

Farver og porer i betongoverflater

Av dr. techn. Rolf Schjødt

Norges byggforskningsinstitut

OSLO 1964

Særtrykk av BYGG, nr. 10, 1963.

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT
LABORATORIET

Farver og porer i betongoverflater

Av dr. techn. R. Schjødt

Norges byggforskningsinstitutt

DK 693.5

En betongoverflate som er fremstilt på vanlig måte, uten tanke på utseendet, gir som regel et lite tiltalende inntrykk. En ting som ofte ødelegger utseendet er støpefeil og stygge støpefuger. Hvordan disse skal unngås vet man allerede meget om, det skal ikke behandles her.

Men selv om disse feil unngås, blir overflaten som regel ikke pen. Den er ujevn, har varierende tetthet, porer noen steder og helt glatt overflate andre steder, og lyse og mørke partier, alt fordelt på en rotet og tilfeldig måte som selv den største betongentusiast vanskelig kan like.

Derfor blir betongoverflater ofte pusset. Det øker prisen, krever vedlikehold, øker dimensjoner og vekt, tilfører fuktighet på et tidspunkt da man som oftest ikke ønsker den, og sinker arbeidet. Endelig blir en pussoverflate den rake motsetning, så regelmessig at den oftest virker kjedelig. Så man skulle gjerne slippe pussingen, selv om man kanskje ofte må bruke så meget for å oppnå dette at det første punkt om at pussingen øker prisen, kan falle bort.

Som bekjent finnes det også en annen måte enn pussingen for å forbedre en ferdig betongflates utseende, man kan tvert imot fjerne overflatesjiktet. Det kan gi arkitektonisk gode resultater, men det blir dyrt, og overflaten får ofte egenskaper som ikke er ønsket, særlig på mer ingeniørmessige bygg som broer og bropillarer, støttemurer og lignende, og også på gavlvegger og andre større flater.

Ofte er det derfor ønskelig å fremstille den ferdige overflate i en operasjon med støpingen, eller med en ubetydelig etterbehandling.

For å få en pen overflate må man da oppnå en jevn farve og en jevn overflatestruktur, enten uten porer eller med jevnt fordelte porer.

Farven og overflatestrukturen ellers kan for så vidt godt variere over flaten som helhet, men det må i tilfelle skje regelmessig i felter eller striper, eller iallfall ikke virke tilfeldig og utilsiktet. Fig. 1 og 2 er eksempler på hva man kan oppnå på denne måte.

Vi har i NBI arbeidet litt med disse spørsmål, og for ca. et halvt år siden satte vi opp en litteraturliste over emnet (se sist i artikkelen); det var forbløffende å se hvor lite av systematiske undersøkelser som fantes. Betongforskningsrådet sammenkalte et møte av entreprenører og andre interesserte for å diskutere saken (det var i den anledning listen sattes opp), og mange nyttige erfaringer kom frem, men dets vesentlige betydning var å stimulere interessen og belyse vanskelighetene med å oppnå gode resultater.

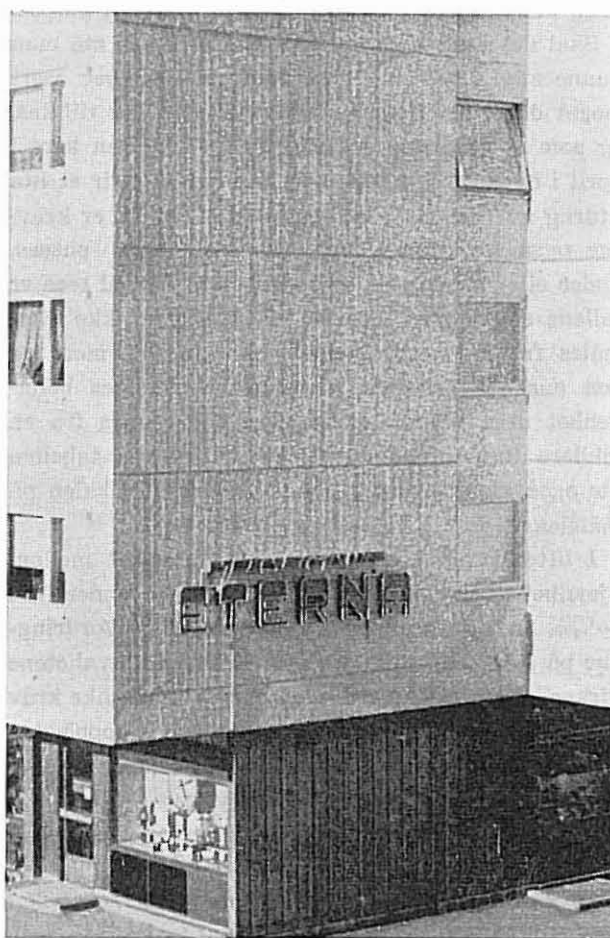


Fig. 1. Ujevn og uregelmessig overflate, men farven og overflatestrukturen er jevn, oppnådd ved maling, så virkningen er tiltalende.

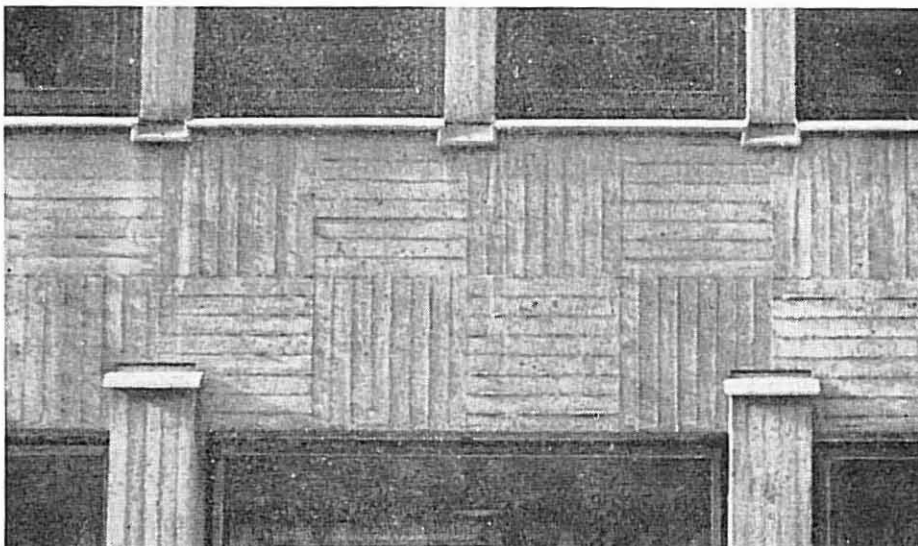


Fig. 2. Uregelmessigheter forsvinner i det store mønster, virkningen blir god.

Toleranser for planhet og lodd.

Et krav som oftest er nødvendig å stille for å få ren, jevn farvevirkning, er at overflaten skal være plan. Veggen må ikke bølge for meget eller ha for store og uregelmessige hakk om den skal bli pen. Av andre, tekniske og økonomiske grunner stiller vi visse krav til planhet også når veggen skal pusses, og de strengeste stiller vi når veggen skal være underlag for tapet eller maling uten å pusses.

Skal det være noen nytte i et sånt krav, må man kunne angi i tall hva som fordres. Det har vært meget diskutert hvilke ujevnheter som bør tillates, og som et foreløpig resultat av diskusjonen kom i april i år en tysk norm, som jeg her gjengir et lite utdrag av (fig. 3). For kompletthets skyld er kravene også for betongoverflater som skal pusses, males eller tapetseres tatt med. Som det vil sees er tallene angitt med \pm . Det vil si at de ikke skal måles fra en rettholt over bølgetoppene, men fra den ønskede endelige overflate. Er dennes beliggenhet uten betydning, kan målene regnes fra en midlere linje gjennom bølgene. Tallene i tabellen gir også største tillatte avvikelser fra vertikalen på målelengdene.

I litteraturen ellers nevnes at forholdet mellom ujevnhetens høyde og lengde bør være under $1/300$ — $1/400$, men dette er en måte å stille opp fordringene på som ikke stemmer med hvordan ujevnhetene virker i praksis. Det må ennå diskuteres hvilke krav som passer i Norge; hvordan man skal oppnå den ønskede planhet hører under utførelsen av forskalingen, i forbindelse med betongtrykket.

Denne «plane» overflate vi så har oppnådd, skal altså ha jevn farve, og enten ikke porer eller en jevn porefordeling. Dette var emnet på et møte i mai i år, holdt av betongfolk i Vest-Europa som arbeider med problemet, og hvor mange interessante opplysninger kom frem.

Farver i overflaten.

La oss ta farver først og illustrere problemet med et interessant fotografi (fig. 4). Den lyse skråstripe kommer av at et bord har ligget skrått over et annet en tid. Årsaken til farveforskjellen er sannsynligvis hovedsakelig at treoverflaten har tørket mindre ut under skråbrettet, muligens også i en liten grad at harpiksen nær overflaten ellers i treet kan være blitt omdannet av solens ultraviolette stråler. Etter en regnværsperiode kunne farvekontrasten blitt motsatt, dvs. gitt en mørkere skråstripe.

Men hovedpoenget med bildet er å vise hvor lett overflatefarven blir påvirket av tilfældigheter. Det har fått erfarne folk til å si at det er umulig å få en jevn farve ved bruk av treforskaling, man må bruke stålforskaling, fiberplater, plastbelagte treformer eller annet jevnt materiale. Jeg er ikke enig i det, det kan gjøres, ikke bare i laboratoriet, men også i praksis.

Den første betingelse er dog at bare ny forskaling brukes. Ved flere gangers bruk er jeg enig i at det er umulig. Bildet (fig. 5), av en betongoverflate ved første og annen gangs bruk av samme forskaling, illustrerer forholdet. Alle ujevnheter, som for-

Toleranser for betongveggers planhet.

	Måleområder:			
	Til 10 cm	10—25 cm	25—100 cm	100—250 cm
Vegger som skal pusses eller dekkes med fliser	± 5	± 8	± 12	± 16 mm
Ubehandlede overflater	± 3	± 5	± 8	± 10 „
Ferdig pussede	± 1	± 2	± 3	± 4 „

Fig. 3. Utdrag av tysk norm for tillatelige avvikelser fra planet, derved også fra vertikalen.

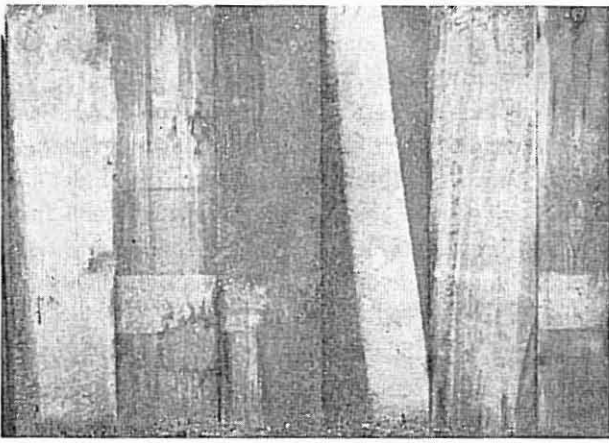


Fig. 4. Lys stripe i betong på grunn av at et forskalingsbord har ligget over et annet, derved har det overdekkede område fått avvikende fuktighet.
(Foto: H. Trüb, Schweiz.)

årsaker ujevn farve og ellers ujevnt utseende, blir overdrevet i sin virkning ved bruken. For eksempel suger enkelte partier sementvann, andre ikke. En grundig rengjøring bedrer nok forholdet, men ikke tilstrekkelig. Ved å bruke samme lemmer på samme steder oppover, kan dog en regelmessig og god effekt oppnås. Forskalingen bør fjernes så snart som mulig for å få jevnest mulig farve.

Det sikreste for å få en jevn overflate er å bruke kantskårne bord. Hvor årene dog kommer litt skrått, bør margsiden vende mot betongen. Spanderer man ikke dette, må iallfall enten alle bord ha helst margsiden (rettsiden) eller alle ha barksiden mot betongen.

Man kan for øvrig ofte få en god overflate ved bevisst å variere bordene, som f. eks. annet hvert med rettsiden ut og inn, eller som vist på fig. 2. Derved blir små variasjoner mindre iøynefallende.

Farvevariasjonene ved bruk av rettside og barkside kommer mest av at fuktighetsavgivelsen eller oppsugningen er forskjellig på de to sider, og i forbindelse med dette av hvordan formen slipper. En glatt overflate hvor ikke noe av sementhinnen har fulgt med, virker mørkere. Derfor får flater hvor rettsiden har vendt mot betongen oftest en noe mørkere overflate, barksiden gir en noe ujevnere farve, da enkelte partier dog vil slippe.

Kvister blir alltid synlige, når forskaling og betongoverflate er ubehandlet. Særlig for gran er det derfor av betydning at forskalingslemmer utføres enten kvistfrie eller med kvistene i linje som i treet. Ellers er gran og furu omtrent likeverdige, men materialene må ikke blandes. En del av farvevariasjonen, som bare skyldes varierende fuktighet i betongen og kanskje farvestoffer som fordampes eller blekes, vil forsvinne med tiden.

Som en praktisk konklusjon på det som hittil er



Fig. 5. Betongoverflate ved første (øverst) og annen gangs bruk av samme forskaling.
(Foto: M. M. Adam, Paris.)

nevnt, kan sies at lemmer helst bør lages av kantskårne bord, hvis ikke bør alle bord ha rettsiden samme vei, på labanklemmer mot betongen.

Man vil spørre hvordan oljing og fukting av lemmene virker på disse forhold. Oljing får jo bordene til å slippe lettere, og er den godt utført, vil den derfor hjelpe på jevnheten. Til tross for at smurte overflater slipper lettere blir de dog ofte lysere, da oljen har forhindret et tynt overflatesjikt av sement i å binde av, så det følger oljen eller faller av som støv.

Er forskalingen meget jevn, høvlet og glattet med sandpapir, og godt fuktet før oljingen, får man som rimelig er en jevn farve. Ellers forekommer som bekjent flekking av overflaten når forskalingen oljes, på grunn av ujevn påstrykning og ujevn forskalingsoverflate. En del av disse flekker går dog bort med tiden. Noen av flekkene er særlig interessante idet de later til å være dannet ved at betongoverflaten er blitt gjennomsiktig, så farven av steinen under skinner igjennom.

De beste oljer for å unngå misfarving er etter engelske forsøk vannemulsjon i olje med ikke over 50 % vann (i motsetning til ren olje eller oljeemul-

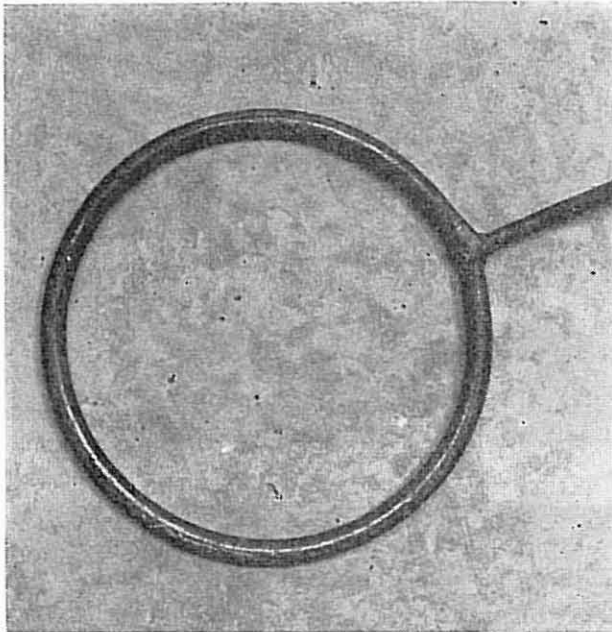


Fig. 6. Målemetode for bedømmelse av poreall. (Foto: Teychemé og Herbert, Building Research Station, Garston, England.)

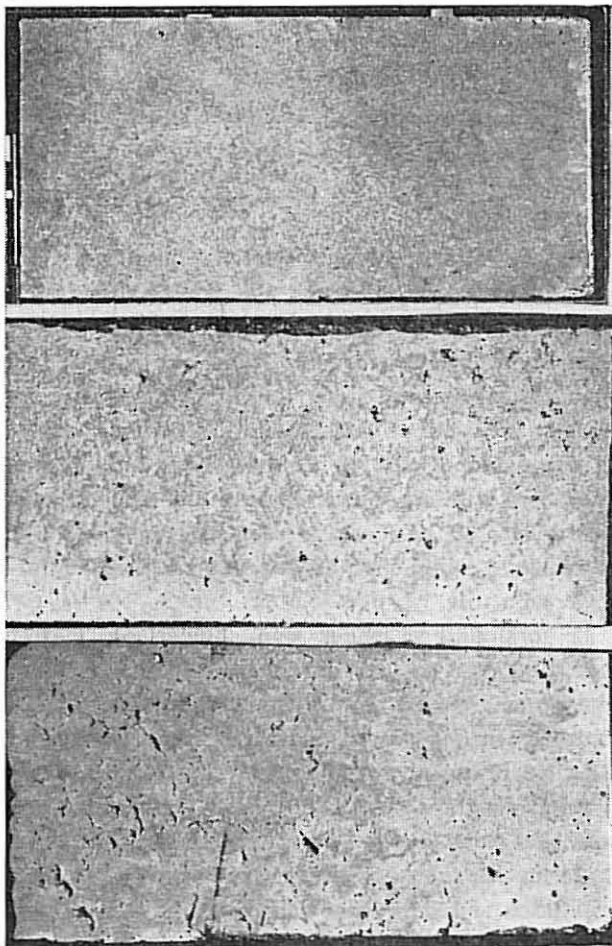


Fig. 7. Innflydelse av steinmel i betongen. Øverst 21 % under 0,6 mm, underst 0 %. I midten omtrent samme steinmelinnhold, men mere finsand. (Foto: P. C. Kreijger, TNO, Holland.)

sjon i vann). Oljene bør være nøytrale eller litt basiske. Men svært mange mener at «vann er den beste forskalingsolje».

God fukting av materialene er nok den beste hjelp for å få en pen overflate. Kan man ha materialene i en vannkum i tre timer før oppsetningen er det utmerket, det jevner også ut mulige ujevnheter i fuktigheten, men dette er vel som regel ikke praktisk. En våt blanding gir en jevnere farve, hvis man unngår separasjon.

Ved noen hollandske forsøk fikk man best resultater med tørr forskaling når barksiden lå mot betongen. Det kommer muligens av at avgivelsen av fuktighet fra den våte forskaling kan være uregelmessig over bordene på barksiden. Resultatene må underbygges ved flere forsøk før man kan gjøre en alminnelig regel av dette, foreløpig viser de bare igjen at det er sikrest å ha rettsiden mot betongen.

En stor del av vanskelighetene med ujevn farve på overflaten bortfaller når plastbelegg anbringes på treforskalingen, og når stålforskaling eller trefiberplater brukes. Den siste suger som bekjent også noe vann, men er homogen.

Selvfølgelig må betongen fremdeles være godt blandet og av jevn materialsammensetning, sementen må ha jevn farve. For å oppnå det siste bør all sement i en flate være av samme leveranse.

For oljing av stålforskaling er ren olje, med opp til 2 % emulgator, å foretrekke. Plast og stål slipper omtrent likt enten de er smurt eller ikke, selvfølgelig under forutsetning av at det ikke finnes rustflekker eller andre ujevnheter. Ujevnheter i smøringen bevirker mørke flekker i det første tilfelle, ujevn slipp på den ikke smurte overflate forårsaker lyse flekker. Våt forskaling gir jevnere farve, en litt ru overflate selvfølgelig ujevnere farve.

Porrer.

Vi skal så gå over til å behandle porer i overflaten. Som ved problemet om jevn farve ved bruk av treforskaling er det her pessimister som mener at porer er uunngåelige, men jeg håper å kunne vise at dette ikke er tilfellet. Her blir det bare snakk om porer på grunn av betongkvalitet, behandling av betongen, og forskalingens art, ikke om årsaker som f. eks. utett forskaling.

Også her må man ha en målemetode for å kunne uttrykke i tall hvor poret en overflate er, og gi grenser for hva som kan tillates. I England har man brukt en 6" ring som legges på overflaten (fig. 6), og antall porer større enn $\frac{1}{8}$ " telles. Dessuten anslåes antall porer mindre enn $\frac{1}{8}$ " til «stort», «middele» eller «litet». Veggen deles i øvre, midtre og

nedre tredjedel, partiet med mest huller i hver tredjedel blir brukt.

For overflater som ikke skal males eller tapetseres, må det ønskede poretall og porestørrelse fastsettes i hvert enkelt tilfelle, etter den overflatevirkning som skal oppnås, men porer i uregelmessige striper over overflaten er vel aldri ønsket. Om hvor store porer som bør tillates under tapet og maling later meningene til å være meget delte. Både 5 mm for maling og tapetsering og 2—3 cm for tapetsering ble nevnt som største ønskede poremaal på det før omtalte møte Betongforskningsrådet arrangerte. Det bør samles inn erfaringer og meninger om dette.

Noen hevder at betongens egenskaper har liten eller ingen innflytelse på porene, men de fleste er uenige i dette. Bildet (fig 7) er vel nok til å motbevise påstanden. Her har betongen øverst mer steinmel enn betongen nederst. Betongen øverst er laget med sand med 21 % under 0,6 mm, underst med 0 %, bildet i midten har 23 % under 0,6 mm, men 40 % mot de andres 30 % under 2,8 mm. Et tilstrekkelig innhold av steinmel later til å være avgjørende for et godt resultat, men finsandinnholdet bør ikke være så stort at kornkurven blir for dårlig. Magre blandinger kan gi godt resultat når sanden er riktig.

Etter noen engelske forsøk skulle «gap-grading»¹, altså tilslagsmidler hvor noen kornstørrelser ikke finnes, istedenfor den oftest ønskede jevne kurve, gi best overflate. Blandingen ved disse forsøk hadde en betraktelig mindre del, 25 % mot til sammenligning 60 %, som passerte 9,5 mm silen, men en større del, 11 % mot 5 %, som passerte 0,3 mm silen. Etter min mening er muligvis det siste forklaringen på det bedre resultat, og gap-gradingen kan være unødvendig uten for å øke steinmelinnholdet.

Kalkstein-aggregater ga dårligere resultater enn andre steinsorter. Her må det nevnes at noen steinsorter, særlig naturligvis knust som sand, virker som «air-entrainers», de utvikler gass, og man får mer porer. Årsaken kan også være at luften henger bedre fast til kalksteinen.

For interessens skyld gjengis her (fig. 8) et bilde som viser overflate behandlet med retarder (Lentan) og børstet med 10 % saltsyre, nederst når børstingen ble foretatt 3 dager etter støpen, øverst 1 dag etter. Som det vil sees er forskjellen stor.

Man har videre notert at det kommer få eller ingen blærer der trykket blir over en viss størrelse. De fleste har vel lagt merke til stripene med pore overflate under hver støpeskjøt, hvor trykket under vibreringen har vært lite. Dette kommer ikke av for

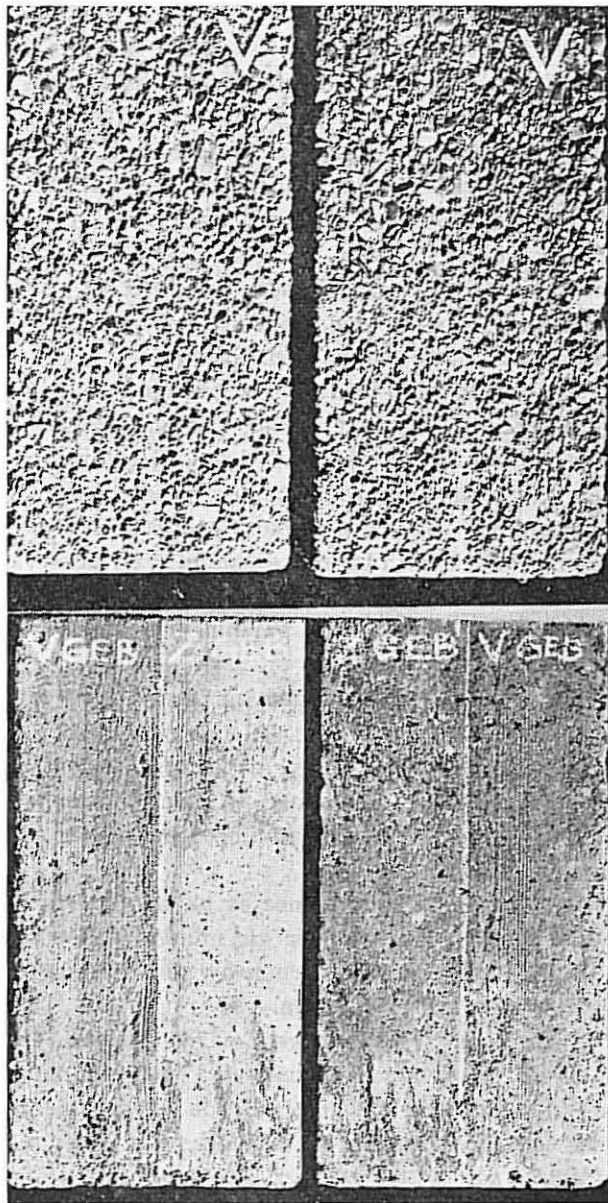


Fig. 8. Overflater behandlet med retarder og børstet med 10 % saltsyre. Øverst vasket en dag etter støpen, nederst tre dager etter.

(Foto: P. C. Kreijger, TNO, Holland.)

eksempel at de dypere lag er blitt bedre vibrert enn de øvre, man får lite blærer også i øverste del når trykket økes kunstig i den øverste del av betongen. Tilsynelatende i strid med dette kan man oppnå blærefri overflate ved å støpe i tynne sjikt, bare 20—30 cm høye. Forklaringen kommer senere.

Det foreligger også en lang rekke erfaringer som viser at en forskaling som slipper dårlig gir mindre blærer enn en glatt. Herved menes ikke at man kanskje ser blærene dårligere på den ruere overflate den mere klebrige forskaling gir. For eksempel har man i England funnet at av alle mulige overflater gir oljet stål mest blærer. På det før nevnte møte i Norge ble det fremholdt at høvlet forskaling gir mer porer enn uhøvlet. Riktig ru

¹ Partikkelsprang.

overflater, kledd med f. eks. vannavvisende skumplast, gir få blærer.

Hva blærene er fylt med, luft eller vann, er det forskjellige meninger om. En tysk forsker mente at blærene er vannfylte, og anførte som bevis, at hvis man smører formene med grønnsåpe istedenfor olje, forsvinner blærene nesten helt. Det kan være en brukbar metode, men rustfaren for ståldejer og armering øker hvis man gjør dette. Argumentet er ikke overbevisende; selv om det dreiet seg om luftblærer, ville disse avta på grunn av at såpen nedsetter overflatespenningen.

Luft følger alltid med materialene inn i betongen, og blærer dannes på tre måter: Ved for tørr betong oppstår huller som fylles med luft p. g. a for dårlig komprimering. Ved for våt betong foregår «sig» under partikler, man ser et stort sandkorn i toppen og en sementhinne i bunnen av hullet. Ved passe våt betong blir luften som hefter til materialenes overflate samlet i bobler ved gnidningen under vibreringen.

Det er altså *luft* i betongen, og da særlig nær forskalingen, som må unngås. Til tross for dette kan man få bedre resultater ved å tilsette air-entrainer, hvis det er store porer man vil unngå, mens antall små porer er uten betydning, som det ofte kan være tilfellet.

God blanding driver ut noe av luften, og erfaringen viser at tvangsblender gir mindre blærer enn vanlig blender, både på grunn av god blanding og fordi mindre luft bringes inn.

Endelig har vi virkningen av vibreringen. Her later det til at høy frekvens, ca 17 000 r. p. m., er best for vertikale former, allerede så forholdsvis høy som 7000 r. p. m. gir dårligere resultater. En stålplate som settes ned før støpingen på innsiden av forskalingen, og trekkes opp, gir gode resultater. Det er ikke usannsynlig at for eksempel en tynn trefiber- eller plastplate, muligens en plastduk, ville gi ennå bedre resultater, men jeg har ikke hørt om dette har vært gjort. Endelig kan nevnes at det som regel er tettere med porer på overflaten enn inne i betongen.

Etter nå å ha beskrevet fenomenene, innflytelsen av forskaling, materiale og behandling, skulle vi gjerne kunne gi en forklaring på hvorfor vi finner disse fenomenene. Det gjør det lettere å velge riktig fremgangsmåte på forhånd, i motsetning til å beskrive resultatene etterpå som her er gjort, og gi retningslinjer for videre forsøk.

Det hersker ikke noen alminnelig enighet om dette. Den sannsynligste forklaring synes å være at det er forskalingens pumpevirksomhet under vibreringen som er hovedårsaken. Ved vibreringen slår nemlig lett forskalingen ut mer enn betongen, det

dannes et undertrykk i mellomrommet, og luft suges til. Jeg har stått og sett på at luftboblene kommer opp langs forskalingskanten (ved forskaling i store flak, med utette forbindelser) og har latt vibreringen fortsette i et kvarter uten at boblenes antall minket. Hypotesen forklarer alle de før nevnte forhold. En stiv, ru eller klebrig forskaling slipper ikke så lett, så undertrykket ikke dannes. Er trykket stort, må det større krefter til for å overvinne dette, så forskalingen kan gå fri.

Den luft som finnes i betongen vil suges mot forskalingen, så man får porer også ved en tett stål-forskaling. Luften stiger oppover for hvert slag, dette bidrar til å gi mer bobler i øverste del hvis forskalingen er tett. Er støpehøyden liten kan all luft unnsnippe, og blærer unngås. En annen teori som forklarer alt dette er vanskelig å finne.

Det er ennå meget vi ikke vet på dette området, det finnes lite av systematiske forsøksreier. Men tar man hensyn til det som her er sagt, bør man få en rimelig jevnfarvet overflate med lite porer.

Litteratur:

1944. *Suenson, E.*: Betons poreformer og vandtæthed. Ingeniøren, b. 53, nr. 42, s. B 93—100.
1955. *Bjerking, S. E.*: Formar till putsfri betong. Byggnadsindustrin, nr. 10, 1955, s. 311—316.
- Hägg, H.*: Synpunkter på användning av formolja vid putsfria betonghus. Cement och betong, nr. 3, 1955, s. 159—164.
- Norén, E.*: Plywood som träfiberskivor till betongformar. Byggnadsindustrin, nr. 11, 1955, s. 335—346.
- Schjodt, R.*: Fremstilling og behandling av betongoverflater. Bygg 3, 1955, s. 51—56.
1956. *Bjerking, Sven-Erik*: Putsfria betonghus. Stockholm 1956, s. 60—61, 92. (Statens nämnd för byggnadsforskning. Rapport 32).
- Hägg, H.*: Ytbeskaffenhet hos putsfri betong i husbyggnader. Cement och betong, nr. 4, 1956, s. 191—199.
- Landbo, J.*: Smøremidler til forme for pudsfri beton. Byggeindustrien, nr. 5, 1956, s. 87—90.
- Persson, S.*: Porbildningsproblemet vid gjutning av putsfri betong. Betong, nr. 4, 1956, s. 201—209.
- Statens nämnd för byggnadsforskning*: Ytbehandling i putsfria betonghus. Referat från en konferens . . . Stockholm 1956. Stensiltrykk.
1957. *Justsuk, E.*: Formplywood. Byggnadsindustrin, nr. 9, 1957, s. 271—274.
1958. *Galløe, V.*: Pudsfri beton. København 1958, s. 16. (Statens byggeforskningsinstitut. Rapport, 24).
- Schjodt, Rolf*: Overfladebehandling av betong. Byggmesteren, nr. 4, 1958, s. 26—28.
1959. *Bjerking, S. E. og I. Höglund*: 1. Platsgjutning av betong för putsfria ytor. 2. Ytjamhet hos putsfria betongytor. Stockholm 1959. (Statens nämnd för byggnadsforskning. Särtryck, 4, 1959).
1960. *Hanson, J. A.*: Plastic forms for architectural concrete. American Concrete Institute. Journal b.56, mai, 1960, s. 1137—1148.
- Ratiobouw*: External finishes for concrete. Garston, Herts, 1960. (Building Research Station. Library communication, 975).
1961. *Adam, M.*: Étude sur les parements de béton armé apparent. Institut technique du bâtiment et des travaux publics. Annales. Supplément, mars-april, 1961, s. 378—388.
- Heinle, Erwin*: Herstellung von Sichtbeton. Heraklith-Rundschau, Österr. Ausg., nr. 54, 1961, s. 2—9.
- Følgende publikasjoner ble fremlagt på: International Council for Building Research, Studies and Documentation. Colloquium on Concrete Surface Finishes, Wexham Springs, 1961. Finnes ved NBI's bibliotek.
- Ahnborg, Erik*: Concrete surface finishes in Sweden.
- Bonnome, C.*: Exposed reinforced concrete faces.
- Hanson, J. A.*: Architectural concrete by the use of plastic forms and the aggregate transfer method. By . . . and J. J. Shideler.
- London. County Council. Architect's Department*: Practice notes on the architectural use of concrete.
- Metzner, R.-K.*: Experience with exposed concrete in Germany.
- Ovsiankin, V. J.*: Concrete surface finishings.
- Trüb, Ulrich*: The use of exposed concrete in Switzerland.
- Ward, F.*: Exposed aggregate finishes.
1962. *Statens råd för byggnadsforskning*: Putsfria betongytor — utförande och invändig ytbehandling. Stockholm 1962. (Byggeforskningen. Småskrift, 21).