljungberg, säljare, Halfen Deha, intervjuad av författarna den 20 april 2015

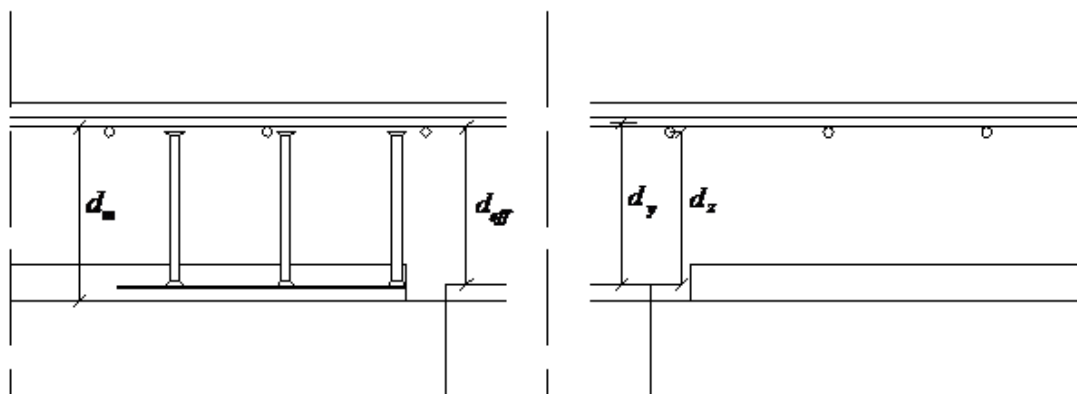
⁸ Johan Johansson, arbetsledare, Thomas betong, intervjuad av författarna den 18 maj 2015

7 Sammanfattning och resultat

För att beräkna risken för genomstansning för de olika armeringslösningarna används olika beräkningsprogram som presenterar sina lösningar på olika sätt. Strusoft Punching presenterar sina beräkningar med medföljande beräkningsgång. Eftersom beräkningarna följer dimensioneringen i Eurokod 2 blir den enkel att följa. Halfen 12.20 blir med sina specialtillverkade produkter svårare att överblicka.

När de olika programmen presenterar sina lösningar visas stora skillnader framför allt i armeringsmängder som krävs för att kontrollen enligt ekvation [4] ska klaras. Ur en kapacitetssynpunkt blir framför allt HDB ibland överdimensionerade då den nyttjade kapaciteten från beräkningsprogrammet blir låg, detta beroende på den höga kapaciteten och den längd på snittet där skjuvarmering krävs vilket skapar terrasser i kapacitetsdiagrammet. Detta till skillnad mot rakjärn och J-byglar som har en kapacitet vilken är mer linjär. För FDB II blir den kapacitetskurva också linjär och ligger konstant på 100 % av nyttjad kapacitet vilket inte visar hela sanningen då den oftast justerar avståndet till den yttre stegen för att alltid ligga på 100 % vilket gör att kapacitet finns men nyttjas inte.

En av de parametrar som skiljer de fabriksmonterade lösningarna, HDB och FDB II är att d -avstånden nyttjas annorlunda än de andra undersökta metoderna.



Figur 7,1 Figuren visar var de olika d -mått som användes mäts ifrån.

Detta gör även att en högre kapacitet kan uppnås för HDB där då ett d_m och d_{eff} utnyttjas. I de övriga nyttjas istället för d_m , d_y och d_z . Detta skapar små skillnader i beräkningarna för de olika lösningarna men ändå klart märkbara. Detta beror på att de andra metoderna ej tar hänsyn till penetrationen av topplåten i bjälklaget.

7.1 Resultat av konstruktionsberäkningar

För att jämföra de olika metoderna valdes två lastfall ut som var relevanta för studien.

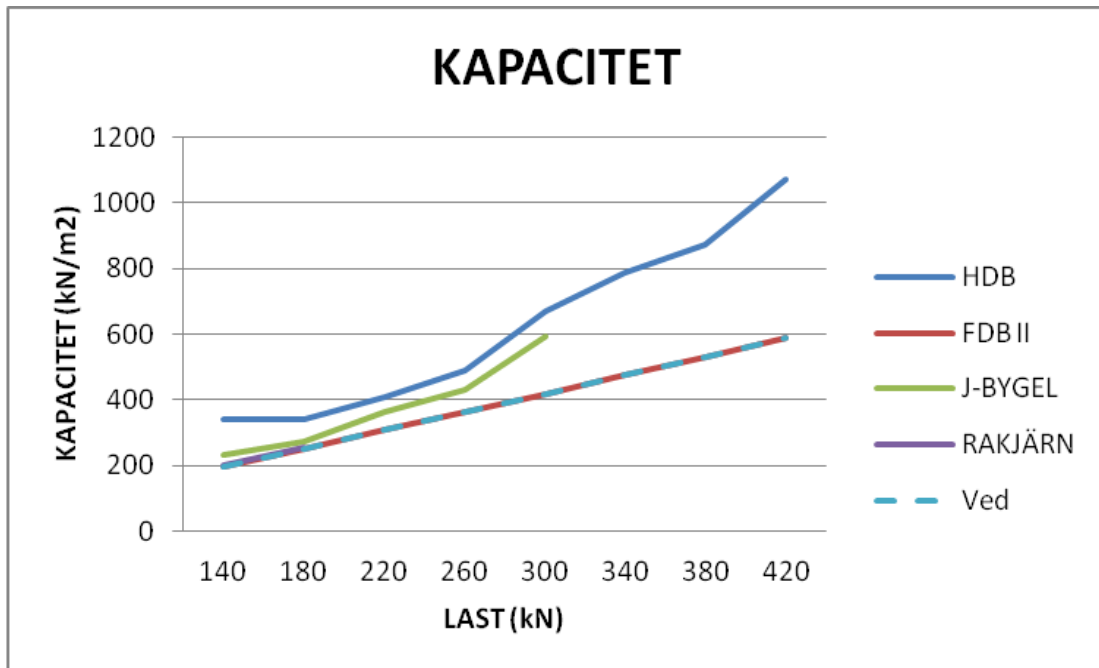
De fall som studerades var:

- Lastfall 1, Kantpelare i ett bostadshus, 250mm tjockt bjälklag
- Lastfall 2, Innerpelare i ett gårdsbjälklag, 350mm tjockt

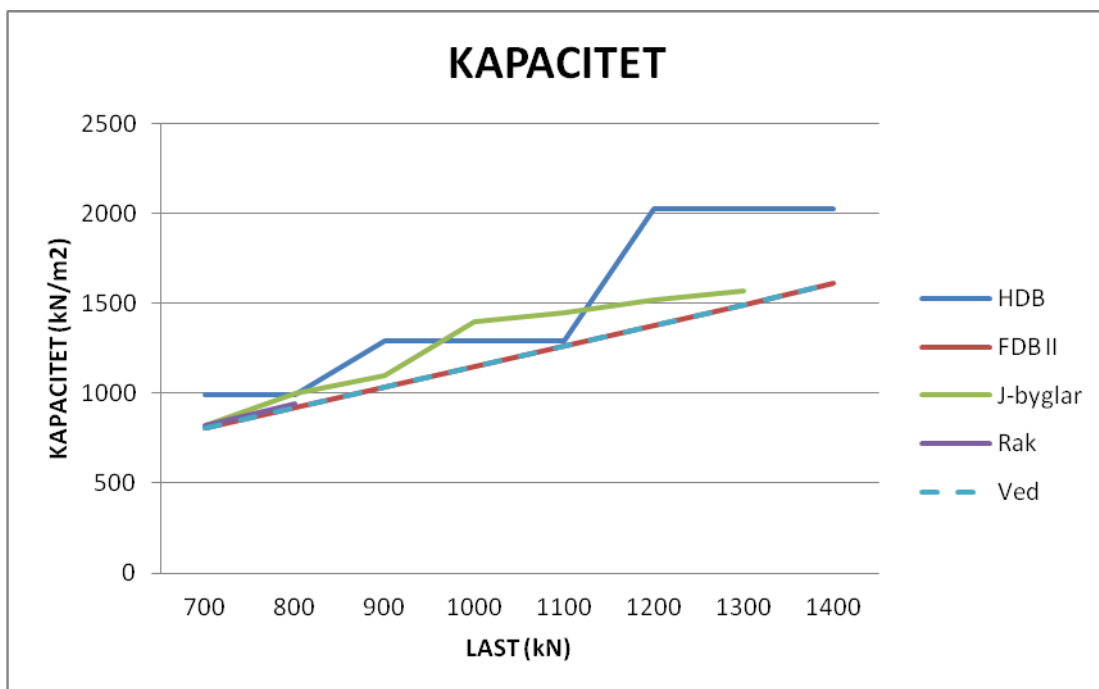
Dessa två lastfall är vanligtvis de fall där skjuvarmering krävs. Lastfallen studerades från den last där skjuvarmering först krävdes till att kontroll enligt ekvation [2],[14] och [15] inte längre kunde uppfyllas. När kapaciteten jämförs hänvisas endast till förmågan att bära ökad last med hänsyn till armeringsmängd. Val av armeringsmängder är helt beroende på programmens presenterade värden angående mängder och dimensioner.

I figur 7.2 och 7.3 visas resultatsammanställningar av de olika lösningarnas kapaciteter beroende av V_{Ed} . Det enda som skiljer beräkningarna i lastfallen åt är armeringsmängder då de olika lösningarna kräver olika mängder armering för att klara kontrollerna enligt ekvation [2],[14] och [15].

Resultaten som presenteras är vad de olika beräkningsprogrammen föreslår och ger i vissa fall tydliga överkapaciteter framför allt för J-byglar samt HDB ger en i vissa fall rejäl överkapacitet. Svårare att konstatera kapaciteten i FDB II där kapaciteten hela tiden följer V_{Ed} vilket oftast är beroende på placeringen av den yttersta stegen. Stegen placeras inte alltid på sitt maximalt tillåtna avstånd vilket ger högst kapacitet utan de placeras där den precis klarar kapaciteten i lastfallet.



Figur 7.2 Lastfall 1, 250mm bjälklag understöd av en 250x150mm kantpelare.



Figur 7.3 Lastfall 2, 350mm bjälklag understöd av en 300x300mm innerpelare.

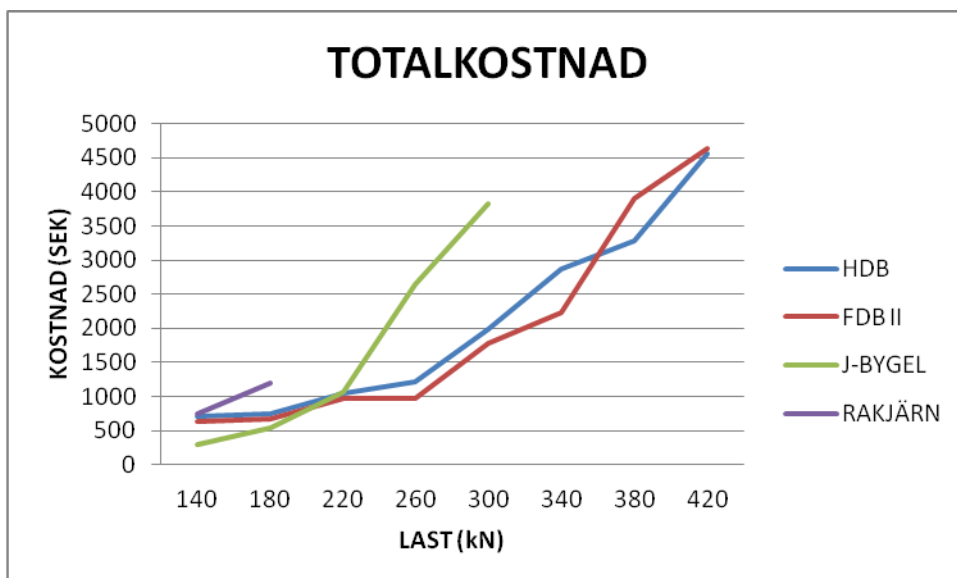
I diagrammen är V_{ed} den last pelaren utsätts för. I dessa två fall blir det ett markanta terrasser i 350mm bjälklaget, men endast för HDB. Medan för 250mm bjälklaget visas en tydlig överkapacitet för HDB i en kurva. Här valde programmet att växla mellan dimensionsökningar samt ökning av antalet skjuvankare.

7.2 Ekonomi

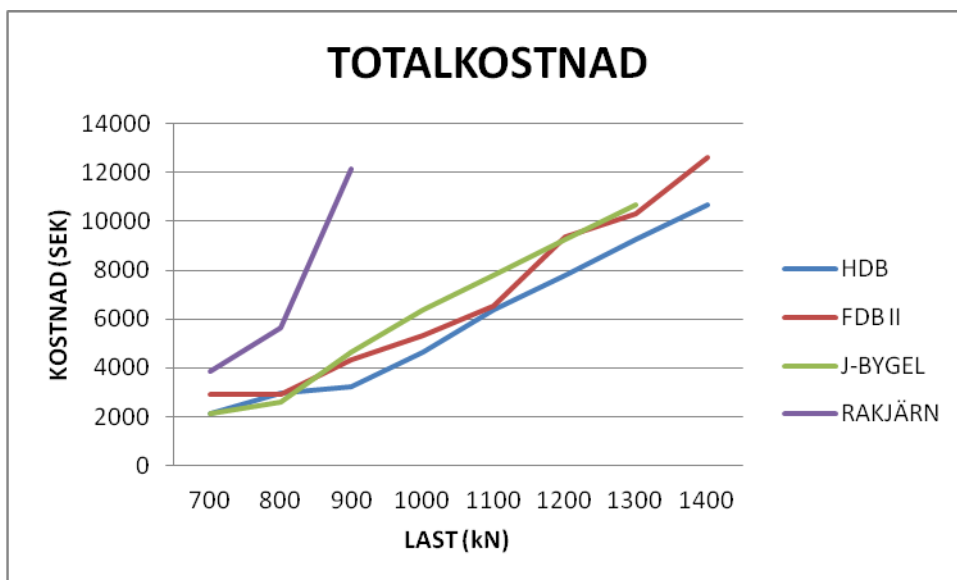
De ekonomiska aspekterna i detta fall var svåröverskådliga eftersom kostnadsposter hos leverantörer och beställare skall sammanvägas. Ofta blir den kostnadspost som får mest uppmärksamhet den initialkostnad som till exempel HDB och FDB II har. I dessa fall går det enkelt att se vad en del kostar men svårigheten ligger i att sammanställa hela armeringsinnehållet. Detta leder till att en jämförelse med vad armeringspriset för de övriga posterna blir, kan vara missvisande.

För att ge en lättöverskådlig bild av kostnader har en jämförelse av totala armeringskostnaden för den mängden armering en pelare kräver för att ha tillräcklig skjuvkapacitet. Utöver kostnader för skjuvarmering tillkommer vid stora laster även tilläggsarmering för att klara tvärsnittskontroller enligt ekvation [2], [3], [14] och [15]. När tilläggen för armeringskostnader görs blir även totalkostnaden annorlunda eftersom de olika produkterna kräver olika mängder tilläggsarmering.

Att välja dimensioner och antal blir ännu mer intressant i figur 7.6 där programmet väljer en dyrare metod med sämre kapacitet vid lasten 340kN än vid 380kN.

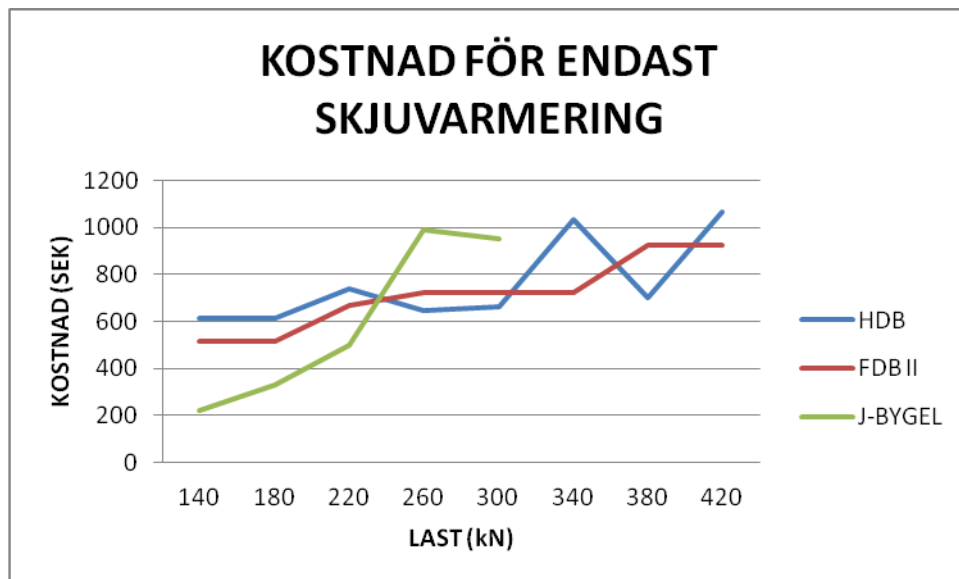


Figur 7.4 Kostnadsexempel av ett 250mm bjälklag understöd av en 250x150mm kantpelare. Kostnaden för beställare.

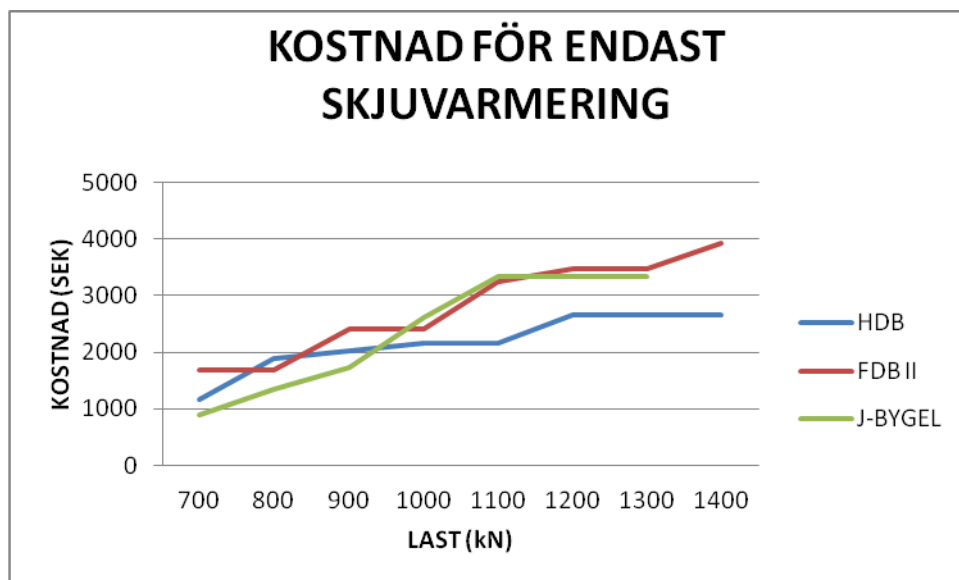


Figur 7.5 Kostnadsexempel av ett 350mm bjälklag understöd av en 300x300mm innerpelare. Kostnaden för beställare.

I figur 7.6 och 7.7 visas hur de olika lösningarnas kostnad förändras med hänsyn till lasten. De olika lösningarna är framtagna med Halfen HDB 12.20 och Strusoft Punching. I dessa fall jämförs inte kostnaderna för rakjärn då dessa ej går att parameterisera i denna jämförelse.



Figur 7.6 Kostnadsexempel av ett 250mm bjälklag understöd av en 250x150mm kantpelare. Kostnaden för beställare.



Figur 7.7 Kostnadsexempel av ett 350mm bjälklag understöd av en 300x300mm innerpelare. Kostnaden för beställare.

7.3 Lösningarnas för- och nackdelar

7.3.1 Utan skjuvarmering

Rakjärn ger en väldigt effektiv konstruktion där kapaciteten lätt kan justeras genom ökade eller minskade armeringsmängder. Beräkning av detta sker oftast med hjälp av något av de andra beräkningsprogrammen då de kontrollerar kapaciteten mot den givna armeringsmängden. Dock tar konstruktörerna även hänsyn till böjarmering vid detta tillfälle vilket kan varieras kraftigt beroende på lastfall.

Kapaciteten begränsas till att 2 % av tvärsnittets area tillåts vara tillgodoräknad armeringsarea. Detta begränsar möjligheten att lägga in stora mängder armering, tillika gör även det minsta avståndet mellan armeringsstänger som är det största av $(k_1\phi_{arm}, d_g + k_2, 20mm)$ enligt Eurokod 2. Ur en konstruktionsaspekt är dessa de parametrar som påverkar möjligheterna för att nyttja denna metod.

Vidare kan denna lösning med lätthet nyttjas i samband med ökad säkerhetsmarginal för momentarmering men blir snabbt dyr och svårhanterlig i mängderna av armering.

7.3.2 J-byglar

Vid beräkningar för J-byglar används Strusofts Punching som beräkningsverktyg. Resultatet ges i antalet skär som krävs vilket sedan fördelas jämnt över pelaren, detta sker i enlighet med Eurokod 2 och ger oftast en välutnyttjad kapacitet samt att kapaciteten kan utökas med ytterligare armering. Dock kräver den att samma antal skär åt varje håll på pelaren vilket kan ge dåligt med utrymme för armeringsarbetet. Antalet stänger begränsas också gärna till under fyra stänger i vardera riktningen av konstruktörerna, vilket ger maximalt 12st skär på en innerpelare och 9st på en kantpelare. Punching föreslår dock ej utplaceringen av armeringen i den version som användes.

Alternativt går det att jobba mer med vinklarna av byglarna för en högre kapacitet men detta kan även bli tidskrävande för konstruktörer och 45 grader kan tolkas som ett mittemellan värde som känns tryggare att nyttja.

7.3.3 HDB

Används uteslutande tillsammans med egna programvaran som föreslår lösningar och uppställningar av mängd och typ. Här är framförallt beräkningsgången svåröverskådlig och gör att deras presenterade lösning där också väljs. Att handberäkna användandet av HDB blir tidskrävande och komplicerat att utföra. Om en ökning av kapacitet är önskvärd torde enklaste metoden vara att göra om beräkningen med större last vilket då kan ge en överkapacitet. Det blir även svårt att se varför en sådan överkapacitet väljs i lastfall 1 (se figur 7.2) jämfört med tillvägagångssättet för val av HDB i lastfall 2 (se figur 7.3.) där enligt tidigare sätt att beräkna bör kapaciteten vid 300 kN vara tillräcklig för även övriga laster i lastfall 1.

7.3.4 FDB II

Likt HDB används FDB II uteslutande tillsammans med, från leverantören tillhandahållen beräkningsprogramvara. Därav blir beräkningen på samma sätt svåröverskådlig och svår att påverka i fall en ökad kapacitet önskas. Handhavandet av FDB II vid åtminstone 250mm bjälklag och andra vanligt förekommande höjder bör vara förhållandevis enkel vid lagerhållning. Vid ökade laster ökar endast mängden av stegar. Till skillnad mot HDB där mängder, dimensioner samt längder kan ändras beroende på last. Vid stora laster som i ett gårdsbjälklag kan också den stora mängden av stegar bli svårhanterlig då mycket olika typer av armering skall monteras.

8 Diskussion

Eftersom kärnan i rapporten var jämförelse av armeringslösningar med hänsyn till genomstansning var det centrala att välja ut lösningar som passade studien samt Thomas Betong. Vi tillsammans med Thomas Betong valde att titta på deras tre mest använda metoder samt en ny lösning som de tidigare aldrig använt. Rapporten fokuserades då på att studera lösningarna utifrån tre olika perspektiv:

- Bärförmåga
- Ekonomiska aspekter
- Praktiskt handhavande

Armeringslösningar med hänsyn till genomstansning blir ett komplicerat bergrepp då skjuvarmering och böjarmering ofta samverkar. I rapporten har vi därför valt att försöka isolera parametrar som är oberoende av andra faktorer. Därefter har beräkningar gjorts och resultaten jämförts. Under arbetets gång har olikheter och intressanta resultat framkommit.

En av de största skillnaderna för de olika lösningarna är den i bärförmåga. I figur 7.2 och 7.3 ses tydligt att FDB II och HDB klarar kontrollen för maximal skjuvspänning under betydligt större laster än för lösningarna utan skjuvarmering och J-byglar. Där kommer en av de mer intressanta jämförelserna där $V_{Rd,max}$ beräknas enligt ekvation [4]. HDB 12.20 gör den kontrollen enligt ekvationerna [14] och [15]. I dessa ekvationer ligger tydliga skillnader, vid beräkning med HDB 12.20 finns en säkerhetsmarginal där endast 80 % av den enligt NA rekommenderade kapaciteten hos f_{cd} utnyttjas. Dock påverkas den faktorn främst av betongklassen vilket kan ses som en försiktighetsåtgärd på en parameter deras produkt inte kan påverka. De har även en högre ansatt konstant framför $V_{Rd,c}$ vilket gör att de enligt kontrollerna i ekvationerna [14] och [15] klarar en större last än vad de andra lösningarna som gör kontrollen enligt ekvation [4].

När en produkt som skjuvankare används var vår första observation att en kapacitetskurva bör se ut som den för HDB i lastfall 2. (Se figur 7.3) Då produkten är en färdig lösning som används till att kapaciteten närmar sig V_{Ed} , därefter när kapaciteten inte längre är tillräcklig ökas dimensionen eller antalet skjuvankare. I lastfall 1 (se figur 7.2) är däremot så inte fallet. Varför metoden för beräkning skiljer sig kan möjligen vara för att klara den fogskjuvspänning som uppstår mellan pågjutning och plattbärlag. Hänsyn tas till fogskjuvspänning i HDB 12.20 men inte i Punching, då vi valt att bortse från kostnader för armeringsstegar i tvärsnittet bör detta ge en god grund till jämförelse oavsett.

I jämförelsen av resultat mellan Halfen 12.20 och Strusoft Punching finns det en del resultat som gör det besvärligt att jämföra lösningarna. Ibland att Punching inte tar hänsyn till fogskjuvning vilket HDB 12.20 gör. Vi har valt att jämföra beräkningarna med deras lösningar mot Eurokod 2. Detta har i vissa fall lett till något knapphändiga jämförelser men i det stora hela finns det ett resultat som visar på de största skillnader och likheter mellan lösningarna.

Eftersom HDB 12.20 sätter att FDB II är kapacitetsmässigt 100 % utnyttjad mot $V_{Rd,c}$ monterar stegarna på det avstånd som krävs för den specifika kapaciteten. Detta innebär att kapaciteten inte utnyttjas maximalt mot det antal stegar som väljs. Detta avstånd är komplicerat att beräkna och framförallt svårt att få ett grepp om då det kräver omfattande geometriska beräkningar och itereringar för att beräkna kapaciteten (Se figur 4.5). Det som kan utläsas av programmet är att kapaciteten kan ändras av att avståndet mellan stegarna ändras. Detta innebär att den faktiska kapacitet som finns för FDB II är svårtolkad. Genom att öka avståndet på den yttersta perimetern ökar kapaciteten. Varför inte maxkapaciteten ansätts direkt är en fråga som är svår att svara på. Felmarginalen torde vara högre om inte hänsyn till olika mått behövs ta. Förklaringen bör rimligtvis vara att vara sparsam med utrymmet kring pelaren.

Den ekonomiska jämförelsen grundar sig i priser som Thomas Betong tillhandahåller samt mot prislistor från Halfen. De priser som har använts i fallen med FDB II grundar sig främst i preliminära priser och därför bör det finnas en viss felmarginal i de fallen. Vidare har prisbilden som gjorts beskrivit ett pris för en kund som köper produkten av Thomas Betong, armeringspriser kan skilja samt att inte hänsyn tagits till kostnaden för merarbetet på byggarbetsplatsen.

De praktiska parametrar som tagits upp i rapporten är också något som bör vägas in i ett resultat men kräver att nyckeltal tas fram för de olika momenten i montering, tillverkning och arbete på byggplats.

9 Slutsats

Att göra en jämförelse mellan flera olika armeringslösningar varje gång ett bjälklag skall dimensioneras är tidsödande. Att därför undersöka möjligheterna till att ta fram riktlinjer för användandet av skjuvarmering var därför en viktig del i rapporten. Rapporten har behandlat möjliga skillnader och likheter mellan de olika lösningar och deras för- och nackdelar.

Vår rekommendation angående armering landar i att vi tror att för bjälklagstjocklekar som ofta är en återkommande del av produktionen kan FDB II vara en alternativ lösning till HDB. Vidare har beräkningsprogramvaran HDB 12.20 presenterat delvis svårbegripliga lösningar i valet av HDB. Att jämföra FDB II och HDB mot J-byglar blir dock svårt då den informationen om byggarbetsplatsens tidsåtgång för merarbete inte tagits hänsyn till i rapporten. Detta är en viktig parameter för att kunna få en övergripande bild och är ett område som vi tror behöver studeras vidare.

För ett gårdsbjälklag är vår uppfattning att HDB kommer vara den mest effektiva lösningen i de flesta fall. Då HDB är billigare samt kommer medföra enklare montering på byggarbetsplatsen än J-byglar. Här är även vår uppfattning att vid användande av FDB II kommer mängden av den armering som monteras bli komplicerad.

Referenser

Swedish Standards Institute. (2008). *Svensk Standard SS-EN 1992-1-1: 2005: Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader*. Stockholm: Swedish Standards Institute.

Svenska Betongföreningen. (2010). *Betongrapport nr 15 (volym 1)*. Stockholm: Svenska Betongföreningen.

Westerberg, B. (2010). *Beskrivning av Eurokoder för betongkonstruktioner*. Stockholm: Strålsäkerhetsmyndigheten.

E.J. O'Brien, A.S. Dixon. (1995) *Reinforced and prestressed concrete design: The complete process*. Harlow, England: Longman Scientific & Technical.

Öman, D, Blomkvist, O. (2006) *Icke linjär 3D finit elementanalys av genomstansade armerade betongplattor*. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan. . (Examensarbete inom institutionen för byggvetenskap).

Ericsson, S, Farahaninia, K. (2010) *Punching shear in reinforced concrete slabs supported on edge steel columns: Assessment of response by means of nonlinear finite element analyses*
Göteborg: Chalmers tekniska högskola. (Examensarbete inom Institutionen för bygg- och miljöteknik.)

Svensk Betong (2015) – *Flerbostadshus*.
<http://www.svenskbetong.se/produktion/flerbostadshus.html> (2015-05-04)

HDB-S, visualisering av placeringsföreskrifter i delvis prefabricerade betongbjälklag. [Elektronisk bild]
http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/reinforcementsystems/HDB_15-E.pdf [Åtkomst 2015-05-25]

Alec (2011). Segesta Tempio greco [Fotografi]
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Segesta-Temple03.jpg>
[Åtkomst 2015-05-11].

[FDB II, placeringsföreskrifter i delvis prefabricerade betongbjälklag.][elektronisk bild]
http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/reinforcementsystems/HDB_15-E.pdf [Åtkomst 2015-05-25]

[Skjuvankare monterat i prefabricerat bjälklag innan pågjutning.] [elektronisk bild]
http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/reinforcementsystems/HDB_15-E.pdf [Åtkomst 2015-05-25]

[FDB II Shear rail, monterat i prefabricerat bjälklag innan pågjutning.] [elektronisk bild]
http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/reinforcementsystems/HDB_15-E.pdf [Åtkomst 2015-05-25]

Bilagor

- 1 Förslag till riktlinjer till Thomas Betong angående riktlinjer för skjuvarmering**
- 2 Beräkningsgång rakjärn**
- 3 Halfen Deha Resultat FDB II 250 bjälklag**
- 4 Halfen Deha Resultat FDB II 350 bjälklag**
- 5 Halfen Deha Resultat HDB 250 bjälklag**
- 6 Halfen Deha Resultat HDB 350 bjälklag**
- 7 Punching Resultat J-byglar**
- 8 Resultattabell 250 bjälklag**
- 9 Resultattabell 350 bjälklag**

Bilaga 1

I Förslag till Thomas Betong angående riktlinjer för skjuvarmering.

De slutsatser vi känner trygghet i är att vid gårdsbjälklag är att skjuvankare, HDB torde vara den mest användbara metoden då vid J-byglar krävs tidigt rejäla dimensioner vilket inte alltid är önskvärt då dessa blir svårarbetade på byggarbetsplats även om den ligger aningen lägre till totalkostnad för kund bör skjuvankare vara den metod att föredra. FDB II blir antagligen också svårarbetad då den lär kräva stora mängder vilket lär bli komplicerat och tidskrävande att montera. Även begränsas höjden till max 300mm mellan övre och undre täckandebetongskikt. Vilket ett bjälklag med täckandebetongskikt 25mm över och under max kan bli 350 mm tjockt.

Vid en kantpelare i ett 250mm bjälklag bör vidare studier genomföras för ett eventuellt beslut dock bör FDB II tilltänkas som ett alternativ för produktion då lagerhållning med lätthet kan göras för ett 250mm bjälklag då merparten av alla bjälklag håller den dimensionen, dock väljer Halfen dimensioner beroende på täckande betongskikt som ända hänsynstagande. Vilket göra att vid 240 eller 260mm med samma täckande betongskikt krävs en annan höjd av FDB II. Detta förenklar inte särskilt från HDB men prismässigt tror vi att den kan vara ett alternativ till att ersätta HDB. Även finns möjligheten att nyttja alla spillbitar över 400mm då den vanligtvis bör levereras i samma utförande. Dock finns möjligheten att variera den övre öglans diameter vilket vår rapport inte undersökt vilken inverkan detta har för produktens funktion bör detta undersökas.

Vi rekommenderar att en testperiod av produkten genomförs dock bör klara riktlinjer för placering samt montering av stegarna göras då avståndet mellan dem är av yttersta vikt att det inte överstiger de angivna. Den kan även medföra merjobb av utplacering av de vanliga stegarna då deras placering får bli till hänsyn av den av FDB II. Hänsyn till skjuvning mellan pågjutning och plattbärlag tas av HDB 12.20 vilket dimensionerar maximala avståndet mellan armeringsstegar. Gällande HDB är det inte ovanligt att ett skjuvankare kräver montering tillsammans med flertalet extra armeringsstänger för att fixera dessa under gjutning, detta skapar då mer bekymmer med platsbrist. Även då extra stegar krävs för skjuvning kommer detta skapa även mer platsbrist och komplikationer.

Bilaga 2

BILAGA 2

Beräkningsgång, exempel Kantpelare

1. Ingångsvärden

Last (kN)	180	kn
Bjälklagstjocklek (mm)	250	mm
Topplåt (mm)	20	mm
Pelardimension (x-led)	150	mm
Pelardimension (y-led)	250	mm
Pelardimension (Area)	37500	mm ²
Överkantsarmering (mm) (x-led)	12	mm
s-avstånd (x-led)	200	mm
Överkantsarmering undre lager (mm) (y-led)	12	mm
s-avstånd (y-led)	200	mm
stålqualität	B500B	
btg-klass	c25/30	
täckskikt ök	22	mm
täckskikt uk	15	mm
pl	0,2886	%

2. Geometri

dm	196 mm
Dx	202 mm
Dy	190 mm

$$dm = \text{Bjälklagstjocklek} - \text{topplåt} - \text{täcksikt} - ((\text{arm, x-led} - \text{arm, y-led}) / 2)$$

$$dx = \text{Bjälklagstjocklek} - \text{topplåt} - \text{täcksikt} - (\text{arm, x-led} / 2)$$

$$dy = \text{Bjälklagstjocklek} - \text{topplåt} - \text{täcksikt} - \text{arm, x-led} - (\text{arm, y-led} / 2)$$

$$u_0 = 550 \text{ mm}$$

$$u_1 = 1781,5 \text{ mm}$$

$$u_0 = 2 * \text{pelardimension (y-led)} + 2 * \text{pelardimension (x-led)}$$

$$u_1 = u_0 + 2\pi * 2 * dm$$

$$\text{arm.area} = 113,097 \text{ mm}^2$$

$$\text{arm. Area} = (\text{arm, x, y-led} / 2)^2 * \pi$$

3. Indata för beräkning av $v_{Rd,c}$

$$k = 2$$

$$C_{rd,c} = 0,12$$

$$pl = 0,00289$$

$$plx = 0,002799$$

ply 0,002976

$k=1+\sqrt{200/d}$, <2

$Crd,c=0,18/\gamma$

$pl= \sqrt{ply*plx}$

$ply=s\text{-avstånd y-led*arm.area/dy}$

$plx= s\text{-avstånd x-led*arm.area/dx}$

4. Kapacitet vRd,c

vRd,c 494,975 kN/m²

$vRd,c1$ 463,78 kN/m²

$vRd,c2$ 494,975 kN/m²

$vRd,c=Crd,c*k*(100pl*fck)^{1/3} \geq Vmin$

(1) $Crd,c*k*(100pl*fck)^{1/3}$

(2) $0.0525/Yc*k^{3/2}*fck^{1/2}$

5.

u,out 2597,54 mm

r,out 286,1 mm

r -7,91 mm (<0,5d ök, ≈2d uk)

u,out,eff 4739 mm

$u,out=\beta*Ved/vRd,c*dm$

$r,out=(u,out-2*(pelardimension,x-led+pelardimension,y-led))/(2\pi)$

$r=r,out-1,5dm$

$u,out,eff=2\pi*(1,5d+(((a+b)/2)+0,5d)/\sqrt{2})+8d$

6. vEd , med säkerhetsmarginal

$vEd,u1$ 721,70 kN/m²

$vEd,u0$ 2337,66 kN/m²

$vEd,u1=\beta VEd/dm*u1$

$vEd,u0=\beta VEd/dm*u0$

7. vRd,max vid $u0$

vRd,max 2565,2 kN/m²

Minst av

- $1,6*vRd,c*u1/u0$

- $0,5v*fck$

I vilken $v=0,6*(1-(fck/250))$

8. Kontroll mot krossning

$v_{Ed, u0} < v_{Rd, max}$ OK!

9. Kontroll för skjuvarmering

$v_{Rd, c} < v_{Ed, u1}$ Skjuvarmering erfordras!

10. Indata för $v_{Rd, cs}$ beräkning

s_r 292,537 mm

$f_{ywd, ef}$ 299 MPa

$s_r = d_m / 0,67$

$f_{ywd, ef} = \text{minst av; } 250 + 0,25 * d_m \text{ eller } f_{yd}$

11. Armeringsarea

A_{sw} 575,93 mm²

Antal skär 6 st

$A_{sw} = (V_{ed} - 0,75 V_{rd, c}) * s_r * u_1 / (1,5 f_{ywd, ef} * \sin a)$

Där vinkeln a väljs, oftast till 45°.

Skären väljs och avrundas till ett jämnt tal, dessutom jämnt delbart med tre eftersom det är en kantpelare.

12. Omräkning av kap, $v_{Rd, cs}$.

$v_{Rd, cs}$ 784,17 kN/m²

$0,75 V_{rd, c} + 1,5 (d / s_r) * A_{sw} * f_{ywd, ef} * (1 / u_1 / d) * \sin a$

13. Jämför mot v_{Ed} igen

$v_{Rd, cs} > v_{Ed}$ OK!

14. Stanskapacitet utanför stansarmering

$V_{Rd, c}$ 438,226 kN

$V_{Rd, c} > V_{Ed}$ OK!

$V_{Rd, c} = V_{Rd, c} = v_{rd, c} * u_{out, eff} * d$

15. Dimensionera utan skjuvarmering

Sätt $v_{Rd, c} = v_{Ed}$

Räkna därifrån ut pl

Från p_l kan man få ut $A_s \cdot d$

$A_s \cdot d$ leder i sin tur fram till det maximala s -avståndet som går att ha för att klara v_{Ed} .

Efter att ha fått fram det kan man ansätta ett s -avstånd till närmaste heltal (10) under det beräknade värdet för att få lite överkapacitet.

p_l	0,010876
$A_s \cdot d$	2,131843
Beräknat s	53,05 mm
Ansatt s	50 mm
$v_{Rd,c}$	736,0940 kN/m²
$v_{Rd,c} > v_{Ed}$	OK!

$$p_l = (v_{Ed} / C_{rd,c} \cdot k) / f_{ck}$$

$$\text{Beräknat } s = p_l \cdot d / \text{arm.area}$$

Bilaga 3

FILIGRAN FDB II Genomstansningsarmering, ETA-13/0521 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

Kontroll av kapacitet mot genomstansning, rektangulär kantpelare, kant parallell meda (**Plattbärlag**)

Påförd last med faktorer	V_{Ed}	=	200,0 kN
Lastökning	β	=	1,40
Platttjocklek	h	=	25 cm
Effektiv höjd	d	=	21,5 cm
Pelarebredd	b	=	15 cm
Pelartjocklek	a	=	25 cm
Kantaavstånd	e	=	0 cm
Column penetration depth	h_a	=	2 cm
Täckande betongskikt top / bottom	$C_{nom,o} / C_{nom,u}$	=	2 cm / 1,5 cm
Betong / Armeringsstål		=	C25/30 / B500
Armeringsinnehåll	ρ_l	=	0,2 % ($a_{sx} = a_{sy} = 4,3 \text{ cm}^2/\text{m}$)

I kritiskt beräkningssnitt u_1

specific column perimeter	u_0 / d	=	3,7
effective static height	$d - h_a$	=	21,5 cm
u_1		=	190,1 cm
$k = \min \{ 1 + \sqrt{200/d[\text{mm}]} ; 2 \}$		=	1,96
Prefactor for $V_{Rd,c,1}$	$C_{Rd,c}$	=	0,117
$V_{Rd,c,1} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	391,86 kN/m ²
$V_{Rd,c,2} = V_{min} = 0,0525/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	481,85 kN/m ²
$V_{Rd,c} = \max \{ V_{Rd,c,1}; V_{Rd,c,2} \} \cdot u_1 \cdot d = 196,9 \text{ kN} < 280,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			
$V_{Rd,max} = 2,09 \cdot V_{Rd,c} = 411,6 \text{ kN} > 280,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			

I yttre beräkningssnittet u_{out}

$u_{out, req} = 223,9 \text{ cm} = 223,9 \text{ cm} = u_{out, prov}$			
$l_{s, req} = 21,5 \text{ cm} = 21,5 \text{ cm} = l_{s, prov}$			
$\beta_{red} = \max \{ \beta / (1,2 + \beta \cdot l_{s, prov} / (20 \cdot d)); 1,1 \}$		=	1,10
Prefactor for $V_{Rd,c,out,1}$	$C_{Rd,c,out}$	=	0,12
$V_{Rd,c,out,1} = C_{Rd,c,out} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	403,11 kN/m ²
$V_{Rd,c,out,2} = V_{min} = 0,0525/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	481,85 kN/m ²
$V_{Rd,c,out} = \max \{ V_{Rd,c,out,1}; V_{Rd,c,out,2} \} \cdot u_{out, prov} \cdot d = 231,9 \text{ kN} > 220,5 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta_{red}$			

Vald typ : 4 x FDB II 22 / 5 - 40; 4 x FDB II 22 / 5 - 60

	shear reinforcement cross section [cm ²]	
	provided	required
circular ring		
0,000 d - l_s	17,16	6,44

Vidhäftningskontroll EN 1992-1-1:2011-01 + NA(D)

armeringsstege för bruksgränstillstånd:		armeringsstege mot skjuvning:	ZT
diameter:	5 mm	diameter:	5 mm
vinkel:	45 °	vinkel:	45 °
avstånd:	625 mm		
yta på prefabricerade plattbärlag:		grov	
reducerbar last:		8,44 kN/m ²	
Aktuell lastökningsfaktor:		1,40	
inre hävarm z:		19,4 cm	

beräkningssnitt

l_u	(cm)	32,3	48,4	64,5
u	(cm)	156,3	207	257,5
A_u	(m ²)	0,25	0,33	0,41

Lasteffekt

V_{Ed}	(N/mm ²)	0,92	0,68	0,54
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	(%)	25,84	19,34	15,37

Bärförmåga

$V_{Rd,c}$	(N/mm ²)	0,41	0,41	0,41
$V_{Rd,max}$	(N/mm ²)	3,54	3,54	3,54
$V_{Rd,sy,FDB II}$	(N/mm ²)	2,77	0,33	0,00
$V_{Rd,sy,MT}$	(N/mm ²)	0,14	0,14	0,14
erf. $V_{Rd,sy,ZT}$	(N/mm ²)	0,00	0,00	0,00

Maximalt avstånd mellan armeringsstegar

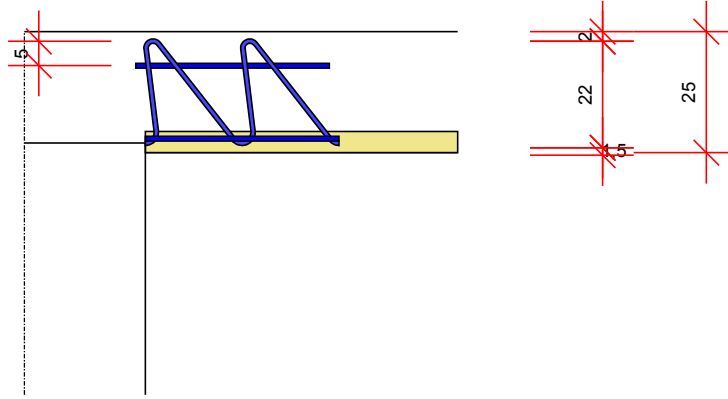
s_{GT}	(cm)	0	0	0
----------	------	----------	----------	----------

FILIGRAN FDB II Genomstansningsarmering, ETA-13/0521 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

Ritning

Sektion

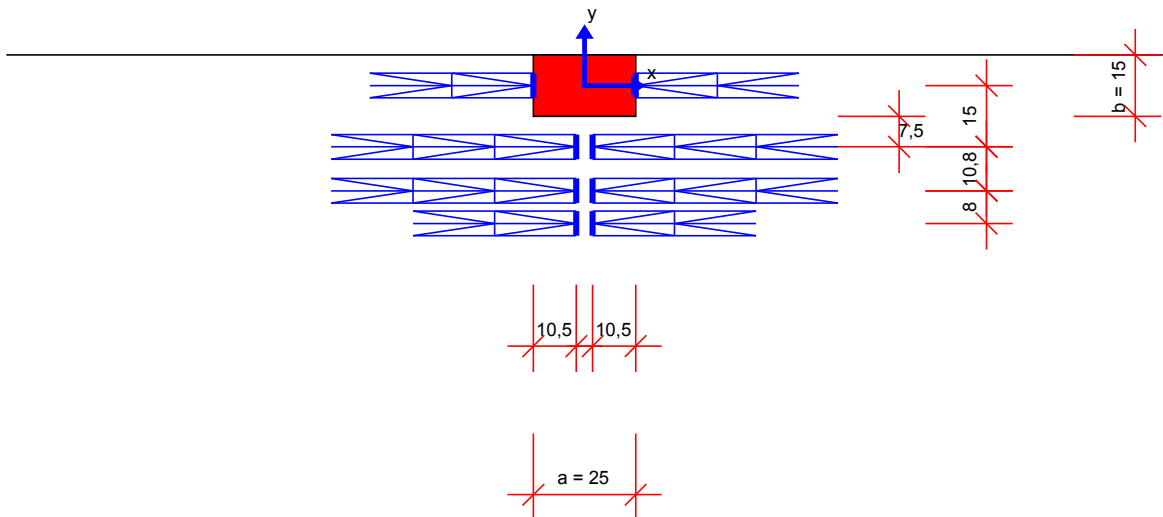
M 1:15



[cm]

Plan

M 1:18



Bilaga 4

FILIGRAN FDB II Genomstansningsarmering, ETA-13/0521 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

Kontroll av kapacitet mot genomstansning, rektangulär innerpelare (**Plattbärlag**)

Påförd last med faktorer	V_{Ed}	=	1200,0 kN
Lastökning	β	=	1,15
Platttjocklek	h	=	35 cm
Effektiv höjd	d	=	28 cm
Pelarsbredd	b	=	30 cm
Pelartjocklek	a	=	30 cm
Column penetration depth	h_a	=	2 cm
Täckande betongskikt top / bottom	$c_{nom,o} / c_{nom,u}$	=	2,5 cm / 2,5 cm
Betong / Armeringsstål		=	C25/30 / B500
Armeringsinnehåll	ρ_l	=	0,56 % ($a_{sx} = a_{sy} = 15,7 \text{ cm}^2/\text{m}$)

I kritiskt beräkningssnitt u_1

specific column perimeter	u_0 / d	=	4,3
effective static height	$d - h_a$	=	28 cm
u_1		=	471,9 cm
$k = \min \{ 1 + \sqrt{200/d[\text{mm}]} ; 2 \}$		=	1,85
Prefactor for $v_{Rd,c,1}$	$C_{Rd,c}$	=	0,12
$v_{Rd,c,1} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	533,65 kN/m ²
$v_{Rd,c,2} = v_{min} = 0,0525 / \gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	438,62 kN/m ²
$v_{Rd,c} = \max \{ v_{Rd,c,1}; v_{Rd,c,2} \} \cdot u_1 \cdot d = 705,1 \text{ kN} < 1380,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			
$v_{Rd,max} = 2,09 \cdot v_{Rd,c} = 1473,6 \text{ kN} > 1380,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			

I yttre beräkningssnittet u_{out}

$u_{out, req} = 923,6 \text{ cm} = 923,6 \text{ cm} = u_{out, prov}$			
$l_{s, req} = 85,9 \text{ cm} = 85,9 \text{ cm} = l_{s, prov}$			
Prefactor for $v_{Rd,c,out,1}$	$C_{Rd,c,out}$	=	0,12
$v_{Rd,c,out,1} = C_{Rd,c,out} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	533,65 kN/m ²
$v_{Rd,c,out,2} = v_{min} = 0,0525 / \gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	438,62 kN/m ²
$v_{Rd,c,out} = \max \{ v_{Rd,c,out,1}; v_{Rd,c,out,2} \} \cdot u_{out, prov} \cdot d = 1380,0 \text{ kN} = 1380,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			

Vald typ: : 20 x FDB II 30 / 5 - 40; 8 x FDB II 30 / 5 - 60; 8 x FDB II 30 / 5 - 80

	shear reinforcement cross section [cm ²]	
	provided	required
circular ring		
0,000 d - 1,125 d	44,31	40,35
1,125 d - 1,875 d	32,29	20,17
1,875 d - 2,625 d	32,29	20,17
2,625 d - l_s	17,75	11,90

Vidhäftningskontroll EN 1992-1-1:2011-01 + NA(D)

armeringsstege för bruksgränstillstånd:		armeringsstege mot skjuvning:	ZT
diameter:	5 mm	diameter:	7 mm
vinkel:	45 °	vinkel:	45 °
avstånd:	625 mm		
yta på prefabricerade plattbärlag:		grov	
reducerbar last:		11,81 kN/m ²	
Aktuell lastökningfaktor:		1,15	
inre hävarm z:		25,2 cm	

beräkningssnitt

l_u	(cm)	42	63	84	105	131,3
u	(cm)	383,9	515,8	647,8	779,7	945,1
A_u	(m ²)	0,81	1,08	1,36	1,64	1,98

Lasteffekt

V_{Ed}	(N/mm ²)	1,41	1,04	0,82	0,67	0,54
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	(%)	39,88	29,44	23,19	19,01	15,37

Bärförmåga

$V_{Rd,c}$	(N/mm ²)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
$V_{Rd,max}$	(N/mm ²)	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54
$V_{Rd,sy,FDB II}$	(N/mm ²)	2,26	1,68	1,46	0,25	0,00
$V_{Rd,sy,MT}$	(N/mm ²)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
erf. $V_{Rd,sy,ZT}$	(N/mm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

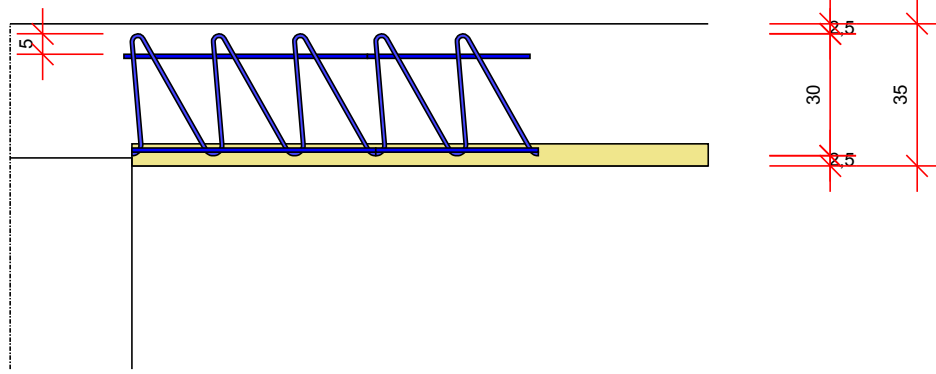
Maximalt avstånd mellan armeringsstegar

s_{GT}	(cm)	0	0	0	0	0
----------	------	---	---	---	---	---

FILIGRAN FDB II Genomstansningsarmering, ETA-13/0521 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

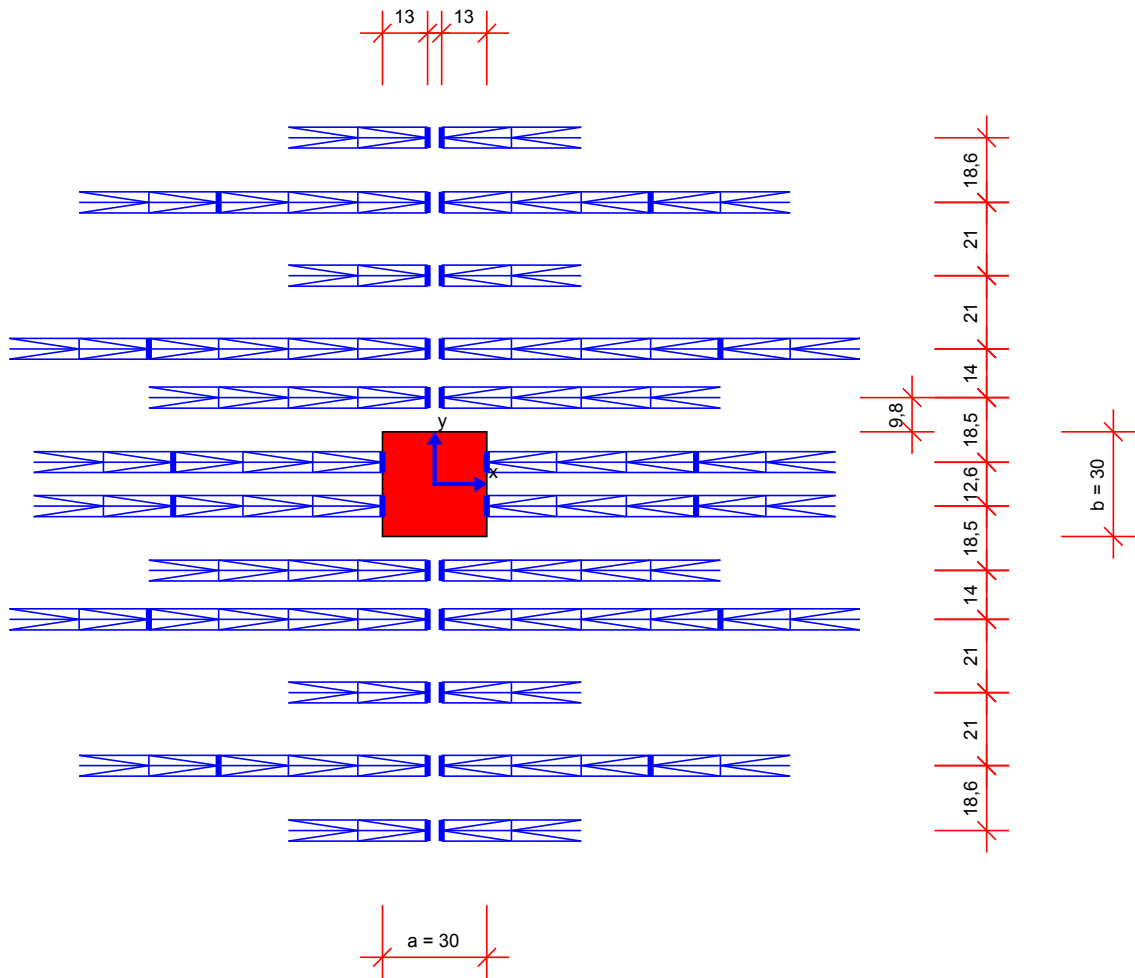
Ritning

Sektion M 1:18



[cm]

Plan M 1:21



HALFEN GmbH, Liebigstr. 14, 40764 Langenfeld/ Rhld, Telefon: 0 21 73/ 970 - 0, Telefax: 0 21 73/ 970 - 123 © HALFEN GmbH, Langenfeld, Tyskland

Bilaga 5

HALFEN HDB Genomstansningsarmering, ETA-12/0454 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

Konstruktionsutförandet - inklusive statiska värden - gäller endast för den utsedda HALFEN-produkten. Bärförmågan hos tredjepartsprodukter, som kan framstå att vara identiska i konstruktionen, kan skilja sig. Av denna anledning kan mjukvaruutvecklaren inte ge garanti om externa produkter används.

Kontroll av kapacitet mot genomstansning, rektangulär kantpelare, kant parallell meda (**Plattbärlag**)

Påförd last med faktorer	V_{Ed}	=	200,0 kN
Lastökning	β	=	1,40
Platttjocklek	h	=	25 cm
Effektiv höjd	d	=	21,5 cm
Pelarebredd	b	=	15 cm
Pelartjocklek	a	=	25 cm
Kantaavstånd	e	=	0 cm
Column penetration depth	h_a	=	2 cm
Täckande betongskikt top / bottom	$c_{nom,o} / c_{nom,u}$	=	2 cm / 1,5 cm
Betong / Armeringsstål		=	C25/30 / B500
Armeringsinnehåll	ρ_l	=	0,2 % ($a_{sx} = a_{sy} = 4,3 \text{ cm}^2/\text{m}$)

I kritiskt beräkningssnitt u_1

specific column perimeter	u_0 / d	=	4,1
effective static height	$d - h_a$	=	19,5 cm
u_1		=	177,5 cm
$k = \min \{ 1 + \sqrt{200/d[\text{mm}]} ; 2 \}$		=	2,00
Prefactor for $V_{Rd,c,1}$	$C_{Rd,c}$	=	0,12
$V_{Rd,c,1} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	410,39 kN/m ²
$V_{Rd,c,2} = V_{min} = 0,0525/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	494,97 kN/m ²
$V_{Rd,c} = \max \{ V_{Rd,c,1}; V_{Rd,c,2} \} \cdot u_1 \cdot d = 171,3 \text{ kN} < 280,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			
$V_{Rd,max} = 1,96 \cdot V_{Rd,c} = 335,8 \text{ kN} > 280,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			

I yttre beräkningssnittet u_{out}

$u_{out, req} = 223,9 \text{ cm} < 266,3 \text{ cm} = u_{out, prov}$			
$l_{s, req} = 21,5 \text{ cm} < 35 \text{ cm} = l_{s, prov}$			
$\beta_{red} = \max \{ \beta / (1,2 + \beta \cdot l_{s, prov} / (20 \cdot d)) ; 1,1 \}$		=	1,10
Prefactor for $V_{Rd,c,out,1}$	$C_{Rd,c,out}$	=	0,12
$V_{Rd,c,out,1} = C_{Rd,c,out} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	403,11 kN/m ²
$V_{Rd,c,out,2} = V_{min} = 0,0525/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	481,85 kN/m ²
$V_{Rd,c,out} = \max \{ V_{Rd,c,out,1}; V_{Rd,c,out,2} \} \cdot u_{out, prov} \cdot d = 275,9 \text{ kN} > 220,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta_{red}$			

Ankardiameter d_A :	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm
Zon C :	9	6	5	4	3	3

Vald typ :	inre zon :	HDB-10/215-3/420 (70/140/140/70)
	yttre :	--

Antal skenor per pelare $m_c = 5$ Antal pelare = 1

$$V_{Rd,sy} = m_c \cdot \eta_C \cdot d_A^2 / 4 \cdot \pi \cdot f_{yd} / \eta_l = 341,5 \text{ kN} > 280,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta \ (\eta_l = 1,00)$$

inre / yttre elementavstånd = 26,9 cm / 38,6 cm

Vidhäftningskontroll EN 1992-1-1:2011-01 + NA(D) (Endast HDB i genomstansområde)

armeringsstege för bruksgränstillstånd: MT	armeringsstege mot skjuvning: ZT
diameter: 5 mm	diameter: 5 mm
vinkel: 45 °	vinkel: 45 °
avstånd: 625 mm	

yta på prefabricerade plattbärlag:	grov
reducerbar last:	8,44 kN/m ²
Aktuell lastökningsfaktor:	1,40
inre hävarm z:	19,4 cm

beräkningssnitt

l_u	(cm)	21	35	49	69,2
u	(cm)	121	165	208,9	272,3
A_u	(m ²)	0,17	0,23	0,29	0,38

Lasteffekt

V_{Ed}	(N/mm ²)	1,19	0,87	0,68	0,51
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	(%)	28,52	20,79	16,28	12,31

Bärförmåga

$V_{Rd,c}$	(N/mm ²)	0,40	0,40	0,40	0,40
$V_{Rd,max}$	(N/mm ²)	4,17	4,17	4,17	4,17
$V_{Rd,sy,HDB}$	(N/mm ²)	0,71	0,52	0,00	0,00
$V_{Rd,sy,MT}$	(N/mm ²)	0,14	0,14	0,14	0,14
erf. $V_{Rd,sy,ZT}$	(N/mm ²)	0,00	0,00	0,14	0,00

Maximalt avstånd mellan armeringsstegar

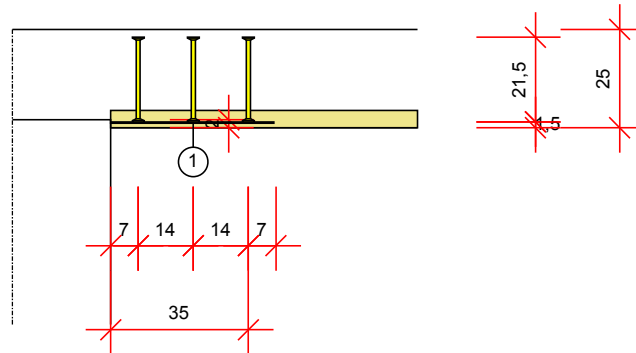
s_{GT}	(cm)	0	0	50	0
----------	------	---	---	----	---

HALFEN HDB Genomstansningsarmering, ETA-12/0454 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

Konstruktionsutförandet - inklusive statiska värden - gäller endast för den utsedda HALFEN-produkten. Bärförmågan hos tredjepartsprodukter, som kan framstå att vara identiska i konstruktionen, kan skilja sig. Av denna anledning kan mjukvaruutvecklaren inte ge garanti om externa produkter används.

Ritning

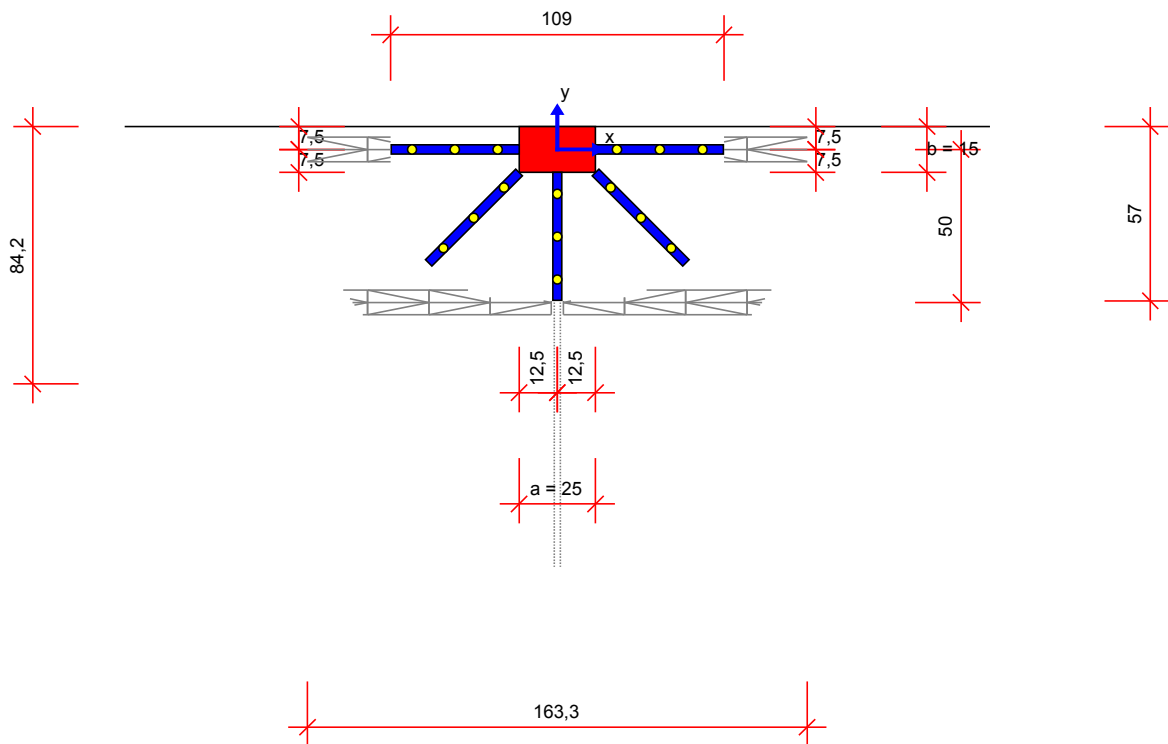
Sektion M 1:19



① 5x 1x HDB-10/215-3/420 (70/140/140/70)

[cm]

Plan M 1:24



Minimum bar length: $l_{bar,min,x} = 159,5 \text{ cm} + 2 \cdot l_{bd}$; $l_{bar,min,y} = 82,3 \text{ cm} + l_{bd}$; l_{bd} is the anchorage length

Note: Due to other verifications, different minimum bar length can be decisive.

Bar length calculated without the required design anchorage length at the free edge. The anchorage length at the free edge has to be determined separately.

Bilaga 6

HALFEN HDB Genomstansningsarmering, ETA-12/0454 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

Konstruktionsutförandet - inklusive statiska värden - gäller endast för den utsedda HALFEN-produkten. Bärförmågan hos tredjepartsprodukter, som kan framstå att vara identiska i konstruktionen, kan skilja sig. Av denna anledning kan mjukvaruutvecklaren inte ge garanti om externa produkter används.

Kontroll av kapacitet mot genomstansning, rektangulär innerpelare (**Plattbärlag**)

Påförd last med faktorer	V_{Ed}	=	1200,0 kN
Lastökning	β	=	1,15
Platttjocklek	h	=	35 cm
Effektiv höjd	d	=	30 cm
Pelarebredd	b	=	30 cm
Pelartjocklek	a	=	30 cm
Column penetration depth	h_a	=	2 cm
Täckande betongskikt top / bottom	$c_{nom,o} / c_{nom,u}$	=	2,5 cm / 2,5 cm
Betong / Armeringsstål		=	C25/30 / B500
Armeringsinnehåll	ρ_l	=	0,56 % ($a_{sx} = a_{sy} = 16,8 \text{ cm}^2/\text{m}$)

I kritiskt beräkningssnitt u_1

specific column perimeter	u_0 / d	=	4,3
effective static height	$d - h_a$	=	28 cm
u_1		=	471,9 cm
$k = \min \{ 1 + \sqrt{200/d[\text{mm}]} ; 2 \}$		=	1,85
Prefactor for $V_{Rd,c,1}$	$C_{Rd,c}$	=	0,12
$V_{Rd,c,1} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	533,65 kN/m ²
$V_{Rd,c,2} = V_{min} = 0,0525/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	438,62 kN/m ²
$V_{Rd,c} = \max \{ V_{Rd,c,1}; V_{Rd,c,2} \} \cdot u_1 \cdot d = 705,1 \text{ kN} < 1380,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			
$V_{Rd,max} = 1,96 \cdot V_{Rd,c} = 1381,9 \text{ kN} > 1380,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			

I yttre beräkningssnittet u_{out}

$u_{out, req} = 875,6 \text{ cm} < 996,5 \text{ cm} = u_{out, prov}$			
$l_{s, req} = 75,3 \text{ cm} < 94,5 \text{ cm} = l_{s, prov}$			
Prefactor for $V_{Rd,c,out,1}$	$C_{Rd,c,out}$	=	0,12
$V_{Rd,c,out,1} = C_{Rd,c,out} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$		=	525,36 kN/m ²
$V_{Rd,c,out,2} = V_{min} = 0,0525/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		=	428,44 kN/m ²
$V_{Rd,c,out} = \max \{ V_{Rd,c,out,1}; V_{Rd,c,out,2} \} \cdot u_{out, prov} \cdot d = 1570,6 \text{ kN} > 1380,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta$			

Ankardiameter d_A :	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm
Zon C :	44	31	23	18	--	11

Vald typ :	inre zon :	HDB-20/305-2/420 (105/210/105)
	yttre :	HDB-20/305-3/630 (105/210/210/105)

Antal skenor per pelare $m_C = 8$ Antal pelare = 1

$$V_{Rd,sy} = m_C \cdot n_C \cdot d_A^2 / 4 \cdot \pi \cdot f_{yd} / \eta = 2023,6 \text{ kN} > 1380,0 \text{ kN} = V_{Ed} \cdot \beta \quad (\eta = 1,08)$$

inre / yttre elementavstånd = 35,8 cm / 86,4 cm

Vidhäftningskontroll EN 1992-1-1:2011-01 + NA(D) (Endast HDB i genomstansområde)

armeringsstege för bruksgränstillstånd: MT	armeringsstege mot skjuvning: ZT
diameter: 5 mm	diameter: 7 mm
vinkel: 45 °	vinkel: 45 °
avstånd: 625 mm	

yta på prefabricerade plattbärlag:	grov
reducerbar last:	11,81 kN/m ²
Aktuell lastökningsfaktor:	1,15
inre hävarm z:	27 cm

beräkningssnitt

l_u	(cm)	31,5	52,5	73,5	94,5	115,5
u	(cm)	317,9	449,9	581,8	713,8	845,7
A_u	(m ²)	0,67	0,94	1,22	1,5	1,78

Lasteffekt

V_{Ed}	(N/mm ²)	1,60	1,12	0,86	0,69	0,58
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	(%)	38,33	26,90	20,60	16,59	13,80

Bärförmåga

$V_{Rd,c}$	(N/mm ²)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
$V_{Rd,max}$	(N/mm ²)	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17
$V_{Rd,sy,HDB}$	(N/mm ²)	1,37	0,97	0,75	0,61	0,00
$V_{Rd,sy,MT}$	(N/mm ²)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
erf. $V_{Rd,sy,ZT}$	(N/mm ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

Maximalt avstånd mellan armeringsstegar

s_{GT}	(cm)	0	0	0	0	70
----------	------	---	---	---	---	----

beräkningssnitt (kontinuerlig)

l_u	(cm)	134,4
u	(cm)	964,3
A_u	(m ²)	2,03

Lasteffekt

V_{Ed}	(N/mm ²)	0,50
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	(%)	11,92

Bärförmåga

$V_{Rd,c}$	(N/mm ²)	0,40
$V_{Rd,max}$	(N/mm ²)	4,17
$V_{Rd,sy,HDB}$	(N/mm ²)	0,00
$V_{Rd,sy,MT}$	(N/mm ²)	0,14
erf. $V_{Rd,sy,ZT}$	(N/mm ²)	0,00

Maximalt avstånd mellan armeringsstegar

s_{GT}	(cm)	0
----------	------	---

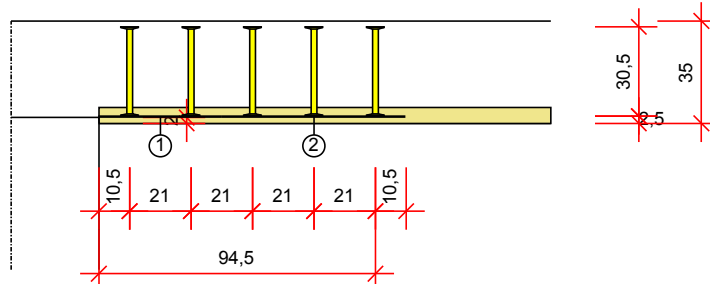
HALFEN HDB Genomstansningsarmering, ETA-12/0454 (Europe)
HALFEN beräkningsprogram HDB, version 12.20

Konstruktionsutförandet - inklusive statiska värden - gäller endast för den utsedda HALFEN-produkten. Bärformågan hos tredjepartsprodukter, som kan framstå att vara identiska i konstruktionen, kan skilja sig. Av denna anledning kan mjukvaruutvecklaren inte ge garanti om externa produkter används.

Ritning

Sektion

M 1:25

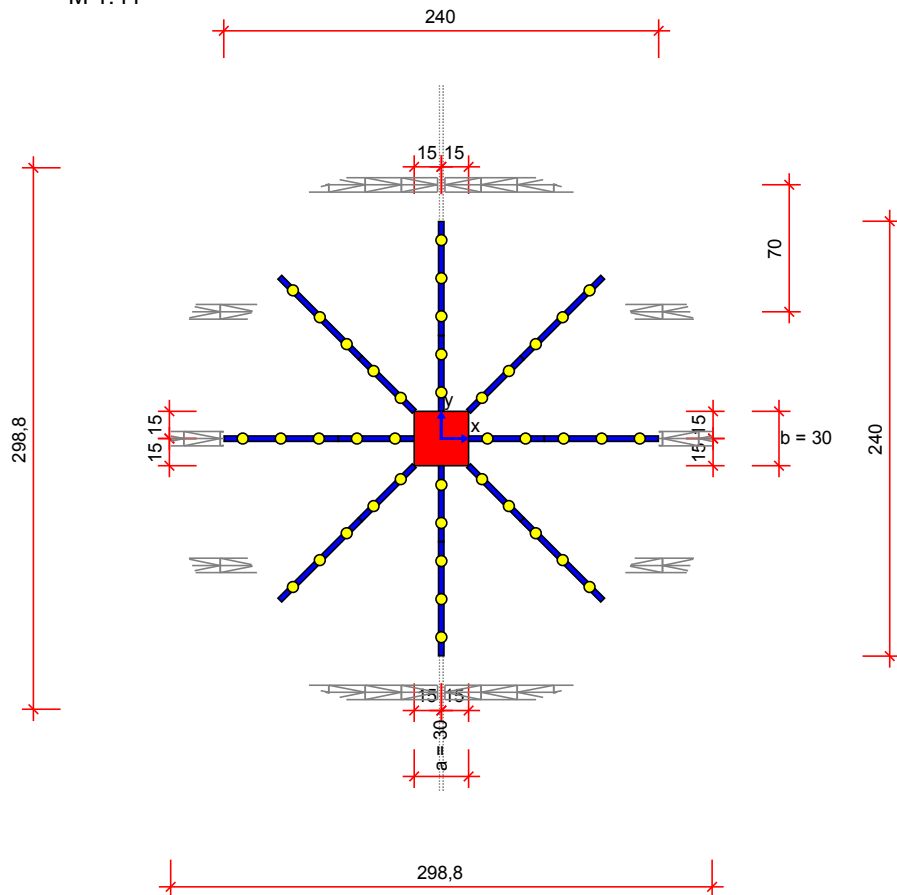


- ① 8x 1x HDB-20/305-2/420 (105/210/105)
- ② 8x 1x HDB-20/305-3/630 (105/210/210/105)

[cm]

Plan

M 1:41



Minimum bar length: $l_{bar,min,x} = 309 \text{ cm} + 2 \cdot l_{bd}$; $l_{bar,min,y} = 309 \text{ cm} + 2 \cdot l_{bd}$; l_{bd} is the anchorage length
 Note: Due to other verifications, different minimum bar length can be decisive.

Bilaga 7

Project:

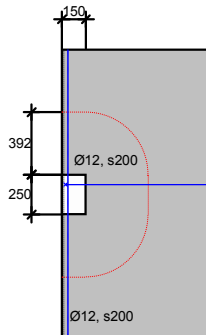
Date: 2015-05-21

Carried out by:

Project file: X:\Beräkningsfiler\Punching150x250.cps

Company name:

Geometry



Code information

Code	Eurocode concrete
Code version	EN 1992-1-1 (Swedish annex)

Geometry - Rectangular Column (Edge)

Dimensions W (X - dim)	150 mm
Dimensions H (Y - dim)	250 mm
Slab thickness	230 mm
Control perimeter effective to	100%
Distance slab edge - column edge in X-dir.	0 mm

General

Exposure class	X0 Very dry
Life class	L50
Water Cement Ratio	N/A
Quality control and reduced deviations	No

Material - Concrete C25/30

Fcd	16.67 MPa	E0d	26230 MPa
Fctd	1.20 MPa	Low strength variation (< 10%)	No

Material - Main reinforcement B500B

Fyd MPa	435	Fycd MPa	435	Esd MPa	200000
---------	-----	----------	-----	---------	--------

Material - Link reinforcement B500B

Fyd MPa	435	Fycd MPa	435	Esd MPa	200000
---------	-----	----------	-----	---------	--------

Reinforcement details

Bar diameter x-dir (mm)	12
Bar diameter y-dir (mm)	12
Cover (mm)	22
Reinforcement expressed in centre distance (mm)	200.0
Reinforcement expressed in centre distance (mm)	200.0

Project:

Date: 2015-05-21

Carried out by:

Project file: X:\Beräkningsfiler\Punching150x250.cps

Company name:

Loads

Load case	Punching force (kN)	Moment Mx (kNm)	Moment My (kNm)
1	180.00	0	0

Capacity - At column perimeter

Loadcase	Design stress VEd (kN/m ²)	Capacity VRd,max (kN/m ²)	Comment
1	2337.66	2565.24	OK !

Capacity - At control perimeter

Load case	Design stress VEd (kN/m ²)	Capacity VRd,c (kN/m ²)	Comment
1	721.70	494.97	Not allowed !

General

Loadcase	Column perimeter (U0)	Control perimeter (U1)	Eccentricity factor (β)
1	0.55 m	1.78 m	1.40

Capacity - At column perimeter

Loadcase	Design stress VEd (kN/m ²)	Capacity VRd,max (kN/m ²)	Comment
1	2337.66	2565.24	OK !

Capacity - At control perimeter

Bent-down bars

Bending angle 45 Degrees Diameter 12 mm

Load case	Design stress VEd (kN/m ²)	Capacity VRd,cs (kN/m ²)	Comment
1	721.701	784.167	OK

Load case	Req. shear reinforcement/ perimeter (mm ²)	Number of cuts	Comment
1	575	6	As below

A single line of bent-down bars is assumed according to EN1992-1-1 6.4.5 (1).

Project:

Date: 2015-05-21

Carried out by:

Project file: X:\Beräkningsfiler\Punching150x250.cps

Company name:

Index

Picture:Geometry	1
Code information	1
Geometry - Rectangular Column (Edge)	1
General	1
Material - Concrete C25/30	1
Material - Main reinforcement B500B	1
Material - Link reinforcement B500B	1
Reinforcement details	1
Loads	2
Capacity - At column perimeter	2
Capacity - At control perimeter	2
General	2
Capacity - At column perimeter	2
Capacity - At control perimeter	2
Load	2
Load	2
A single line of bent-down bars is assumed according to	2

Bilaga 8

last (kN)		arm(cm2/m)asx=asy typ		antal	pris/st	Pris	Kapacitet	använd	nyttjande (%)	armpris	12 kr/kg		antal järn i ett lager						
Ved	arm (cm2/m)	arm (%)								r,out	utbredning	d	st	kg	kr				
10 s 250	140	3	0,14	HDB	HDB-10/215-3/420	5	122,969	615	341,5	196	57 %	215 mm	1500 mm	10	6	8	96	711	
10 s 200		3,3	0,17	FDB II	FDB II 22/5	20	25,75	515	196	196	100 %	195 mm	1500 mm	10	8	10,5	126	641	
10 s 300		2,6	0,131	J-bygel		10	4	35	221	649,27	542,44	84 %	188 mm	1500 mm	10	5	6,5	78	299
12 s 80		9,8	0,491	rak		0	0	553,58	542,44	542,44	98 %	188 mm	2000 mm	12	25	62	744	744	
10 s 200	180	3,9	0,18	HDB	HDB-10/215-3/420	5	122,969	615	341,5	252	74 %	215 mm	1500 mm	10	8	10,5	126	741	
10 s 165		4,3	0,22	FDB II	FDB II 22/5	20	25,75	515	252	252	100 %	195 mm	1500 mm	10	10	13	156	671	
12 s 315		3,6	0,1924	J-bygel		12	4	35	332	784,17	721,7	92 %	286 mm	2000 mm	12	7	17,5	210	542
12 s 50		21,6	1,15	rak		0	0	736,09	721,7	721,7	98 %	286 mm	2000 mm	12	40	99	1188	1188	
12 s 200	220	4,7	0,22	HDB	HDB-10/215-3/420	6	122,969	738	409,8	308	75 %	246 mm	2000 mm	12	10	25	300	1038	
12 s 200		5,3	0,27	FDB II	FDB II 22/5	26	25,75	670	308	308	100 %	331 mm	2000 mm	12	10	25	300	970	
12 s 110		10,3	0,5248	J-bygel		12	6	35	498	1043,95	882,08	84 %	315 mm	2000 mm	12	19	47	564	1062
12 s 110	260	9,7	0,45	HDB	HDB-12/215-3/420	5	128,833425	644	491,7	364	74 %	304 mm	2000 mm	12	19	47	564	1208	
12 s 140		7,2	0,37	FDB II	FDB II 22/5	28	25,75	721	364	364	100 %	45,9 mm	1500 mm	12	11	20,5	246	967	
16 s 100		20,1	1,0704	J-bygel		16	6	35	990	1320,7	1118,37	85 %	302 mm	2500 mm	16	25	137,5	1650	2640
16 s 125	300	14,8	0,69	HDB	HDB-14/215-3/420	5	132,995275	665	669,3	420	63 %	305 mm	2500 mm	16	20	110	1320	1985	
16 s 165		11,1	0,57	FDB II	FDB II 22/5	28	25,75	721	420	420	100 %	458 mm	2500 mm	16	16	88	1056	1777	
20 s 90		34,9	1,94	J-bygel		20	4	35	950	1962,67	1388,08	71 %	297 mm	2500 mm	20	28	240,5	2886	3836
16 s 90	340	21,5	1	HDB	HDB-12/215-3/420	8	128,833425	1031	786,8	476	60 %	306 mm	2500 mm	16	28	154	1848	2879	
16 s 110		16,2	0,83	FDB II	FDB II 22/5	28	25,75	721	476	476	100 %	458 mm	2500 mm	16	23	126,5	1518	2239	
20 s 100	380	30,1	1,4	HDB	HDB-16/215-3/420	5	139,99475	700	874,2	532	61 %	305 mm	2500 mm	20	25	214,5	2574	3274	
20 s 125		22,6	1,16	FDB II	FDB II 22/5	36	25,75	927	532	532	100 %	458 mm	3000 mm	20	24	247,5	2970	3897	
20 s 75	420	40,6	1,89	HDB	HDB-14/215-3/420	8	132,995275	1064	1070,9	588	55 %	305 mm	2500 mm	20	34	292	3504	4568	
20 s 100		30,4	1,56	FDB II	FDB II 22/5	36	25,75	927	588	588	100 %	459 mm	3000 mm	20	30	309	3708	4635	

ingångsdata

bjälklag	250 mm
tbo	20 mm
tbu	15 mm
d	215 mm
deff	195 mm
penetratic	20 mm
endast arm i stans	

Bilaga 9

		last (kN)	arm(cm2/m)a:typ		antal pri:Pris	Kapacitet använd	nyttjande (%)	armpris		antal järn i ett lager									
		gårdsbj	arm (cr arm (%))					12 kr/kg											
		Ved						r	utbredning	d	st	kg	kr	totalkostnad (kr)					
d	16 s	250	700	7,5	0,25	HDB	HDB-14/305-3/630	8 ##	1162	991,5	805	81 %	356 mm	2500 mm	16	10	78,5	942	2104
d	16 s	200		8,1	0,29	FDB I	FDB II 30/5	60 28	1683		805	73 %	432 mm	2500 mm	16	13	102	1224	2907
d	16 s	280		7,2	0,2494	J-byg		4 35	896	589,68	580,01	98 %	562 mm	3000 mm	16	11	104	1248	2144
d	16 s	90		21,1	0,733	rak		0 ##	0	591,06	580,01	98 %	562 mm	3000 mm	16	34	320	3840	3840
d	12 s	125	800	8,7	0,29	HDB	HDB-14/305-2/420	16 ##	1886	991,5	920	93 %	498 mm	2500 mm	12	20	88,5	1062	2948
d	12 s	110		9,2	0,33	FDB I	FDB II 30/5	60 28	1683		920	61 %	558 mm	2500 mm	12	23	101,5	1218	2901
d	16 s	280		7,2	0,2494	J-byg		6 35	1344	721,62	662,87	92 %	670 mm	3000 mm	16	11	104	1248	2592
d	16 s	60		31,4	1,09	rak		0 ##	0	676,6	662,87	98 %	670 mm	3000 mm	16	50	470,5	5646	5646
d	12 s	110	900	9,6	0,32	HDB	HDB-16/305-2/420	16 ##	2025	1295,1	1035	80 %	618 mm	2500 mm	12	23	101,5	1218	3243
d	12 s	100		10,4	0,37	FDB I	FDB II 30/5	86 28	2412		1035	70 %	655 mm	3000 mm	12	30	159	1908	4320
d	16 s	125		16,1	0,56	J-byg		4 35	1736	830,99	783,38	94 %	776 mm	3500 mm	16	28	307,5	3690	5426
d	20 s	60		51,0	1,77	rak		0	0	787,64	783,38	99 %	776 mm	3500 mm	20	59	1012,5	12150	12150
d	16 s	140	1000	12,3	0,41	HDB	HDB-16/305-2/420	8 ##	1013	1295,1	1150	89 %	705 mm	3000 mm	16	22	207,5	2490	4656
d	16 s	165		11,5	0,41	FDB I	FDB II 30/5	8 ##	1153		1150	95 %	748 mm	3500 mm	16	22	242	2904	5316
s	16 s	110		18,0	0,624	J-byg		86 28	2412	1060,53	870,42	82 %	884 mm	3500 mm	16	32	351,5	4218	6822
d	16 s	110	1100	16,2	0,54	HDB	HDB-16/305-2/420	8 ##	1013	1295,1	1265	98 %	754 mm	3500 mm	16	32	351,5	4218	6384
d	16 s	140		12,6	0,45	FDB I	HDB-16/305-3/630	8 ##	1153		1265	97 %	838 mm	3500 mm	16	25	274,5	3294	6548
d	20 s	125		23,1	0,802	J-byg	FDB II 30/5	116 28	3254	1096,78	957,46	87 %	841 mm	4000 mm	20	32	627,5	7530	10860
d	20 s	140	1200	21	0,7	HDB	HDB-20/305-2/420	8 ##	1170	2023,6	1380	68 %	753 mm	3500 mm	20	25	429	5148	7801
d	20 s	165		16,2	0,58	FDB I	HDB-20/305-2/630	8 ##	1483		1380	88 %	926 mm	4000 mm	20	25	490,5	5886	9364
d	20 s	90		32,3	1,12	J-byg	FDB II 30/5	124 28	3478	1150,32	1044,5	91 %	934 mm	4000 mm	20	45	882,5	10590	13920
d	20 s	110	1300	26,7	0,89	HDB	HDB-20/305-2/420	8 ##	1170	2023,6	1495	74 %	754 mm	3500 mm	20	32	549	6588	9241
d	20 s	140		20,7	0,74	FDB I	HDB-20/305-3/630	8 ##	1483		1495	95 %	954 mm	4000 mm	20	29	569	6828	10306
d	20 s	75		40,3	1,4	J-byg	FDB II 30/5	124 28	3478	1189,29	1131,54	95 %	1029 mm	4000 mm	20	54	1059	12708	16038
d	20 s	90	1400	33,3	1,11	HDB	HDB-20/305-2/420	8 ##	1170	2023,6	1610	80 %	752 mm	3500 mm	20	39	669	8028	10681
d	20 s	110		25,8	0,92	FDB II	HDB-20/305-3/630	8 ##	1483		1610	86 %	952 mm	4000 mm	20	37	725,5	8706	12633

ingångsdata

bjälklag 350 mm
tbo 25 mm
tbu 25 mm
d 300 mm
deff 280 mm
penetrati 20 mm
endast arm i stans