

CHALMERS



Stålfiberarmerad betong

- En ekonomisk jämförelse

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör

JOHAN BENGTSSON

DANIEL SIGSTRÖM

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA GÖTEBORG 2007
Examensarbete 2007:54

Examensarbete 2007:54

Stålfiberarmerad betong

- En ekonomisk jämförelse

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

JOHAN BENGTSSON OCH DANIEL SIGSTRÖM

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2007

Steel fibre reinforced concrete
-An economical comparison

JOHAN BENGTSSON, 1984
DANIEL SIGSTRÖM, 1984

© JOHAN BENGTSSON OCH DANIEL SIGSTRÖM

Diploma thesis 2007:54
Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Stålfibers fördelning i en konstruktionsdel

Chalmers Tekniska Högskola
Göteborg, Sweden 2007

Sammandrag

Idén att fiberarmera betong fanns redan innan vår tidsräknings början. Metoden har sedan utvecklats och gör så än idag. Alternativet med stålfibrer är en vanligt förekommande armeringsmetod i vissa Europeiska länder, t.ex. Italien och Belgien. Metoden att armera med stålfibrer kom till Sverige relativt sent vilket tillsammans med den konservatism som finns inom byggindustrin har gjort att en svensk standard aldrig upprättats. Dagens konstruktörer har därför väldigt begränsad kunskap och erfarenhet av stålfiberarmerade betongkonstruktioner. I detta examensarbete undersöktes om det var ekonomiskt fördelaktigt att använda stålfiberarmerad betong i stället för traditionellt armerad betong vid gjutning av platta på mark för ett småhus.

För att få en rättvis bild av stålfiberarmering har kontakt tagits med personer vilka besitter stor kunskap inom området. Fältstudier har gjorts för att, utöver teorin, få en bra praktisk förståelse av hur metoden fungerar ute i produktion. Information har erhållits genom litteraturstudier, främst forskningspublikationer, och via Internet.

Jämförelsen gjordes via fältstudier i Östra Eklanda där Skanska byggde ett nytt bostadsområde om 38 bostäder. Marken i området innehöll höga halter radon vilket gjorde att vi fick göra en fiktiv gjutning med stålfiberbetong då normer för dessa förutsättningar saknas. Jämförelsen gjordes utifrån både uppmätta tider på plats samt kalkylerade tider vilka erhöles från Skansas kalkylavdelning.

Examensarbetet visade att gjutning med stålfiberarmerad betong var det mest ekonomisk lönsamma i detta fall. En jämförelse av de två gjutningsalternativen räknat med verklig tid gav en skillnad där alternativet med stålfibrer var 29-44% billigare. Samma jämförelse räknad med kalkylerad tid gav 38-44% lägre kostnad med den stålfiberarmerade betongen. Att gjuta med stålfiberarmerad betong gav också en stor tidsbesparing. En gjutning med stålfiberbetong gick fortare än en gjutning med traditionell armering, både vad gäller uppmätta och kalkylerade tider.

Först den dagen en svensk standard tagits fram för stålfiberarmerad betong kan den på allvar konkurrera med det traditionella sättet att armera. Innan dess kommer användningen begränsas på samma sätt som idag och användningsområdena vara främst vid gjutning av stora industrigolv samt vid bergsförstärkning i tunnlar. Förhoppningsvis kommer detta examensarbete leda till att valet av armering ifrågasätts oftare.

Abstract

The concept of using fibre to reinforce concrete existed well before the birth of Christ. Since then an ongoing and continuous development has taken place. The alternative to use steel fibre is an established reinforcement method used in several European countries such as Belgium and Italy. The method of reinforcing with steel was introduced relatively late in Sweden, and in addition to the prevailing conservatism of the Swedish building industry, this prevented the adoption of a Swedish Standard. Consequently, the knowledge of steel fibre reinforced concrete structures is limited amongst today's constructors.

This dissertation revolves around the examination of a possibility to find an economical advantage in using steel fibre reinforced concrete instead of the traditional reinforced concrete when casting the foundation.

In the purpose of ruling out subjectivity on the matter, we have contacted persons who possess intimate knowledge of steel fibre reinforcement. In addition to the extensive theoretical information, field studies have been conducted to obtain a practical comprehension as to how the method is utilized in actual production. The information has been acquired in literature studies, chiefly research publications; and on the Internet.

The comparison is based on field studies in "Östra Eklanda" where Skanska are building a housing development with 38 residences. Due to the high amount of radon in the ground of the area and the lack of norms based on these conditions, we had to conduct a fictitious casting with steel fibre concrete. Final assessments were done with calculations conducted on site together with data received from the calculation department of Skanska.

The dissertation revealed that casting with steel fibre reinforced concrete was the most cost-effective method in this situation. A comparison between the two alternatives based on real time calculations showed that the steel fibre method was 29-44% cheaper. The same comparison derived from calculated time resulted in 38-44% cheaper costs. In addition to the economical advantage, the steel fibre reinforced concrete also revealed substantial time-savings. The casting went faster than the traditional method.

Steel fibre reinforced concrete will not seriously threaten the traditional method until a Swedish standard has been established. Until then its usage will be limited, just as it is today, to casting of industry floors and strengthening of tunnels. Hopefully this dissertation will lead people to further question the choice of method.

Förord

Detta examensarbete har genomförts som ett samarbete mellan Skanska Sverige AB och institutionen för Bygg- och miljöteknik Chalmers Tekniska Högskola med god hjälp av Bekaert Svenska AB. Arbetet pågick från mars 2007 till juni 2007 vid Chalmers Tekniska Högskola vid institutionen för Bygg- och miljöteknik.

Vi vill framföra ett stort varmt tack till:

- Handledare Anders Johansson på Skanska Sverige AB som väglett oss genom projektet.
- Magnus Hansson på Bekaert Svenska AB som med sitt stora engagemang och kunnande hjälpt oss driva projektet framåt. Tack för alla snabba svar på frågor som dykt upp under arbetets gång.
- Anders Ferm, Kjell Olofsson, Jan-Inge Eriksson och Andreas Grindebacke på Skanska Sverige AB som ställt upp och svarat på frågor.
- Ingemar Löfgren på Thomas Concrete Group AB för användbar information.
- Examinator Bert Luvö

Tack för all hjälp, detta arbete hade inte gått att genomföra utan ert engagemang.

Göteborg juni 2007

Johan Bengtsson och Daniel Sigström

Innehållsförteckning

Sammandrag.....	I
Abstract.....	II
Förord	III
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsning.....	1
1.4 Metod	2
2 Betong och stålfiberarmerad betong	3
2.1 Betong	3
2.2 Stålfiber	3
2.3 Stålfiberarmerad betong	5
2.3.1 Problem som kan uppstå med stålfiberbetong	6
3 Byggnation av småhus i Eklanda	8
3.1 Geotekniska förutsättningar.....	9
3.2 Gjutning med traditionellt armerad betong	9
3.3 Gjutning med stålfiberarmerad betong.....	10
4 Stålfiberbetongens påverkande faktorer	11
4.1 Ekonomiskt påverkande faktorer	11
4.2 Ergonomi	12
4.3 Ekonomisk jämförelse.....	13
4.3.1 Platta på mark med traditionell armering – Verklig kostnad.....	13
4.3.2 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad	14
4.3.3 Platta på mark med traditionell armering – Kalkylerad kostnad	15
4.3.4 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad	16
4.4 Standardiserad jämförelse	17
4.4.1 Platta på mark med traditionell armering – Verklig kostnad.....	17
4.4.2 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad	18
4.4.3 Platta på mark med traditionell armering – Kalkylerad kostnad	19
4.4.4 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad	20
5 Resultat.....	21
5.1 Resultat – Standardiserad jämförelse	22
6 Diskussion	24
7 Slutsats	25
8 Referenser	26
8.1 Litteratur.....	26
8.2 Elektroniska källor	27
8.3 Muntliga källor	27

Bilaga 1 – Beräkningsrekommendation för stålfiberbetong

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Betong är ett vanligt och gammalt byggnadsmaterial, redan före vår tidräknings början användes det av grekerna. Under romarnas storhetstid byggdes flera byggnadsverk av betong vilka flertalet står kvar än idag. Istället för cement använde de vulkanisk aska som bindemedel. Då det är ett vanligt förekommande byggnadsmaterial finns det ständig utveckling och forskning av materialet. Efter romarikets fall stannade utvecklingen tills man på 1700-talet återupptäckte och vidareutvecklade materialet. Nästa stora genombrott kom i slutet av 1800-talet då järmarmeringstekniken uppfanns vilken kom till Sverige i början av 1900-talet.

Fiberarmerad betong kan anses nytt idag men faktum är att även denna metod har en lång historia. Redan i det gamla Egypten användes halmstrån och hästhår som armering i byggstenar av lera. Det första patentet på fiberarmerad betong fick amerikanen A. Berard år 1874. Metoden har genom årens lopp utvecklats och idag använder man fiber av bl.a. glas, plast och stål som armering. Under 1960-talet tog utvecklingen av fiberarmering fart och är i dagens läge en armeringsmetod på stark framfart.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att genom studier och observationer göra en ekonomisk jämförelse mellan en platta på mark armerad med traditionell armering med en platta på mark armerad med stålfibrer. Jämförelsen gjordes mellan två småhus med identiska areor och laster.

1.3 Avgränsning

Studier gjordes endast på en icke pålad platta på mark för småhus. Den platta på mark som studerades utifrån de två olika gjutningsalternativen anlades i Östra Eklanda som tillhör Mölndals kommun. De två gjutningsalternativen är traditionell armering med armeringsnät och stålfiberarmerad betong.

1.4 Metod

Detta examensarbete bygger på litteraturstudier, fältstudier och möten med personer vilka är kompetenta inom området som behandlas. Den litteratur vi studerat bestod främst av forskningspublikationer, tidskriftsartiklar, ett flertal tekniska rapporter samt elektroniska källor.

Fältstudier gjordes i Eriksberg, Partille, Hildedal på Hisingen och Östra Eklanda i Mölndal. De plattor på mark som göts i Eriksberg, Hildedal och Östra Eklanda var armerade på traditionellt sätt medan den i Partille var armerad med stålfibrer. Då det inte gick att genomföra en gjutning med stålfiberarmerad betong erhöles en erfarenhetsmässig bedömning på en fiktiv platta på mark med detta alternativ. Den fiktiva plattan jämfördes med en traditionellt armerad platta på mark med identiska förutsättning som göts av Skanska i Östra Eklanda. Beräkningar gjordes sedan på båda gjutningsalternativen för att få fram ett resultat på vilket alternativ som var mest ekonomiskt lönsamt.

2 Betong och stålfiberarmerad betong

Som byggnadsmaterial är betong ett starkt men skört material med bra tryckhållfasthet, sämre draghållfasthet och liten töjbarhet. Detta gör att behovet av armering är stort och i många fall ett måste. Idag armerar man traditionellt med armeringsjärn men i takt med ny forskning och erfarenhet, avancerar armering med fibrer på marknaden. Stål har samma utvidgningskoefficient, 1.2 mm/meter/100 kelvin, som betong vilket innebär att de fungerar väldigt bra tillsammans. Dessutom är betong ett väldigt alkaliskt material vilket innebär att armering kan utföras med redan rostiga stänger. En svensk standard håller på att utvecklas för stålfiberarmerad betong vilken bör öka och underlätta användningen av stålfiberbetong då tidigare beräkningsmodeller varit svårtolkade för konstruktörerna. I dagens läge är det en relativt ny kunskap som få besitter, men i samband med nya generationer och enklare beräkningsmodeller kan användas av fler konstruktörer.

2.1 Betong

Betong består i grunden av cement, vatten och ballast. Flera tillsatsmedel används för att exempelvis få det mer lättflytande och förskjuta härdning i samband med längre transporter. Luftporbildande medel används för att ge plats åt iskristaller som bildas när betongen utsätts för kyla och vattnet expanderar vilket minskar sprickrisken avsevärt. Betong karakteriseras av god täthet, formbarhet, beständighet och hållfasthet. För att uppnå en god täthet och beständighet vibreras den lagda massan med olika sorters vibreringsverktyg där vibreringsstaven är den vanligaste. Lufthalten i betongen minskar och materialet komprimeras så det fäster sig i armeringen vilket ger ökad hållfasthet.

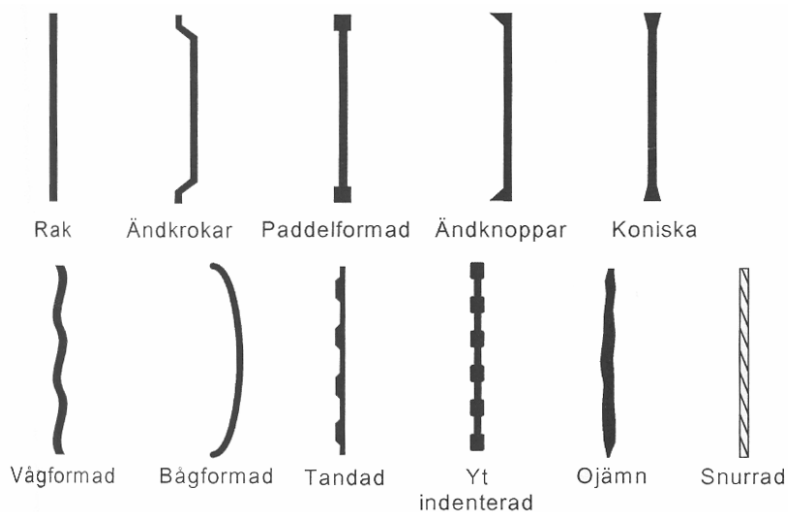
Betongen klassas efter sitt vattencementtal, vct. En hög halt av cement i förhållande till vatten (lågt vct) ger en stark betong. Med ett vct större än 0.60 ökar cementpastans genomsläpplighet (permeabilitet) drastiskt. Detta resulterar i betong med sämre hållfasthet, täthet och beständighet. Se Betonghandbok, Material (1994).

Betong är dåligt på att ta upp dragkrafter och eftersom risken för sprickbildning är stor måste man i de flesta konstruktioner ha armering för att få kraftsystemet i jämvikt. Genom den vidhäftning som sker när betongen bränner överförs krafterna mellan betongen och armeringen. Armeringen utgörs av armeringsjärn och armeringsnät i ett eller flera lager. Betong är ett vanligt förekommande byggnadsmaterial på grund av sin styrka, låga kostnad samt sin formbarhet.

2.2 Stålfiber

Vanligtvis tillverkas stålfiber av klippt, draget stål med hög hållfasthet som har en karaktäristisk töjningsgräns på 0,5 - 2 GPa och en elasticitetsmodul på 200 GPa. De utformas på olika sätt för olika avseenden, de vanligaste fibergeometrierna visas i fig. 2.1. Faktorer som påverkar stålfibers prestanda är material, geometri, ytstruktur, förankringsanordningar m.m. Se Löfgren (2007). Den vanligaste typen av stålfiber är den med ändkrokar vilken ger en förbättrad vidhäftning. Ett mått på stålfibers prestanda ges genom det så kallade slankhetstalet som är förhållandet mellan längden dividerat med diametern och är ett mått på hur effektiv fibern är vid belastning. Nuförtiden ligger slankhetstalet mellan 25 och 100. För

fiber med ändkrokar skall slankhetstalet vara minst 30 och för raka fibrer minst 50. I figur 2.2 visas stålfiber med ändkrokar i en konstruktionsdel. Det vanligaste slankhetstalet idag är 65 vilket ger en hög prestanda. Stålfibrer med detta slankhetstal förekommer bland annat i industrigolv, pålade plattor, pågjutningar och tunnelsegement.



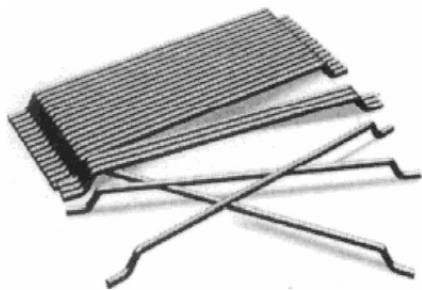
Figur 2.1 De vanligaste fibergeometrierna. Från Betongrapport nr.4, 1995.

Stålfibrerna levereras i säckar, kartonger eller burkförpackning där fibrerna både kan ligga löst eller sitta ihop, se fig. 2.3. Limmet emellan fibrerna är vattenlösligt vilket bidrar till en jämn fördelning vid tillverkning av stålfiberbetong. Till en början blandas de hoplimmade fibrerna ut i betongmassan. Betongens fukt löser sedan successivt upp limmet och de då enskilda fibrerna fördelar sig under resten av blandningsprocessen. Tidigare har man haft problem med det vattenlösliga limmet då detta orsakade en ökad luftmängd i betongen, men dagens lim har ingen påverkan på betongens egenskaper.



Figur 2.2 Betong armerad med stålfiber av typen med ändkrokar. Från Ingemar Löfgren, Thomas Concrete Group AB – C.lab.

Förutom slankhetstalet finns det ytterligare en faktor som påverkar stålfibers effektivitet, nämligen fiberns orientering mot sprickplanet. Riktning och fördelning av fibrerna i betongen påverkas bland annat av längden på fibrerna. Se Löfgren (2004).



Figur 2.3 Stålfiber hopsatta med vattenlösligt lim. Från www.bekaert.com.

2.3 Stålfiberarmerad betong

Armering med stålfibrer kan i många fall ersätta konventionell armering. Stålfiberarmerad betong används till många ändamål men främst till bergförstärkning och golvjutning där effektivitetsvinsten är störst. Stålfiberbetong är också intressant för konstruktioner där sprickbildning dominerar beteendet och där det finns begränsningar för tillåten sprickvidd. Andra användningsområden är olika markbeläggningar och prefabricerade element. En platta

på mark armerad med stålfiber innehåller, till skillnad mot en platta med konventionell armering, en jämnt fördelad armering i alla riktningar. Detta gör stålfibrer lämpligt som sprickarmering. Stålfiberbetongen har också en bättre draghållfasthet än en platta med konventionell armering. Andra fördelar med en stålfiberarmerad betongplatta är ökad seghet, böjspänning, dragspänning, slagseghet och utmattningsmotstånd.

Redan innan betongen belastas finns det sprickor mellan ballast och cementpasta. Dessa kallas för mikrosprickor. Mikrosprickorna växer sedan ihop och bildar då makrosprickor. En stor skillnad mellan stålfiberarmerad betong och betong armerad på traditionellt sätt är att stålfibrerna hämmar tillväxten av makrosprickor och stålfibrerna överför också en relativ stor spänning efter uppsprickning. Fibrerna kan föra över spänning för spricköppningar som är upp till 3-4 mm. Noterbart är också att fibrerna inte har någon verkan före spricköppningen blivit ungefär 0,05 mm. Se Löfgren (2007).

Normal dosering av stålfiber är 20-40 kg/m³ där 30 kg/m³ är en vanlig dosering vad gäller industrigolv.

En viktig parameter för stålfiberbetongen är vidhäftningen mellan stålfibrerna och betongen. En tät struktur i betongen kan förbättra fibrernas prestanda men blir vidhäftningen för bra förlorar man den seghet man eftersträvar från fibrerna och de går av istället för att dras ut. Se Löfgren (2007).

2.3.1 Problem som kan uppstå med stålfiberbetong

Att gjuta med stålfibrer är inte alltid helt felfritt. Vid högre dosering än 40 kg/m³ kan betongen bli svårhanterlig och det kan finnas risk för så kallad bollbildning, se fig. 2.3. Dock inträffar bollbildning främst då kunskapen vid användning av stålfiberbetong är liten. Även slitna roterare i betongbilar kan resultera i bollbildning då dess förmåga att fördela stålfibrerna är försämrade. Dock är det alltid en fördel att stålfibrerna tillsätts betongen på betongfabriken. Detta innebär att den utöver tiden i betongbilen blandas ytterligare en gång under tillverkningen. Ett annat problem som kan uppstå i samband med gjutning är att stålfibrerna sticker upp i ytan. Detta problem löses enklast med hjälp av en vibrobrygga, ytvibrering eller att slipa ner stålfibrerna.



Figur 2.3 Ett exempel på s.k. bollbildning. Från Magnus Hansson, Bekaert Svenska AB.

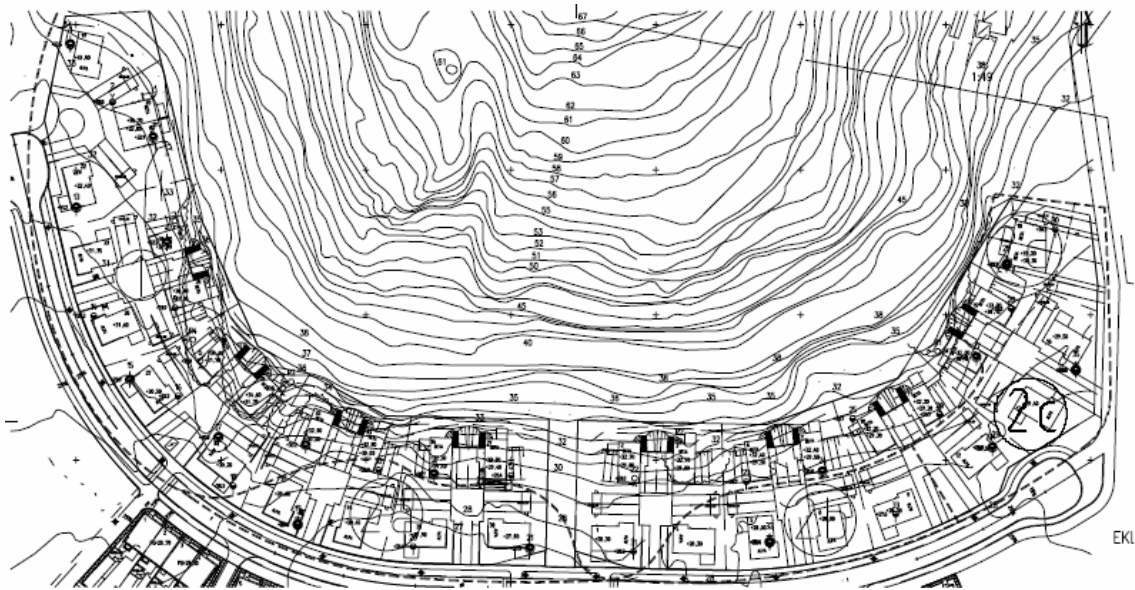
Högre dosering med den stålfibertyp vi studerade, Dramix RC-65/60-BN, har förekommit. Doseringen var då 100 kg/m³ och gjutningen gav ett lyckat resultat men denna dosering har endast använts vid specialfall. Uppstår fiberbollar får man varken den sprickfördelande effekten som eftersträvas eller den förväntade bärförmågan. För att den stålfiberarmerade betongen skall vara så effektiv som möjligt skall fiberfördelningen vara jämn över tvärsnittet på konstruktionsdelen. I figur 2.4 visas hur stålfiberna ligger fördelade vid gjutning av platta på mark.



Figur 2.4 Stålfibernas fördelning vid gjutning. Från Magnus Hansson, Bekaert Svenska AB.

3 Byggnation av småhus i Eklanda

Projektet vi valde att studera närmare i vår jämförelse mellan traditionell armering och stålfiberarmering var beläget i Eklanda som tillhör Mölndals kommun. Skanska Nya Hem upprättade 38 nya bostäder av tre olika hustyper. Den del av området våra studier skulle fokusera på var delområde 2c, se figur 3.1. Den hustyp vår jämförelse skulle uppmärksamma var ett trähus i tre plan och kallas Terrassvillan, se figur 3.2. Bostäderna planerades vara klara för inflyttning våren/sommaren 2008.



Figur 3.1 Situationsplan Östra Eklanda. Från www.nyahem.skanska.se.



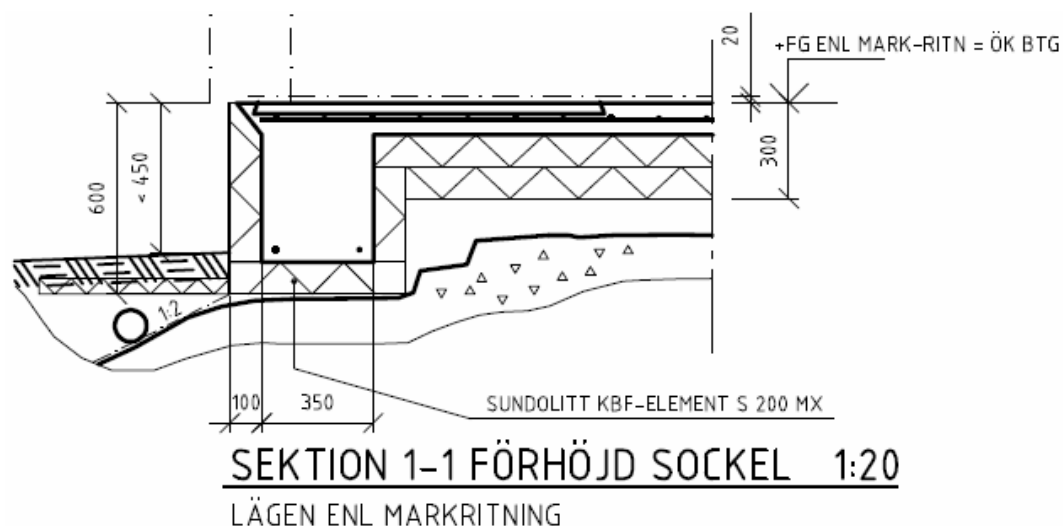
Figur 3.2 Fasader på Terrassvillan. Från www.nyahem.skanska.se.

3.1 Geotekniska förutsättningar

Undergrunden i delområde 2c, se figur 3.1, består av naturliga jordlager vilka domineras av lera. Lerans övre skikt har torrskorpebildning vilken är siltig på vissa nivåer. I områdets sydöstra del är leran som mäktigast där man mätt upp, genom sondering, ett djup på 17.5 meter. Skjuvhållfastheten i den lösa och odränerade leran är mellan 16-40 kPa. Den naturliga vattenkvoten i leran varierar mellan 45 och 70%. Speciellt för marken i Eklanda är att den klassas som högradonmark vilket måste beaktas vid anläggning av grunden. De geotekniska förutsättningarna erhöles från Skanska Teknik.

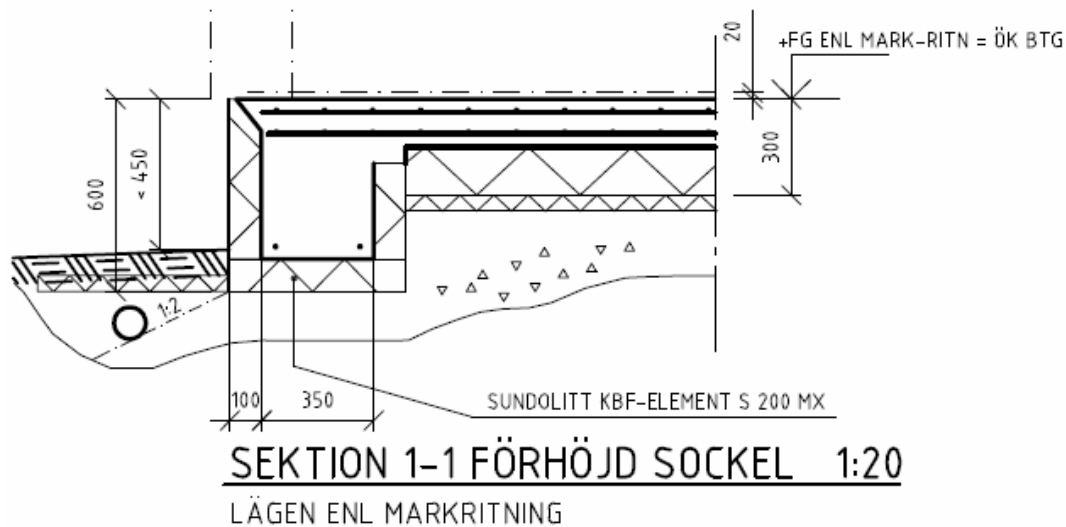
3.2 Gjutning med traditionellt armerad betong

Det ställs höga kriterier för sprickvidder där radon är inblandat då läckaget måste begränsas. Skanska valde två alternativ vad gäller grundläggningen i Eklanda, båda med hållfasthetsklassen C25/30. Det ena alternativet var att man lade ut radonduk, två lager cellplast á 100 mm och en 100 mm tjock betongplatta vilket därmed tillgodosåg de kriterier som ställdes med avseende på last och radonhalt. Armeringsmängden vid detta alternativ bestod av dragarmering i kantbalken samt ett lager armeringsnät på cellplasten. Se figur 3.3.



Figur 3.3 Sektion på alternativet där tätning skedde med radonduk. Från Anders Ferm, Skanska.

Det andra alternativet var att man ersatte radonduken med en 50 mm tjockare betongplatta för att uppfylla samma kriterier vad gäller sprickvidd. Cellplastens tjocklek var fortfarande 200 mm. Denna platta göts med två lager nätarmering med dragarmering i kantbalken. Se figur 3.4. Flertalet av de bostäder som byggdes i området göts med det senare alternativet. Anledningen till detta var att radonduken upplevdes bökelig och otymplig då uppstickande rör samt blåst försvårade dess utläggning och tätning. (Johan Lindström, betongarbetare Skanska)



Figur 3.4 Sektion på alternativet där tätning skedde med en 50 mm tjockare bottenplatta med två lager armeringsnät. Från Anders Ferm, Skanska.

3.3 Gjutning med stålfiberarmerad betong

För att uppnå samma momentkapacitet, och därmed bibehålla samma krav för sprickor, för plattan armerad med stålfiber av typ Dramix RC-65/60-BN gjordes en erfarenhetsmässig bedömning vilket gav en stålfibermängd på 45kg/m³. Värt att nämna är att stålfibermängden kan vara mindre men eftersom normer saknas var det detta värde vår jämförelse utgick från. Betongplattans tjocklek var 100 mm med två underliggande lager cellplast á 100 mm. Vid denna gjutning krävdes dragarmering, på grund av sprickkriterierna, men inga armeringsnät. Eftersom det inte behövdes något täckande betongskikt blev tjockleken på denna platta 100 mm. Betongen man beräknade med var av hållfasthetsklassen C25/30.

4 Stålfiberbetongens påverkande faktorer

Att det finns tid att tjäna, och därmed pengar, med stålfibrer är säkert. Hur mycket och om den insparade tiden bidrar till en ekonomisk fördel är beroende av flera faktorer. Byggbranschen är väldigt konservativ och de beprövade metoderna och materialen går ofta före det nya och mindre beprövade. Anledningarna till detta är flera. Självklart vill man inte förstöra för sig själv och företaget genom att man använt sig av nya metoder som inte helt säkert uppfyller kvalitetskraven. Samtidigt finns gamla mallar från tidigare projekteringar och produktioner lättillgängliga vilket bidrar till ett lättare och snabbare arbete för både projektörerna och entreprenadföretagen.

4.1 Ekonomiskt påverkande faktorer

En av de faktorer som påverkar mest är bottenplattans area. En stor area innebär stora mängder armering vilket är ett både tungt och tidskrävande arbetsmoment. Då ett sådant stort arbetsmoment försvinner finns det möjlighet att dra in på arbetskraft vilket även det bidrar till en ekonomisk vinst till stålfiberbetongens fördel.

Våra studier i Östra Eklanda, där vi undersökte en platta på mark med arean 10.7 m * 6.1 m, tjänade man ingen tid på transporter för rörläggare och betongarbetare då det är en stor arbetsplats och de därmed dagligen finns på plats. Ska man gjuta en enskild platta på mark, med traditionell armering, åt en privatperson behöver betongarbetarna komma till platsen minst två gånger. Första gången för att armera och andra gången för att gjuta. Detta medför att ju längre betongarbetarna får åka, desto mer tid sparas med gjutning med stålfiberbetong då de bara behöver åka en gång till gjutningsplatsen.

Ytterligare en påverkande faktor är plattans form. En kvadratisk platta innebär ett betydligt mindre arbete för dem som lägger armering. Varje vinkel som inte är rät innebär att armering måste anpassas för att passa till formen. Detta gäller även exempelvis burspråk och dylikt, då armeringsnät är gjorda för större ytor och enklare geometrier måste de anpassas till den aktuella formen.

Bottenplattor som belastas med stora laster kräver tjockare platta och därmed flera lager armering. Även på platser med hög radonhalt gjuts tjockare plattor då detta sätt kan gå snabbare och enklare än vid användning av radonduk. Att armeringsnäten hamnar på rätt höjd är något som är svårt att garantera samtidigt som det är ett tidskrävande arbete att lägga dem på rätt höjd före gjutning. Vid för högt belastade plattor kan inte dragarmering uteslutas, även då stålfiberarmerad betong används.

Lokala markförhållanden påverkar ekonomiskt då det krävs en större mängd stålfiberbetong vid sämre geotekniska förhållanden.

Gjutning med stålfiberarmed betong innebär näst intill alltid en mindre mängd stål än gjutning med traditionell armering. I vår ena jämförelse användes, enligt kalkyl, 850 kg armeringsnät och 175 kg armeringsjärn i kantbalk. Enligt den erfarenhetsmässiga bedömningen med stålfibrer skall 603 kg fibrer användas och samma mängd armeringsjärn som ovan i kantbalk. Om priset på stål stiger kommer det i takt med detta bli en ekonomisk fördel för stålfiberarmerad betong då mängden stål är mindre med detta gjutningsalternativ.

Vid gjutning med stålfibrer tillsätts dessa betongen i många fall på betongfabriken. Detta innebär att de inte kräver någon lagringsplats på byggarbetsplatsen. Detta är en fördel då man på trånga arbetsplatser slipper avsätta plats för armeringsnät.

4.2 Ergonomi

Många arbetsmoment som förekommer vid armeringsarbete utförs manuellt och även om förtillverkningen sker maskinellt återstår flera arbetsmoment som måste utföras för att få armeringen på plats så som fixering, transporter och lyft. Vid gjutning av större plattor på mark används mer armering och lyften blir fler. I de fall man reser stommen innan man gjuter plattan är möjligheten att använda lyftanordningar begränsad.

När man armerar betong tvingas man ofta till obekväma arbetsställningar såsom att stå på huk, sitta på knä eller arbeta framåtlutad. Detta gäller särskilt vid armering av platta på mark och är svårt att undvika vid utläggning samtidigt som de är skadliga på sikt.

Att vibrera betongen med vibratorstav är ett tungt arbetsmoment som sliter på axlar och rygg, se figur 4.1. Ett annat krävande arbetsmoment är att klippa armeringsnäten så de passar formen av plattan. Hur krävande de är att klippa beror dels på armeringens tjocklek och dels på vilket redskap man använder. Bultsax fungerar utmärkt till de tunnare dimensionerna medan man till tjockare stänger bör använda en hydraulisk sax, en s.k. papegoja.

Vid gjutning med stålfiberarmerad betong undviks många av ovanstående kroppsbelastningar då armeringsarbetet helt kan uteslutas om man bortser från de grundplattor som kräver dragarmering även med detta sätt att gjuta. Tas de tunga arbetsmomenten bort skulle arbetsmiljön på byggarbetsplatsen förbättras.



Figur 4.1 Gjutning av platta på mark i Östra Eklanda.

4.3 Ekonomisk jämförelse

I vår ekonomiska jämförelse försumrades vissa av de arbetsmoment och materialkostnader som inte påverkade resultatet då de förekom i samma omfattning i båda gjutningsalternativen. Exempel på kostnader som försumrades är de för montering och materialkostnader för cellplast och slipning av den färdiggjutna plattan. Prisuppgifter erhöles från Skanskas kalkylavdelning och priserna vi använde är hämtade från kalkylen för Östra Eklanda. Samtliga kalkyler behandlar alternativet med 50 mm tjockare platta, se figur 3.4.

4.3.1 Platta på mark med traditionell armering – Verklig kostnad

För att få en så rättvis jämförelse som möjligt tog vi själva tid och frågade ute på plats om hur lång tid varje arbetsmoment pågick. Kostnader för det som skiljer från ett traditionellt armeringssätt mot armering med stålfibrer visas nedan. Tiderna i nedanstående kalkyl är verkliga tider som mättes upp under arbetets gång, se figur 4.2.

PLATTA PÅ MARK 150 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsnät, material	850 [kg]	-	7650	7650
Armeringsnät, montering	850 [kg]	10	-	2900
Betong, material	10.6 [m ³]	-	11893	11893
Betong, gjutning	10.6 [m ³]	2	-	580
Distansklots, najtråd od	142 [m ²]	Ingår i armering	568	568
KANTBALK				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsjärn, material	175 [kg]	-	1575	1575
Armeringsjärn, montering	175 [kg]	4	-	1160
Betong, material	2,8 [m ³]	-	3284	3284
Betong, gjutning	2,8 [m ³]	0,6	-	174
Distansklots, najtråd od	35 [m]	Ingår i armering	70	70
Totalkostnad				29854

Figur 4.2 Kalkyl för traditionellt armerad betong – verklig kostnad.

4.3.2 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad

Kostnader som försvinner vid gjutning med stålfiberarmerad betong är den för nätarmering, montering av denna samt kostnad för distansklots och najtråd bortsett från kantbalken. Den stålfibertyp som används är Dramix RC-65/60-BN vilken tillverkas av Bekaert Svenska AB. Det finns i dagsläget inga normer vad gäller stålfiberbetong i samband med högradonmark. Detta gjorde att den tänkta gjutningen i Östra Eklanda inte genomfördes. Följande kalkyl bygger på en fiktiv gjutning baserad på en erfarenhetsmässig bedömning av Bekaert Svenska AB, se figur 4.3. För att bibehålla samma sprickkriterier med stålfiberarmerad betong krävdes en stålfiberdosering med 45 kg/m³. Man behöll dessutom dragarmering i kantbalk. Kunden betalar 15 kr/kg för den stålfibertyp som användes i denna fiktiva platta på mark. Som tidigare nämndes krävs inget täckande betongskikt vid gjutning med stålfiberarmerad betong.

PLATTA PÅ MARK 100 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Stålfiberarmerad betong, material	7 [m ³]	-	12579	12579
Stålfiberarmerad betong, gjutning	7 [m ³]	2	-	580
KANTBALK				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsjärn, material	175 [kg]	-	1575	1575
Armeringsjärn, montering	175 [kg]	4	-	1160
Stålfiberarmerad betong, material	2,8 [m ³]	-	5174	5174
Stålfiberarmerad betong, gjutning	2,8 [m ³]	0,6	-	174
Distansklots, najtråd od	35 [m]	Ingår i armering	70	70
Totalkostnad				21312

Figur 4.3 Kalkyl för stålfiberarmerad betong – beräknad kostnad.

4.3.3 Platta på mark med traditionell armering – Kalkylerad kostnad

Följande uträkning bygger på den kalkyl som erhållits från Skanskas kalkylavdelning. Kalkylen behandlar gjutning på traditionellt sätt med två lager armeringsnät, se figur 4.4.

PLATTA PÅ MARK 150 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsnät, material	850 [kg]	-	7650	7650
Armeringsnät, montering	850 [kg]	25,5	-	7395
Betong, material	10.6 [m ³]	-	11893	11893
Betong, gjutning	10.6 [m ³]	5,3	-	1537
Distansklots, najtråd od	142 [m ²]	Ingår i armering	568	568
KANTBALK				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsjärn, material	175 [kg]	-	1575	1575
Armeringsjärn, montering	175 [kg]	4,6	-	1328
Betong, material	2,8 [m ³]	-	3284	3284
Betong, gjutning	2,8 [m ³]	1,4	-	406
Distansklots, najtråd od	35 [m]	Ingår i armering	70	70
Totalkostnad				35706

Figur 4.4 Kalkyl för traditionellt armerad betong – kalkylerad kostnad.

4.3.4 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad

Följande uträkning bygger på den kalkyl som erhållits från Skanskas kalkylavdelning. Kalkylen behandlar den fiktiva gjutningen med stålfiberarmerad betong, se figur 4.5.

PLATTA PÅ MARK 100 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Stålfiberarmerad betong, material	7 [m ³]	-	12579	12579
Stålfiberarmerad betong, gjutning	7 [m ³]	3,5	-	1015
KANTBALK				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsjärn, material	175 [kg]	-	1575	1575
Armeringsjärn, montering	175 [kg]	4,6	-	1328
Stålfiberarmerad betong, material	2,8 [m ³]	-	5174	5174
Stålfiberarmerad betong, gjutning	2,8 [m ³]	1,4	-	406
Distansklots, najtråd od	35 [m]	Ingår i armering	70	70
Totalkostnad				22147

Figur 4.5 Kalkyl för stålfiberarmerad betong – beräknad kostnad.

4.4 Standardiserad jämförelse

I avsnitt 4.3 behandlades den ekonomiska jämförelse som gjorts på Östra Eklanda, där marken innehöll höga halter radon. För att få en mer jämförbar bild av våra studier gjordes en likadan ekonomisk jämförelse, på samma projekt med samma förutsättningar, men i detta fall beaktades inte de höga radonhalterna. Den uppmätta tiden erhöles från Johan Lindström, betongarbetare på Östra Eklanda, och de kalkylerade tiderna erhöles från Skanskas kalkylavdelning. Precis som i tidigare kalkyler försummas arbetsmoment som förekommer i samma omfattning i båda gjutningsalternativ.

4.4.1 Platta på mark med traditionell armering – Verklig kostnad

I figur 4.6 visas kalkylen från en traditionellt armerad platta på mark enligt ovan beskrivna förutsättningar.

PLATTA PÅ MARK 100 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsnät, material	71 [m ²]	-	2812	2812
Armeringsnät, montering	71 [m ²]	5	-	1450
Betong, material	7 [m ³]	-	7854	7854
Betong, gjutning	7 [m ³]	1,75	-	508
Distansklots, najtråd od	71 [m ²]	Ingår i armering	142	142
KANTBALK				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsjärn, material	191 [kg]	-	1647	1647
Armeringsjärn, montering	191 [kg]	2	-	580
Betong, material	2,8 [m ³]	-	3284	3284
Betong, gjutning	2,8 [m ³]	0,6	-	174
Distansklots, najtråd od	35 [m]	Ingår i armering	70	70
Totalkostnad				18521

Figur 4.6 Kalkyl för traditionellt armerad betong – verklig kostnad.

4.4.2 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad

Nedanstående kalkyl, se figur 4.7, beskriver gjutning med stålfiberarmerad betong. Detta sätt att armera och dess mängd bygger på en erfarenhetsmässig bedömning. Stålfiberdoseringen är 20 kg/m³. Observera att kantbalk ej anses nödvändig i detta alternativ.

PLATTA PÅ MARK 100 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Stålfiberarmerad betong, material	7 [m ³]	-	9954	9954
Stålfiberarmerad betong, gjutning	7 [m ³]	1,75	-	508
Totalkostnad				10462

Figur 4.7 Kalkyl för stålfiberarmerad betong – beräknad kostnad.

4.4.3 Platta på mark med traditionell armering – Kalkylerad kostnad

Följande kalkyl bygger på kalkylerade tider och kostnader från Skanskas kalkylavdelning. Se figur 4.8.

PLATTA PÅ MARK 100 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsnät, material	71 [m ²]	-	2812	2812
Armeringsnät, montering	71 [m ²]	3	-	862
Betong, material	7 [m ³]	-	7854	7854
Betong, gjutning	7 [m ³]	3,5	-	1015
Distansklots, najtråd od	71 [m ²]	Ingår i armering	142	142
KANTBALK				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Armeringsjärn, material	191 [kg]	-	1647	1647
Armeringsjärn, montering	191 [kg]	5	-	1449
Betong, material	2,8 [m ³]	-	3284	3284
Betong, gjutning	2,8 [m ³]	1,4	-	406
Distansklots, najtråd od	35 [m]	Ingår i armering	70	70
Totalkostnad				19541

Figur 4.8 Kalkyl för traditionellt armerad betong – kalkylerad kostnad.

4.4.4 Platta på mark armerad med stålfibrer – Beräknad kostnad

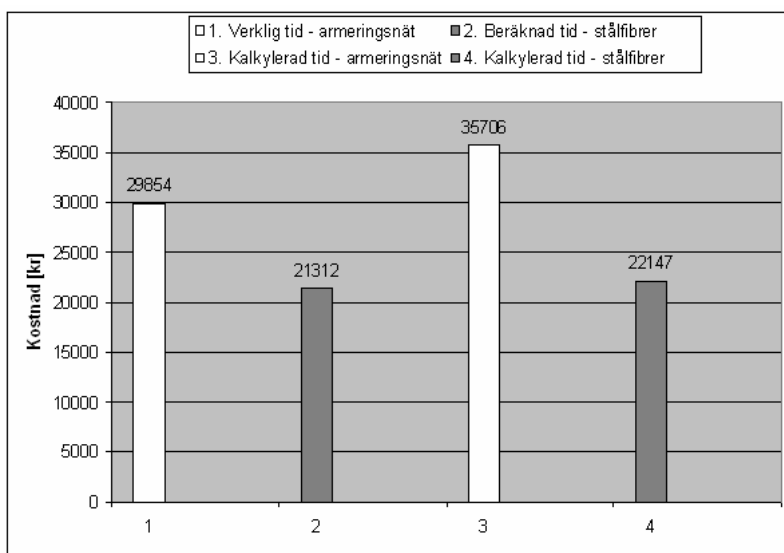
Kalkylen nedan, se figur 4.9, visar tid och kostnad enligt uppgifter från Skanskas kalkylavdelning. Stålfiberdosering är 20 kg/m³. Observera att kantbalk ej anses nödvändig i detta alternativ.

PLATTA PÅ MARK 100 mm				
ARBETSMOMENT	MÄNGD	TID [h]	MATERIAL [kr]	TOTALT [kr]
Stålfiberarmerad betong, material	7 [m ³]	-	9954	9954
Stålfiberarmerad betong, gjutning	7 [m ³]	3,5	-	1015
Totalkostnad				10969

Figur 4.9 Kalkyl för stålfiberarmerad betong – beräknad kostnad.

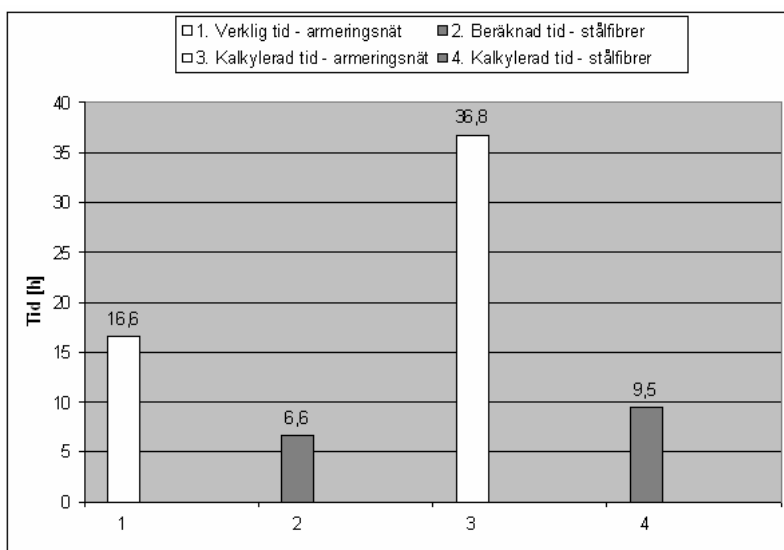
5 Resultat

Enligt beräkningar blir det ekonomiskt fördelaktigt att använda stålfiberarmerad betong istället för traditionellt armerad betong enligt både de tider som mätts upp och de som var kalkylerade. Följande resultat behandlar gjutning i Östra Eklanda där hänsyn till den höga radonhalten i marken beaktades. I det fall där tiderna var uppmätta gavs en vinst på 8542 kr (29%). Ser man istället till de kalkylerade tiderna blev det en vinst på 13559 kr (38%), se figur 5.1.



Figur 5.1 Kostnad för de olika gjutningsalternativen med verkliga och kalkylerade tider.

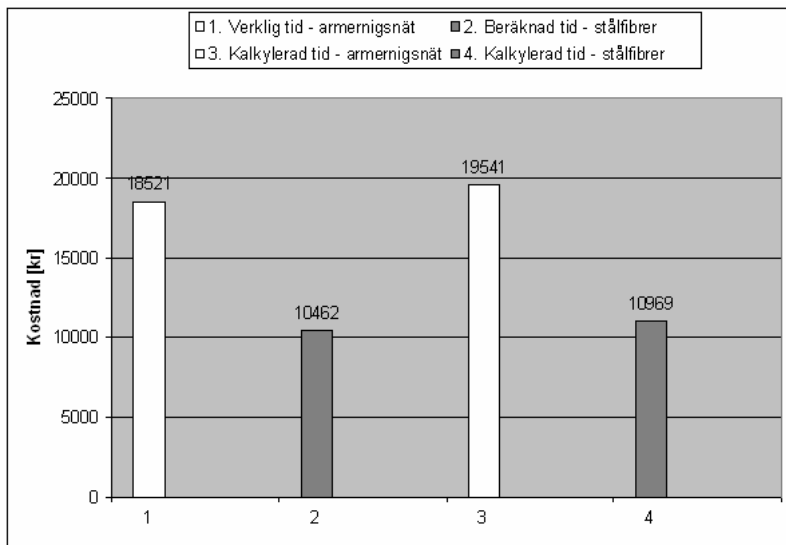
Tidsmässigt är det en stor fördel att gjuta med stålfiberarmerad betong då det tar tid att lägga ut armeringsnäten. Enligt tidskalkylen i figur 5.2 framkommer att det tog betydligt längre tid att gjuta på traditionellt sätt än att gjuta med stålfibrer.



Figur 5.2 Tidsåtgång för de olika gjutningsalternativen med uppmätta och kalkylerade tider.

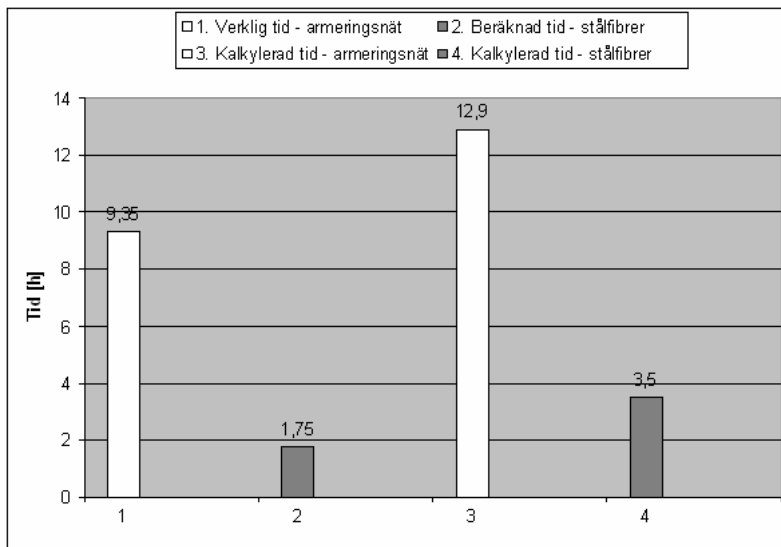
5.1 Resultat – Standardiserad jämförelse

Enligt beräkningar blir det ekonomiskt fördelaktigt att använda stålfiberarmerad betong istället för traditionellt armerad betong enligt både de tider som mätts upp och de som var kalkylerade. Följande resultat behandlar en standardiserad jämförelse som gjordes för att lättare kunna jämföra och bedöma resultaten som framkom i Östra Eklanda. Denna standardiserade jämförelse gjordes enligt samma förutsättningar som de som rådde i Östra Eklanda bortsett från att de lokala markförhållandena var annorlunda, ingen hänsyn togs till radonhalten. I det fall där tiderna var uppmätta gavs en vinst på 8059kr (44%). Ser man istället till de kalkylerade tiderna blev det en vinst på 8572 kr (44%), se figur 5.3.



Figur 5.3 Kostnad för de olika gjutningsalternativen med verkliga och kalkylerade tider.

Tidsmässigt var det en stor fördel att gjuta med stålfiberarmerad betong även i den standardiserade jämförelsen. Enligt tidskalkylen i figur 5.4 framkommer att det tog betydligt längre tid att gjuta på traditionellt sätt än att gjuta med stålfibrer.



Figur 5.4 Tidsåtgång för de olika gjutningsalternativen med uppmätta och kalkylerade tider.

6 Diskussion

Känt är att man på stora industriplattor tjänar mycket tid, och på så vis pengar, då man gjuter med stålfiberarmerad betong. Den storlek bottenplattorna har på de småhus vi studerat i Eklanda var tillräckligt stora för att få alternativet med stålfiberarmerad betong lönsamt. Genom hela examensarbetet visade det sig i många fall att projektörer och entreprenadföretag varken vågar eller kan garantera den stålfiberarmerade betongens egenskaper. Anledningen till det är att det saknas normer för dimensionering och erfarenhet bland entreprenadföretagen. Man vet att stålfiberbetong är likvärdig traditionellt armerad betong vad gäller förmåga att ta upp laster och bättre vad gäller att begränsa sprickbredd.

Företag som levererar stålfibrer har själva gjort omfattande tester och hos stålfiberleverantören Bekaert Svenska AB finns diagram och dataprogram som hjälper till att dimensionera konstruktioner. Än så länge i Sverige finns det enbart rekommendationer vid dimensionering av stålfiberarmerade betongkonstruktioner. Dessa är väldigt svårtolkade och har därför använts sparsamt. En svensk standard håller på att utformas men det kommer troligtvis dröja minst fyra år innan den finns ute hos landets konstruktörer. I samband med att en svensk standard utformas kommer kunskapen spridas och möjligtvis läras ut på högskolor runt om i landet. Detta skulle bidra till ökad kunskap om stålfibers egenskaper och valet av armeringsmetod skulle möjligtvis ifrågasättas oftare.

En markant ökning av användningen med stålfiberarmerad betong i Sverige tror inte vi kommer ske innan någon svensk standard tagits fram. Fram till dess kommer förmodligen användningen av stålfiberarmerad betong fortsätta vara störst vid gjutning av stora plattor på mark och vid bergsförstärkning i tunnlar där man vet om det positiva resultatet.

Ett ökat utnyttjande av stålfiberarmerad betong skulle minska antalet skadliga lyft och arbetsmoment betongarbetarna utsätter sig för vid armeringsarbetet. Armeringsnäten tar dessutom upp plats på byggarbetsplatsen, en faktor som försvinner vid användning av stålfiberbetong.

Resultatet av våra studier var ekonomiskt sett en överraskning. Vi trodde att gränsen för den stålfiberarmerade betongens ekonomiska fördelar låg vid större gjutningsareor. Att tidsbesparing blev så markant mellan de två gjutningsalternativen var för oss förvånande. Att alternativet med traditionell armering i Östra Eklanda skulle ta så betydligt längre tid var förvånansvärt då arean var relativt liten. En stor bidragande faktor till denna tidsskillnad var de två lagren av nätarmering grundplattan dimensionerades för. Detta på grund av den höga radonhalten i marken.

För att få ett mer överskådligt resultat gjordes en standardiserad jämförelse med samma förutsättningar som de i Östra Eklanda bortsett från den höga radonhalten i marken. Resultaten var liknande de i föregående jämförelse vilket styrker stålfibers positiva ekonomiska påverkan vid gjutning av platta på mark.

7 Slutsats

Att använda stålfiberarmerad betong på den ickepålade småhusplatta, som vi studerade, gav en ekonomisk fördel jämfört med den traditionellt armerade plattan sett till både den verkliga och den kalkylerade tiden. Den tidsbesparing som görs vid användning av stålfiberarmerad betong innebär att fler plattor på mark kan gjutas på samma tid som det gjuts en platta på mark armerad med traditionell armering. Detta ger ytterligare en ekonomisk fördel då arbetet med att resa husen kan starta tidigare och kostnader för betongarbetare kan flyttas till ett nytt projekt.

Om användningen av stålfiberarmerad betong i Sverige skall öka beror främst på hur snabbt en svensk standard kan utformas. Metoder för att förutsätta sprickvidder vad gäller stålfiberarmerad betong måste tas fram. Entreprenadföretag, kalkylavdelningar och konstruktörer måste sedan erfara den stålfiberarmerade betongens fördelar såväl ekonomiskt som byggnadstekniskt. Först då kommer stålfiberarmerad betong på allvar konkurrera med de traditionella armeringsnäten.

8 Referenser

8.1 Litteratur

Betonghandbok material (1994): Utgåva 2, Svensk Byggtjänst och Cementa AB, Stockholm, 1994.

Burström P. (2001): *Byggnadsmaterial, uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Tredje upplagan. Studentlitteratur, Lund, 2001.

Löfgren I. (2004): Beräkningsmetod för fiberbetong i bärande konstruktioner. Artikeln publicerades i *Bygg och Teknik* nr. 7, 2004.

Löfgren I. (2005): *Fibre-reinforced Concrete for Industrial Construction – a fracture mechanics approach to material testing and structural analysis*. Doktorsavhandling. Institutionen konstruktionsteknik, Chalmers tekniska högskola. Göteborg, Sverige.

Löfgren I. (2006a): Fiberarmerad betong för ett industrialiserat platsgjutet byggande. Artikeln publicerades i *Väg- och vattenbyggaren* nr.5, 2006.

Löfgren I. (2006b): Fiberarmerad betong - materialprovning och strukturanalys baserad på brottmekanik. Artikeln publicerades i *Bygg och Teknik* nr. 7, 2006.

Löfgren I. (2007): Kursmaterial Fiberarmerad betong, Färdig Betongskolan.

RILEM TC 162 – TDF (2000): Test and design methods of steel fibre reinforced concrete: σ – ϵ – Design Method, (Chairlady L. Vandewalle). Artikeln publicerades i *Material and Structures*, vol. 33, mars 2000.

R.N. Swamy & B. Barr (1989): *Fibre reinforced cements and concretes: recent developments*, Elsevier Science Publishers LTD, 1989.

Svenska Betongföreningen (1997): Betongrapport nr.4, *Stålfiberbetong – rekommendationer för konstruktion, utförande och provning*, utgåva 2, Elanders Gotab, Stockholm, 1998.

8.2 Elektroniska källor

www.wikipedia.org

www.gotmus.i.se/byggnadsvard/lokalt-pruduc-byggmaterial/cement/cement-historik.htm

www.sydsten.se

www.betongfabriken.se

www.bekaert.com

www.tibnor.se

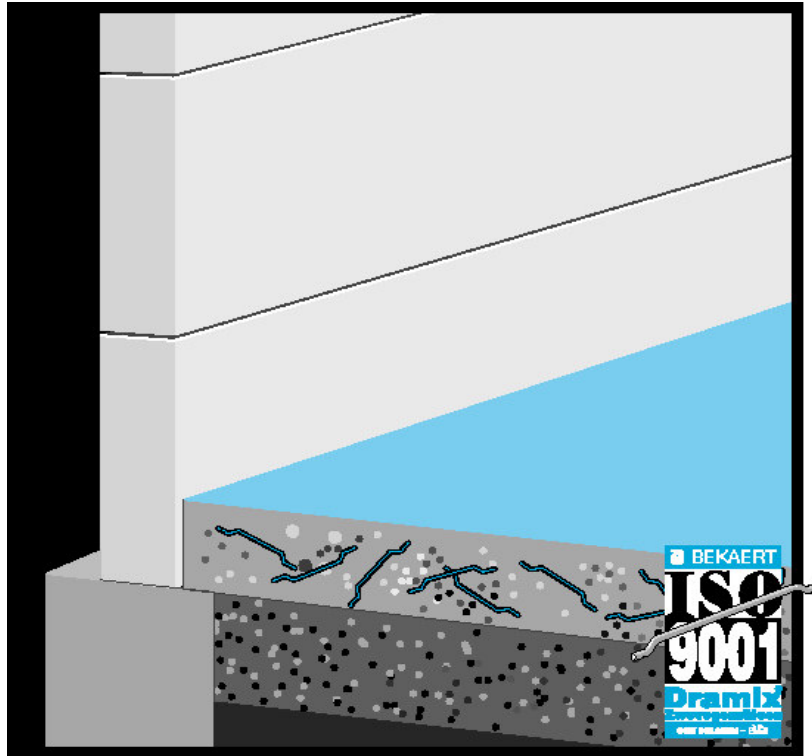
www.chamberofcommerce.it

8.3 Muntliga källor

Anders Johansson, Skanska Sverige AB	Handledare
Peter Mjörnell, Bekaert Svenska AB	2007-04-02
Magnus Hansson, Bekaert Svenska AB	2007-04-10, 2007-05-03
Jens Blomgren, Vårgårda Betongtjänst AB	2007-04-12
Ingemar Löfgren, Thomas Concrete Group AB – C.lab	2007-04-20
Jan-Inge Eriksson, Skanska Sverige AB	2007-05-02, 2007-05-15
Johan Lindström, Skanska Sverige AB	2007-05-02, 2007-05-15
Anders Ferm, Skanska Sverige AB	2007-05-02, 2007-05-16
Kjell Olofsson, Skanska Sverige AB	2007-05-15

Bilaga 1 – Beräkningsrekommendation för stålfiberbetong

Dramix®



Dramix® Pro
Copyright© NV BEKAERT SA
Bekaertstraat 2, 8550 Zwevegem
All rights reserved

Design of ground supported steelfiber reinforced floors based on the Losberg Yield Line model

Design made for : SKANSKA Sverige AB
Project : EXARBETE CHALMERS
Project Segment : PLATTA PÅ MARK

Design made by : Magnus Hansson
Street : Första Långgatan 28 B
Address : Göteborg 413 27
Tel. : 031/704 16 40
Fax : 031/24 24 92
Email : magnus.hansson@bekaert.com

Introduktion

• Dimensionering

Den huvudsakliga effekten av tillsats av Dramix® stålfiber i betong är att ge seghet till ett annars sprött material.

Ett viktigt tillämpningsområde för Dramix® är platta på mark. Oarmerade plattor får ett plötsligt brott i samband med uppsprickning. För en platta med Dramix® stålfiber kan lasten ökas efter uppsprickning, tack vare den ökade segheten. I plattor på mark kan stålfibrer helt ersätta vanlig armering.

För att kunna utnyttja detta vid dimensionering fordras beräkningsmodeller som tar hänsyn till beteendet efter uppsprickning. Traditionella beräkningsmetoder, (såsom t.ex. Westergaards), är inte lämpliga, eftersom de inte ger någon möjlighet att beakta moment efter uppsprickning. Stålfiberarmerade plattor på mark uppträder elastiskt upp till en viss gräns. Vid ökad last minskar styvheten succesivt i samband med uppsprickning, och i samband hämmed omfördelas moment från mer ansträngda snitt till mindre ansträngda. Detta kan beaktas genom användning av plasticitetsteori (brottlinjeteori). Vanligen spricker plattan först i underkanten och brott kan då sägas inträffa när det även utvecklats en spricka i överkanten runt lasten, d.v.s. när en fullständig brottlinjefigur har uppstått.

Beräkning av plasticitetsteori har länge varit praxis för armerade plattor på mark (initierat av Losberg, 1961). Plasticitetsteori kan användas även för stålfiberbetong, se t.ex. Svenska Betongföreningens rapport nr 4, 1995: Stålfiberbetong - rekommendationer för konstruktion, utförande och provning. Bekaerts datorprogram bygger på användning av brottlinjeteori i tillämpliga delar, baserat på Losberg (1961) och med anpassning för stålfiberbetong enligt Betongföreningens rapport (1995).

För tillämpning av plasticitetsteori fordras tillgång till mekaniska egenskaper bestämda genom böjprovning, det räcker då inte att enbart bestämma spricklast eller maximilast, utan materialets beteende efter uppsprickning måste också registreras. För det fordras provning med deformationsstyrning, så att sambandet mellan last och deformation kan registreras efter uppsprickning och upp till en viss nedböjning. storleken på denna nedböjning kan variera beroende på aktuell standard. Exempel på gällande standarder är:

JSCE-SF4 (Japan)
ASTM C1018 - 94 b (USA)
TR 34 (Storbritanien)

CUR 35 (Holland)
NF P 18 - 409 (Frankrike)

I Sverige tillämpas normalt ASTM C 1018. plasticitetsteori används i brottgränstillstånd när omfördelning av moment är möjlig, detta gäller i de flesta fall; undantag är last vid hörn eller linjelast längs en kant. Normalt används elasticitetsteori i bruksgränstillstånd. Plasticitetsteori kan emellertid också användas, förutsatt att begränsad uppsprickning kan accepteras.

BERÄKNING I BROTTILLSTÄND

Fullskaliga laborietester av stålfiberarmerade plattor på mark visar att plattan uppför sig linjärt elastiskt till proportionalitetsgränsen (FR). När gränsen för elasticitet har överskridits, kvarstår segt uppträdande men betongens styvhet avtar. Detta är illustrerat i Figur 1 genom minskad lutning på kurvan mellan punkterna F_R och F_R' . Då lasten ökas efter F_R' , minskar styvheten åter. Mer omfördelning av spänningar leder till ytterligare energiupptagning ända tills fullständigt brott inträffar. I hållfasthetsberäkningen erhålls säkerhetsmarginal genom att dividera den beräknade brottstyrkan med lastfaktorn (γ_D) och en material faktor (γ_M).

Materialets egenskaper, ekvivalent residualhållfasthet, med Dramix® stålfiberbetong kan mätas i enlighet med JSCE-SF4 (Japan), ASTM C 1018 - 94b (U.S.A.), TR34 (U.K.), DBV - Merklätter Faserbeton (Germany), CUR 35 (The Netherlands), NF P 18 - 409 (France), NBN B 15-238 (Belgium) eller likvärdiga standarder.

Viktigt är att styrkan, efter uppsprucket tillstånd, upp till en nedböjning av $\frac{l}{1,5}$ mm ($l =$

Spann mellan upplagspunkterna för testbalk) mäts med en deformationsstyrd testmaskin. Betongens första sprickhållfasthet är INTE ett godtagbart värde för beräkning, eftersom det inte ger någon information om hur kompositmaterialet uppförde sig innan det sprack.

KONTROLL I BRUKSTILLSTÅND

I brukstillstånd kontrolleras följande saker.

- Möjliga spricköppningar i händelse av att betongen spricker.
- För sprickviddsberäkning beaktas följande påkänningar.

>> Opåverkade yttre laster

>> Krympspänningar >> ΔT

från överkant till underkant av plattan.

Golvets nedböjning (\neq sättningar i undergrund)

Stansning

Även om verkligheten har visat att stansning är väldigt ovanligt så innehåller denna beräkning en kontroll av att högsta punkt och/eller hjullast inte orsakar stansning av plattan.

●Utförande rekommendationer

Följande punkter representerar några av de mest viktiga vid konstruktioner av typen platta på mark. I bygghandlingar för plattor på mark bör dessa beaktas speciellt:

1. **Specifikationer** – Standard specifikationer för Stålfiberarmerad betong kan erhållas genom Bekaert.
2. **Stålfibertyper och dosering** – Även om alla typer av Dramix® stålfiber för golvapplikationer till det yttre har samma utseende med sina karakteristiska ändkrokar, varierar deras prestanda beroende på fibrernas längd, diameter och draghållfasthet. Detta för att de skall passa till varje objekts unika förhållanden. Det är viktigt att på bygghandling fastslå exakt vilken fibertyp samt dosering som skall användas.
3. **Inblandningsråd** – Se Dramix® Produktdatablad
4. **Ballast** – Ballasten bör ha en jämn gradering för att kunna ge lämplig betongsammansättning, med ett minimum av vatten och cementpasta för att täcka ballast och fibrer.
5. **Proportionering** – För proportionering gäller samma principer som för vanlig betong. Vid höga fiberdoseringar bör sammansättningen anpassas med hänsyn till arbetbarhet och pumpbarhet.
6. **Tillsatsmedel** – Används ofta ihop med stålfiberarmerad betong för att förbättra arbetbarheten och ytstruktur. Om flera tillsatsmedel används skall dessa blandas i var för sig.
7. **Efterhärdning** – är nödvändigt för ett lyckat gjutresultat. Vattenmetod, plastfolie eller membranhärdning kan tillämpas.
8. **Undergrund** – Bör vara väl dränerad och ha erforderlig jämnhet och fasthet. Jordens densitet in situ bör uppfylla minimikrav i bygghandlingar. Före gjutning bör underlaget vara fritt från

frost och skall kunna bära lasten från trafik i byggskedet, t.ex. betongbilar.

9. **Fuktskydd:** är önskvärd under plattor som skall beläggas med keramiska plattor, trä, mattor, ångtäta plastbeläggningar e.d. eller där golvet kommer att vara i kontakt med fuktkänslig utrustning eller d:o produkter. Många industriella produktions- eller lagerlokaler fordrar dock inget fuktskydd, varför fuktskydd bör användas endast där så är nödvändigt.

Om fuktskydd anordnas, bör det placeras under 75-100 mm fyllning t.ex. av krossat material. Efter komprimering kan ytan jämnas av med ett finkornigt material för att reducera friktionen mot plattan. Fyllning och finkornigt material bör ha lämpligt fuktinnehåll för att kunna komprimeras.

10. **Sågade fogar** – Fogar kan sågas med vanliga metoder. Sågdiupet bör vara 1/3 av plattans tjocklek. Vid tidig sågning utan tillsats av vatten dock minst 25 mm. Sågning bör ske när betongen erhållit tillräcklig mognad. Detta sker vanligtvis vid 1 - 2 dygn efter gjutning.

• Ansvar

Detta datorprogram är avsett för dimensionering av betongplattor på mark med Dramix® stålfibrer, med beaktande av stålfiberbetongens speciella egenskaper, i såväl brukgränstillstånd som brottgränstillstånd.

Bekaert står för programmets tekniska och vetenskapliga kvalitet, anpassning till nationella regler, beräkningsresultat samt för innehållet i denna programbeskrivning. Bekaert har däremot ingen insyn eller kontroll över att programmet används med korrekta indata (laster, materialparametrar, partialkoefficienter m.m) och kan därför inte ta ansvar för beräkningsresultatet i ett enskilt fall.

Bekaert kan inte heller ta ansvar för andra förutsättningar av betydelse för funktionen hos det färdiga golvet, såsom underlagets kvalitet, betongsammansättning, gjutning, härdning m.m.

Med hänsyn till det ovanstående avsäger sig Bekaert allt ansvar för skador och/eller förluster som kan vara följden av att programmet används felaktigt, eller av brister i utförandet. Bekaert åtar sig således -i och med tillhandahålllet av detta datorprogram- inte något av konstruktörens, betongleverantörens eller entreprenörens ansvar.

Slutligen skall dock påpekas att användaren av betong med Dramix® stålfibrer alltid måste prova och dokumentera relevanta materialegenskaper enligt gällande standard. Användning av detta datorprogram innebär inget avsteg härifrån.

Genom att använda detta datorprogram och denna programbeskrivning har användaren godtagit ovanstående villkor, och avhåller sig därmed från att hålla Bekaert ansvarigt för skador eller förluster enligt ovan.

Denna beskrivning får inte användas för andra syften än beräkningar relaterade till Dramix® stålfibrer. Upphovsrätten till programmet och beskrivningen skall för all framtid tillhöra Bekaert. Det faktum att programmet och beskrivningen kan användas av andra än Bekaert innebär under inga omständigheter någon överföring av denna rätt. Försäljning eller annan kommersialisering av denna beskrivning är strikt förbjuden. Vid överträdelse av någon av ovan nämnda restriktioner kommer Bekaert att vidta lagliga åtgärder för att reglera hämed sammanhängande förluster.

2. Input Data

Lastfall

EN PUNKLAST			
N°	Last	Kontaktyta	
	(kN)	X (mm)	Y (mm)
P1	10 kN	100 mm	100 mm

LINJELAST		
N°	Last	Utbredning
	(kN/m)	(mm)
Linjelast 1	20,00 kN/m	200 mm

UTBREDD LAST		
N°	Last	Utbredning
	(kN/m ²)	(mm ²)
UDL1	20 kN/m ²	1000 mm

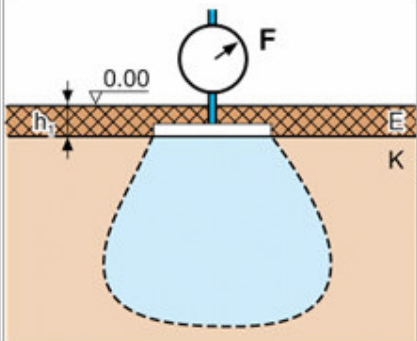
Betong karakteristik

Följande betongvärden har användts i denna beräkning.

BETONG KARAKTERISTIK		
Tryckhållfasthet (N/mm ²)		C28/35
Böjdraghållfasthet (N/mm ²)	f_{ctk}	3,70 N/mm ²
	f_{ctm}	4,70 N/mm ²
E-modul (N/mm ²)	E_c	31000,00 N/mm ²
Poissons tal	ν_c	0,15
Relaxations tal	K_c	2,60
Krympnings faktor (‰)	ϵ'_c	0,40
korrektions faktor m.h.t. betongens åldrande		1 - 28 d.

3. Fjädrande bädd

• Input



$h_1 = 200 \text{ mm}$
 $E = 1,50 \text{ N/mm}^2$
 $k_0 = 0,050 \text{ N/mm}^3$

⊕ K-värde - flera lager

$k_s = 2,7545 \cdot 10^{-4} (C_1 + C_2 e^{C_3} + C_4 e^{C_5})$	= 0,044 N/mm ³
$C_1 = 30 + 3360 k_0$	= 198,00
$C_2 = 0,3778 (h_2 - 43,2)$	= 59,24
$C_3 = 0,5654 \ln(k_0) + 0,4139 \ln(E)$	= -1,53
$C_4 = -283$	
$C_5 = 0,5654 \ln(k_0)$	= -1,69
k_0	= 0,050 N/mm ³
E	= 1,50 N/mm ²

Styvhetsradie

$l_k = \sqrt[4]{\frac{D}{k_s}}$	= 496 mm
$D = \frac{E_c i}{(1 - \nu_c^2)}$	= 2642,8 kNm/m
i	= 83333,3 mm ⁴ /m
ν_c	= 0,15

Säkerhetsfaktorer				
SAFETY FACTORS	Materialfaktorer		Vid Brottlast	Vid Brukslast
	Betong	γ_c	1,50	1,00
	SF-betong	γ_{SF}	1,20	1,00
	Ståll	γ_s	1,15	1,00
	Lastfaktorer			
	Variabel last	γ_Q	1,30	1,00
Dynamisk Faktor	γ_{Qd}	1,16	1,00	
Dynamisk faktor				
$\gamma_{Qd} = \left[1 + 0,2 \left(\frac{\log N}{\log 2 \cdot 10^6} \right) \right] = 1,16$				
N = 100000,00 (Antal lastcykler)				

Kraftöverföring

LOAD TRANSFER

• Allmänt

Kraftöverföringen beräknas med hänsyn till de sprickbredder som beräknas uppstå till följd av krympning vid aktuella fogasvtånd. För fogar utan dymlingar antas en viss andel av en last invid en fog bli överförd genom fogen enligt följande diagrammet nedan.

• Rörelsefogar



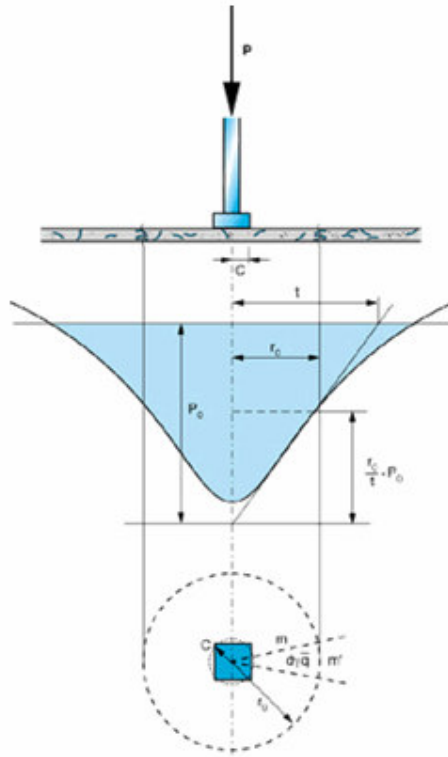
• Korsande fogar (mötande sågspår)

I en korsning mellan två fogar räknas med kraftöverföring enligt $\chi_{se} = 1 - \left[\sqrt{2}(1 - \chi_v) \right] = 0,74$

• Dymlade fogar

I dymlad fog räknas med överföringsfaktor $\chi_{se} = 0,60$

Lasttyp	: Punktlast
Antal laster	: 1
Lasternas inbördes placering	:
Belägenhet	: Inner



$$m + m' = \frac{P \cdot \gamma_0}{2\pi} \left\{ 1 - \pi \gamma \left(\frac{r_0}{l} \right)^2 \left[1 - \frac{2r_0}{3t} + \frac{2d}{\pi r_0} \left(1 - \frac{r_0}{2t} \right) \right] \right\}$$

$$\frac{r_0}{l} = \sqrt{\frac{1 + \frac{\pi \bar{x}}{d}}{2\pi \gamma \left[\left(1 - \frac{2r_0}{3t} \right) + \frac{d}{\pi r_0} \left(1 - \frac{r_0}{2t} \right) + \frac{2r_0}{3d} \left(1 - \frac{3r_0}{4t} \right) \right]}}$$

\bar{x} : Avstånd från gravitationscentrum av kvadratisk yta längs symmetriaxeln.

Dubbel-symmetrisk belastad yta.

γ = En konstant som kan beräknas ur den teoretiska tryckkurvan.

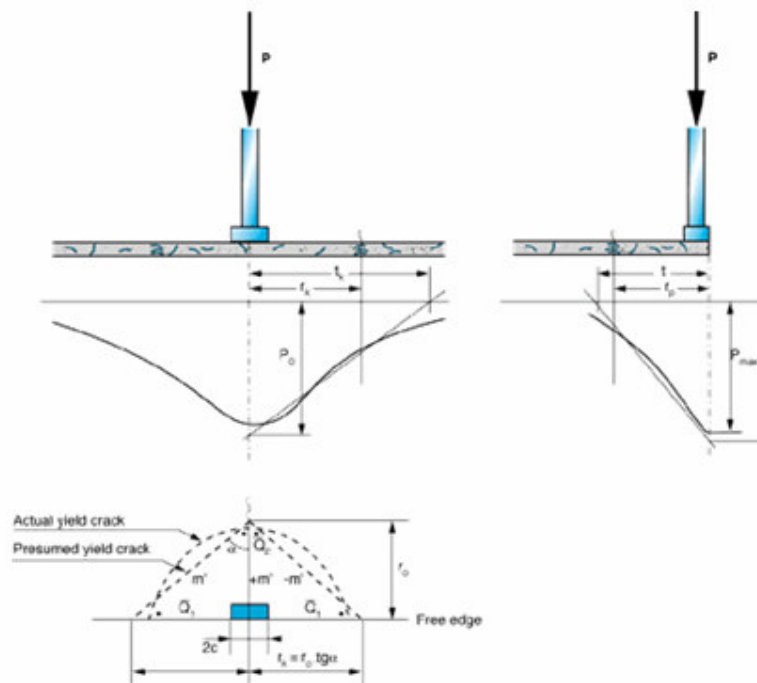
$$p_0 = \gamma \frac{P}{l^2}$$

t : basradie i marksammanpressad kon under plattan

r_0 : Radie av of circular brottsspricka i ytan av plattan.

Case	x	d	γ	t/l	r_0/l	$m'+m$ ULS	$m'+m$ SLS
	25 mm	50 mm	0,1283	3,281	0,7874	1,60 kNm	1,23 kNm

<u>Lasttyp</u>	: Punktlast
Antal laster	: 1
Lasternas inbördes placering	:
Belägenhet	: Vid fri kant



$$m+m' = \frac{P \cdot \gamma_q}{4} \left[\left(1 + \frac{c}{r_0} \right) \operatorname{tg} \alpha - \frac{4}{3} \gamma_k \left(\frac{r_0}{l} \right)^2 \left(1 - \frac{3 r_0}{8 l} - \frac{5 r_0}{16 t_k} \operatorname{tg} \alpha \right) \operatorname{tg}^2 \alpha \right]$$

$$\frac{r_0}{l} = \sqrt[3]{\frac{\frac{3c}{2l} \cot \alpha \left(1 + \frac{4}{3\pi} \cot \alpha\right)}{\gamma_k \left[1 - \frac{3r_0}{8t} \left(1 + \frac{t}{t_k} \operatorname{tg} \alpha\right)\right]}}$$

t : basradie i märksammanpressad kon under plattan.

$$t = 1,5l + 3c$$

t_k : Halva längden runt kant av märktryckt pyramid yta med last på en kant av plattan.

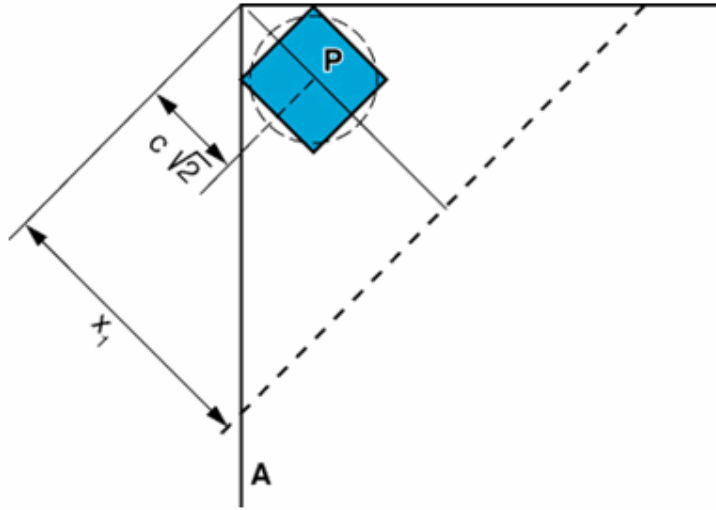
$$t_k = 3,0l + 0,42c$$

α : Vinkel mellan en antagen rak negativt lutad brottlinje och den positiva brottlinjen med en last placerad på plattans kant.

$$\frac{m}{m'} = 1 \rightarrow \operatorname{tg} \alpha$$

Case	\bar{x}	\bar{y}	t	t_k	γ	tg alfa	r_0/l	$\frac{m'+m}{\text{ULS}}$	$\frac{m'+m}{\text{SLS}}$
	50 mm	25 mm	913 mm	1544 mm	0,3936	1,3269	0,8684	3,34 kNm	2,57 kNm

Lasttyp	: Punktlast
Antal laster	: 1
Lasternas inbördes placering	:
Belägenhet	: Vid hörn

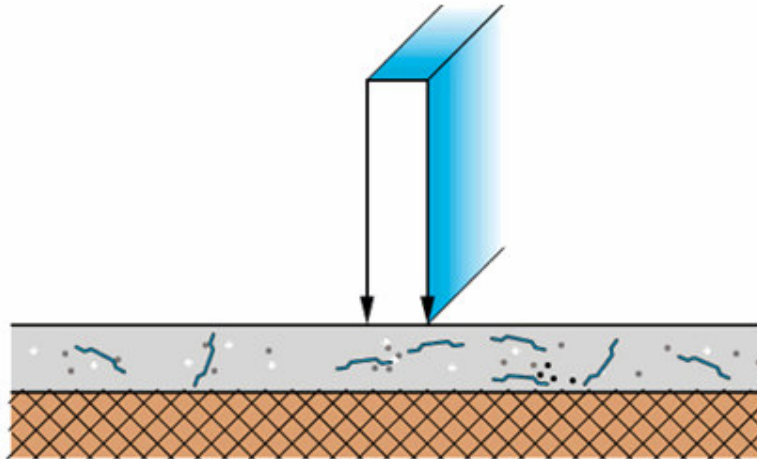


$$m' = -\frac{P \cdot \gamma_D}{2} \left[1 - \left(\frac{c_1}{l} \right)^{0.6} \right]$$

$$c_1 = c\sqrt{2}$$

Case	C1	l	m'+m ULS	m'+m SLS
	80 mm	496 mm	4,33 kNm	3,33 kNm

Lasttyp	: Linjelast
Antal laster	: 1
Lasternas inbördes placering	:
Belägenhet	: Inner

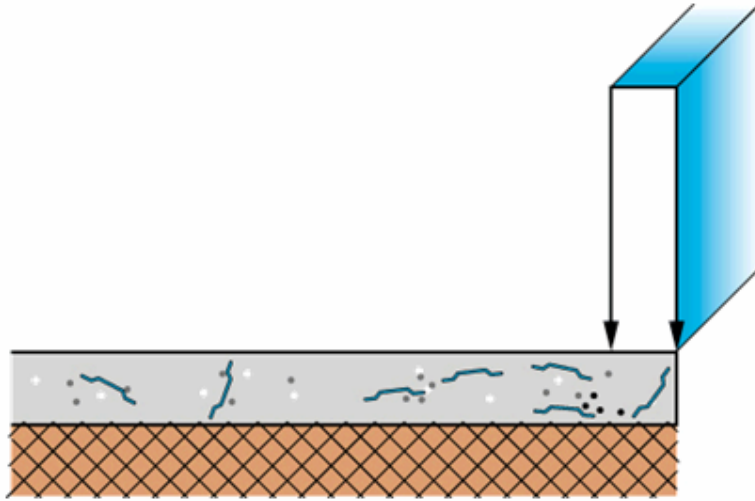


$$\frac{P}{4\lambda(1-\nu^2)}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{3k}{Ek^3}}$$

Case	Lambda	m'+m ULS	m'+m SLS
	0,001435	4,64 kNm	3,57 kNm

Lasttyp	: Linjelast
Antal laster	: 1
Lasternas inbördes placering	:
Belägenhet	: Vid fri kant

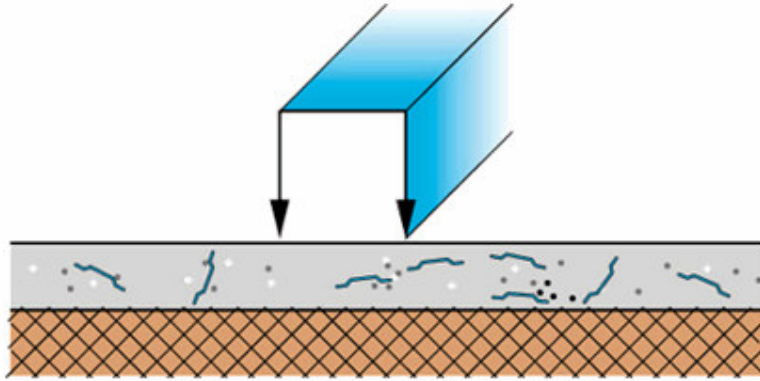


$$\frac{P}{4\lambda}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{3k}{Eh^3}}$$

Case	Lambda	m'+m ULS	m'+m SLS
	0,001435	4,53 kNm	3,49 kNm

Lasttyp	: Utbredd last
Antal laster	: 1
Lasternas inbördes placering	:
Belägenhet	: Inner



$$m = \left[\frac{q}{(2\lambda^2)} \right] \cdot B_{\lambda A} / (1 - \nu^2) \quad \text{kNm}$$

q = kN/m²

a = mm

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{3k}{BH^3}}$$

$$B_{\lambda a} = e^{-\lambda a} \cdot \sin(\lambda a)$$

Nota : m_{max} for $a = \frac{\pi}{4\lambda}$

Case	Lambda	BLambdaA	m ULS	m'+m ULS	m SLS	m'+m SLS
	0,001435	0,32083	2,07 kNm	2,28 kNm	1,59 kNm	1,75 kNm

Type of load	: Pointload
Number of loads	: 1
Positioning of the loads	:
Location on the floor	: Free edge - Parallel

$$m+m' = \frac{P \cdot \gamma_k}{4} \left[\left(1 + \frac{c}{r_0} \right) \operatorname{tg} \alpha - \frac{4}{3} \gamma_k \left(\frac{r_0}{l} \right)^2 \left(1 - \frac{3 r_0}{8 l} - \frac{5 r_0}{16 t_k} \operatorname{tg} \alpha \right) \operatorname{tg}^2 \alpha \right]$$

$$\frac{r_0}{l} = \sqrt[3]{\frac{\frac{3 c}{2 l} \cot \alpha \left(1 + \frac{4}{3 \pi} \cot \alpha \right)}{\gamma_k \left[1 - \frac{3 r_0}{8 l} \left(1 + \frac{t}{t_k} \operatorname{tg} \alpha \right) \right]}}$$

t : basradie i marksammanpressad kon under plattan.

$$t = 1,5l + 3c$$

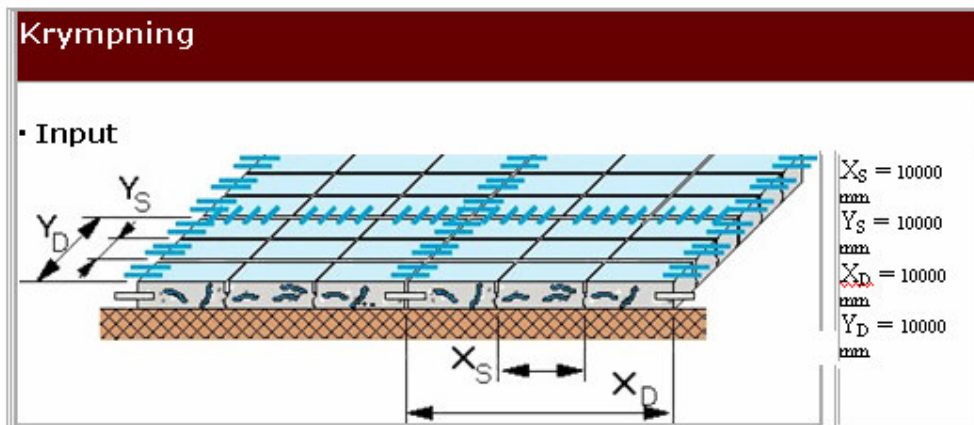
t_k : Halva längden runt kant av marktryckt pyramid yta med last på en kant av plattan.

$$t_k = 3,0l + 0,42c$$

α : Vinkel mellan en antagen rak negativt lutad brottlinje och den positiva brottlinjen med en last placerad på plattans kant.

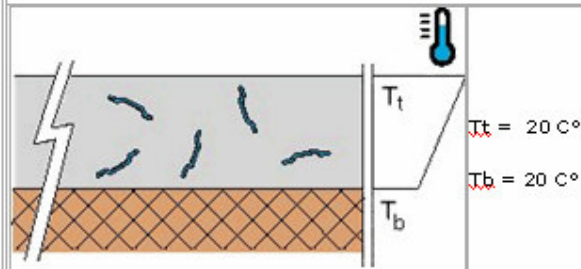
$$\frac{m}{m'} = 1 \rightarrow \operatorname{tg} \alpha$$

Case	\bar{x}	\bar{y}	t	t _k	γ	tg alfa	r ₀ /l	m'+m ULS	m'+m SLS
	50 mm	25 mm	913 mm	1544 mm	0,3936	1,3269	0,8684	3,34 kNm	2,57 kNm



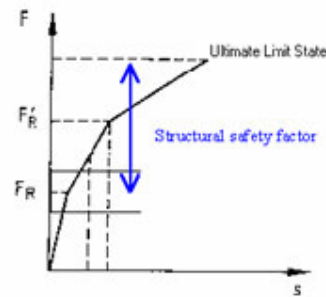
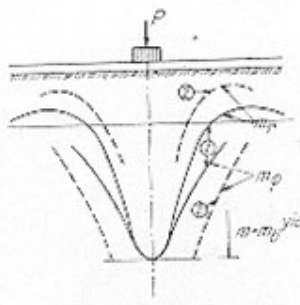
Temperature

• Input



Resultat

• Strukturellt



En generell översikt av beräkningsförhållandena illustreras genom det enkla exemplet med en koncentrerad last (Fig. 1). När en koncentrerad last, mycket lägre än brottlasten, påförs över en liten cirkulär yta på en relativt stor betongplatta, kan spänningarna beräknas för en elastisk och infinit platta på en elastisk undergrund (Se kurvan 1 in Fig. 1). Första delen av kurvan (upp till F_R) illustrerar detta i Figur 2. När lasten ökar över F_R , uppkommer plastiska sprickor vid underkanten av plattan. Spänningar börjar att fördelas från underkanten av plattan till dess topp vid denna punkt. När lasten når F_R' , uppstår sprickor från plattcentrum i överkanten. Fullständigt brott av plattan uppstår till följd av stansning vid last som även överstiger F_R' . Maximal böjdraghållfasthet för plattans tvärsnitt fås genom genomsnittlig ekvivalent styrka (Eqn. 1) och genomsnittlig brottmodul (Eqn. 2) :

Vi tänker oss 2 situationer

Underkant Uppkommet moment : m Uppkommen böjdragsspänning :	Eqn. 1 $f = \frac{6M}{h^2} \leq f_{st, eq.150}$	Överkant Uppkommet moment : m' Uppkommen böjdragsspänning :	Eqn. 2 $f' = \frac{6M'}{h^2} \leq f_{stx}$
---	--	---	---

-> Det är **STRUKTURELL STABILITET** när :

$$(f_{fct,eq,150} + f_{fctm}) = \frac{6(M + M')}{h^2}$$

-> **STRUKTURELL SÄKERHET** uppnås, genom följande :

- Påför lastfaktorer på lasterna. (Se ovan)
- Minska variabla spänningar med materialfaktorer. (Se ovan)

$$\left(\frac{f_{fct,eq,150}}{\gamma_{SF}} + \frac{f_{fctk}}{\gamma_c} \right) = \frac{6(m + m')}{h^2}$$

Från analys av hållfasthetslinjen och valda lastfall erhålls följande maximala moment:

		<u>Brottgränsstadiet</u>		<u>Bruksstadiet</u>	
Böimoment (kNm)	Laster	$(m+m')_{max}$	4,64 kNm	$(m+m')_{max}$	3,57 kNm
	Krympning			M_s	1,59 kNm
	Temperatur			$M_{\Delta T >}$	0,00 kNm
	Sättning			M_w	0,00 kNm
Floor thickness (mm)		100 mm			
Erforderlig böjdraghållfasthet för stålfiberbetong (N/mm ²)		$f_{SF} = \left(\frac{6(m+m')}{h^2} - \frac{f_{fctk}}{\gamma_c} \right) * \gamma_{SF}$		$f_{SF} = \left(\frac{6 \sum(M)}{h^2} - \frac{f_{fctk}}{\gamma_c} \right) * \gamma_{SF}$	
		0,38 N/mm ²		0,00 N/mm ²	

• **Material**

		<u>Brottgränsstadiet</u>		<u>Bruksstadiet</u>	
Betongens beräkningsspänning (N/mm ²)	$f_{stk,d} = \frac{f_{stk}}{\gamma_c}$	2,47 N/mm ²		$f_{stk,d} = \frac{f_{stk}}{\gamma_c}$	3,70 N/mm ²
Dramix®	typ	RC 65/60-BN		typ	RC 65/60-BN
	Dosering (kg/m ²)	20 kg/m ²		Dosering (kg/m ²)	20 kg/m ²
	$f_{fct,eq,150}$	2,30 N/mm ²		$f_{fct,eq,450}$	2,64 N/mm ²
Stålfibers Residualhållfasthet (%)	$R_{s1} = \frac{f_{fct,eq,150}}{f_{fctm}} \times 100$	48,94		$R_{s1} = \frac{f_{fct,eq,450}}{f_{fctm}} \times 100$	56,17

Brottsstadiet: $f_{fct,eq,150} \geq f_{SF}$ för en viss dosering av 20 kg/m³ Kg/m³ Dramix RC 65/60-BN.

Bruksstadiet: $f_{fct,eq,450} \geq f_{SF}$ för en viss dosering av 20 kg/m³ Kg/m³ Dramix RC 65/60-BN.

● **Sammanfattning Brottsstadie & Bruksstadie; Dramix Stålfiber beräkningsrekommendation**

Plattjocklek : 100 mm
Fibertyp : RC 65/60-BN
Fiberdosering : 20 kg/m³

Remarks

Beräkningen har tillkommit vid möte på Bekaerts kontor med Daniel Sigström samt Johan Bengtsson, som ett led i deras ex-arbete kring stålfiberbetong.

Golvet är en villaplatå där laster och förutsättningar har antagits.
(Ej anpassad för självkompakterande betong).

Laster som använts är koncentrerad punktlåst om 10 kN fördelad på yta om 100 x 100 mm och jämnt utbredd last om 20 kN/m². Vidare har vägglast om 20 kN/m lagts till där väggjocklek antagits till 200 mm.

Undergrunden har förutsatts att bestå av ett min. 150 mm tjockt bärlagergrus ovan egenmark av typen fast lagrad sand, morän eller dylikt.

Mellan betongplatta och jämn och plan undergrund placeras 2 x 100 mm EPS cellplast av typ ~~jackopor~~ S20 eller motsvarande.

Normala åtgärder för att förhindra sättningar och/eller tjällyftning skall vidtagas.
Omsorgsfull efterhärdning skall ske för bästa slutresultat.