

GULVKONSTRUKTIONER AF STÅLFIBERARMERET BETON

-tillæg til Beton-Teknik 6/17/1994
Gulvkonstruktioner af beton

Af Jacob Thrysoe, Henrik Slot og Freddie Larsen

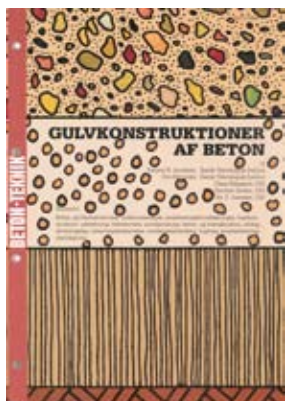


Indledning

Brugen af stålfibre som hel eller delvis erstatning af traditionel armering i betongulve har i de senere år vundet stor udbredelse. Baggrunden for dette er flere forhold:

- I de fleste tilfælde er der store tidsmæssige besparelser at hente ved at anvende fiberarmeret beton frem for beton med traditionel armering, specielt ved udførelse af gulve, idet betonen allerede er færdigarmeret, når den kommer frem til byggepladsen.
- Der er gennem mange år oparbejdet en stor erfaring hos såvel producenter af stålfibre som betonproducenter og gulventreprenører i, hvorledes man bruger stålfibre mest fordelagtigt. Hertil har den øgede brug af pc-beregningsprogrammer skabt nogle modeller som har gjort det muligt at tage stålfibrene i regning ved dimensionering af bl.a. gulvkonstruktioner.
- Nye udførelsesmetoder har været medvirkende til, at brugen af stålfibre er øget. Først og fremmest laserstyrede udlæggermaskiner har betydet en lettere håndtering af stålfiberbetoner. Men også den øgede brug af selvkompakterende betoner [kilde - SCC Beton-Teknik] har medvirket positivt til den øgede anvendelse.

Denne publikation er en fortsættelse og udbygning af **Beton-Teknik** serien om **Gulvkonstruktioner af beton**, [1], hvor det seneste tillæg handlede om selvkompakterende beton, [2].



[1]



[2]

Beton-Teknik omhandlende Gulvkonstruktioner af Beton og tillægget **Gulvkonstruktioner af Selvkomprimerende Beton** kan downloades fra www.aalborgportland.dk

Der er derfor valgt en opbygning af publikationen, som i alt væsentligt følger bilagsopdelingen i Gulvkonstruktioner af beton. Dette skulle sikre at alle væsentlige principper og forholdsregler indgår i overvejelserne, når man skal udføre gulve af beton.

Med de nuværende danske regler kan man ikke udføre egentligt bærende konstruktioner med stålfibre som eneste armering. Stålfibre kan således ikke i dag erstatte hovedarmeringen i traditionelle bærende konstruktioner, såsom bjælker, søjler og etagedæk.

I de senere år er der dog foretaget forsøgsprojekter med stålfiberbeton i f.eks. fundamenter, kældervægge og pæleunderstøttede betongulve som alle er bøjningspåvirkede. Fremtiden vil vise, om disse forsøg vil føre til, at der åbnes mere op for brug af stålfibre i egentligt bærende konstruktioner.

Denne publikation omhandler udelukkende stålfibre som armering i betongulve. Der findes andre typer af fibre, f.eks. forskellige typer af plastfibre, som enten udelukkende antages at virke mod plastisk svind, eller for hvilke, der endnu ikke findes tilstrækkelig dokumentation til gulvkonstruktioner.

Fiberbeton som materiale

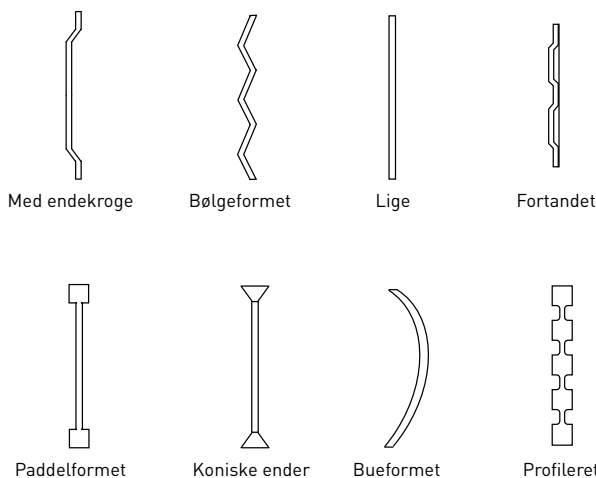
Definition:

Stålfiberbeton er et kompositmateriale bestående af en matrice af cementpasta og tilslag (dvs. beton) og stålfibre. Matrixens funktion er at holde sammen på kompositmaterialet, give trykstyrke og stivhed og beskytte stålfibrene mod korrosion. Stålfibrenes funktion er – efter revnedannelse – at optage trækspændinger, virke hæmmende på revneudviklingen og derigennem sikre revnefordeling i matricen.

Effekten af at tilsætte stålfibre til betonen afhænger af fibermængden (kg/m³), fiberens længde-/ diameterforhold og fiberens vedhæftning til betonen. Stålfibermængden alene er ikke tilstrækkeligt til at karakterisere en fiberbeton.

Stålfibre fremstilles oftest af trukken tråd (wire) med et cirkulært tværsnit og med en trækstyrke ml. 500-1500 N/mm². Til konstruktionsbeton anvendes oftest stålfibre med længde 25-60 mm og diameter 0,5-1,3 mm.

Nedenfor ses et udsnit af de mange stålfibertyper, der findes på markedet.



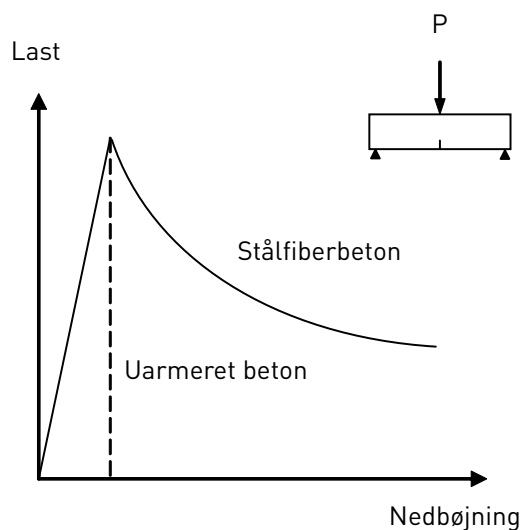
Historie:

Allerede i 1874 blev stålfiberbeton som materiale patenteret i USA, men det var først under 2. verdenskrig, at man begyndte at anvende stålfiberbeton i større skala, nemlig til forstærkning af betonbelægninger på flyvepladser.

Virkemåde:

Beton er et sprødt materiale. Dette kan ses ved at betragte betons trækarbejdsline, der stiger jævnt med belastningen, indtil den når sin maksimale værdi og derefter falder brat, kun holdt sammen af "stenlåsen". Dette fald skyldes dannelsen af en gennemgående revne og at der ikke er noget, der forhindrer revnen i at vokse. Stålfiberbeton er mere sejt

end alm. beton. Dette skyldes, at når stålfiberbeton revner under trækpåvirkning, hindres revnen i at åbne sig pga. stålfibre, der spænder henover revnen. Denne evne afhænger dels af stålfiberens geometri (længde/diameter) og dels af friktionen mellem stålfiber (fiberens udformning) og den omgivende betonmatrice.



Typiske arbejdslinier ved bøjningsforsøg for uarmeret og stålfiberarmeret beton.

En væsentlig forskel i virkemåde mellem traditionel slap armering og stålfiberarmering er, at mens traditionel armering skal være fuldt forankret, således at armeringens flydeevne kan udnyttes, er det helt afgørende, at stålfibre netop ikke er fuldt forankrede i betonen. Brudsejhed i stålfiberbeton skal opnås igennem den friktion mellem fibre og beton, der opstår ved at fibre trækkes ud af betonen og ikke ved flydning i fibre.

Stålfibre tilsættes betonen for at forøge brudsejheden:

Udtrækning af fibre → stor sejhed

Brud i fibre → lille sejhed (skørt)

Normer og standarder:

Der findes i dag en række DS/EN-standarder om stålfiberbeton, som kan rekvireres i handelen. Beklageligvis beskæftiger ingen af disse sig med dimensionering af og med stålfiberbeton, hvilket betyder, at dimensionering fortsat - i høj grad - overlades til fiberleverandørerne.

Krav om CE-mærke:

Fra juni 2008 blev der indført krav om CE-mærke for alle stålfibertyper, der anvendes til byggebranchen.

Byggherrekra v og projekteringsforudsætninger – Bilag 1

I projekteringsfasen er det vigtigt at vurdere fordele og ulemper, før det fastlægges, om gulvet skal armeres med traditionel net-/stangarmering eller om det vil være fordelagtigt at anvende stålfiberbeton.

Hvis gulvet i sig selv skal være en bærende konstruktion og fibre derved skal virke som aktiv armering, vil der med stålfiberbeton normalt være behov for en kombinationsarmering.

Stålfiberarmeret beton kan med fordel anvendes:

- Som armering i de fleste gulve og terrændæk
- Som svindarmering til imødegåelse af udtørringssvind
- I tilfælde hvor der optræder store punktlaster, fx pallereoler eller dynamiske laster fra store køretøjer (trucks, lastbiler osv.)
- Hvor der optræder stort slid, specielt i form af stød og slag, på gulvet
- Hvor der er krav om lille betontykkelse, idet ekstra tykkelse til "dækkende betonlag" ikke er relevant for fiberbeton
- Hvor tidsfaktoren i udførelsen spiller en rolle
- Hvor der ikke er plads til traditionel armering

Tilfælde hvor stålfiberarmeret beton ikke bør anvendes:

- I landbrugsbyggeri, fx ensilagesiloer, er der risiko for, at stålfibre bliver revet løs og kan ende i dyrefoderet. I det hele taget frarådes brugen af stålfiberbeton, hvor der fodres eller opbevares foder direkte på betonen.
- Hvis det er et ufravigeligt krav, at der ikke må være synlige stålfibre i gulvets overflade, idet det er svært at opnå helt "fiberfri" overflader. Dog kan problemet minimeres ved at udstøbe en "topping" (hård beton i pulverform) umiddelbart efter udstøbning.

I projekteringsfasen skal man være særligt opmærksom på:

- Stålfiberbetonen bør kunne bevæge sig frit dvs. trække sig sammen uden hindringer udover friktion mod underlaget. Dette sikres ved at etablere lodretstående isolering langs alle frie kanter samt undgå bøjler, strittere osv. ind i gulvet. Trækbånd bør placeres i underlaget (under betongulvet) og ikke i selve betongulvet.
- Friktion mod underlaget bør være så lille som mulig (plastfolie - gerne perforeret - eller et fint lag sand).
- Den ønskede feltstørrelse (afstand mellem fuger) planlægges allerede i projekteringsfasen. I en stålbuehal kunne en hensigtsmæssig inddeling være fugeafstande, som svarer til afstanden mellem stålbuerne. Ønskes et fugefrit stålfiberbetongulv, kontaktes fiberleverandøren for dimensionering. Felter op til 45 x 45 m er under visse betingelser mulige at opnå.
- Ved udendørs belægninger samt gulve, hvor der kan forekomme is/vand, kan der fremkomme rustpletter fra stålfibre, som ligger lige under overfladen, og dermed ikke er beskyttet af betonens alkaliske miljø. Det bør vurderes, hvorvidt evt. rustpletter vil udgøre et problem for det færdige gulv. Rustpletter har udelukkende æstetisk betydning; egentlig betonafskalning pga armeringskorrosion, som det kendes fra armeret beton forekommer ikke i stålfiberbeton.
- Hvis gulvet efterfølgende skal slibes, skal man være opmærksom på, at der kan forekomme stålfibre i overfladen, som ikke kan fjernes helt ved slibning.

Hvis der fra starten er foreskrevet en traditionel armeringsløsning, og betonleverandøren eller entreprenøren efterfølgende foreslår en konvertering til stålfibre, vil det gribe ind i processen på et måske u hensigtsmæssigt tidspunkt. Det vil derfor være en fordel, hvis man allerede tidligt i processen vælger stålfiberløsningen. Dette giver nogle friheder i udførelsesmetoden, som kan medføre store besparelser såvel i omkostninger som i tid.

Som udgangspunkt bør alle stålfiberbetongulve dimensioneres på basis af de faktiske forhold (laster, underlag, feltstørrelser etc). Der efterspørges dog ofte tabeller med oversigt over, hvor mange stålfibre (angivet i enheden kg/m³ beton), der skal anvendes for at modsvare en given net-/stangarmering i en gulvkonstruktion, og der findes da også tabeller fra diverse fiberudbydere på markedet. Problemet med lettilgængelige konverteringstabeller er bl.a., at det ofte ikke vides, hvilken funktion den foreskrevne net-/stangarmering har. Hvis armeringen i en enkeltarmeret gulvkonstruktion er placeret i bunden, opnås størst muligt momentkapacitet (bæreevne), men til gengæld er der ingen svindarmering i toppen. I modsat fald opnås svindarmering, men ingen momentkapacitet. Er armeringen placeret i midten, som det ofte er tilfældet, opnås såvel en vis grad af svindarmering som momentkapacitet, men den optimale armeringsløsning indebærer armering i både top og bund, altså en dobbeltarmeret gulvkonstruktion.

Armeringens funktion og placering skal altså kendes for at man kan dimensionere den mest hensigtsmæssige løsning med stålfiberbeton som alternativ, og enhver konverteringstabel bør som minimum tage hensyn til dette.

En speciel anvendelse af stålfibre, som har fået stor udbredelse, er terrændæk på pladser, hvor der sker stor dynamisk påvirkning af overfladen. Det kan f.eks. være lagerpladser for jernskrot, hvor der sker en meget kraftig påvirkning fra aflæsning af tunge genstande og fra brug af store krangrabber. Her har stålfibre en veldokumenteret evne til at "holde sammen" på betonoverfladen, så der ikke sker afskalninger eller afslag af betonstykker ved de relativt store stødpåvirkninger. Baggrunden er her, at stålfibrene er ordnet rumligt (3-dimensionelt) og ligger fordelt i hele betontværsnittet og altså ikke er orienteret i ét plan.



Belægning af stålfiberbeton på skrotplads i København



Stålfibre tilsættes den friske beton i rotérbil via en "dino".



Stålfibre doseres i fabriksblander via big bags og automatisk doseringsanlæg.



Konstruktionsopbygning – Bilag 2

Ved brug af stålfiberbeton opbygges gulvkonstruktionen efter samme principper som beskrevet i [Gulvkonstruktioner af beton].

I tilfælde af væsentlige belastninger er det dog vigtigt at fastlægge, om bæreevnen af underlaget er tilstrækkelig. Det er derfor yderst vigtigt, at der forefindes oplysninger om underlagets beskaffenhed (f.eks. målt som overflademodul eller ballasttal), når man skal regne på bæreevnen af den færdige gulvkonstruktion.

Specielt ved anvendelse af store feltstørrelser (store afstande mellem fugerne) gælder, at friktionen mellem beton og underlag skal være lille. Hvis betonen udlægges direkte på et hårdt stampet underlag af fx stabilgrus eller singels er der risiko for, at der opstår revner pga. det svind, betonen undergår ved hærdning; betonen er fastholdt i underlaget

mens toppen svinder og der dannes revner gennem hele tværsnittet. Løsningen er at placere en perforeret plastfolie eller et tyndt lag fint sand (10-20 mm) imellem beton og underlag.

Sand giver i teorien den mest ensartede udtørring af betonpladen, idet sandlaget sikrer, at betonen kan komme af med overskudsvand, om end dog i ringere grad end ved den frie overflade. Dermed opnår man dels at fugtligevægt nås på kortere tid, og at der ikke vil komme en krumning af betonpladen på grund af uensartet udtørring.

Hvis der anvendes plastfolie, bør denne være perforeret for at sikre en vis fugtafgivelse nedad i gulvet. Plastfolie forhindrer desuden opblanding af beton og underlag.

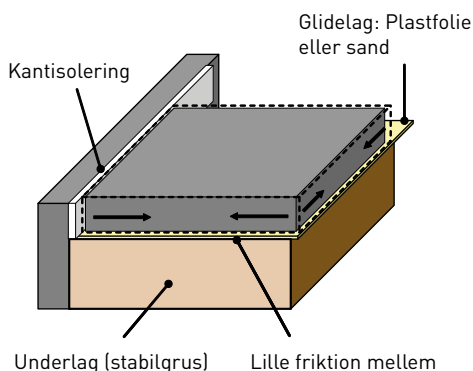
Brug hovedet - undgå revner!

Ud over armering af gulvet, er der andre hensyn at tage, hvis resultatet skal blive optimalt. Før udstøbning skal det sikres, at betonen kan arbejde i forhold til de omliggende konstruktioner, at betonen ikke udtørres u hensigtsmæssigt efter udstøbning og at fuger skæres på det rigtige tidspunkt og på den rigtige måde:

1. Betonen skal kunne arbejde:
 - Betonen skal kunne arbejde i forhold til det faste underlag: 1-2 cm fint sand eller en perforeret plastfolie mellem beton og underlag
 - Ved alle kanter som betonen støder op i mod, skal der etableres en isolationsfuge, fx 1 cm flamingoplade. Dvs. omkring søjler, ved vægge, fundamenter, banketter, osv.
2. Betonen skal beskyttes mod udtørring:
 - Betongulve skal altid beskyttes mod udtørring, fx med plastfolie eller curing
 - Hold betonen beskyttet i op til 7 modenhedsdøgn og vand om nødvendigt
 - Gulvvarme må først bruges til udtørring efter 7 modenhedsdøgns hærkning.
3. Skæring af fuger:
 - Skær fugen 1/3 ned i betontværsnittet
 - Skær fugen så tidligt som muligt (indenfor det første modenhedsdøgn).

For en mere detaljeret beskrivelse af konstruktionsopbygning se [1].

Isolering mod gulvets kanter, og glidelag mellem underlag og beton giver bedre mulighed for, at betonen kan svinde uden revnedannelse.



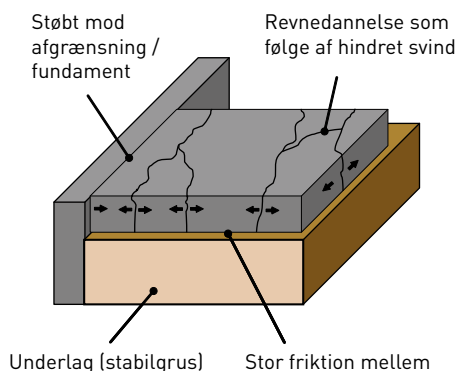
Det er i dag muligt at dimensionere pælefunderede betongulve (også kaldet "padderhattedæk") i stålfiberbeton. I disse gulve optræder der positive momenter imellem pælene og negative momenter over pælene og der vil derfor som oftest være behov for en kombinationsarmering i disse specielle gulve – se foto herunder. Dimensioneringen med stålfiberbeton tager bl.a. hensyn til laster på gulvet, pæleafstande i begge retninger og pælenes tværsnitdimension.



Fugekonstruktion – Bilag 3

Med fugefri gulve i stålfiberbeton kan der opnås felter på maks. ca. 45 x 45 m uden fuger. Hvis gulvets samlede areal er større end dette, er det nødvendigt at indlægge en eller flere fuger, typisk på tværs af en bygning. I dette tilfælde er det ikke tilstrækkeligt blot at skære fugerne, idet betonpladerne på begge sider af fugen vil trække sig sammen svarende til betonens svind (0,4-0,6 ‰). En betonplade på fx. 45 m svinder altså i størrelsesordenen 15-30 mm, hvilket betyder, at fugen kan åbne sig tilsvarende. For at sikre, at der fortsat er sammenhæng (lodret forskydningsevne) mellem de to betonplader, er det derfor nødvendigt at anvende specielle fugeprofiler, som tillader bevægelse i de 2 vandrette planer men ikke i det lodrette plan. På næste side ses eksempler på maskinfremstillede stål fugeprofiler af typen TERA joint og Omega.

Betongulv støbt direkte mod fast underlag og afgrænsninger. Spændinger som følge af svind kan resultere i udbredt og gennemgående revnedannelse.



For feltstørrelser og fugeløsninger gælder de løsninger som er beskrevet i [1].



TERA joint fugeprofil



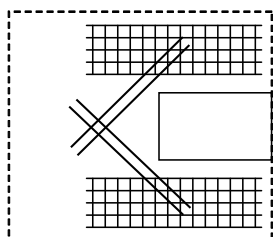
Omega fugeprofil

Forberedelse til udstøbning – Bilag 4

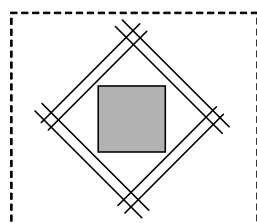
Forberedelserne til udstøbning af stålfiberarmeret beton er af mindre omfang end ved anvendelse af traditionel armering. Det betyder, at man kan fokusere på og sikre kvaliteten af de øvrige arbejdsgange, herunder beskaffenheden af underlaget, isolering og fugekonstruktioner.

Man vil ofte kunne støbe større flader i én operation uden forudgående opdeling i baner. Der må så eventuelt efterfølgende skæres de fornødne fuger, se Bilag 5 og 13-14.

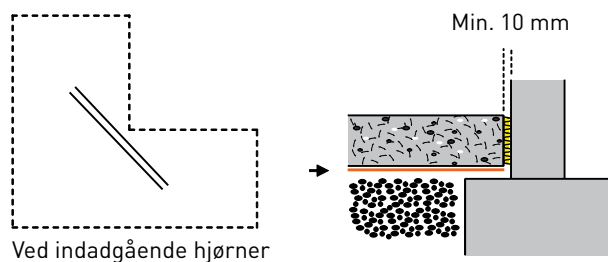
Det anbefales at etablere tillægsarmering ved indadgående hjørner, udsparinger, søjler, punktfundamenter og andre konstruktioner, som er integreret i betongulvet. Tillægsarmeringen placeres på tværs af forventet revnedannelse (typisk vinkelret ud fra hjørner). Det er vigtigt, at gulvet kan få lov til at bevæge sig frit under sammentrækning (svind), idet der ellers er øget risiko for svindrevner i de zoner, hvor gulvet er fastholdt.



Omkring udsparinger



Omkring søjler



Feltstørrelse og svindarmering – Bilag 5

Det gælder for alle betongulve, at den længste side i et felt ikke bør overstige 1,5 gange den korteste side hvad enten gulvet er uarmeret eller armeret med net eller stålfibre.

Som en tommelfingerregel siger man, at uarmerede betongulve maksimalt bør udføres med feltstørrelser på 5 x 5 meter. Hvis man indbygger traditionel svindarmering med minimum 0,3 % armering, kan feltstørrelsen øges til maksimalt 15 x 15 meter, eller der skal anvendes efterspændt armering.

Skal feltstørrelsen udvides så gulvet i praksis bliver fugefrit, skal armeringsprocenten hæves til over 0,6 %, hvilket er ensbetydende med flere lag armeringsnet og en besværlig og tidskrævende forberedelse før udstøbning.

Med stålfiberbeton kan man lave fugefrie gulve på op til ca. 2000 m² (feltstørrelse på 45 x 45 m²) såfremt betingelser omkring svind og armering er opfyldt, se Bilag 2 og 4. Selvfølgelig på de enkelte fugefrie felter vil bl.a. være afhængig af betontykkelse, fibertype og -dosering. Der henvises til vejledninger fra fiberleverandører for nærmere detaljer og dimensionering – fx. vejledningen "Fugefri industrigulve med Dramix stålfibre" fra Bekaert A/S, [3].

Planhed – Bilag 6

Såvel for beton med stålfibre som for anden beton gælder, at der kan opnås større planhed ved udlægning med Laserscreed end ved afretning med vibratorbjælke. Baggrunden for dette kan være, at der ofte vil opstå utilsigtede stop af vibratorbjælken, med deraf opståede "bølger".

Samtidig er der mindre risiko for fibre i overfladen end ved traditionel udlægning.

Betonkvalitet – Bilag 7

Som udgangspunkt er der ikke forskel på, hvorledes en beton specificeres, uanset om der benyttes stålfibre eller ej. Overvejelser omkring styrkeklasse, konsistens m.v., er derfor som beskrevet i [1]: Minimum styrke C20, fiberlængden skal helst være min 2 x d_{max}. Ved høje fiberindhold og/eller højt slankhedsstal (forholdet mellem længde og diameter) vil anvendelse af 16 mm sten frem for 32 mm samt et øget fillerindhold i betonen gøre indblanding af fibre lettere.

Selvkomprimerende beton (SCC) kan også leveres med stålfibre, hvorved udlægning effektiviseres.

Den belastning, som en stålfiberarmeret betonplade vil kunne optage, hænger nøje sammen med såvel pladetykkelse, betonstyrke samt mængden og typen af stålfibre. Der bør laves en dimensionering fra projekt til projekt.

Udstøbning af beton – Bilag 8

Såfremt der udelukkende anvendes stålfibre til armering, og der ikke skal isoleres under betongulvet, er det muligt at køre direkte på underlaget. Herved sikres en meget simpel arbejdsgang og betonen kan udlægges uden brug af pumpe eller lignende.

Med Laserscreed kan man udlægge med væsentlig større kapacitet end med traditionel udlægning. Hvis der er krav om flersidigt fald (kuvertfald), skal Laserscreeden være indrettet til dette, og udlæggerkapaciteten er væsentligt mindre.

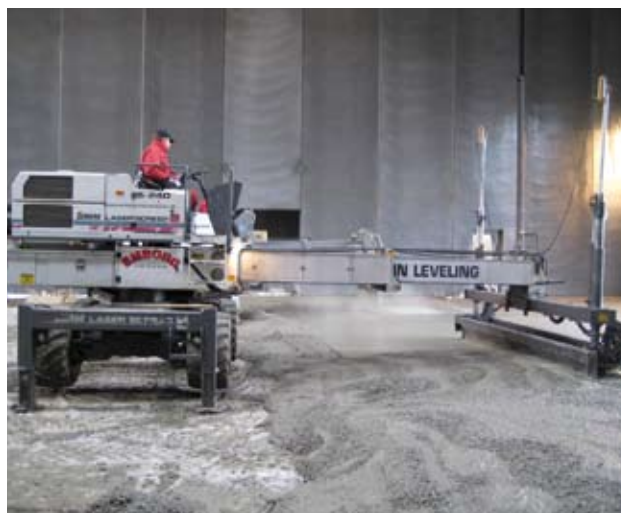
Ovenstående gælder uanset om der er tale om uarmeret beton eller stålfiberbeton. Da kapaciteten med Laserscreed samtidig er væsentlig større (op til 3000 m² pr. dag), vil man typisk anvende Laserscreed, hvor det er muligt, og hvor produktionskapaciteten af beton er tilstrækkelig til at forsyne udlæggeren.

Udstøbningen foregår på samme måde som med almindelig beton. Stålfiberbeton opleves ofte som mere sej at arbejde med (fx. at skovle i), men vil dog under vibrering eller anden mekanisk påvirkning opføre sig stort set på samme måde som beton uden stålfibre.

En anden mulighed er at blande stålfibre i selvkompakterende beton (SCC beton). Herved opnås en række fordele, idet SCC beton ikke skal komprimeres, og stålfibrene i mange tilfælde overflødiggjør armering. Ved udlægning af SCC beton anvendes typisk en rotorlaser og en såkaldt "jutter", se mere om SCC beton i [4].



Betonkanon kører ind på underlag og læsser af.



Stålfiberbeton vibreres og planeres med Laserscreed (laserstyret udlæggermaskine)



Udlægning og "jutting" af stålfiberbeton med selvkompakterende beton (SCC)

Overfladefærdiggørelse – Bilag 9

Der vil oftest være enkelte synlige fibre i den færdige overflade, da fibrene er fordelt overalt i betonen. Ved en god overfladevibrering vil man dog kunne minimere eller helt undgå synlige fibre i overfladen.

Normalt vil disse fibre i løbet af relativt kort tid enten forsvinde ved, at de i udendørs konstruktioner rustner bort, eller de vil komme til at ligge løst på overfladen og kan fejes bort. Det betyder ikke noget for brugen af gulvet eller dækket, men kan selvfølgelig i en periode være et kosmetisk problem.

Betonbelægninger udført med stålfibre vil kunne pudses eller glittes som traditionelt armerede betongulve. Ved glitning kan det dog forekomme, at vingerne får fat i en stålfiber, som kan blive trukket ud af betonen og efterlade et lille hul. Ved udendørs belægninger foretrækkes det ofte at foretage en kostning af overfladen for at skaffe en vis friktion. Det lader sig naturligvis også udføre, blot skal man være opmærksom på, at man ved grov struktur vil have nogle fibre, som stikker op i overfladen. Som nævnt tidligere viser praksis, at sådanne fibre relativt hurtigt forsvinder fra overfladen, idet de rustner over og knækker af, når konstruktionen tages i brug.

Udførelse af slidlag og afretningslag - Bilag 10

Slidlag og afretningslag kan udføres med stålfiberarmeret beton på samme vis som en beton uden stålfibre. Man skal blot være opmærksom på vedhæftningen mellem de enkelte lag, som beskrevet i [1].

Stålfiberarmering er særdeles velegnet til slidlag og afretningslag, fordi man herved opnår en høj grad af revnekontrol. Netarmering er ofte problematisk pga. vanskeligheder i samlinger og ved varierende lagtykkelser. Med stålfiberbeton skal man ikke bekymre sig om dækkende betonlag, idet betonafskalning på grund af korrosion af armeringen ikke kan forekomme, og derfor kan laget reduceres i forhold til traditionelt armerede slid- og afretningslag. Eftersom lagene ofte er ganske tynde, vælges som regel en kort og tynd fiber. Nødvendig dosering afhænger først og fremmest af lagets tykkelse, fiberens slankhedstal og vedhæftningsevnen.

Slidlag og afretningslag skal generelt have samme fugeinddeling som fuger og revner i det underliggende gulv, fordi man her kan forvente bevægelser. Hvis det kan sikres, at der ikke sker bevægelse i fuger og revner i det eksisterende gulv (ældre end ca. 5 år), kan fuger i slid-/afretningslaget helt undlades. Så vidt muligt begrænses i det hele taget antallet af fuger, da slid-/afretningslaget disse steder er mere udsat for "kantrejsning". Dette gælder også arbejdsfuger.

Udtørningsbeskyttelse af beton – Bilag 11

En af de væsentligste årsager til skader på betongulve er, at den friske beton ikke beskyttes mod udtørring. Gennemgående svindrevner, styrketab og afskalninger i overfladen ses i stort omfang på nyudstøbte betongulve, også i dag. Væsentlige skader der kan undgås ved omtanke og relativt små tiltag!

Normalt har stålfibre en god evne til at holde sammen på betonoverfladen. På det tidspunkt efter udstøbningen hvor der er risiko for udvikling af plastisk svind, vil betonen dog ikke have opnået tilstrækkelig styrke til at fastholde fibre.

Beton tilsat stålfibre har derfor samme risiko for at udvikle plastiske svindrevner som beton uden stålfibre. Det betyder, at man skal behandle stålfiberarmeret beton på samme måde, som man ville behandle en beton uden stålfibre. Der bør altid udføres en beskyttelse af betonoverfladen mod udtørring i den periode, hvor der er risiko for plastisk svind. Dette kan ske enten i form af udlægning af plastfolie eller påsprøjtning af curingmembran. Udtørningsbeskyttelsen skal etableres i forbindelse med udlægning af betonen eller umiddelbart derefter.

Specielt gulve er meget følsomme overfor vandtab, og det anbefales derfor i [1], at betonen mindst skal være beskyttet mod udtørring i 7 modenhedsdøgn (7 døgn ved 20 °C svarer til 14 døgn ved 10 °C), se [5].

Planlægning af overfladebehandling/belægning – Bilag 12

Hvis der skal en fugtfølsom belægning på gulvet, kan man med fordel anvende en beton med et v/c-forhold under 0,40. Herved opnår man, at betonen er selvudtørrende, det vil sige, at cementen bruger alt det vand, der er til stede i betonen.

I øvrigt som ved anvendelse af beton uden stålfibre, se [1]

Skæring af fuger og fugning – Bilag 13 og 14

Fugerne skæres så tidligt som muligt, typisk dagen efter udstøbningen, i en dybde svarende til ca. 1/3 af betonlagets tykkelse.

Stålfibre øger betonens evne til at modstå knusning af fugekanter. Dette er specielt en fordel ved gulve, der udsættes for rullende punktlaster, fx i form af hjul fra palleløftere eller trucks.

Uanset hvorledes man opbygger sin gulvkonstruktion, vil fugerne dog udgøre et svagt led med hensyn til såvel brugsvenlighed og komfort, som holdbarhed. Det er således vigtigt, at man projekterer sin gulvkonstruktion med så få fuger, at man netop kan forvente, at der ikke optræder "vildrevner" ved siden af de skårne eller anviste fuger. Der vil normalt opstå små niveauforskelle henover fugen, som ved overkørsel af arbejdsredskaber med små og/eller hårde hjul vil give et stød, med risiko for skader på køretøjet og ubehag for føreren. Men også fugekanterne vil let lide overlast ved gentagen påvirkning. Samtidig øges risikoen for, at de enkelte plader på sigt vil svinde så meget, at der ikke længere er aggregatlås mellem pladerne og der således opstår pladespring.

Hvis der skal være fuger i gulvkonstruktionen, bør man derfor udforme dem, så de ikke så let får kantskader. Dette kan f.eks. gøres ved, at man udover den lodrette skæring foretager en affasning af kanterne. Der findes moderne skæreskiver, som i én arbejdsoperation kan skære fugen samtidig med, at kanterne skæres skrå under 45 °. Derved får man en væsentlig mere holdbar fugekant.

Bevægelsesfuger bør skæres så tidligt, at betonen ikke selv har slået sine svindrevner, men dog ikke tidligere end, der kan foretages et rent snit igennem sten og stålfibre - typisk inden for det første modenhedsdøgn. Ved for tidlig skæring risikerer man at rive sten og stålfibre ud af betonen.

Kvalitetsstyring – Bilag 15

Beton produceret i henhold til de gældende danske standarder DS/EN 206 og DS 2426 skal opfylde en række kvalitetskrav for dosering, blanding og levering af betonen. Tilsætning af stålfibre ændrer ikke på dette forhold.

Specielt skal man være opmærksom på, at beton som leveres efter disse standarder, skal være forprøvet med fibre tilsat i de mængder, der tilsættes den færdige beton. Eventuelt således at der ved forprøvningen tilsættes det maksimale antal kg stålfibre, som skal dækkes af forprøvningen. Det vil således herefter være tilladt at anvende lavere doseringer.

Man bør altid foretage en forprøvning af friskbetonegenskaberne luftindhold og konsistens inden levering af beton med en ny fibertype.

Krav til fibre er angivet i DS 2426 annek R. Iht. DS/EN 14889-1 (produktstandard for stålfibre) skal stålfibre til beton være CE-mærket pr. 1. juni 2008.

Såfremt stålfibre tilsættes under hovedblandeprocessen, dvs. i blanderen før udtømmning i roterbiler, foregår forprøvningen efter reglerne i DS 2426 annek A.

Såfremt stålfibre tilsættes efter hovedblandeprocessen, dvs. typisk i roterbiler, skal det eftervises, at genblandetiden er tilstrækkelig til at sikre betonens indre stabilitet.

I DS 2426 afsnit 9.8 Blanding af beton er der i 2006 foretaget en rettelser med hensyn til brug af fibre, som betyder, at der ved tilsætning af under 60 kg/m³ stålfibre kan eftervisningen alene baseres på, at betonen opfylder de gældende krav til frisk beton.

Eksempler - Inspiration

Eksempel 1: 150 m² parcelhus i Hoptrup (Haderslev)

Beton:

C20 selvkompakterende beton med stålfibre, leveret af Unicon A/S

Stålfiberarmering:

25 kg/m³ Dramix type RL-45/50-BN fra Bekaert A/S

Konstruktionsopbygning:

Komprimeret sandpude, 300 mm isolering (polystyren), 120 mm stålfiberarmeret beton.

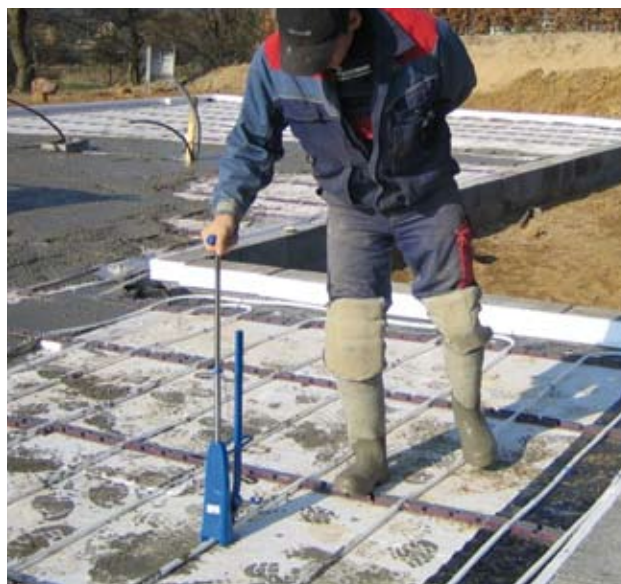
Andet:

Varmeslanger fastgjort direkte i gulvisolering med plast-clips og fastholdt af gulvvarmelister. Udstøbningsstid ca. 1 time. Finish vha. jutter. Armeringsnet er kun anvendt omkring udsparringer.

Øverst til højre: SCC-beton fordeles over hele gulvarealet.

Til højre midt på: Gulvvarmeslanger fastgøres vha. plast-clips og clipsemaskine direkte i isolering.

Nederst til højre: Den afsluttende jutning sikrer en plan overflade.



Eksempel 2:

8.600 m² fugefrit industrigulv hos Bauhaus i Herning

Beton:

C30 beton med stålfibre, leveret af Unicon A/S

Stålfiberarmering:

35 kg/m³ Dramix type RC-65/60-BN fra Bekaert A/S

Konstruktionsopbygning:

Komprimeret lag af stabilt grus, 170 mm stålfiberarmeret beton.

Andet:

Feltstørrelser 40 x 40 m. For at styrke overfladen påførtes en hårdbeton med Herkulit-pulver.



Udlægning med laserstyret udlæggermaskine (LaserScreed).



Hårdbeton i pulverform strøs ud umiddelbart efter at betonen er udlagt.



Det færdige resultat med fugefrie arealer på op til 40 x 40 m.

Eksempel 3:

4.000 m² pælefunderet stålfiberbetongulv hos Vestas i Lem

Beton:

C30 selvkompakterende beton med stål fibre, leveret af Unicon A/S

Stålfiberarmering:

40 kg/m³ Dramix type RC-65/60-BN fra Bekaert A/S

Konstruktionsopbygning:

250 mm stålfiberarmeret beton ovenpå polystyrén isole-ringsplader (bund regnes ikke-bærende).

Andet:

Pæleafstande: 3 x 3 m

Fladelast: 30 kN/m²

Netarmering lokalt over alle pæle til at optage negative mo-
menter samt netarmering i randzone.



Udlægning af SCC-beton med bånd.



Over alle pæle udlægges lokalt netarmering.



Afsluttende jutning inden betonoverfladen afdækkes med
plastfolie.

Referencer

- [1] Jacobsen, T.B., et. al: Gulvkonstruktioner af Beton. Aalborg Portland A/S, CtO Beton-Teknik (06/17/1994). Publikationen kan downloades på www.aalborgportland.dk
- [2] Rasmussen, T: Gulvkonstruktioner af Selvkompakterende Beton. Aalborg Portland A/S, CtO Beton-Teknik (tillæg til 6/17/1994:2006). Publikationen kan downloades på www.aalborgportland.dk.
- [3] "Fugefri Industrigulve med Dramix stål fibre", Bekaert A/S.
- [4] Thrysøe, J., et. al.: Selvkompakterende beton - SCC. Aalborg Portland A/S, CtO Beton-Teknik (2/13/2004).
- [5] Hansen, P. F., et. al.: Vinterstøbning af beton. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI-anvisning 125. ISBN 87-563-0445-5. Hørsholm 1982. Publikationen kan downloades på www.teknologisk.dk.



Postboks 165 DK-9100 Aalborg
Tel. +45 9933 7754
www.aalborgportland.dk