

Betonoverflader

Af Günther Greblin

Emneord: Overfladetekstur, ubearbejdede overflader, bearbejdede overflader, frilægning, sandblæsning, slibning, farvede betonoverflader, formteknik, formolier, formmaterialer, betonproduktion, betonsammensætning, vibrering, efterbehandling, kalkudblømsfringer, misfarvning, poredannelser, miljøpåvirkning, tilsmudsning, facaderengøring.

Facadebeton

Denne Beton-Teknik om betonoverflader spænder meget vidt, lige fra den porefri overflade på et skillevægselement til den farvede og frilagte facade. De krav, der stilles til overflader i forskellige farver og profileringer, afhænger således i vid udstrækning af anvendelsen.

Beton-Teknikken viser en række gode muligheder på overfladeløsninger i grå og farvet beton. Der gennemgås bearbejdningsmetoder i frisk og hærdnet beton. Der gives eksempler på henholdsvis valg af betonrecept og belysning af fremstillingsforhold, herunder formteknik, komprimeringsmetoder og overfladefinish. Desuden omtales skjolder og misfarvninger, poredannelse og afslutningsvis de miljøpåvirkninger den færdige betonkonstruktion udsættes for.

Publikationen henvender sig primært til arkitekter og betonelementindustri- en samt til entreprenørvirksomheder.

Den historiske udvikling viser, at betonen siden slutningen af det 19. århundrede, er vokset frem først og fremmest som et billigt og smidigt materiale til at løse en række konstruktive problemer i forbindelse med massive bygværker. Man kunne med de nye materialer på væsentlig billigere måde klare konstruktioner, som store fundamenter, tykke befæstningsmure, tårne o.lign.

Betonen blev oprindeligt opfattet som et primært bærende materiale. Der blev stillet meget beskedne krav til styrke, holdbarhed og ikke mindst udseendet. Stillede man særlige krav til udseende eller holdbarhed, beklædte man betonen med natursten, puds el.lign. Med indførelsen af den armerede beton og ikke mindst den forspændte beton samt forståelsen for "v/c-forholdets" betydning og brugen af luftindblanding nåede man så vidt, at de rådgivende ingeniører og arkitekter turde anvende betonen som et selvstændigt materiale, både hvad udseende og holdbarhed angik.

Det var industrialisering af betonfremstillingsprocessen, der bragte materialet frem i lyset. Nye konstruktionsmetoder umuliggjorde, at betonen kunne skjules bag puds eller andre materialer.

Først efter at betonproducenterne og entreprenørerne havde løst forskellige problemer, slog den pladsstøbt beton, som står ubehandlet efter afforskallingen, igennem. En arkitektur der i særlig grad udnytter den monolitiske struktur i en pladsstøbt betonbygning. Disse bygninger udføres nu mere eller mindre i præfabrikerede dele, herunder facadeelementer, som giver mulighed for elegante konstruktionsudformninger med varierende overfladestruktur og farver.

Anvendes grå cement, bliver betonens "naturlige" farve under normale omstændigheder lidt kølig grå. Ved nærmere eftersyn viser den sig at have varierende nuancer, idet der stedvis er kraftige afvigelser fra den gennemsnitlige grå tone. Dette er farven, når betonen udstøbes

uden sær lige hensyn til udseendet. Inden for den før omtalte arkitektoniske retning har man accepteret dette udseende og tilstræber i form og linieføring at udnytte disse uregelmæssigheder i den arkitektoniske helhed.

Til belysning af årsagen til de mulige farvevariationer der kan forekomme, kan nævnes, at betonens farve afhænger af den anvendte cementtype, men også i ikke ubetydelig grad af fillerindholdets egen farve (filler er partikler mindre end 0,25 mm).

Man kan risikere farvevariationer, såfremt man veksler mellem cementtyper eller cementdosering. En væsentlig forbedring til opnåelse af ensartet farvetone er at erstatte en del af den grå cement med hvid cement. Naturlige sandmaterialer kan variere en del inden for fillerområdet, og små udsving kan give ret store farvevariationer, da fillermaterialet er med til at give betonen farve. Anvendelse af filler fra f.eks. hvid marmor, feldspat eller lign. giver en langt mere ensartet farve, og man kan derved bedre styre betonens farve.



Facadeelement med tekstur fra træforskalling påført via gummimatrice.



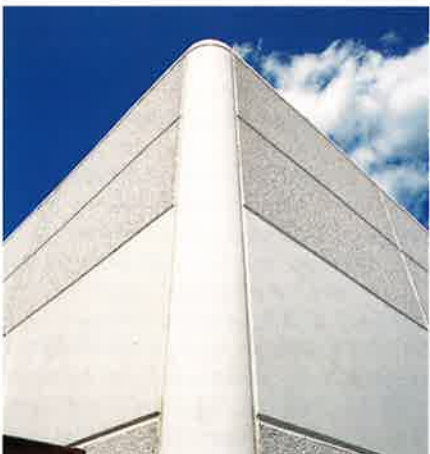
Fremstillingsvirksomhed opført i hvide facadeelementer.



Frilagte, hvide facadeelementer med glatstøbte, afrundede hjørner.



Pladsstøbt beton med ubearbejdet overflade.



Hvide facadeelementer med henholdsvis frilagte og glatstøbte partier og afrundede hjørner.



Farvet betonelementbyggeri.



Frilagte, hvide facadeelementer indrammet i glatstøbt beton.



Hvide glatstøbte facadeelementer.



Pladsstøbt betonbyggeri med ubearbejdet overflade. Tekstur fra skrå bræddeforskalling.



Farvet betonelementbyggeri med forskellige farvevariationer.

Overfladestruktur

Da beton er et smidigt, formbart materiale kan det gives næsten en hvilken som helst overflade, alt afhængig af ønske. Overfladens tekstur kan enten laves i den friske fase gennem profilering og lignende eller i den hærdnende fase ved maskinel bearbejdning eller som frilægning af de grove tilslag. Betragter man arkitekturen i nutiden kan det konstateres, at en stor del af de pæneste eksempler udgøres af byggerier, hvor man på den ene eller anden måde har arbejdet med betonens overfladetekstur.

Ubearbejdede overflader

Det karakteristiske ved de ubearbejdede betonoverflader er, at den yderste hinde af cementpasta ikke er fjernet, men medvirker til at danne en afbildning af forskallings overflade.

Den simpleste form for profilering af en sådan overflade er anvendelse af rå, uhøvlede brædder. Man bør være omhyggelig med udvælgelsen af forskallingsbrædder, således at de alle har været underkastet samme lagring og frem for alt, er neutraliseret for sukkerstoffer. Forskallingen bør kun genbruges til et begrænset antal støbninger, såfremt den uhøvlede overfladetekstur skal bevares i overfladen.

Et særligt fænomen ved støbning af ubearbejdede overflader er porehuller. Disse skyldes luft, som under vibreringen er blevet hængende i overfladen, mængden og størrelsen af disse hænger meget sammen med betonens sammensætning. Specielt vandindholdet, forskallingsoverfladen, ikke mindst formolien og vibrationsmåden har indflydelse. Bedst resultat opnår man ved at benytte en let bearbejdelig beton, f.eks. ved brug af luftindblandingsstoffer og forskellige plastificeringsstoffer, hvorved vandindholdet kan holdes på et passende niveau. Endvidere er det vigtigt at anvende en god formolie eller voks.

Erfaringen viser, at en sugende og ikke alt for tæt forskalling giver færrest luftporer. Smalle uhøvlede brædder er et velegnet formmateriale, når det gælder at formindske poredannelsen i overfladen.

En særlig effekt kan også opnås ved at anvende sandblæst eller flammerenset træforskalling, hvorved træets årer fremhæves som bløde kurver i betonoverfladen. Ønskes det, at overfladerne skal fremstå med særlig grov tekstur fra træforskalling, der er bevaret ensartet i hele facadeprojektet, vil det være en fordel at fremstille forskallingen med kunstgummi støbt over en træmatrice. En grovere overfladetekstur kan også opnås ved i forskallingen af ilægge forskellige matricer, såsom gummi, pvc, polystyrol o.lign.



Frilagt overflade med Hardeberga granit.



Frilagt overflade med sønøddesten 16/32.



Frilagt og afsyret overflade med lysit.



Slebet, afsyret og frilagt overflade med Lahn kvarts 5/8 (tyske tilslag).



Hvid beton med frilagt calcineret flint.



Slebet, afsyret og frilagt overflade med Glen Sanda 4/8 (skotske tilslag).

Bearbejdede overflader

Som nævnt, vil man ved at fjerne den yderste cementpasta på betonens overflade få bedre styr på mange af de æstetiske problemer, der knytter sig til ubearbejdede betonoverflader. Samtidig får man mulighed for at variere farve og tekstur på betonoverfladen.

Frilægning ved retardering. Ved frilægning blotlægges betonens grove tilslag i overfladen ved vaskning af den uafbundne beton. Dette gennemføres ved, at elementet er støbt med den synlige side opad. Anvendes retarder påført forside, som er den mest almindelige metode, støbes facadedelen imod form, hvorved betonens afbinding forhindres i overfladen indtil afformningen. Herefter frilægges ved vaskning. I begge tilfælde udføres processen ved en kombination af børstning og vandspuling.

Frilægning er normalt begrænset til brug ved betonelementer. En frilagt betonoverflade ligner i princippet en sandblæst betonoverflade. Ved frilægning vil dybden sædvanligvis være større, ligesom stenene bevarer deres naturlige glans. Betonsammensætning for frilagt beton følger stort set de samme retningslinier som ved sandblæst beton.

Betonen har typisk et stenindhold på 70% og ofte ret store partikelspring. Afhængigt af stenenes kornform (kubiske/flade) skal man være opmærksom på den forskel i stenlejring, der optræder enten det er på lodret eller vandret støbte flader.

Ved brug af retarder skal man være op-

mærksom på, at dennes virkning, ligesom de fleste andre kemiske processer, er meget temperaturfølsom. Dertil kommer, at retarderen ikke bør påføres forskalling ved lave temperaturer. Det er vigtigt, at retarderen gennemprøves for de arbejdsforhold, den skal benyttes under, inden den egentlige støbning udføres.

Retarderen bør også prøves for de formmaterialer, der skal benyttes, idet det har vist sig, at formmaterialets sugsevne kraftigt påvirker retarderens dybdeeffekt. Det kan være nødvendigt ved første gangs anvendelse af træforskalling at påføre retarderen ad to gange.

Ved den afsluttende børstning og spuling skal man være opmærksom på, at dybdevirkningen også i nogen grad afhænger af, hvor mange kræfter man lægger i. Behandlingen skal gøres helt færdig i én operation uden ophold. Der kan blive tale om en afsluttende mild afsyring nogle dage efter selve frilægningen, såfremt cementslam har sløret de frilagte stens glans og farver.

Frilægning ved let afsyring. Ved let afsyring af plane eller profilerede overflader, dagen efter fremstillingen, fjernes cementpastaen. Det er vigtigt at forvande overfladerne grundigt inden syrebehandlingen. Derved suger betonoverfladen ikke saltsyre. Afsyring udføres med en syreopløsning i 1:10 (30% teknisk saltsyre). Efter afsyring skylles grundigt efter med vand. Ved denne form for frilægning er det normalt kun sandkornene, der frilægges.

Slibning er en overfladebehandlingsmetode, som normalt benyttes ved terrazzoarbejder i badeværelsesgulve, på trappeelementer eller terrazzofigurer m.v. Metoden er på det seneste også blevet benyttet til facadeelementer. Hvis en terrazzooverflade skal opnås, kræves en maskinbearbejdning som bedst udføres på en fabrik tilpasset en vandret slibeprocess. Der benyttes imidlertid også en anden udførelsesmetode, som går ud på blot at slibe den øverste cementpasta af overfladen. Herved opnås samme resultat som ved afsyring. Slibningen bør normalt udføres efter en hærdetid på 3-4 døgn efter udstøbningen, ellers er der risiko for at rive sten ud af betonen. Man bør ved planlægningen på forhånd have taget højde for, at der under slibearbejdet skal være afløb for rigelige vandmængder. Det er vigtigt, at den benyttede sten er velegnet til slibning (marmor, granit m.v.).

Sandblæsning er en afslidning af betonoverfladen, der især anvendes som overfladebehandling af pladsstøbt beton. Princippet er, at man ved sandblæsning afslider overfladens cementpasta, således at sten og de grove sandkorn bliver siddende tilbage i en forholdsvis ensartet overfladetekstur. Ved sandblæsning påføres overfladen en vis gråtoning/mathed af dens naturlige farve.

I lighed med slibeprocessen kræves der ved sandblæsning en rimelig ensartet betonstyrke i overfladen, idet en for tidlig sandblæsning vil rive sandkorn og sten løse. En for sent igangsat sandblæsning



Grå beton med frilagt Uddevalla granit.



Almindelig søstensbeton med kostet overflade.



Grå beton med frilagt calcineret flint.



Slebet, afsyret og frilagt overflade med Blauschwartz 7/15 (tysk tilslag).



Slebet, afsyret og frilagt overflade med Bayergrün 10/20 (tysk tilslag).

vil enten have for ringe effekt eller koste uforholdsmæssig megen tid på grund af betonens hærdning. Ved tør sandblæsning udvikles der en mængde støv, der bevirker, at arbejdet skal udføres med maske eller et specielt udstyr.

Hvis sandblæsningen skal resultere i en forholdsvis grov struktur, vil det være en fordel at proportionere betonen med partikelspring omkring perle- og ærtstensfraktionerne.

Er der tale om pladssløbt beton, må man sikre sig, at vibratorstaven ikke kommer for tæt på den synlige overflade, idet betonens bevægelser omkring vibratorstaven let efterlader stenfattige partier.

Da man som tidligere nævnt skal udføre sandblæsningen på et så tidligt tidspunkt, at betonens styrkeudvikling ikke er for fremskreden, og man som følge deraf skal afforskalle relativt tidligt, bør man generelt være meget omhyggelig med planlægning og kontrol af hærdeforholdene.

Hamring og pigmejsling. Dette er en bearbejdningsmetode, der sjældent benyttes i Danmark, men til gengæld kan man finde storartede eksempler på metoden i f.eks. Norge. Det er nok i nogen grad en følge af tradition, at den har vundet så vid udbredelse i eksempelvis Norge, idet metoden er forholdsvis kostbar.

Ved hamring benyttes mest luftdrevne krydshamre og pigmejsler. Med krydshamre er dybdevirkningen forholdsvis beskeden, hvilket betyder, at støbesår og lignende ikke helt kan skjules af overfladebehandlingen. Ved en sådan overflade-

bearbejdning bør anvendes en forskalling med færrest mulige sammenføjninger, som f.eks. finerplader.

En kraftigere virkning opnås ved anvendelse af pigmejsling. Fladerne bliver mere grove, og man får generelt et mere ensartet udseende. Det vil bl.a. sige en mere monolitisk helhedsvirkning ved pladssløbte konstruktioner. Det er normalt hensigten med en sådan behandling at nærme sig kløvet granit i udseende, og det er derfor en fordel at benytte granit i betonens stenfraktioner.

Ved hamring og især ved mejsling må man under projekteringen tage hensyn til, at der fjernes en vis del af overfladelaget (ved mejsling op til 2 - 3 cm). Man må således påtænke den efterfølgende overfladebehandling ved armeringens placering og valg af dæklagstykkelse. Mejsling er faktisk et stenhuggerhåndværk, og man bør kun benytte øvede håndværkere. Som følge af den relativt dybtgående behandling, kan en øvet mand kun udføre ca. 3 m² pr. dag.

Man må være forberedt på, at skarpe linier er vanskelige at opnå. Således vil f.eks. bjælke- og søjlekanter komme til at fremtræde med en ujævn flugt. Man vil derfor ofte se, at en sådan behandling udføres på flader indrammet i glatstøbt beton, således at alle hjørner og kanter står ubehandlede. Hamring og især mejsling kræver en stærk beton, og man bør derfor ikke påbegynde behandlingen før end betonen har en hærdningstid svarende til ca. 14 døgn.

Hamring og mejsling benyttes i almindelighed kun til pladssløbt beton.

Fotos af bearbejdede overflader er optaget hos

R.K. Betonelementer A/S, Greve og

Betonelement A/S, Højgaard & Schultz

Let bearbejdede overflader

En særlig overfladebehandling er bearbejdning af den friske beton, hvor f.eks. betonelementets facade vender op ad under støbningen. Der kan her opnås gode virkninger med kostning, filtsning, valsning, rulning, træskuring, sækkeskuring m.v. Der er i alle disse tilfælde tale om en bearbejdning, hvor overfladeslammen i det væsentlige bibeholdes, men påføres en speciel tekstur. En sådan effekt kan yderligere understreges af anvendelsen af partikelspring i selve betonens sammensætning.

Generelt for disse behandlinger gælder, at de skal bære præg af tilfældighed, men alligevel være ensartede. Dvs. at det kræver håndværksmæssig kyndighed hos den udførende. Behandlingen foretages straks efter udstøbningen og forudsætter derfor en beton uden vandseparation. Behandlingen må ikke forveksles med en svumning eller en ekstra påføring af cementslam. Behandlingen har tværtimod den fordel, at den trækker overflødig vand bort, og efterlader en forholdsvis ensartet cementpasta i et tilpas tyndt lag.

Det har også her stor betydning, at man fra gang til gang vælger det samme tidspunkt under betonens hærdning. I modsat fald fås variationer i "ensartetheden".

Farvet beton

Gennem de senere år har arkitekter vist stor interesse for anvendelse af farvet beton. Det gælder både til facader, belægningsområder og betontagsten. Arkitektonisk har det både været udnyttelsen af farvepigmenter og tilslagsmaterialer eller en kombination af disse.

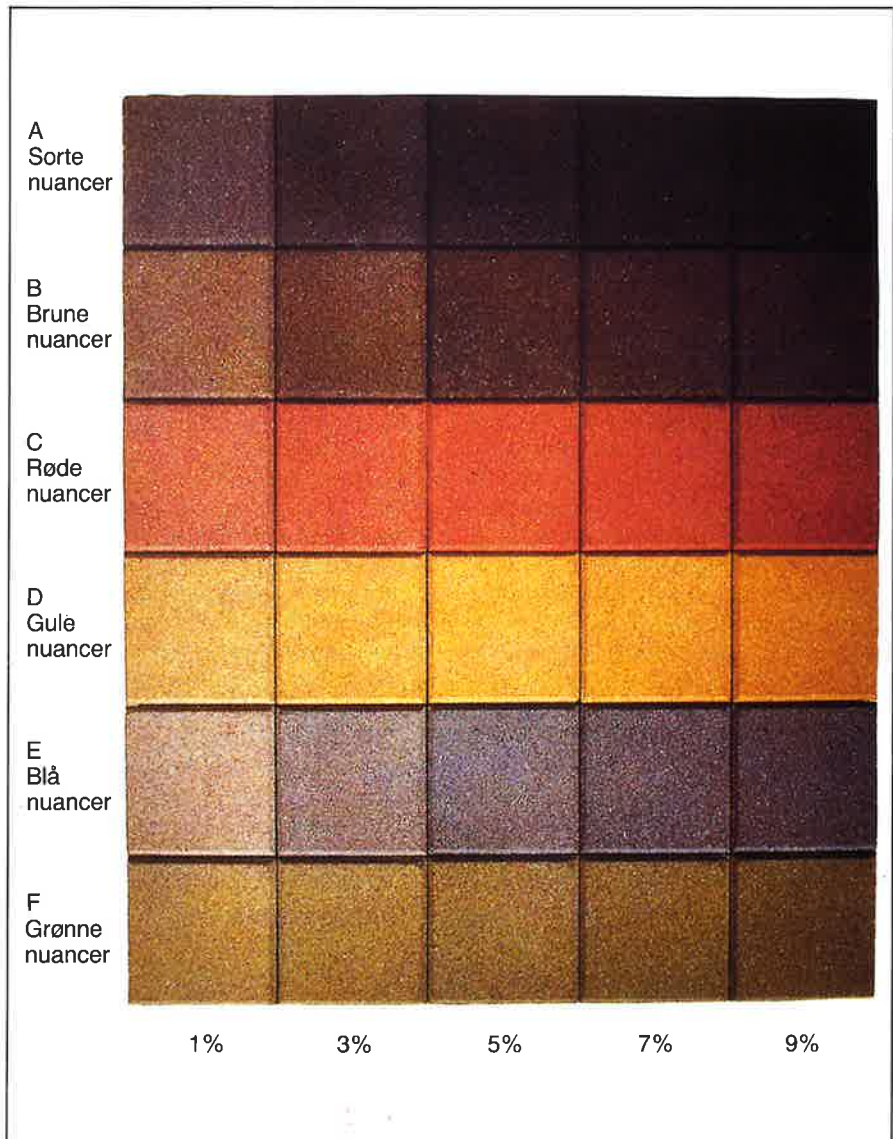
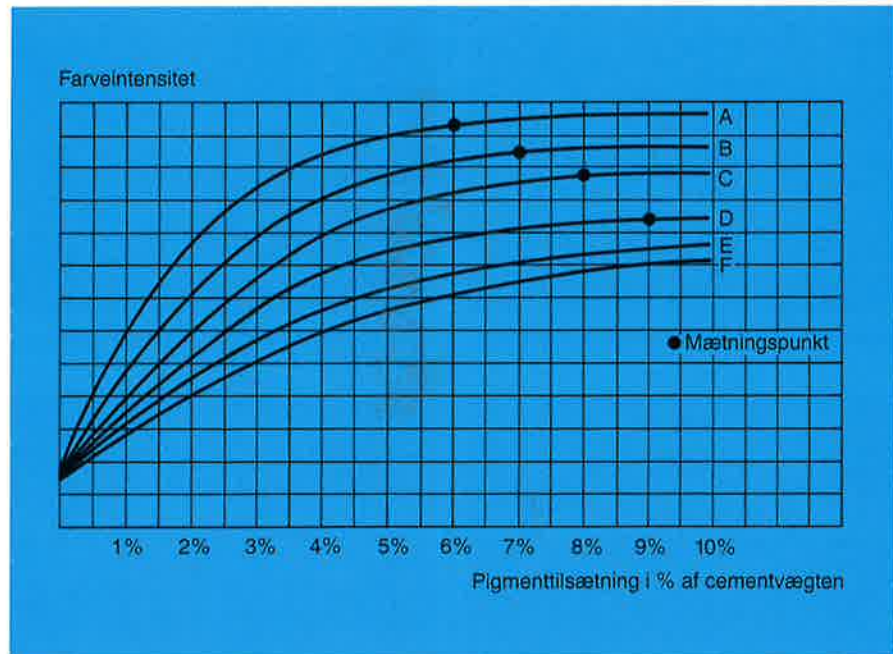
Alle pigmenter er ikke lige velegnede til fremstilling af farvet beton. Der stilles specielle krav til farvepigmenter, idet de skal være kalk- og lysægte, alkali- og vejrbestandige. Tidligere var det overvejende i naturen forekommende mineralske pigmenter, med deres medfødte urenheder og variation i kulør. I dag anvendes syntetisk fremstillede uorganiske pigmenter med velkontrolleret ensartethed i kulør og farvegivende effekt. Til indfarvning af beton er der dog en række farvestoffer, som ikke kan benyttes. Det hænger sammen med, at beton er stærkt basisk. Det basiske miljø kan nedbryde en række farvepigmenter. Hvis man har iblandet et farvepigment, der ikke er kalk- og lysægte, er der risiko for, at overfladen ikke får den ønskede farve.

Pigmenter må endvidere ikke indeholde bestanddele, som kan genere betonens styrke- og hærdningsforhold.

Indfarvning af beton sker normalt ved tilsætning af farvepigmenter, som giver en gennemfarvet beton. For at opnå klare og rene farvetoner i beton anvendes ofte hvid cement som basisement, og evt. farvede tilslagsmaterialer. Samtidig er det vigtigt, at fillerindholdet holdes på et ensartet niveau. Det er bedst, at de delmaterialer, der benyttes til fremstilling af farvet beton, har en farve, der ligger så tæt på den ønskede farvenuance som muligt. Det kan give vanskeligheder, hvis der er større farveafvigelser på tilslagene, især efter at konstruktionen udsættes for almindelig slid. Det yderste, farvede cementpastalag, omslutter i begyndelsen alle tilslagspartikler, men vil med tiden blive slidt bort. Dermed kommer tilslagsmaterialernes egen farve til at dominere overfladen. Dette forhold har primært interesse inden for belægningsområdet.

Det er sjældent muligt at få tilslaget i netop den ønskede farve. Det er dog heller ikke nødvendigt, blot der ikke er den helt store kontrast, specielt er det mængden af det reflekterende lys, der har størst betydning. Her kan den såkaldte gråskala være en hjælp til udvælgelse af egnede materialer. Gråskalaen giver et sammenligningsgrundlag for, hvor meget lys de enkelte farver tilbagekaster.

Af økonomiske grunde er farvet beton, specielt i sandwichfacader, begrænset til forstøbninger. Dette er normalt ikke tilfældet ved farvede belægningssten inden for fliser og belægningssten. I sidstnævnte tilfælde er produktionsforholdene for homogen farvet beton gældende. Med moderne



Figur 1. Farveintensitetens afhængighed af doseringsmængden med tilhørende farvenuanceskala.

bloktstensmaskiner er det dog muligt at producere belægningssten med farvede forstøbninger og almindelig, grå bagbeton. De mest anvendte farver er sorte, røde, gule og brune pigmenter, som er baseret på syntetiske jernoxider.

I farvede betoner til facader og belægningssten kan man anvende vandafvisende stoffer. Som eksempel herpå kan nævnes zinkstearater i pulver- eller flydende form. Doseringsgraden er ca. 0,3-0,4% af cementvægten. Fordelen er, at man reducerer tendensen til kalkudblomstringer. Endvidere medfører anvendelse af stearater en forbedret bearbejdelighed, og en lavere vandabsorption. Algebegrønninger undgås, idet algesporer ikke forenes med zinkforbindelser.

Anvendelse af gule jernoxider medfører øget vandbehov, på grund af, at farvepartiklerne er nåleformede. Vandet bindes ikke af oxyderne, så det øgede vandbehov nødvendiggør et øget cementindhold, så det ønskede v/c-forhold opnås.

I figur 1 er der angivet de nødvendige doseringsmængder af farvepigmenter for at opnå en ønsket farvenuance. Endvidere viser figur 2 en oversigt over valg af kombinationen af farvepigmenter i relation til basiscementerne grå og hvid cement.

Pigmenteringsgraden er afhængig af den ønskede farvenuance.

Følgende praktiske retningslinier kan anvendes:

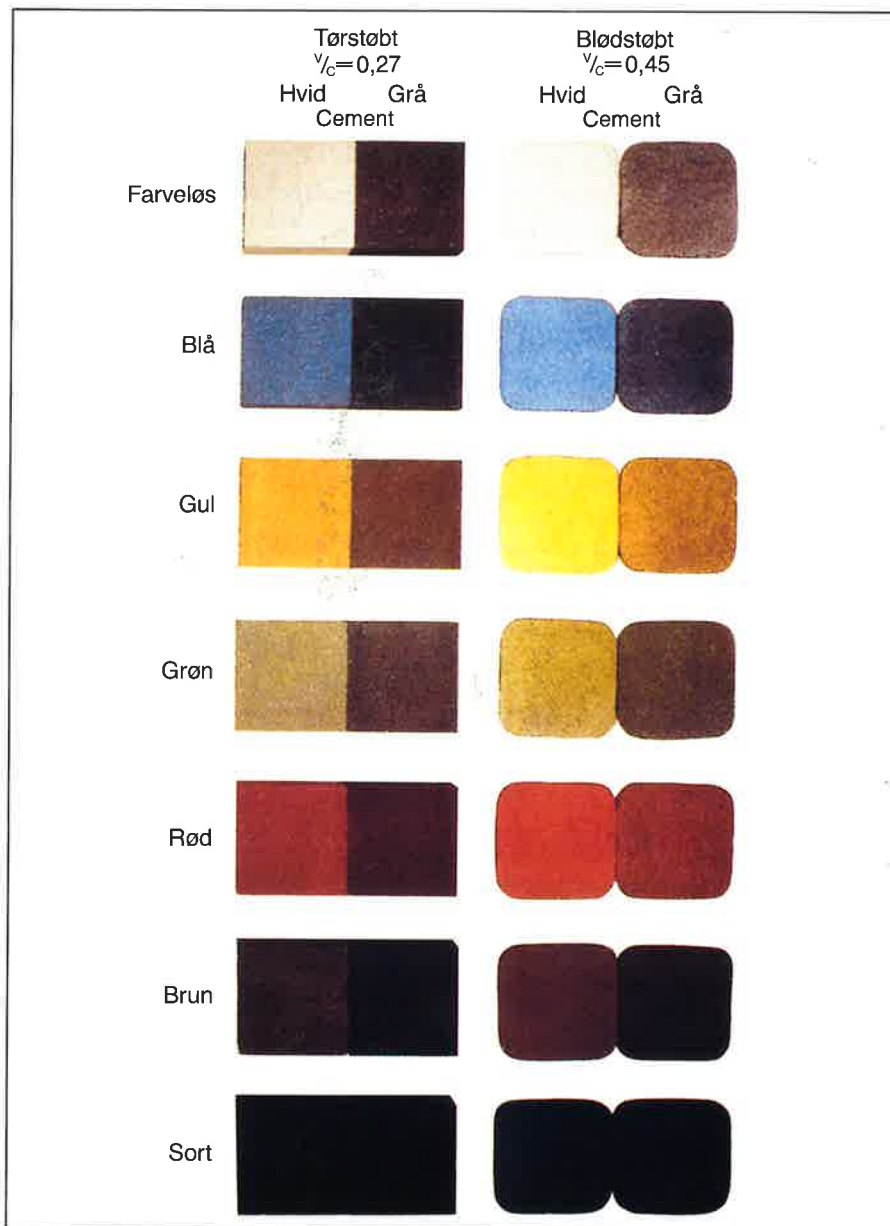
- Ved **svag indfarvning**, dvs. pastelfarver baseret på f.eks. hvid cement, anvendes 1-2 kg pigment pr. 100 kg cement.
- Ved **middel indfarvning** tilsættes 3-5 kg pigment pr. 100 kg cement.
- Ved **kraftig indfarvning** ligger doseringen på 6-8 kg pr. 100 kg cement.

For sorte og brune pigmenter er doseringen for svag indfarvning gældende. For gule og specielt blå pigmenter gælder den høje indfarvningsgrad. Til rødpigmenteret beton anvendes i almindelighed middel indfarvning. Med 8-10 kg farvepigment pr. 100 kg cement gælder, at der ikke derudover kan forventes en farveeffekt.

Generelt gælder for dosering af delmaterialer til farvet beton, at doseringstolerancen bør ligge inden for $\pm 5\%$.

I forbindelse med doseringsforholdene gælder, at der er forskel på tilsætning af pigmenter i pulver- og flydende form.

Doseringsrækkefølgen af betonens delmaterialer, incl. farvepigmenterne, har stor betydning for at opnå en ensartethed i den færdige, farvede betonoverflade. Dermed kan man undgå striber - såkaldte Kometspor og klumpdannelse i cementpasta og farvepigmenter. Disse kombinationer fremgår af tabel 1.



Figur 2. Farvenuancernes afhængighed af v/c-tal for henholdsvis hvid og grå cement.

Blandingsrækkefølge						Cement Klumper Σ	Pigment Klumper Σ	
1	2	3	4					
sand	+	pigment	+	cement	+	vand	0	12
sand	+	slurry	+	cement	+	vand	10	0
sand	+	cement	+	pigment	+	vand	3	36
sand	+	cement	+	slurry	+	vand	4	124
sand	+	vand	+	pigment	+	cement	4	11
sand	+	vand	+	slurry	+	cement	8	0
sand	+	cement	+	vand	+	pigment	3	8
sand	+	cement	+	vand	+	slurry	21	27
sand	+	vand	+	cement	+	pigment	12	8
sand	+	vand	+	cement	+	slurry	5	145
sand	+	pigment	+	vand	+	cement	10	0
sand	+	slurry	+	vand	+	cement	0	0
sand/pigment/cement/vand*						200	200	
sand/slurry/cement/vand*						64	136	

* Alle delmaterialer ifyldt samtidig.

Blandertype: Tvangsblander fa. Zyklos

Blandetid: 1+2=15 sek.

1+2+3=30 sek.

1+2+3+4=60 sek.

Fugttindhold: 8%

Tabel 1. Pigmenternes og cementens dispergering afhængigt af i hvilken rækkefølge de tilføres blanderen.

Formolier

Det er vanskeligt på forhånd at vælge den bedst egnede formolie.

Det er altid vigtigt at prøve en formolie på et par prøvestøbninger, og der ud fra finde frem til den formolie, man vil bruge.

Man kan spare mange besværligheder ved at vælge sin formolie under hensyntagen til det pågældende arbejde. Man må gøre sig klart, at opgavernes forskellighed betyder, at man ofte må vælge forskellige formolier - at en formolie har vist sig god til én opgave betyder ikke nødvendigvis, at den også er velegnet til andre opgaver. Ved valg af formolier skal man sikre, at de kan arbejde sammen med eventuelle matricer, idet visse olier kan opløse eller mørne matricerne.

Følgende krav bør stilles til en formolie:

- Frostfri opbevaring inden ibrugtagning.
- Let afformning, dvs. god slipeevne.
- Ingen poredannelse eller misfarvning.
- Let formrensning, dvs. minimum slambelægning på formoverfladerne.
- Ingen retardering af betonoverfladen (støvende overflade).
- Rustbeskyttelse af formen (stålform), dvs. at den forside, der vender mod betonen, skal være rustfri ved afformning.
- Formolier må ikke være skadelige for dem, der arbejder med produkterne, og skal derfor tilgodese arbejdsmiljømæssige krav.

I praksis kan de anvendte formolier fordeles i følgende hovedgrupper:

Rene mineralske olier

Det er olier, som ikke indeholder nogen form for additiver, hverken for at lette påføringen eller for at gøre olien emulgerbar med vand.

Forudsat at de anvendte olier er lyse, vil de ikke misfarve betonens overflade, og de vil kun i ringe grad påvirke betonoverfladens hærdning. Disse formolier kan imidlertid forøge antallet af porer, og selv om overfladen i øvrigt er velegnet, kan der på et senere tidspunkt dannes skjolder.

Rene mineralske olier med tilsætning af additiver

Additiver med kemisk virkning. Det er mineralske olier, der tilsættes kemikalier (syrer), som vil reagere

med betonens alkalier og sædvanligvis danne kalksæber.

Idet der her er tale om en kemisk binding, bliver resultatet en meget kraftig bærende oliefilm, som medfører et minimum af olieforbrug.

Det er vigtigt at anvende den rette dosering, som typisk ligger omkring 1/3 af de traditionelt virkende formolier.

Anvender man en overdosering, kan den kemiske reaktion medføre en blodgøring af betonoverfladen. Disse olier kan være forbedret ved tilsætning af andre additiver så som rustbeskyttelse.

Olierne tager i almindelighed ikke skade af frost, og anvendes formodstyret i et fugtigt miljø, kan de kemisk virkende olier yderligere suppleres med additiver, som er vandfortrængende, det vil f.eks. sige, at en våd form kan indsmøres uden forudgående aftørring. De trænger ind under vandet og hæfter til formen og fortrænger vandet.

Ved anvendelse af ovennævnte additiver virker disse formolier også som særdeles velegnede rensedmidler.

Additiver med fysisk virkning. Disse formolier, også kaldet emulsioner under betegnelsen "olie i vand emulsion", kan i princippet betragtes som en forbedring af de rene mineralske olier, idet de forøger vedhæftningen mellem formoverfladen og filmen, og herved giver en stabil sammenhængende oliefilm.

I almindelighed anvendes disse olier uden fortynding, idet de primært skal kunne emulgere den vandmængde, der trænger ud til oliefilmen under udstøbning af betonen. Her bør man dog skelne mellem anvendelse af plastiske betoner og jordfugtige betoner. Ved anvendelse af formolie, hvor der fremstilles emner med jordfugtig beton, er det i almindelighed nødvendigt yderligere at emulgere med vand inden anvendelsen, da sådanne tørre betoner ikke afgiver væde langs formoverfladen, som tilfældet er ved de plastiske betoner.

Formoliepasta - voks. Voks er i almindelighed besværlig at påføre på grund af konsistensen. Det kræver en ret omfattende og langvarig indgnidningsproces, men til gengæld opnås en meget tynd og ensartet vokshinde, som virker gavnlige i alle henseender, og der vil med voks kunne opnås særdeles glatte overflader, stort set uden porer.

Syntetiske olier

Syntetiske olier er som regel baseret på en kombination af syntetisk esterolie og vand. Ved syntetisk, vegetabilisk olie forstås esterolie, som er en kunstig dannet olie (planteolie), der ved en kemisk behandling har fået fjernet den naturlige planteolies begrænsede anvendelighed til betonfremstilling. Det er en formolie, der er stabil og, modsat planteolie, ikke så let harsker og reagerer med betonen.

I modsætning til mineraloliebaserede produkter, som er vanskelige at nedbryde, er syntetiske olier let nedbrydelige. Disse olier er tyndflydende, lette at påføre forme og giver ikke lugtgener. De er endvidere svagt retarderende.

I almindelighed gælder, at sådanne olier er bestandige i op til ca. 1/2 år. Dvs. at disse olier kan bruges under vinterforhold og ved brug af varm beton. Produkterne bør opbevares under normale temperaturforhold. De syntetiske olier påføres forside på normal vis, dvs. fortrinsvis påsprøjtning af en tynd film. Efter påføring må overfladen ikke berøres. Kombination af vand og denne olie giver en forbedring af overfladefinishen på den færdige beton, dvs. overfladen fremstår stort set "porefri". Anvendelse af superplastificeringsstoffer i betonen er en yderligere fordel. Disse olier giver ikke anledning til misfarvninger, f.eks. i forbindelse med anvendelse af hvid og farvet beton.

Påføring af formolier

Formolier skal påføres i et tyndt lag, men man må sikre sig, at oliefilmen er ubrudt, og at formen er ren, for at få den bedste slipeffekt. Det er vigtigt, at man anvender den rigtige påføringsmetode. Det kan f.eks. være sprøjtning, manuelt eller maskinelt, kostning med blød kost samt bearbejdning ved, at formolien enten stænkes og fordeles ved gnidning eller, at der anvendes olievædet klud.

I de fleste tilfælde gælder, at der skal tørres efter for at fjerne overskydende olie. Der kan være store variationer i dækketevnen, men i almindelighed regnes med, at 1 liter formolie dækker ca. 30-80 m².

Påføring af formolie er stort set uafhængig af formmaterialet, men påføringsmåden er afhængig af formoliens art. Rene olier kan påføres på alle måder, emulsioner påføres bedst ved kostning eller gnidning og voks påføres kun ved gnidning.

I forbindelse med frilægning anvendes som regel rene mineralske olier før påføring af retarder. Det er vigtigt, at disse formolier tørres af efter påføring. Et for tykt olielag giver ofte problemer med at styre retarderlaget. I den udstrækning, hvor frilagte facader er kombineret med glatstøbte facadedele, anvendes syntetiske olier, som ikke giver anledning til luftporedannelser.

Ud over de nævnte forhold er det relevant at sammenfatte nogle af de faktorer, som ellers kan påvirke resultatet af den færdige betonoverflades kvalitet:

1. Formoliens fysiske og kemiske egenskaber
 - Formoliens smørende egenskaber (slipevne)
 - Emulgeringsegenskaber (rustpletter)
2. Betontype
 - Cementindholdet og indholdet af fint materiale, der generelt indvirker på overfladekvaliteten.
3. Betonens konsistens, bearbejdighed og vandudskillestendens har indflydelse på betonens overfladekvalitet.
4. Vibrering og udlægning af beton.

Herudover skal der peges på andre faktorer, der har indflydelse på overfladekvaliteten

1. Olielagets tykkelse og eventuelle alder, idet nogle olier hurtigt iltes.
2. Temperaturforløbet i hele den periode, hvori olien skal virke.
3. Formtypen. Her tænkes på såvel formens geometri som formmaterialet.
4. Støberetningen, vandrette og lodrette overflader. Der er risiko for, at lodrette overflader vil fremstå stribet med luftporer.

Formmaterialer

De to mest almindelige fejl på betonoverflader, misfarvninger og porer, hidrører i stor udstrækning fra formmaterialets sugeevne. I samme takt som overfladens sugeevne stiger, aftager antallet af porer, mens betonen samtidig bliver mørkere.

Der optræder kun få overfladeporer i de tilfælde, hvor der er tale om et forholdsvis stort overfladetryk, som presser den fri luft og vandporerne opad.

Træforme. Formmaterialer som træ og finer varierer stærkt i sugeevnen. Men anvender man formolierne rigtigt, kan dette medvirke til at formindske de heraf affødte vanskeligheder. Alt nyt træ kan enten lakeres af to gange med en dags mellemrum eller før anvendelse olieres to á tre gange med to dages mellemrum.

Hensigten er at udfylde de porer, der er i træet i de mere sugende områder og dermed sikre en mere ensartet porøsitet. Ved en sådan oliering påføres olien i rigelig mængde, og den overskydende olie fjernes, således formen oliemættes før anvendelse. De efterfølgende anvendelser af formmaterialet vil da kun kræve en påføring af et tyndt lag olie fra støbning til støbning. Under vejrforhold, hvor træoverfladerne udsættes for kraftig udtørring mellem støbningerne, er det ofte nødvendigt at påføre et ekstra lag olie for at forhindre, at formen i sig selv svinder.

Stålforme vil i reglen give en tendens til en mere lys betonoverflade, idet sugningen her ikke er til stede, hvorved v/c-forholdet er højere ved overfladen.

Hvis betonen har tendens til vandudskillelse, har en tredje faktor indflydelse, der kan virke uheldig på overfladen, nemlig rust. Risikoen for rustdannelse på formen øges, og det kan give anledning til en misfarvning af betonoverfladen. Mineralolier med additiver kan reducere tendensen til rustdannelser, og reducere poreantallet på overfladen som tidligere omtalt.

Plastforme. Der anvendes forskellige typer af plastforme, og det kan ikke anbefales at undlade at anvende formolie. Efterhånden som plastforme bruges gentagne gange, får det konsekvenser for betonens overflade. Dette skyldes dels slid ved rengøring af plastformens overflade og dels det cementslam, der efterhånden sætter sig fast i formens overfladestruktur.

Af andre formmaterialer kan nævnes gummi eller ekspanderet polystyren. Under sådanne forhold kan formolier på mineraloliebasis ikke anvendes, da de vil reagere med formmaterialet. Det er her nødvendigt, at specielle produkter tages i anvendelse.

Betonproduktion

Forudsætningen for at sikre en beton med høj kvalitet, herunder styrke og holdbarhed samt opnåelse af en pæn tilstræbt overfladestruktur, er at udnytte delmaterialernes egenskaber gennem en tilpasset kornkurve- og betonsammensætning. Som det fremgår af de efterfølgende forslag vedrørende valg af betonrecepter til forskellige overflader, herunder valg af struktur og profilering, bygger forholdene på en række erfaringer. De grundlæggende principper vedrørende beregning af kornkurve og betonsammensætning er

efter de almindelige retningslinier. Generelt gælder, at Betonnormens og Basis-Beton Beskrivelsens krav skal overholdes. Ved grossammensætningen er det til facadebeton vigtigt, både til glatstøbt og frilagte overflader, at overholde snævre tolerancekrav til den sammensatte kornkurve. Erfaringsmæssigt kan man med fordel opstille visse retningslinier, som sikrer en god styring af kornkurven. Det kan f.eks. anbefales, at anvende en tolerance på $\pm 5\%$ på henholdsvis maskevidderne 1/4 mm og 4 mm samt på maskevid-

den svarende til den halve værdi af den valgte maksimale kornstørrelse. Er denne f.eks. 16 mm vælges tolerancen styret på 8 mm maskevidden. Se iøvrigt de viste eksempler på grossammensætning.

Under de efterfølgende forslag til betonrecepter er der opstillet en række nøgleord og værdier, som viser de erfaringer, der hidtil er gjort indenfor overfladeteknikken. Illustrationerne til opbygning af forplader i facadeelementer og til matricer skal betragtes som eksempler på, hvordan sådanne forhold kan løses.

Betonelementfacader

Betonsammensætning

Overflade	kornkurve	cementtype	cement kg/m ³	sand kg/m ³	sten kg/m ³	sand/sten	TSS	v/c _{max}	Miljøklasse
Frilagt	Ujævn (partikel-spring)	alle (fortrinsvis hvid eller rapid)	330-350	400-500	1350-1450	25-75%	plast SPT+ farve (luft)*	0,55	Moderat
Glat, formstøbt	Jævn tendens til lille sandpukkel	alle (fortrinsvis hvid eller rapid)	300-350	650-800	1000-1150	40-60%	plast luft SPT+ farve	0,55	Moderat
Profileret	Jævn tendens til lille sandpukkel	alle (fortrinsvis hvid eller rapid)	300-350	650-800	1000-1150	40-60%	plast luft SPT+ farve	0,55	Moderat
Glat, profileret, afsyret	Jævn tendens til lille sandpukkel	alle (fortrinsvis hvid eller rapid)	300-350	650-800	100-1150	40-60%	plast luft SPT+ farve	0,55	Moderat

* Se nedenfor.

Frilagte overflader

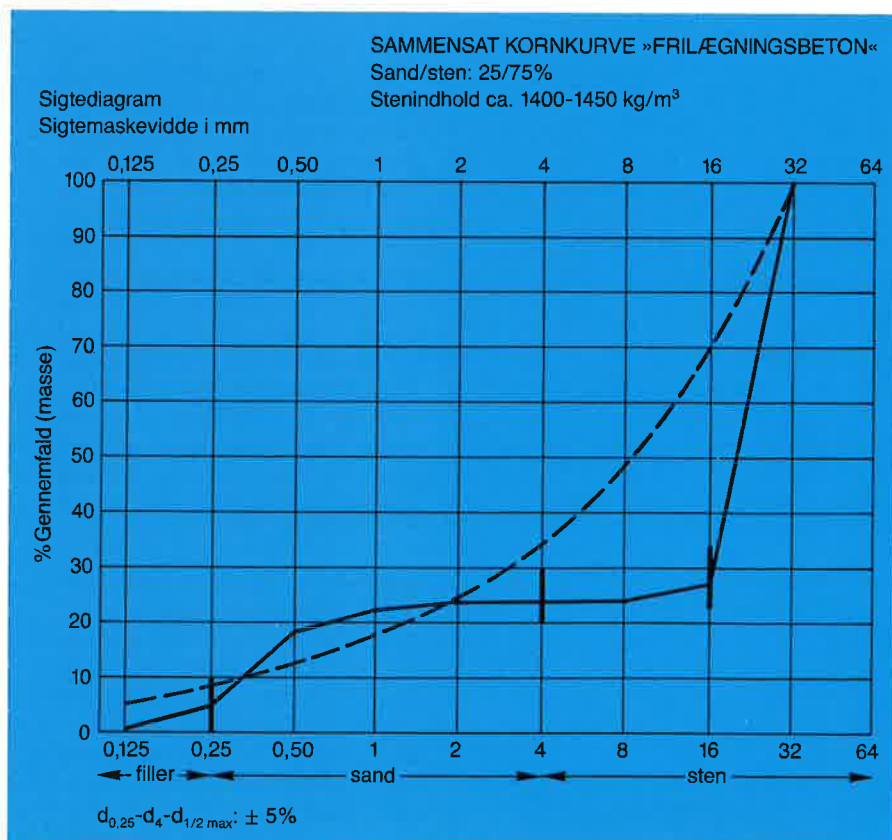
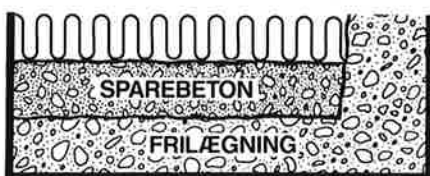
Frilægning

Kemisk retarding af cementpasta i betonens overflade (den mest almindelige i Danmark).

Andre metoder

Sand i form, vaskning af frisk beton - positiv støbning.

* Det kan dog vise sig meget vanskeligt at iblande luft i frilægningbeton pga. betonens sammensætning (jvf. BBB).



Glatte formstøbte

Stiller store krav til form, klangbilleder (vibrator), efterreparationer vanskelige, sårbar overflade og krakeleringstendens pga. cementpasta med "forhøjet" v/c-forhold imod form.



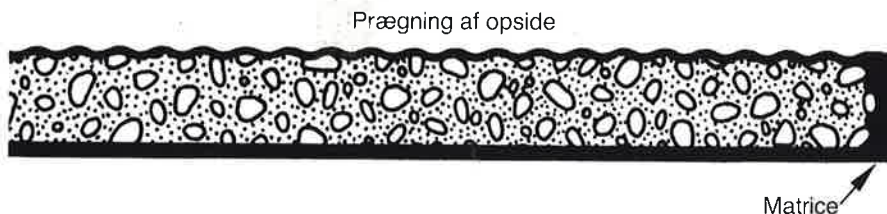
Profileret beton

Prægning af opside og/eller støbning imod matricer.

Prægning af opside: ændringer i form let, men variationer mht. ensartethed i udseende, udtørningsbestemmelse kræver specielle metoder.

Støbning imod matrice: ændringer i form vanskeligere, men udseende mere ensartet.

Efterreparationer kan være meget vanskelige.



Glatte, profilerede, afsyrede

Sandfraktion sammensættes ofte af flere typer af hensyn til farvevirkning i betonen.

Afsyring 5-10% HCL (30%)

Hvorfor afsyring?

Reducere gener som nævnt ved glatte overflader, den såkaldte "cementhud" forsvinder. "Tilslaget fine del kommer til sin farvemæssige ret".

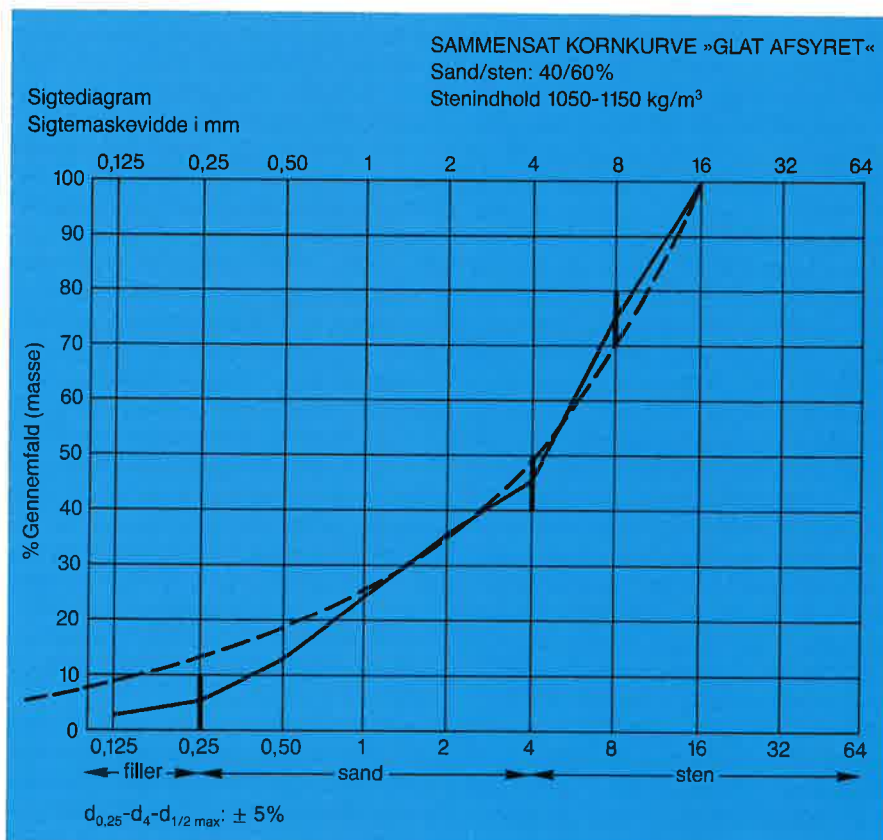
Farvepigmentvirkning reduceres pga. afsyringen.

Chlorid-risiko (for- og eftervanding vigtig).

Afsyre-alternativ

Svage kemiske retardere, men man kan ikke opnå en så svag overfladeretardering som afsyringen.

Fosforsyre, eddikesyre efterlader en uensartet hvid skjoldning.



Betonens vibrering

(Se også Beton-Teknik nr. 6/11/1985)

Den færdige betonoverflades farve er afhængig af mange faktorer, herunder også vibreringen.

Almindelig beton indeholder ofte en stor mængde indesluttet luft fra blandeprocessen og fra udlægning i formen. For at undgå mange og store porer må luften fjernes. Det sker ved vibrering af betonen, hvor den grove luft fjernes. Jo længere vej luften har til overfladen, desto større bearbejdning kræves af betonen. Derfor er det ofte svært at begrænse porerne i vægge og søjler i forhold til dækkonstruktioner. Den øverste del af vægge og søjler får normalt flest porer. Denne del af konstruktionen må derfor bearbejdes specielt. Støbningen skal normalt ske kontinuerligt i lag med jævn hastighed. Ophold mellem støbelag kan ofte give anledning til misfarvninger og poredannelser. Faldhøjder for betonmassen må i almindelighed ikke overstige 1 m. I modsat fald er der stor risiko for, at betonen separerer.

Betonen vibreres under udstøbningen, for at give en tæt og homogen beton. Den færdige betons overflade er i høj grad afhængig af, på hvilken måde vibreringen af betonen bliver udført. Forkert vibrering kan f.eks. medføre stenreder, kraftige farvevariationer, og ved en utæt form bortsvivning af cementslam. Vibrering kan i almindelighed foretages på flere måder, f.eks. med en stavvibrator, som stikkes ned i den udstøbte beton eller ved anvendelse af udvendige vibratoren, der monteres på formen, således at svingningerne forplanter sig gennem formsystemet ind i betonen.

Ved vibrering er det vigtigt at have en form, som er tæt. Ved systemforskalling skal sektionerne indbyrdes kunne optage træk. Det tryk, den udstøbte beton udøver, kombineret med svingningerne fra vibratoren, kan åbne samlingerne.

Ved brug af stavvibrator skal denne føres hurtigt ned i betonen, og efter en kort virkning på det dybeste punkt trækkes den så langsomt op, at der ikke dannes hulrum bag den. Hele denne proces bør tage 15-30 sek. Ved denne fremgangsmåde lettes opdriften for indesluttede luftbobler. Den erfarne betonmager kan bedømme, om betonen er vibreret tilstrækkeligt, ved at betonens overflade er lukket med cementslam, og at kun enkelte større luftblærer stiger op. Hvor der er tale om betonkonstruktioner med begrænset tværsnit, som f.eks. søjler, er det vigtigt med en hurtig nedstikning af vibratoren. Hvis stavvibratoren vibrerer for længe i det øverste lag, pakker betonens finkornede bestanddele sig, og danner en blokering, så den grove luft ikke kan slippe ud af betonen. Dette medfører flere poredannelser på den færdige betonoverflade. Betonen bør, så meget som byggepladsforhold tillader, fyldes i formen i lige tykke

lag og med vandret overflade. Højden på de enkelte betonlag bør under ingen omstændigheder overstige en halv meter. Det bør tilstræbes at støbe med samme lagtykkelse hele tiden. Stavvibratoren må ikke anvendes til fordeling af betonen, da det vil medføre fejl i betonoverfladen, og betonen kan separere. Udstøbning og vibrering skal afstemmes tidsmæssigt i forhold til hinanden, således at den udstøbte beton kan blive komprimeret korrekt. Stilles der meget store krav til betonoverfladen mht. tæthed og mindst mulige poredannelser, kan det anbefales at reducere støbelagshøjderne til 30 cm. Støbelag over 50 cm må forventes at give forøget poredannelse samtidig med, at man risikerer at kunne se skel mellem de enkelte lag. En reduceret højde på lagene kan være svær at overholde, specielt ved tynde vægge.

Skal der kun vibreres i tynde lag, fx. ved etagedæk, er det en fordel at stikke stavvibratoren skråt ned i betonen. Herved bliver betonen bedre komprimeret, idet der fremkommer flere svingninger rettet mod underlaget, end ved en lodret nedstukket stavvibrator. Stavvibratorens hældning og retning skal under sådanne vibreringer altid være den samme.

I forbindelse med fremstilling af væg-elementer i vandretliggende forme kan der anvendes både stavvibration og bjælkevibrator eller formvibration. Evt. kan disse kombineres, afhængig af elementernes udformning, armeringens placering og elementets tykkelse. I almindelighed anvendes til sådanne produktioner formvibration.

For sikring af et minimum af luftporer og for undgåelse af såkaldte klangbilleder, er det vigtigt at tilslutte monteringen af få og store vibratoren på en korrekt afstivet forbund. Dvs. at man med fordel f.eks. kan placere 4 store formvibratoren RZ 165 K svarende til en centrifugalkraft på 16500 N med et omdrejningstal på 3000 pr. min. Placeringen skal i almindelighed være ude ved formenderne.

Anvendelse af mange små formvibratoren giver ofte anledning til, at deres virkning mere eller mindre ophæver hinanden, hvilket medfører dårlige komprimeringsforhold med efterfølgende risiko for mange luftporer i betonoverfladen.

Ved vibrering af høje lodret støbte vægge og søjler, er det velegnet med stavvibratoren med lang drivaksel eller vibratoren med indbygget motor og langt kabel. Vibratoren kan om fornødent også føres ind i forskallingen igennem åbninger i siden på denne. En ensartet vibrering på hele højden samt ensartethed af betonen, er en forudsætning for et tilfredsstillende resultat og ensartet betonoverflade.

Ved vibrering i nærheden af forskallingen bør vibratoren ikke stikkes ned for tæt ved

forskallingsoverfladen, specielt hvis forskallingen er svag i sin udformning, og derfor kan svinge med.

Den rigtige afstand fra forskallingen er afhængig af vibratorens virkningsområde. Ved tynde betonvægge bør nedstikkene være tætte, således at betonen bliver ensartet komprimeret. Ved uens svingning af betonen og forskalling, fx. hvis en kraftig vibrator føres for tæt til forskallingen, kan der suges luft ind i utætte samlinger. Følgerne af ovenstående er overflader præget af mange huller og sandede områder.

Endelig skal muligheden for beskadigelse af forskallingsoverfladen iagttages, såfremt vibratoren berører denne. Er der tale om vibrering af meget tynde betonkonstruktioner, kan vibratoren forsynes med en gummikappe.

Ved vibrering af armerede konstruktioner er det vigtigt, at armeringen i videst muligt omfang anbringes på en sådan måde, at stavvibratoren kan føres ned i betonen i de rigtige afstande. Er det ikke muligt ved meget tæt armering at udstøbe betonen på sædvanlig måde i lige høje lag, kan det være nødvendigt at fordele betonen ved hjælp af stavvibratoren. For at undgå, at man med den forholdsvis lange vibrationstid separerer betonen, må støbelagene også her højst være 50 cm. Betonen skal have en sammensætning, så den flyder "lukket", og ikke afgiver vand.

Udstøbes der pumpebeton eller flydebeton i snævre forme med tætliggende armering, skal vibreringen ske med en vibrator med en dimension på Ø40 mm. Vibrationstiden skal være kortere end ved stivere betoner dvs. 10-20 sek. pr. nedstikningssted. Den nøjagtige fremgangsmåde bør findes ved prøvestøbning.

Ved vibrering, hvor der er skærpede krav til den færdige overflade, bør højden af de enkelte støbelag max. være 30 cm. Vibratoren skal hele tiden føres lige dybt ned i det neden under liggende allerede vibrerede lag. Stavvibratorens nedstikningssteder skal fordeles regelmæssigt. Det kan være en fordel, at anvende stavvibrator med en diameter på Ø40 mm.

Berøring af armering med stavvibrator, i nærheden af forskallingen, kan føre til aftegninger i betonoverfladen. Betonoverfladens udseende er afhængigt af forskallingens overflade. Dette kan betyde, at det er nødvendigt med en forskellig vibrationsteknik afhængig af forskallingens overflade. Det kan derfor anbefales at udføre en eller flere prøvestøbninger, således man finder frem til den mest velegnede metode og den rigtige betonsammensætning.

Betonens efterbehandling

(Se også Beton-Teknik nr. 6/14/1988)

For at sikre betonens holdbarhed skal den sikres gode hærdningsbetingelser.

Gode hærdningsbetingelser er i denne sammenhæng at hindre udtørring af den nyudstøbte beton, og sikre at den ikke udsættes for uheldige temperaturpåvirkninger, f.eks. for tidlig frysning, for store temperaturforskelle etc.

Beskyttelse mod udtørring er særlig vigtig i de første 24 modenestimer (dvs. ækvivalent hærdningstid ved 20°C) i henhold til DS 411, 3. reviderede udgave.

Udtøringsbeskyttelsen kan ifølge Basis-Beton Beskrivelsen (BBB) og DS 411, 3. reviderede udgave sikres ved:

- at lade formen sidde,
- tildækning med damp-tætte membraner (plastfolie, forseglingsmidler),
- vådholdelse af betonoverfladen.

Formen vil i sig selv bevirke en vis beskyttelse mod udtørring.

For forskallingssystemer af lakerede eller olierede finérplader og stål vil beskyttelsen være som for plastfolie, idet disse materialer er vandtætte og ikke-sugende.

For den almindelige bræddeforskalling vil træets aktuelle fugttilstand være af stor betydning. Man bør således altid sikre, at træet vandmættes ved forvanding forud for støbningen. For frisk træ vil denne fugtighed holde sig betydeligt længere, end når træet har været udtørret og opfugtet mange gange ved gentagne anvendelser.

Plastfolie, som anbringes tæt på betonoverfladen, er en effektiv måde at hindre fordampningen på. Det forudsætter imidlertid, at konstruktionens udformning er regulær, uden indadvendende kanter og hjørner, samt at betonoverfladen ikke brydes af armeringsjern o.l.

Støbninger, som afsluttes med betydelige vandrette overflader så som gulve, facade- og dækelementer etc., er situationer, hvor en plastfolie med fordel kan anvendes.

Det er imidlertid afgørende, at folien holdes på plads og ikke blæses af eller løfter sig i folder, som skaber risiko for en vis vindtunneeffekt. En iturevet plastfolie bør ikke genanvendes.

Af hensyn til overfladens senere udseende kan det være nødvendigt at vente med afdækningen, til betonoverfladen har opnået en vis styrke, idet der ellers vil kunne opstå mærker og lunger under plastfolien.

Anvendelse af et forseglingsmiddel kan være en måde at løse dette problem på. Hensynet til overfladens udseende nødvendiggør også, at plastfolien ligger tæt mod betonen, idet der ellers kan opstå

skjolder og misfarvninger på grund af uensartet beskyttelse eller kondensdannelse på undersiden af folien.

En plastfolie, som ligger tæt mod en våd/blød betonoverflade, vil ofte medføre nogle blanke og glatte partier. Dette kan f.eks. undgås ved at afdække med filt eller geotekstiler under plastfolien.

Etablering af en effektiv beskyttelse med plastfolie er vanskelig, når det drejer sig om en væg, søjle el. lign., og det kræver stor omhu at undgå flænger i folien samt at sikre tætte samlinger. Der bør anvendes en kraftig tape med god klæbeevne til samlinger og til reparation af flænger o.l.

Forseglingmidler anvendes primært til beskyttelse af frisk beton, men finder dog også anvendelse som en efterfølgende beskyttelse, når formen fjernes.

I praksis kan der for lodrette overflader og undersider være problemer med at påføre forseglingsmidlet i en passende mængde og samtidig undgå, at det løber ned ad betonoverfladen med risiko for uensartet beskyttelse og vedvarende misfarvninger. Påsprøjtning af flere omgange kan løse dette problem.

Forseglingmidlernes primære anvendelsesområde er til beskyttelse af frisk beton på vandrette overflader, hvor de har vundet stor udbredelse. Deres væsentligste fordel er, at de kan påsprøjtes overfladen uden at efterlade mærker i den hærdnede beton. Der vil dog være en tendens til nuanceret misfarvning som følge af uens påsprøjtning, lunger i overfladen o.l. Man bør altid sikre sig oplysninger fra leverandøren vedrørende produktets effektivitet o.l.

Det er afgørende for effektiviteten, at forseglingsmidlet påsprøjtes i de foreskrevne mængder. Dette er for nogle produkters vedkommende søgt sikret ved en farvepigmentering, så brugeren, ud fra farven af overfladen, kan vurdere, om påføringen er korrekt. I praksis vil det for større overflader være vanskeligt at opnå en dækkende ensartet påføring, såfremt der ikke anvendes et velegnet sprøjteudstyr.

Skjolder og misfarvninger

Kalkudblomstringer

De fleste hvide misfarvninger på betonoverflader er i almindelighed kalkudblomstringer, som kemisk set er calciumkarbonat. Når konstruktionen er omgivet af varm, tør luft, vil udtørringen sætte ind, og fordampningszonen henlægges til konstruktionens indre tværsnit, dvs. overfladen bliver tør, og ingen kalktransporterende fugtighed når ud på betonens overflade. Er den omgivende luft derimod fugtig, vil der være større sandsynlighed for, at kalkopløsningen diffunderer helt ud på betonens overflade, hvor fordampningen så kun sker langsomt. Både varm og kold luft kan være fugtig, men under danske forhold er det de fugtige forårs- og efterårsmåneder, der er værst med henblik på udblomstringer. Dette hænger sammen med, at vi gennem længere tid har høj fugtighedsgrad i luften. Andre observationer tyder også på, at fremkomst af udblomstringer på en nyopført facade efter længere perioder fugtigt vejrlig kan udøblive eller svækkes, hvis den fugtige periode afsluttes med regnvej, der kan vaske udblomstringerne af betonfacaden før op-tørring og karbonatiseringen sætter ind. Undertiden er udblomstringer bløde og stærkt afsmittende, så de kan afbørstes tørt med en stiv kost efterfulgt af en gnidning med tør klud og efterskylning med vand. En sådan behandling skal udføres i lunt vejr med god udtørring.

Udblomstringer kan forekomme som en tynd ensartet film eller som blomstrende salte i tykkere lag. Ofte forekommer sådanne kalkudblomstringer også som pulveragtige lag på betonoverfladen. Udblomstringer behøver ikke nødvendigvis at være hvide, men kan ofte optræde med forskellige pastelagtige farvenuancer, specielt ses dette fænomen på hvide betonoverflader.

Calciumkarbonat er meget tungt opløseligt i vand, og går ikke uden videre i opløsning i slagregn, der rammer facaden. Ofte sidder de desuden temmelig godt fast på overfladen, således at hverken slagregn eller en egentlig afskylning eller afvaskning kan befri facaden fuldstændigt for kalkudblomstringer. Calciumkarbonat er en kemisk forbindelse mellem calciumhydroxid og kuldioxid i forbindelse med fugt. Udblomstringsfænomenet er forbundet med fordampnings- eller udtøringsforhold i konstruktionen.

Det bør ligeledes nævnes, at kalkudblomstringer på betonoverflader kan opstå som følge af ugunstige lagringsforhold for betonelementer og -varer samt under ugunstige byggepladsforhold. Udsættes betonoverfladerne for en vindpåvirkning i form af træk, kombineret med lave temperaturer og høj luftfugtighed, vil det ofte medføre kraftige kalkudblomstringer.

Farvede betonoverflader bliver ofte, i for-

bindelse med kraftige kalkudblomstringer, tilsørede i forhold til den oprindelige farve. Det kan i denne sammenhæng være en fordel at behandle betonens overflade med en let saltsyreopløsning. I denne forbindelse skal betonen være mindst 1 døgn gammel. Der skal for- og eftervandes grundigt, således saltsyren ikke suges ind i betonen.

Misfarvning af betonfacader

Misfarvninger i form af gulning på hvide og lyse overflader giver ofte anledning til problemer. Det er vanskeligt at fastlægge årsagen til sådanne misfarvninger. Gulningsfænomener er ofte komplicerede. Det er vanskeligt at fjerne disse misfarvninger, uanset om de opstår på et tidligt eller sent tidspunkt. Årsagen til gulningsproblemer kan skyldes mange forskellige forhold, som både kan henføres til produktionen, herunder til betonens delmaterialer, udstøbningsforhold samt til lagringsbetingelser og transportforhold.

Under montage af facadeelementer kan gule urenheder optræde. Disse kan være forårsaget af opløsninger, som dannes af regn og fugt på armering og metalgenstande, der opbevares på etagedæk. Disse gulbrune opløsninger trænger ud gennem elementsamlinger og medfører gulningsproblemer i form af sribedannelser og pletter.

Gennem de senere år er der konstateret flere gulningsproblemer fremkommet ved opløselige stoffer i isoleringsmaterialer, der har medført ensartet gulning over hele facadeelementet. Dette skyldes, at materialet er mere eller mindre let fugtet fra opbevaring i f.eks. fugtigt rum eller på lagerpladsen. Allerede under udlægning i forme, kan visse kemiske reaktioner igangsættes, hvorved der under udstøbningen trænger urenheder ned i den friske, hvide, forstøbningsbeton. Dette gælder alle former for mineraluldstyper, og erfaringsmæssigt viser det sig, at disse misfarvninger forsvinder med tiden, men det kan vare i op til 1-3 år.

Under opbevaring af facadeelementer med isoleringsmaterialer kan der opstå uheldige misfarvninger på lager- og byggeplads. Længere tids opbevaring i regnvej medfører som regel, at isoleringsmaterialet optager meget fugt og regn. Vandet, som trænger ned gennem isoleringsmaterialet i hele elementets bredde og højde, kan over længere tid medføre, at isoleringsmaterialet fungerer som en regulær svamp. Under bygningens efterfølgende opvarmning og dermed udtørring gennem ydervægskonstruktionen sker en gulning af facaden, som dog efter udtørring igen forsvinder, som omtalt tidligere.

Gulningsfænomener kan også optræde

på et senere tidspunkt på allerede opførte facader. Dette skal i almindelighed henføres til de svovlholdige og sure forbindelser, der dannes i forurenede industriområder. Som regel kan disse misfarvninger fjernes ved en let facadeafvaskning med højtryksspuling.

Poredannelser

Et særligt fænomen ved støbning af ubearbejdede overflader er luftporer. Disse skyldes luft og vand, som under komprimeringen er blevet hængende i overfladen. Mængden og størrelsen af luftporer afhænger af betonens sammensætning, herunder ikke mindst vandindholdet, af formoverfladen og formolien samt komprimeringen. Hvor der f.eks. skal foretages en tapetsering, kan luftporer med en maksimal størrelse på 1 mm ofte tillades, men foretages en maling, må luftporer næppe være større end 0,5 mm. Ved overflader, som ikke skal behandles, kan luftporer virke skæmmende, når de er koncentreret i pletter eller i striber.

Det er erfaringen, at luftporer ofte forekommer ved lodrette frem for ved vandrette støbeflader samt, at luftporer er sjældnere i de tilfælde, hvor betonens tryk mod støbeformen er stort, dvs. i den nederste del af den udstøbte beton. Den koncentration af overfladeporer, man ofte observerer i den øverste del af et støbelag, kan reduceres ved anvendelse af et kunstigt overtryk ved støbningens afslutning. Et punkt af særlig interesse er, at man kan undgå luftporer ved fx. at bruge ru forskalling. Det kan tyde på, at anvendelse af glat støbeform bidrager til forekomsten af porer, ligesom formolien, der gør støbeformen glat, kan medvirke til at der opstår porer.

De forhold, der virker fremmede på poredannelsen, er først og fremmest for tæt formmateriale, og anvendelse af ren mineralolie uden additiver. En mager, specielt blød, beton giver væsentlig flere porer end en fed, blød beton.

Vandporer dannes ved vandansamlinger, der bliver indesluttet mellem formen og betonen. Når vandet forsvinder, fremkommer porer i overfladen. Vandansamlinger kommer hovedsageligt fra betonen, men indelukket vand fra formen, armering og transportudstyr kan også medvirke til poredannelse. Sammenlignet med luftporer vil vandporer være store. Porer med udstrækninger på op til 5 mm er ikke usædvanlige. Formen på disse porer er uregelmæssig, og porebunden er ofte dækket af et tyndt lag cementslam. Porerne kan ofte kendes ved, at der på betonoverfladen umiddelbart under porerne kan ses striber efter vand.

Der kan også dannes porer fra formolien. Overskud af formolie kan ved vibrering give anledning til dannelse af oliedråber, som giver porer i overfladen i den hærdnede beton. Disse porer optræder som regel i den lavere del af formen på grund af, at olieoverskuddet siver ned langs formsiden. Porerne optræder uregelmæssigt og kendetegnes nemmest ved, at betonen er misfarvet i og rundt omkring disse porer. Porerne har en størrelse på 1-3 mm.



Eksempel på poredannelse hidrørende fra udstødning og vibrering.



Eksempel på poredannelse hidrørende fra forkert valg eller forbehandling af formmateriale.

Årsagen til poredannelser skyldes forskellige faktorer. Cementens finhed og dispergering af cementpasta har indvirkning på betonens flydeegenskaber. Under komprimering vil cementpastaen tjene som smøremiddel for tilslagsmaterialerne, således at disse kan pakkes og udfylde hulrum. Vand/cement-forholdet spiller også en stor rolle. Beton med et relativt højt v/c-forhold vil ved overdreven vibrering separere, hvilket giver stor risiko for vandporer mod formsiden. Anvendelse af plastificeringsstoffer eller superplastificeringsstoffer vil kunne reducere v/c-forholdet og dermed give en bedre bearbejdelig beton. Beton med relativt lave v/c-forhold kræver ofte ret kraftig komprimering for at opnå en tilfredsstillende tæthedegrad. Intens komprimering ved f.eks. vibrering øger risikoen for luftporerdannelser. Det vil derfor være en fordel at anvende tilsætningsstoffer, for at give betonen bedre flydeegenskaber, således at den intense vibrering kan reduceres. Grusmaterialernes sammensætning indvirker i stor grad på poredannelsen. En velsammensat kornkurve med et tilpas indhold af filler Korn (< 1/4 mm) giver betonen gode komprimeringssegenskaber. Samtidig er der ikke plads til meget frit

vand og fri luft i betonen, hvorved risikoen for poredannelse reduceres. Den maksimale kornstørrelse på tilslagsmaterialerne, og kornenes udformning betyder også meget. Som hovedregel gælder, at et groft tilslagsmateriale, altså med en høj maksimal kornstørrelse, giver øget poredannelse i forhold til finere materialer med lavere maksimal kornstørrelse. Grovere tilslagsmaterialer med uregelmæssige overflader absorberer også mere luft på overfladen end et naturligt, afrundet tilslag med glatte overflader.

Nogle af årsagerne til poredannelser på betonoverflader skal også findes i den måde, betonen transporteres, udlægges og komprimeres på. Indpiskning af luft under transport og medrivning af luft under udlægning, varierende højder på udstøbningslagene, der lægges ud samt varierende grad af komprimering ved vibrering, er alle faktorer, som i nogen grad medvirker til poredannelse.

Erfaringsmæssigt bør fillerindholdet til glatstøbte overflader ligge mellem 5 og 10% på den sammensatte kornkurve. Det er vigtigt at styre denne gennemfaldsværdi inden for meget snævre grænser.

Fillermaterialet bør være kubiske og afrundede korn.

Miljøpåvirkning

En betonoverflades udseende forandres med tiden. Dette skyldes primært den regn og luftforurening, der finder sted. Mange bygværker ændrer udseende efter ganske få år som følge af en tilsmudsning hidrørende fra den nedbør, som løber ned over konstruktionerne.

Tilsmudsning

Ved tilsmudsning forstås fordelingen af en synlig smuds på facaderne. De partikelformede forureninger afsættes på opadvendte vandrette eller skrå overflader og bliver fordelt ved slagregn. Ved partier der udsættes for store slagregnmængder, renses facaden relativt kraftigt. Ved mindre mængder flyttes forureningen og forvittringsprodukterne ned over facaden. Her fordamper vandet, og smudsen forbliver. Slagregnets retning kan give store variationer på tilsmudsningsbilledet. Følger man nedløbsforløbet på en facade kan man se, at den øverste trediedel og de tilsluttede hjørner renses først. Den nederste trediedel bliver oftest ret ujævnt afvasket.

Er facaden porøs, opsuges vandet i starten i konstruktionen. Består overfladen af en



Tilsmudsningsmønster under vindue med fremspring.



Tilsmudsning af gavl pga. skyggevirksomhed fra nabogavl.

lukket glat struktur løber regnvandsstrømmen hurtigt, eftersom den ikke absorberes i konstruktionen. Dette kan medføre, at tilsmudsningen forefindes langt nede på facaderne.

Hvor hurtigt tilsmudsningebilledet udvikles beror på de klimatiske betingelser og koncentrationer af forurening. Problemet er dog et typisk fænomen i storstadsområder, bl.a. grundet smuds fra trafikken. Typisk er det syd- og vestvendte facader, der tilsmudsnes, mens nord- og østvendte facader er mindre tilsmudsede.

Facaderengøring

I princippet skal man gå ud fra, at al rengøring skader en betonfacade. Rengøring bør derfor først udføres, når følgeskaderne heraf regnes for at være mindre end de skader, der forårsages af snavsaflejringer på betonoverfladen.

Med en regelmæssig vedligeholdelse kan man sørge for, at betonoverfladens tilsmudsning bliver så ringe, at man kan renholde den med skånsomme metoder. Når snavset får lov til at ophobe sig, tiltager surhedsgraden, idet der tilføres syre med regnvandet, og når vandet fordampes, vil koncentrationen derved tiltage.

Stærkt tilsmudsede facader, som over længere tid har været udsat for de klimatiske forhold, er mere eller mindre ætsede i overfladen.

Til rensning af facader er der mange varierende muligheder, der strækker sig fra rent vand, neutrale alkaliske og sure rengøringsmidler, mekanisk rengøring, hvor snavset forsigtigt aftages med små børster og skalpeller, til den meget kraftige rengøring ved hjælp af bl.a. sandblæsning.

Ved facaderengøring er samarbejdet mellem arkitekt og entreprenør meget vigtigt. En rengøring, således at facaderne bliver synsmæssigt rene, er ofte ikke nødvendig for at beskytte bygningen mod skader, der skyldes forurening. Den tilstrækkelige rengøring kan ofte efterlade bygningen med mørke overflader, der hvor snavset gennem flere år har sat sig i be-

tonoverfladen. Det påhviler derfor entreprenøren at gøre arkitekten eller den rådgivende ingeniør opmærksom på de følgeskader, der kan opstå ved vask, hvor en høj optisk renhedsgrad opnås. Entreprenøren må derfor være bekendt med de kemikalier, der anvendes, og de typer af betonoverflader, der skal renses.

Den nænsomste rengøring fås ved anvendelse af rent vand, hvor effektiviteten af rengøringen kan forøges ved at arbejde med højt vandtryk, samtidig med at man grovbørster (kan være store automatiske anlæg). Børsterne må ikke være så grove, at de ødelægger betonoverfladen.

Det næste skridt til at forøge rengørings-effekten er tilsætning af neutrale rensmidler, som f.eks. anvendes i husholdninger. Den vigtigste funktion for disse midler er at nedsætte vandets overfladespænding, således vandet bedre trænger ind i en snavset overflade og opløser smudset. Damprensning har tidligere været meget anvendt, men denne behandlingsmåde er på retur i Europa, idet det har vist sig, at de kemikalier, der tilsættes vandet, nemlig soda og fosfater, kan være skadelige for betonoverfladen. På overflader anvendes der ofte flussyre eller rensmidler, der er afledt heraf. Rengøringseffekten med disse midler er særdeles god.

En anden syre, der ofte anvendes, er saltsyre. Ved vask med saltsyre er det ligeledes vigtigt at understrege, at overfladen skal være gjort fugtig, inden syren påføres, således det kun er overfladen, der kommer i forbindelse med den relativt stærke syre. Opløsningen foreslås udført som 1:15 (1 del saltsyre til 15 dele vand). På let tilsmudsede overflader kan man også anvende oxalsyre, der er mere skånsom overfor kalkforbindelser end mange andre syrer.

Afsluttende kan man give rensede facader en overfladebehandling, f.eks. en farveløs mat silicone, der samtidig gør det muligt, at facaden kan ånde, da den bør være diffusionsåben.

Løssalgpris kr. 50.- incl. moms.



16 Afrensning af brystningselement med rent vand under højt tryk.

Referencer

- [1] Samuelsson, Poul, civ.ing.: "Betongytan och formmaterialet", Svenska Cementforeningen, Malmö, 1970.
- [2] Samuelsson, Poul, civ.ing.: "Betongyta", Cementa, 1983.
- [3] "Betongens yta" udgivet af Byggeforskningsrådet, Sverige.
- [4] "Betong-handbok-material" udgivet af AB Svensk Byggtjänst, 2. udgave, 1982.
- [5] Norges Betongindustriforbund "Betongelementer i fasader", 1990.
- [6] Bayer AG-publikationer - PK Group, Leverkusen, Tyskland.
- [7] Konow, August, ing. MAI, entrep.f.a. Konow & Raben: "Facader, ren og vedligehold", tidsskriftet Renhold og vedligehold, nr. 2, 1975.
- [8] Beton-Bogen, 2. udgave, Aalborg Portland, CtO, 1985.
- [9] Haves, Frank, dip.arch., RIBA sen. advisor architect Cement and Concrete Association.: "The Weathering of concrete buildings", Cembureau, september 1981.
- [10] Schmincke, Peter, dipl.ing., Bauberatung Zement, Hannover: "Sicht beton, praktische tips für ausschreibende und ausführende", tidsskriftet Beton, nr. 7, 1990.
- [11] Beton-Teknik nr. 6/11/1985 "Kompri-mering af beton", CtO, Aalborg Portland.
- [12] Beton-Teknik nr. 6/14/1988 "Efterbehandling af beton", CtO, Aalborg Portland.
- [13] Svensk Standard SS 812003 "Gråskala för klassificering av betongytors ljusket", 1990.
- [14] Bygge- og Boligstyrelsen "BasisBettonBeskrivelsen for bygningskonstruktioner", Byggestyrelsen, marts 1987.

CtO Cementfabrikkernes
tekniske Oplysningskontor
Rørdalsvej 44
Postboks 165
9100 Aalborg
Telf. 98 16 77 77

**AALBORG
PORTLAND**

