



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R34:1972

**Betongmålning
Karakterisering av
betongytor, färgers vid-
häftning och inträngning**

Bengt Lindberg



Byggforskningen

Betongmålning

Karakterisering av betongytor, färgers vidhäftning och inträngning

Bengt Lindberg

För att en målad yta skall uppfylla olika tänkbara funktionskrav är ett fundamentalt krav, att färgen har god vidhäftning till sitt underlag. Detta medför att även krav ställs på underlagets mekaniska ytstyrka. Föreliggande rapport belyser sådana förhållanden som bör beaktas vid målning av betong- och lättbetongytor. Olika faktorer som kan antagas påverka betongens egen ytstyrka samt färgers vidhäftning till betong och lättbetong har undersökts. Nära förknippad med färgers och lackers vidhäftning är deras inträngning i underlaget. Betongytors kemiska (alkaliska) karaktär har studerats, då denna i hög grad är bestämmande vid val av bindemedelstyp i en färg avsedd för målning av betong. Fuktproblematiken i samband med målning av betong och lättbetong ingår inte i denna rapport utan avses att behandlas i en senare rapport.

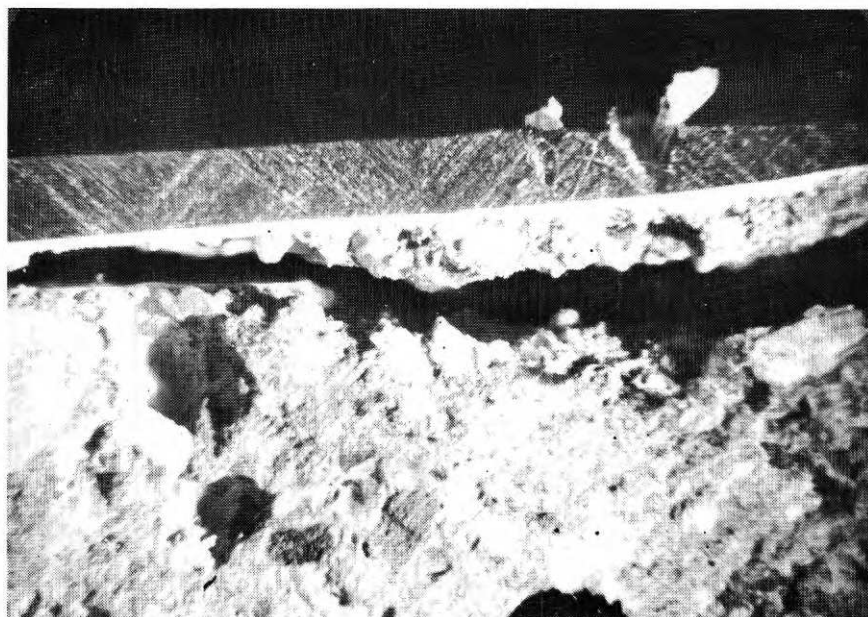
Ytstyrkan hos betong- och lättbetongytor

I Sverige yrkesmässigt gjuten betong utförs i en bestämd s.k. utförandeklass (I, II eller III) och så att betongen erhåller en bestämd tryckhållfasthet uttryckt med ett K-värde allt efter de krav som ställs på konstruktionen. En betong gjuten med ett högt K-värde och enligt kraven i utförandeklass I kan förväntas ha en betongyta av hög kvalitet vad avser

ytans styrka (hållfasthet) och jämnhet.

Betongs ytstyrka studerades dels genom att på ytan fastlimma och avdraga cylindriska metallkroppar, dels genom att avdraga tejprensor från ytan. De vid dragprovning erhållna brotten uppstod ca 0,5–2 mm ned i betongen, medan vid tejpmetoden lossnade endast relativt löst sittande partiklar eller partier från betongytan. *Slåta mot form gjutna betongytor* gav genomgående höga dragvärden (3–5 N/mm²). Beträffande denna typ av betongyta skall framhållas, att eventuellt kvarvarande formolja måste avlägsnas innan ytan kan målas.

Det huvudsakliga intresset har ägnats åt *horisontellt gjutna betongytor*, eftersom dessa påverkas av en mängd faktorer vad avser deras ytkaraktär. Generellt gäller att ett högt vattencementtal (viktförhållande vatten/cement i betongmassa) försämrar betongs tryckhållfasthet, vilket visat sig även vara giltigt för ytstyrkan mätt som draghållfasthet. Ett högt vattencementtal innebär dessutom större risk för bildning av ett separationsskikt på betongytan som består av ett mekaniskt svagt och poröst skikt, kallat separationsskikt. Betongytor med sådant skikt utgör ett dåligt underlag för målning. För att ett tillfredsställande målningresultat skall uppnås måste nämnda skikt på ett eller annat sätt avlägsnas.



Epoxiuretanfärg på stålglättad betongyta. Färgskiktet är skyddat av en pågjuten epoxi-massa. 12X.

Byggforskningen

Sammanfattningar

R34:1972

Nyckelord:

betongmålning, betong, lättbetong, färgprovning

Rapport R34:1972 avser anslag C 687 från Statens råd för byggnadsforskning till Nordiska institutet för färgforskning, Köpenhamn.

UDK 691.32
620.179.4
693.548
SfB Gf
Vv
ISBN 91-540-2057-3

Sammanfattning av:

Lindberg, B, 1972, *Betongmålning. Karakterisering av betongytor, färgers vidhäftning och inträngning*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R34:1972, 80 s., ill. 18 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: konstruktion

Effekten av några olika bearbetningsmetoder på betongs ytstyrka undersöktes. Hög ytstyrka uppmättes på stålglättad, vakuumsugen och stålborstad betongyta (ca 2,0 N/mm²), medan något sämre ytstyrka erhöles för syratvättad och brädriven yta (ca 1,5 N/mm²). Med ökad härdningstid ökar även ytstyrkan och följer i detta hänseende i stort tryckhållfasthetens tillväxt. Betongytor är ständigt utsatta för en karbonatiseringsprocess som består i att vid cementets hydratisering bildad kalciumhydroxid reagerar med luftens koldioxid. På betongen bildas således ett karbonatiserat ytskikt. Detta skikt karakteriseras av att det lätt lossnar från ytan (mätt med tejpmetoden) samt att det ofta är krackelerat. Denna typ av yta påträffas ofta på gamla betonggolv. Det neutraliserade (karbonatiserade) skiktet är hos nygjuten betong mycket tunt (några hundradels mm), men tilltar i tjocklek med tiden.

Betongs alkaliska karaktär studerades genom bestämning av ytans pH-värde. Nygjutna betongytor har ett pH-värde på 11–12 och avtar till ca 10–11 efter tre månader. *Efterbehandling* av betong innebär, att betongen, någon tid efter gjutningen, bevaras fuktig så att hydratiseringsreaktionerna kan fortgå. Dragprovningar på betong, förvarad vid varierande fukthalt, visade, att bästa ytstyrka erhålls på betong förvarad vid hög fukthalt. Med tejpmetoden konstaterades dock, att på den vid 100% RH härdade betongen fanns i själva ytan relativt många svagt förankrade partier.

Bedömningen av ytkaraktären beror sålunda på om metoden med fastlimmade metallkroppar eller metoden med tejprensor kommer till användning. Vid den förra metoden tränger limmet (tvåkomponent epoxilim) en bit ner i betongen, som därmed förstärks i ytan. Med tejpmetoden fås närmast en uppfattning om mängden löst förankrade partiklar i själva ytan. Skall en betongytas lämplighet som underlag för en viss färg fastställas är det därför bäst att prova den aktuella färgens vidhäftning (dragprovning) på en liten provyta av själva betongen.

Vid bestämning av ytstyrkan hos *lättbetong* (densitet 680 kg/m³) enligt dragmetoden inträffade brottet 2–4 mm ned i materialet och den pålagda dragspänningen uppgick till 0,6–0,7 N/mm². Dessutom utfördes mätningar på lättbetong målad med en grov latexfärg och belagd med några plastputser på latexbas. Även i dessa fall skedde brottet nere i lättbetongen. Således är färgmaterialets vidhäftning större än lättbetongens kohesion.

Färgens vidhäftning på betong

Fem laboratorietillverkade färgers vidhäftning till på olika sätt gjuten eller behandlad betong har studerats. Mot släta former (plast eller plåt) gjutna betongytor utgjorde genomgående ett bra målningunderlag för de studerade färgerna. På dessa ytor finns inte något cementslamskikt och vanligtvis är karbonatiseringsskiktet mindre utpräglat.

Horisontellt fritt gjutna betongytor (överytor) har en betydligt mer varierande ytkaraktär och det är dessa ytor som avses i det följande. Generellt kan sägas, att bäst vidhäftning för de olika färgtyperna visade epoxiuretanfärg (ca 3–4 N/mm²), därefter klorkautschukfärg (2–2,5 N/mm²) samt två latexfärger (PVA och akrylat) och en alkydfärg (1–2 N/mm²). Vid avdragning av färgskikten medföljde i de flesta fall material från betongytan, och brottstället uppstod några tiondels mm till några mm ned i betongen. Beroende på hur djupt ned i betongen brottet inträffade erhöles olika dragvärden. Förhållandet illustreras av fotot.

Betongens ålder vid målningstillfället påverkade i liten grad färgernas vidhäftning. De flesta mätningarna utfördes på betong målad så tidigt som 18–20 timmar efter gjutning (dock ej alkydfärgen – risk för förtvålning).

Betydelsen av olika ytbearbetningar för vidhäftningen studerades för akrylat-latexfärgen (typ fasadfärg) och epoxiuretanfärgen (typ golvfärg). För latexfärgen erhöles bäst vidhäftning på piassavakvatsborstad och syratvättad betong (ca 1,7 N/mm²), medan för epoxiuretanfärgen uppmättes de högsta värdena på stålglättade och syratvättade ytor (ca 3,5 N/mm²). Effekten av förtunning av färgen vid första appliceringen och effekten av grundning med klarlack undersöktes, men någon klar förbättring av vidhäftningen konstaterades inte. Principiellt gäller, att en färg med obetydlig eller ingen inträngning i betong (t.ex. latexfärger och färger baserade på bindemedel med hög molekylvikt) fordrar ett slätt och kompakt ytskikt fritt från löst förankrade partiklar (kan kontrolleras med tejpmetoden). Målas betong med färgsystem eller klarlack som tränger ned och fyller ut porer och håligheter i betongens ytskikt blir betongytan förstärkt av det i färgen eller lacken ingående bindemedlet. Det skulle således i princip vara möjligt att måla en betong med poröst cementslamskikt, under förutsättning att färgen eller lacken kan tränga igenom och utfylla hela cementslamskiktet. För normalt pigmenterade färger kan man inte räkna med så djup inträngning (se nedan).

Färgers inträngning i betong och lättbetong

Med en speciellt utarbetad teknik har färgers och lackers inträngning (penetration) i underlaget studerats. Betongen hade vct = 0,60 och stålglättad yta. Tekniken innebar att slipade tvärsnitt av den målade provkroppen framställdes varefter inträngningen studerades under mikroskop (förstoring upp till 200×). Djup inträngning (1–3 mm) erhöles med lågmolekylära (M < 5 000), polära bindemedel, t.ex. flytande epoxi. Med hjälp av några klarlack med varierande molekylvikt (50 000 till 185 000) hos bindemedlet, som var klorkautschuk, kunde visas en ökad tendens till inträngning med minskad molekylvikt. Utspädning av lågmolekylära epoxisystem förbättrade inträngningen något, men för mer högmolekylära vinyllyackssystem (M > 25 000) kunde ingen påtaglig ökning av inträngningsdjupet konstateras vid tillsats av mer lösningsmedel (molekylstorleken påverkas ju inte vid utspädning). En intressant och viktig iakttagelse är att pigmentpartiklar som titandioxid (0,3–1 µm) och ftalocyaninblått (0,10 µm) inte tränger ned i betongen utan frånfiltreras på betongytan. Normalt pigmenterade och väl rivna dispergerade färger tränger inte ned i betong. Opigmenterade latexfärger ger inte heller någon verklig inträngning, eftersom de i sådana färger normalt ingående latexpartiklarna är alltför stora (0,1–2 µm) och sammanflyter till en film nästan så snart de applicerats på betongytan.

I betonglitteraturen anges, att cementpasta är lika ogenomtränglig för vatten som natursten. Det är således inte förvånande att det är svårt att åstadkomma verklig inträngning av färger och lacker i betong. De tomrum som finns i cementpasta (såvida de inte är vattenfyllda) utgörs huvudsakligen av gelporer 0,001–0,002 µm (10–20 Å) och kapillärporer 0,5–1 µm (5 000–10 000 Å). I betong (cementpasta + ballast) har emellertid färgen en möjlighet till viss grad av mekanisk förankring i små krympsprickor som finns i själva cementpastan och som uppstår mellan cementpastan och ballastpartiklarna.

Inträngning i lättbetong (vars cellväggar i stort utgörs av samma material som cementpasta) sker för latexbaserade produkter endast i form av att fria håligheter i ytan utfylls mer eller mindre, främst beroende på färgens viskositet (utflytning). Med lågmolekylära opigmenterade system erhålls, liksom i fallet betong, en inträngning i själva betongens cellväggar.

Painting concrete

Characterization of concrete surfaces, adhesion and penetration of paint films

Bengt Lindberg

A fundamental property of paint films is their adhesion to substrates. In the case of both concrete and aerated concrete satisfactory adhesion is dependent on the mechanical surface strength of the substrate. In the present investigation different parameters thought to influence the surface strength of concrete and the adhesion of paints to concrete have been studied, and associated with the adhesion is the degree of penetration into the concrete of different paint types. The alkaline character of the concrete surfaces is also of interest as this is, to a large extent, decisive in the choice of paint binder.

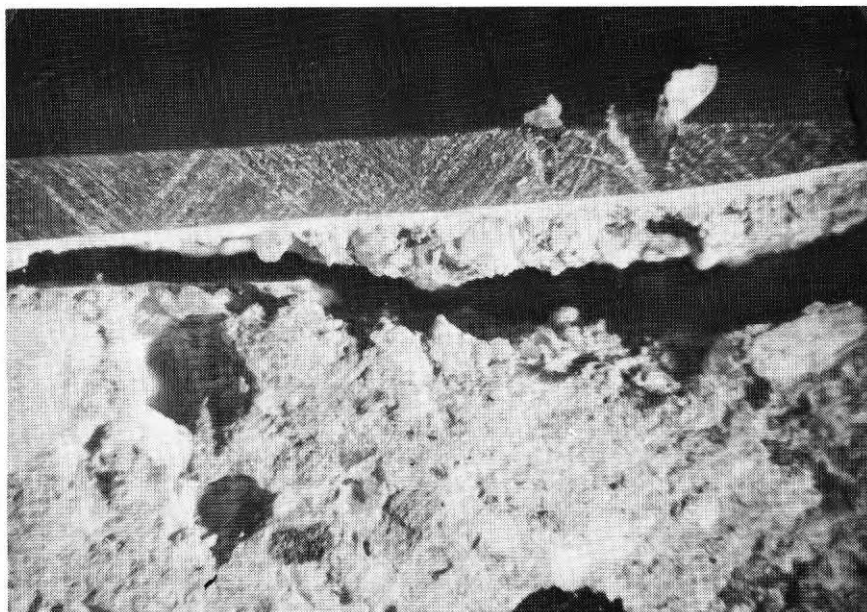
Surface strength of surfaces of concrete and porous concrete

In Sweden concrete is cast in accordance with three standards of workmanship and with specified amounts of cement, aggregate and water to obtain a specified compression strength or K-value required for the function of the construction. A high K-value and the highest standard of workmanship (class I) will correspond to a generally high quality of concrete as well as giving a surface of good strength and smoothness. The surface properties of the concrete was studied by pulling off glued on metal dollies and also by peeling off adhesive tape strips from the surface. With the pulling off method the fracture in general occurred 0.5–2 mm below the concrete surface, while with adhesive tape method only the rather loosely anchored surface materials are removed. A concrete surface

cast in a smooth mould has in general a high surface strength (3–5 N/mm²). It should be noted that before measuring surface strength any residue of mould (release) oil on the surface must be carefully removed.

This report deals mainly with the top surfaces of *horizontally cast concrete* and not surfaces cast against a mould. The latter have important differences in their surface strength factors. As a general rule a high water-cement-ratio means a lower compression strength and a lower tensile strength of the concrete surface, as determined by the pull-off technique mentioned above. A high water-cement-ratio will also mean a greater risk of water separation on the surface (especially when the concrete is vibrated), with a resulting weak porous layer (laitance layer) formed on the surface.

Concrete surfaces with a laitance layer are extremely bad substrates to paint on. This layer can be removed by a variety of mechanical, thermal and chemical surface treatments. The effect of different treatments on the surface strength of the concrete has been investigated. The highest surface strength was obtained from steel floated, vacuum-treated and steel brushed concrete (c. 2.0 N/mm²) while a slightly lower surface strength was obtained from HCl-acid etched and wood float treated surfaces (c. 1.5 N/mm²). Increased curing time results in increased surface strength and also of course in an increase in compression strength in the bulk of the concrete. Uncoated concrete surfaces are



Epoxy urethane paint on steel-glazed concrete surface. The paint film has been protected by a coat of two-can epoxy. 12X.

National Swedish Building Research Summaries

R34:1972

Key words:

painting concrete, concrete, porous concrete, paint test

Report R34:1972 has been supported by Grant C 687 from the Swedish Council for Building Research to Scandinavian Paint and Printing Ink Research Institute, Copenhagen.

UDK 691.32
620.179.4
693.548
SfB Gf
Vv
ISBN 91-540-2057-3

Summary of:

Lindberg, B, 1972, *Betongmålning. Karakterisering av betongytor, färgers vidhäftning och inträngning*. Painting concrete. Characterization of concrete surfaces, adhesion and penetration of paint films. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R34: 1972, 80 p., ill. 18 Sw. Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

constantly exposed to a carbonation process when the calcium hydroxide formed during the curing of the concrete reacts with the carbon dioxide in the air, giving rise to a more or less thick so called carbonated layer on the concrete surface. This layer is very easy to remove from the surface (the adhesive tape method) and it usually has a cracked or crazed appearance such as is often seen on old concrete floors. The neutralized surface layer thus formed is very thin (approximately some hundred μm after curing a couple of months).

The alkaline character of concrete surfaces was studied by measuring the surface pH. Newly cast concrete surfaces had a pH value of 11–12 which decreased to app. 10–11 after three months. Pull-off measurements on concrete surfaces stored at different humidities showed that the best surface strength was obtained on concrete stored at high humidity. The adhesive tape-method showed, however, that concrete stored at 100 % RH contained much loose surface material. The assessment of the surface character (strength) is dependent on the method of test. With the pull-off method the glue (liquid two-component epoxy) for attaching the metal dolly penetrates to some extent the surface of the concrete and thereby reinforces it. The adhesive tape method gives a measure of the amount of loosely anchored material on the concrete surface. Assuming the task is to decide if a concrete surface has sufficient strength to be painted, it is best to test the adhesion of the actual paint by the pull-off method on a small painted test surface on the concrete thus avoiding any error caused by penetration of glue directly into the concrete. When pulling off paint films from concrete surfaces the fracture normally occurs in the concrete itself and a measure is obtained of the surface strength of the substrate.

The surface strength of *porous concrete* (density 680 kg/m^3) or more exactly the cohesion at a depth of 2–4 mm in the material was determined as 0.6–0.7 N/mm^2 . Furthermore, measurements were carried out on porous concrete painted with a latex paint containing large extender particles and also coated with some special plasters based on latex. In all cases investigated the fractures occurred in the porous concrete and consequently the adhesion of the coating to the porous concrete must be greater than the cohesion in the porous concrete.

The adhesion of paints to concrete

The adhesion of five laboratory prepared paints to concrete cast and surface treated in different ways, was

studied. The adhesion was measured by the pull-off method. A new portable automatic pneumatic pull-off instrument was used. Good adhesion was in general measured for paints on smooth concrete surfaces (cast in a plastic mould). On such surfaces there is no cement layer (due to water separation) and the carbonation layer is much less pronounced (since the surface during the critical "wet" period is protected from the atmosphere by the mould).

Horizontally and openly cast concrete surfaces may have variable surface characteristics. Among the five types of paints investigated the best adhesion was obtained with an epoxy urethane paint (c. 3–4 N/mm^2), the second best was a chlorinated rubber paint (c. 2–2.5 N/mm^2) and the two latex paints (PVA and acrylic) gave similar and lower values and an alkyd paint (1–2 N/mm^2). In pulling off the dollies attached to the paint films the fractures were about 0.1–2 mm under the concrete surface since this thickness of concrete adhered to the underside of the paint films, see the photo. The age of the concrete after painting had little influence on the adhesion of the paints. When studying different factors affecting adhesion, the concrete throughout was painted as soon as 18–20 hours after casting (though not for the alkyd paint, due to the risk of saponification).

The importance of different pretreatment methods on adhesion was studied for the acrylic latex paint (type: exterior wall paint) and the epoxy urethane paint (type: floor paint). For the latex paint best adhesion was obtained on piassava-brushed and acid etched concrete (c. 1.7 N/mm^2) while for the epoxy urethane paint the highest values were measured on steel floated as well as acid etched concrete (c. 3.5 N/mm^2). The effect of diluting the paint for the first application and also of priming with vinyl lacquers was investigated, but no definite improvement in adhesion was noted. A paint that penetrates the concrete only slightly or not at all (for instance latex paint and paint based on binder of high molecular weight) needs a smooth and compact surface layer free from loosely anchored material particles in order to obtain good adhesion and this can be controlled by the adhesive tape-method. Paint systems that easily penetrate into and fill any air or water cavities in the concrete surface layer (for instance liquid grades of epoxy) will reinforce the concrete surface itself and a "bad" surface becomes a "good" surface when measuring adhesion by the pull-off method.

Penetration of paints into concrete and porous concrete

The penetration of paints and varnishes into a concrete substrate was studied by a specially developed method. The technique involves the preparation of cross-sections of the painted concrete block and studying and estimating under a microscope the amount of penetration of the paint into the substrate. Deep penetration (1–3 mm) was obtained with low molecular weight ($M < 5000$) polar binders as, e.g., liquid epoxy grades. Using varnishes with different molecular weights (50,000 to 185,000) in the binder (e. g. chlorinated rubber) it was noted that the penetration of the varnish clearly decreased with increasing molecular weight. Diluting low molecular weights vinyl based lacquers increased the penetration but with higher molecular weight systems ($M > 25,000$) no obvious increase could be observed, thus the size of the molecules is not or only slightly affected by diluting. An interesting and important observation is that pigment particles, such as titanium dioxide (0.3–1 μm) and phthalocyanine blue (0.10 μm) do not penetrate into the concrete, but remain on the concrete surface. Consequently, one cannot assume that normally pigmented paints will penetrate into the concrete. Unpigmented latex paints give no real penetration either because the latex emulsion particles are too large (0.1–2 μm) and they coalesce into a film almost as soon as the paint is applied to the surface. In the literature, it is reported that hardened cement paste is as impermeable against water as for example granite and it is thus not surprising that it is difficult to obtain a true penetration into concrete of paints and varnishes. The voids in hardened cement paste (air or water filled) consist mainly of gel pores 0.001–0.002 μm (10–20 Å) and capillary pores 0.5–1 μm (5000–10,000 Å).

Paints on concrete (cement paste + aggregate) have the possibility of mechanical anchoring in any cracks formed by shrinking of the concrete either in the cement paste or between the cement paste and the aggregates.

The penetration into porous concrete (its cell walls consist mainly of the same material as cement paste in concrete) of latex based products occurs only into the large air filled voids. The holes in the surface of the porous concrete are filled up more or less depending on the viscosity of the paint (flow) and the particle sizes of the filler material in the paint. With low molecular systems (i.e. epoxy based) a penetration was obtained even in the cell walls of the porous concrete.

Rapport R34:1972

BETONGMÅLNING
KARAKTERISERING AV BETONGYTOR, FÄRGERS VIDHÄFTNING OCH INTRÄNGNING

PAINTING CONCRETE
CHARACTERIZATION OF CONCRETE SURFACES, ADHESION AND PENETRATION
OF PAINT FILMS

av Bengt Lindberg

Denna rapport avser anslag C 687 från Statens råd för byggnadsforskning till Nordiska institutet för färgforskning, Köpenhamn. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2057-3

Rotobekman AB, Stockholm 1973

INNEHÅLL

FÖRORD	4	
1	MATERIALET BETONG UR MÅLNINGSTEKNISK SYNVINKEL	5
1.1	Betong som byggnadskonstruktionsmaterial	5
1.2	Hydratiserat cement	5
1.3	Cementpastans volymmässiga sammansättning	7
1.4	Cementpastans täthet och vattengenomsläpplighet	9
1.5	Vattenseparation och bildning av cementslamskikt	10
1.6	Karbonatisering av betongytan	12
1.7	Betongens efterbehandling	13
1.8	Betongytor och bearbetning av dessa före målning	14
1.9	Betongs beständighet vid yttre påverkan	15
2	LÄTTBETONG OCH LÄTTBETONGYTOR	18
2.1	Materialet lättbetong och dess framställning	18
2.2	Lättbetongs materialegenskaper	19
2.3	Lättbetongytor	19
3	KORT RESUMÉ AV TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR (TM 251-255)	20
3.1	Allmänt om färgskikts vidhäftning till betongytor	20
3.2	Olika parametrars inverkan på vidhäftningen mellan färg och betong	20
4	EGNA UNDERSÖKNINGAR	23
4.1	Undersökningens ändamål och uppläggning	23
4.2	Materialval	23
4.3	Betongytor och dess ytstyrka	26
4.3.1	Dragprovning	26
4.3.2	Tejp-metoden för undersökning av cementslamskikt	44
4.3.3	Andra instrument för undersökning av betongytor	45
4.4	Lättbetongs ytstyrka samt målade lättbetong	47
4.5	Betongytors kemiska karaktär	48
4.6	Målade och klarlackbehandlade betongytor	51
4.6.1	Inverkan av utspädning samt grundering med klarlack	51
4.6.2	Inverkan av betongålder och färgtyp	57
4.6.3	Inverkan av betongytans ytbearbetning	59
4.7	Färgers och lackers inträngning i betong och lättbetong	65
4.7.1	Inträngning i cementpasta	65
4.7.2	Inträngning i betong	66
4.7.3	Inträngning i lättbetong	69
5	REFERENSER/LITTERATUR	70
	BILAGOR	
	I. Färgrecept	72
	II. Några betongtekniska begreppsförklaringar	76

FÖRORD

Från den 1.7.1968 till slutet av 1969 har vid f.d. Svenska Färgindustrins Forskningslaboratorium (FFL), Stockholm och efter den 1.1.1970 vid Nordiska Institutet för Färgforskning (NIF), Köpenhamn pågått forskningsarbete med projekttiteln "BETONGMÅLNING". Projektet som finansieras genom anslag från Statens råd för byggnadsforskning (BFR), Stockholm har fram till föreliggande rapport redovisats av FFL i form av en litteraturöversikt (TM 250) och fem delrapporter (TM 251-255). I samband med att betongmålningsprojektet överfördes till NIF har vid detta institut genomförts en statistisk bearbetning med sammanfattning av de tidigare från FFL utsända delrapporterna. Denna sammanfattande rapport har sänts till BFR under titeln "BETONGMÅLNING. Statistisk utvärdering av resultaten i fem betongmålningsrapporter TM 251-255", NIF-meddelande T 9-70 M.

Den nu föreliggande rapporten är en fortsättning på det vid FFL tidigare utförda forskningsarbetet som främst ägnats åt studium av färgskikts vidhäftning till på olika sätt gjuten och ytbearbetad betong.

Rapporten omfattar dels ytterligare studier av färgskikts vidhäftning till betongytor, dels nya moment, såsom betongytors ytstyrka och kemiska karaktär, färgers inträngning i betong samt materialet lättbetong som målningsunderlag. Förutom redovisning av föreliggande undersökningar har även tagits med några av de viktigaste och mest betydelsefulla slutsatserna från de tidigare FFL-undersökningarna.

I rapporten behandlas inte problem beträffande fuktproblematiken i samband med målning eller annan ytbeläggning av betong och lättbetong. Hit hör även fenomenet saltutfällning (kalkutfällning).

1 MATERIALET BETONG UR MÅLNINGSTEKNISK SYNVINKEL

1.1 Betong som byggnadskonstruktionsmaterial

Betong är ett av våra viktigaste byggnadsmaterial använt till husbyggnader, vägar, bassänger, broar, kraftbyggen, vattentorn, silos m.m. Betong är sålunda ett byggnadsmaterial som används till en mångfald olika ändamål. Dess omfattande användning beror till stor del på den färska betongmassans formbarhet, som utnyttjas av konstruktören, arkitekten och konstnären. Vidare är betong ett relativt billigt byggnadsmaterial med goda hållfasthetsegenskaper.

För att till fullo kunna utnyttja betongens goda tekniska egenskaper krävs vissa grundkunskaper om materialet betong. Sålunda kan val av cementtyp och cementmängd, ballast (mängd, kornstorlek och kvalitet), riktigt avpassad vattenmängd och konsistens, tillsatsmedel, lämplig temperatur vid gjutningen, bearbetning och efterbehandling få avgörande betydelse för det slutgiltiga resultatet.

Av tekniska, ekonomiska och estetiska skäl målas eller ytbelägges i allt större utsträckning betongytor. Exempel härpå är färdigmålade betongelement, betonggolvbeläggningar samt målade eller putsade fasader i betong eller lättbetong.

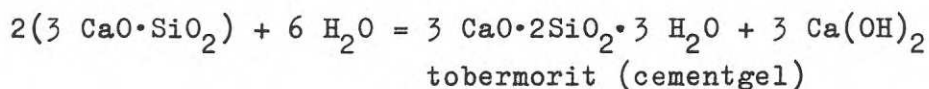
Materialet betong består av cement, vatten och ballast (vanligen sand, grus och sten). Cement och vatten bildar tillsammans en cementpasta (cementlim) som omsluter och fixerar ballastpartiklarna i den stelnade betongmassan. Styvnanudet sker någon eller några timmar efter sammanblandning. För att ge betongen specifika egenskaper tillsättes ibland dessutom små mängder tillsatsmedel (kemikalier).

1.2 Hydratiserat cement

Det finmalda cementpulvret (typ portland) består huvudsakligen av en blandning av kalciumsilikater. För en standardcement (Std) gäller ungefär följande sammansättning:

Kalksilikat	Viktprocent
3 CaO·SiO ₂	55 %
2 CaO·SiO ₂	15 %
3 CaO·Al ₂ O ₃	10 %
4 CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃	10 %
" Övrigt (bl.a. gips)	10 %

Vid tillsats av vatten till cementpulvret reagerar var och en av de ingående kalksilikaten med vattnet och bildar en hård, oupplöslig cementgel huvudsakligen bestående av kolloidalt trikalciumpdisilikat (3 CaO · 2 SiO₂ · 3 H₂O). Denna förening påminner i kristallstruktur om ett i naturen förekommande mineral, nämligen tobermorit. För kalksilikatet 3 CaO·SiO₂ kan reaktionsförloppet tecknas:



Trikalciumsilikatet omvandlas av vattnet till tobermorit som utskäljes i gelform, under det att fritt kalciumhydroxid efter hand utkristalliseras. Mängden kemiskt förbrukat vatten och mängden bildad kalciumhydroxid då de olika kalksilikaten reagerar med vattnet framgår nedan:

Kalksilikat	Bundet vatten per vikt-del Ca-silikat	Frigjord Ca(OH) ₂ per vikt-del Ca-komponent
3 CaO · SiO ₂	0,24	0,49
2 CaO · SiO ₂	0,21	0,21
3 CaO · Al ₂ O ₃	0,40	-
4 CaO · Al ₂ O ₃ · Fe ₂ O ₃	0,37	- 0,31 ¹⁾

1) Ca(OH)₂ förbrukas

Vid fullständig hydratisering av cementpulvret binds kemiskt i hydratform en mängd vatten uppgående till ca 25% av cementvikten men härutöver binds vatten till ca 15% av cementvikten rent fysikaliskt i cementpastan i form av gelvatten. Totalt åtgår sålunda för 100% hydratisering ca 40% vatten räknat på mängden cement.

Av tabellen på föregående sida framgår att inte obetydlig mängd kalciumhydroxid (ca 25-30% av cementvikten) bildas vid hydratiseringsprocesserna. Härav följer att färskgjutna betongytter är starkt alkaliska.

1.3 Cementpastans volymmässiga sammansättning

Reaktionen mellan cement och vatten börjar omedelbart i det att de olika kalksilikaten hydratiseras till en fast gel som gradvis bildar den kontinuerliga fasen (cementpastan) i betong. Det kemiskt bundna vattnet (25% av cementvikten) har mindre volym än motsvarande vikt fritt vatten. På grund av denna volymminskning bildas s.k. kontraktionsporer, vilket bl.a. förklarar varför cementpastan kan suga upp ytterligare vatten. Det fysikaliskt bundna vattnet (ca 15% av cementvikten) binds i själva gelstrukturen som förångningsbart vatten (kan avges vid uppvärmning till +105°C). I cementpastan bildas dessutom gelporer med en genomsnittlig storlek av $1,5 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$ (15 Å) samt kapillärporer som är ca 1000 - 2000 ggr större.

Viktsförhållandet mellan vatten och cement benämns vattencementtal (vct) vilket vid fullständig hydratisering uppgår till 0,40. Den mängd vatten som överstiger de 40% av cementvikten bildar det s.k. kapillärvattnet, som inte har någon strukturell funktion utan bildar vid cementpastans torkning kapillärporer med styrkeförsvagande verkan. Enligt den s.k. vattencementlagen minskar cementpastans hållfasthet logaritmiskt med stigande vct-tal. Cementpastans totala porositet (gel- och kapillärporer) är således avgörande för hållfastheten hos materialet.

Cementpastans volymmässiga sammansättning vid 100% hydratisering (all cement har reagerat med vattnet) framgår av FIG. 1.

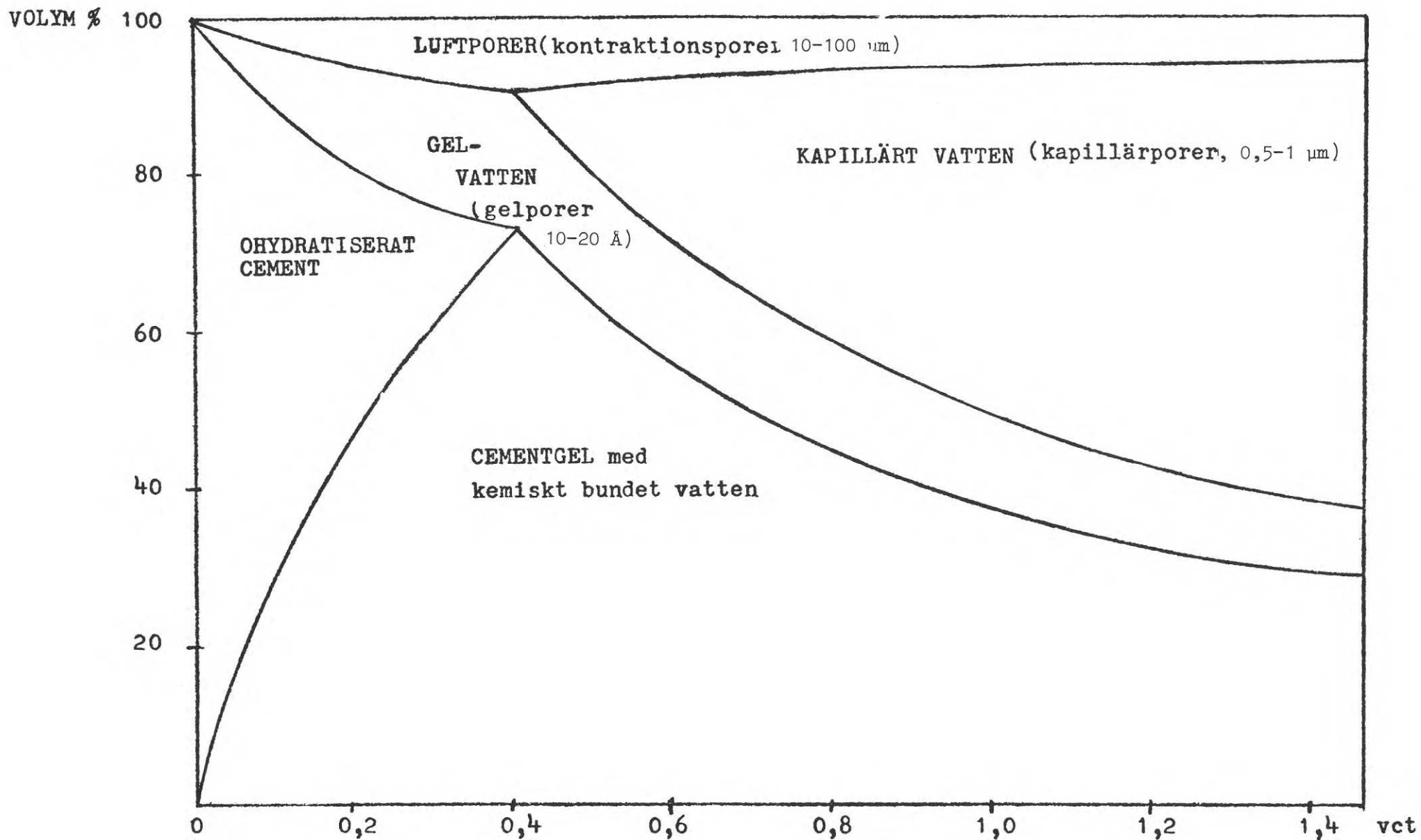


FIG.1. Volymfördelning av cementpastans beståndsdelar vid en hydratiseringsgrad av 100 % som funktion av vattencementtalet (vct).

The volume distribution of the components in cement paste at different water-cement ratios. 100 % hydration.

Väljer vi att studera den ännu inte uttorkade cementpastans sammansättning vid t.ex. vattencementtalet 0,60 (ett i praktiken realistiskt tal) utgörs denna av:

	Volymprocent
1. Cementgel med kemiskt bundet vatten (ca 37 vol.-% vatten)	55 %
2. Gelvatten, fysikaliskt bundet till cementgelen	16 %
3. Kapillärt vatten; överskottsvatten	22 %
4. Luftporer eller kontraktionsporer	7 %

Den totala porositeten vid fullständig uttorkning vid 105°C , när allt förångningsbart vatten avgår, blir i detta fall: $16+22+7 = 45$ vol.-%. Cementpastan är sålunda att betrakta som ett stelt men relativt ihåligt kapillärsystem uppbyggt av porer av alla storlekar ned till de mycket små gelporer-
na. Porerna och själva cementpastans gelstruktur är emellertid mer eller mindre fyllda med vatten i bunden och i fri form beroende på uttorkningsgraden. Det skall här framhållas, att man skiljer mellan de två begreppen lufthalt och porositet. Lufthalt anger totalvolymen luft i den komprimerade färdiga betongen. Lufthalten i betong utan luftporbildande tillsatsmedel ligger mellan 2 och 4% beroende på betongkonsistensen. Porositeten utgörs av kontraktions-, kapillär- och gelporer.

1.4 Cementpastans täthet och vattengenomsläpplighet

Trots att cementpastan i sig själv är relativt porös är den att anse som nära nog ogenomtränglig för vatten. Omfattande amerikanska laboratorieförsök har nämligen givit följande intressanta resultat:

1. Hårdnad cementpasta har ungefär samma täthet som en tät natursten. En cementpasta med vattencementtalet 0,41 hade samma vattensläpplighet som en tät fin marmor. Granit hade samma vattensläpplighet som en cementpasta med vattencementtalet 0,70. I det senare fallet innehöll cementpastan 53 vol.-% avdunstningsbart vatten under det att granitprovet endast innehöll 5 vol.-%.

2. Cementets malfinhet spelar ej någon roll. Vid samma vattencementtal och samma hydratiseringsgrad får man samma täthet antingen det använda cementet var grovt eller fint.
3. Ökningen av vattengenomsläppligheten stiger med ökat vattencementtal men först över ett vct-tal på ca 0,40, Fig. 2.
4. Cementets kemiska sammansättning har en obetydlig inverkan på tätheten.
5. Uttorkas en väl hydratiserad cementpasta ökas dess vattensläpplighet till det 70-dubbla.

Vid praktiskt betongarbete uppnås ej den utomordentligt höga grad av täthet som man i laboratorium uppmätt på cementpasta. Då man av tät natursten (s.k. ballast) och en lika tät cementpasta ej kan framställa en motsvarande tät betong, måste detta bero på svagheter i beröringsytorna mellan de båda komponenterna. Förbandet mellan ballastmaterialet och cementpastan är således inte alltid perfekt. Kapillärsprickor som uppstått i cementpastan genom krympning kan även spela en roll, liksom följderna av vatten-separation. Är vattenseparationen kraftig, betongens komprimering bristfällig eller gjutningen dåligt utförd leder detta till mikroskopiska felaktigheter, som har väsentligt inflytande på betongens vattengenomtränglighet.

Beträffande betongs täthet gentemot organiska vätskor kan sägas, att tillfredsställande täthet kan uppnås mot tunga mineraloljor, medan lätta oljor, bensin och fotogen tränger igenom betong. De senare vätskorna kan dock förvaras i betong tankar, om betongväggarnas porer hålls vattenfyllda genom ett yttre vattentryck. Konstruktionen kallas "hydraulisk vägg".

1.5 Vattenseparation och bildning av cementslamskikt

Vid betonggjutning packas den färska betongmassan vanligtvis genom vibrering. Härvid frånges en del av överskottsvattnet från själva betongmassan och ansamlas på ytan. När vattnet sipprar upp mot ytan för det med sig bl. a. de minsta

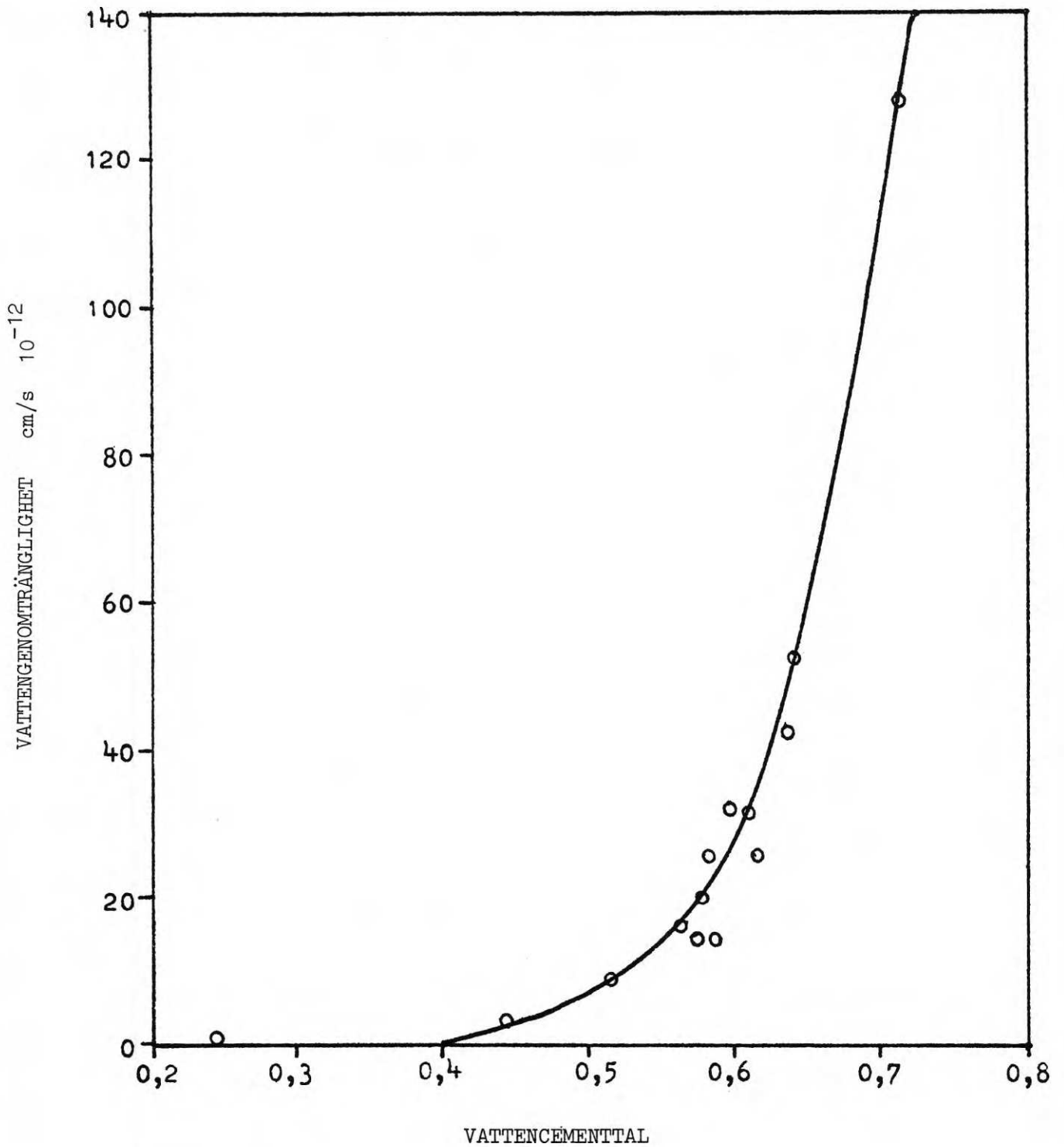


FIG.2. Cementpastans vattengenomtränglighet sedan hydratiseringen praktiskt taget avslutats, som funktion av vct.

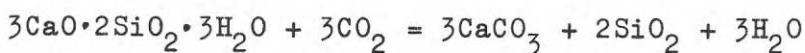
The waterpermeability of cement paste after completed hydration, as a function of vct.

och delvis ohydratiserade cementartiklarna upp till ytan, så att ett mer eller mindre utpräglat cementslamskikt uppkommer. Detta skikt får dålig mekanisk hållfasthet, eftersom vct-talet blir högt. Vattenseparation har främst visat sig uppstå vid användning av a) stor mängd finfördelad sand b) grovmalet cement och c) högt vct-tal och därmed mycket vatten.

Genom olika ytbearbetningsmetoder, som t.ex. avsugning av överskottsvattnet (vakuumbetong), brädrivning, piassava-kvastborstning kan bildningen av cementslamskikt delvis förhindras eller störas. I litteraturen finns även beskrivet, att luftporbildande tillsatsmedel skulle kunna reducera vattenseparationen.

1.6 Karbonatisering av betongytan

En betongyta utsätts för en ständigt karbonatiseringsprocess när luftens koldioxid reagerar med de alkaliska komponenterna i betongen, vars kemiska och fysikaliska egenskaper härigenom förändras. Det är framför allt det vid hydratiseringsprocessen bildade kalciumhydroxiden som karbonatiseras men även den hårdnade cementpastan (i huvudsak motsvarande mineralet tobermorit) bryts ned vilket sker enligt formeln:



De bildade karbonaterna har mycket dålig mekanisk hållfasthet och ger ofta upphov till sprickbildning och avflagnings i själva betongytan.

1.7 Betongens efterbehandling

Med betongens efterbehandling menas fukthållningen under första tiden efter gjutningen. Uttorkar betongen avstannar nämligen det hydrauliska hårdnandet. Uttorkningsprocessen i färsk betong påverkar i första hand betongens yttre partier till ett djup av några cm, eftersom fuktvandringen i tät betong med fortskridande hårdnande förlöper allt långsammare, FIG.3. För kraftig uttorkning kan sålunda ge upphov till en mekaniskt dålig betongyta och därför skall en nygjuten betong hållas fuktig.

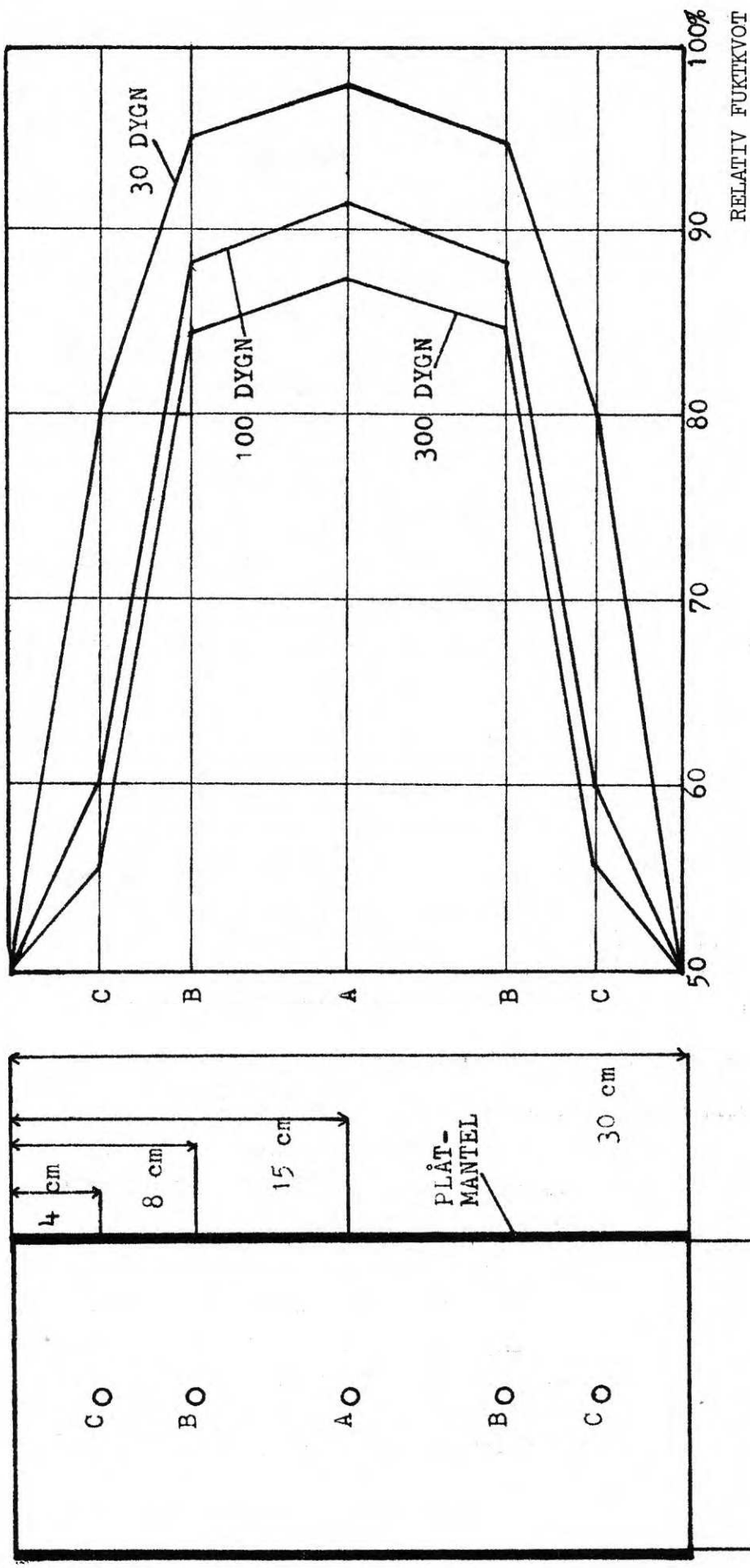


FIG. 3. Relativa fuktkvoten i en betongcylinder, gjuten i en plåtmantel, etter 30, 100 resp. 300 dygns lagring i luft med 50% relativ fuktighet. The distribution of relative humidity (RH) in a concrete cylinder, moulded in a steeljacket after 30, 100 and 300 days storing in air of 50% RH.

1.8 Betongytor och bearbetning av dessa före målning

Beroende på om en betongyta gjutits fritt eller mot en form kan betongytor principiellt indelas i två huvudgrupper nämligen fria överytor samt formytor. Den fria överytan framställs genom först avdragning (avjämning) av betongmassan varefter utförs någon alternativ form av mekanisk ytbearbetning av den ännu plastiska betongmassan. Även sedan betongmassan stelnat kan olika mekaniska och kemiska ytbehandlingsmetoder komma ifråga för att avlägsna eventuell kvarvarande cementslamskikt. Olika metoder presenteras i det följande.

En formyta är en betongyta som utbildats mot en gjutform. Beroende på gjutformens ytjämnhet och material (stålplåt, plywood m.m.) erhålls betongytor med varierande ytstruktur. Efter formlossningen är betongytan i princip färdig och någon speciell ytbearbetning utförs normalt inte. Något cementslamskikt anses inte bildas på formytor. En mot form gjuten betongyta utgör ett relativt bra underlag för målning förutsatt att själva gjutningen utförts fackmannamässigt. Ett problem med formytor kan emellertid vara den s.k. formoljan, varmed formens ytor smörjs in för att få god släppning mellan betong och form. Konstateras kvarvarande formolja på betongytan så bör denna avlägsnas (avfettningsmedel, stålborstning m.m.) före målning.

De viktigaste ytbearbetningsmetoderna för betong är:

a) metoder för våt betongmassa

mekaniska	vakuumbehandling med suglåda
	borstning med piasavakvast eller stålborste
	brädrivning med bräda efter avdragning
	avjämning med skyffel
	avdragning med rätskiva
	stålglättning med stålskiva efter brädrivning
	maskinglättning med glättningsmaskin
	ytvibrering med tvärbalkar
kemiska	tillsättning av ytförstärkningsmedel

b) metoder för hårdnad betong

mekaniska	borstning med stålborste
	skrotning med barkspade
	slipning med slipmaskin
	avsågning med betongsåg
	blästring med sand
	pikhackning med korp
kemiska	etsning med saltsyra
	avfettning med lösningsmedel
	neutralisering med fluorsilikater
	tätning med tätningsmedel
	impregnering med bindemedel
	hydrofobering med vattenavvisande medel
termiska	flamrensning med gasbrännare

1.9 Betongs beständighet vid yttre påverkan

Kemiskt angrepp på en betongyta kan ske genom utlakning eller att kemiska reaktioner uppstår mellan det aggressiva ämnet (ämnen) och betongkomponenterna. Rent beräkningsmässigt utgörs cementpastan till $\frac{2}{3}$ av kalk (CaO), som dock till största delen är bunden vid kiselsyra, aluminium- och järnoxid. Härutöver finnes även kalciumhydroxidkristaller inbäddade i cementpastan. Kalciumhydroxid är lösligt i framför allt kallt vatten som t.ex. regn-, smält- och kondensvatten (ca 1,7 g Ca(OH)_2 löses per liter vid $+20^\circ\text{C}$). Även CaO som är bunden av kiselsyran och övriga metalloxider utlakas vid långvarig påverkan av vatten, eftersom silikathydraterna avspaltar mer kalciumhydroxid efter hand som denna utlakas av vattnet. Till slut finns risk för att större delen av CaO upplösts, vilket orsakar avsevärd minskning av betongens tryckhållfasthet, FIG. 4.

De från betongens inre, utlösta salterna kan vid vattnets avdunstning bilda misspydande saltutfällningar på betongytan i form av vita slöjor eller t.o.m. stora vita fläckar. Problemet kan delvis lösas genom att betongytan efter gjutning inte utsätts för allt för mycket vatten, t.ex. i form av regn. Det finns då möjlighet till att ett salthindrande skikt av kalciumkarbonat bildas (karbonatisering genom luftens koldioxid).

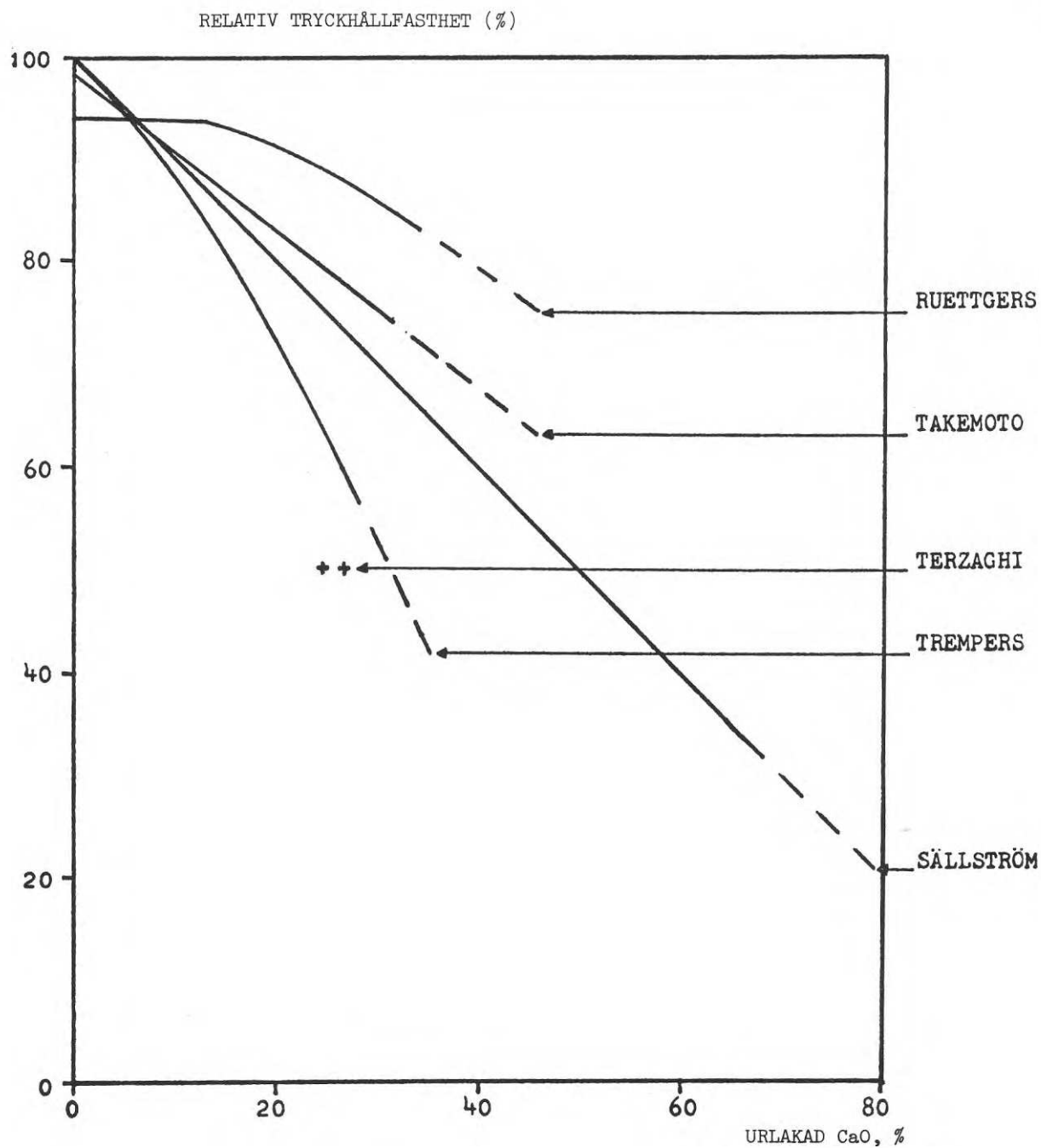


FIG.4. Samband kalkurläkning-tryckhållfasthet. Sammanställning av resultaten från olika undersökningar.

The relation lime leaching - compression strength. Results from different investigators.

Ett mycket allvarligt angrepp på betong är det s.k. sulfat-angreppet som består i att vattenrika kalciumaluminatsulfater bildas under volymökning vilken kan medföra utstötning av partiklar eller konformade fragment från betongytan.

En annan typ av nedbrytning eller vittring av betong är frostsprängning i betongytan. Frostangrepp förorsakas av att vatten vid frysning ökar sin volym med ca 10%. Frostangreppets storlek beror på cementpastans halt av frysbart vatten som är det samma som kapillärvattnet (FIG.1).

I första hand fryser vattnet i de grova kapillärerna och först vid fortsatt temperatursänkning bildas även is i de mindre kapillärerna. Frostbeständig betong erhålls genom att införa en lämplig stor hålrumsvolym (normalt ca 4%) för upptagande av isens volymökning. Väsentligt är att luftporerna ligger så tätt, att det frysta vattnets hydrauliska tryck kan fördelas likartat i hela betongkroppen.

Betongens beständighet kan ökas dels genom betongtekniska åtgärder (lågt vct, tillsats av luftporbildande medel m.m.), dels genom applicering av ett skyddande ytskikt i form av målningsfärg eller andra bestrykningsmedel.

2 LÄTTBETONG OCH LÄTTBETONGYTOR

2.1 Materialet lättbetong och dess framställning

Med lättbetong avses en hel grupp bygnadsmaterial, som har det gemensamt, att de i likhet med betong är sammansatta av ett bindemedel (kalk, eller cement och kalk) blandat med vatten. Det mest karakteristiska för materialgruppen är dess låga volymvikt. I det följande kommer endast en typ av lättbetong att behandlas, nämligen sådan lättbetong som erhållit en stor porvolym genom gasutveckling och därmed blåsbildning i bindemedlet. Den färdiga produkten kallas därför också för gasbetong, som i Sverige går under handelsbeteckningarna "Siporex" och "Ytong". Grundmassan i "Siporex" är cement och i "Ytong" kalk, som i båda fallen blandats med finmalet kiselsyrehaltigt material och vatten. Det kiselsyrehaltiga materialet kan vara kvartssand, bränd alunskiffer, puzzolan, granulerad basisk masugns-slagg och liknande. I denna grundmassa blandas in aluminiumpulver som bildar bubblor av vätgas vid reaktion med den kalciumhydroxid som bildas i den färska massan. Massan styvnar, vilket gör att gasbubblorna fångas in och bildar slutna celler. Hela denna process (jäsningen) sker sedan massan fyllts i formar. Vid lämplig styvhet hos den uppjästa massan skärs den i önskade stycken. Formarna förs in sedan i autoklav, där massan ånghärdas under högt tryck (8-10 atm) och hög temperatur (+180°C). Under denna process reagerar cementet eller kalken med kisel syran och slutprodukten motsvarar i stort bindemedlet i betong (cementpastan). Efter härdningen som tar 15-20 timmar är materialet användningsfärdigt men dess fukthalt är relativt hög, nämligen ca 30 viktsprocent. Produkterna levereras från fabrik i användningsfärdigt skick och i Sverige normalt i tre olika densitetsklasser 650, 500 och 400 kg/m³. Såväl oarmerade som armerade produkter finns. Oarmerade är murblock för murning av bärande ytter- och innervägggar m.m. samt stavar. Murblocken används utvändigt t.ex. i fabriks- och lagerbyggnader och i småhus, medan gasbetongstav i stor utsträckning används inomhus där släta väggar önskas som underlag för tapetsering eller direkt målning.

2.2 Lättbetongs materialegenskaper

Jämfört med betong är lättbetong ett betydligt mer homogent material, då den till 100% är fabrikstillverkad med fastställda materialdata. Gasbetong är ett sprött material med en tryckhållfasthet som är väsentligt olika för de tre standardkvaliteterna. För murblock får tryckhållfastheten enligt Svensk byggnorm 67 inte understiga 6,0, 3,0 resp. 1,5 N/mm². Draghållfastheten kan uppskattas till ca 10% av tryckhållfastheten.

Då bindemedlet i lättbetong i princip kan jämföras med cementpasta är dess kemiska beständighet av likartad karaktär. Genom högtrycksånghärdningen har emellertid kalciumhydroxiden i stor utsträckning fixerats av de kiselhaltiga materialen, vilket kan förväntas göra den kemiska beständigheten högre än för betong. Då materialet är mycket poröst angrips även dess inre delar lätt, varför tillverkarna rekommenderar att materialet skyddas med diffusionstäta skikt, speciellt vid fuktig eller korrosiv atmosfär innehållande hög halt av svaveldioxid eller koldioxid. Som sådant skikt bör målningsmaterial avsedda för lättbetong komma ifråga. Det bör då observeras, att materialet måste få tillfälle att avge den fukt som finns i överskott efter tillverkningen. Normalt föreligger inte någon risk för frostsprängning i lättbetong (hög porvolym), men ansamlas större mängder vatten i materialet minskas den värmeisolerande förmåga betydligt.

2.3 Lättbetongytor

De från fabrik levererade lättbetongprodukterna har en för varje produkt likartad yta som inte behöver mekaniskt eller kemiskt ytbehandlas före applicering av målningsmaterialet. Normalt används färger innehållande grova fyllnadsmedel (marmorcross, krita, dolomit m.m.). En del färger kan närmast liknas vid tunnputser. Murblocken har en relativt skrovlig mönstrad ytstruktur uppkommen genom den använda sågningstekniken. Den planparallella skivliknande gasbetongstaven har två stora, relativt släta ytor.

3 KORT RESUME¹ AV TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR (TM 251-255)

3.1 Allmänt om färgskikts vidhäftning till betongytor

Kommersiella färger baserade på olika bindemedel och deras vidhäftning till betongytor har undersökts. De olika betongprovkropparna som målades, framställdes av ett speciellt betongforskningslaboratorium samt av en betongelementtillverkare. Själva vidhäftningen av färgskikten bestämdes genom att på färgytorna fastlimma cirkulära metallstämplar som därefter med en dragapparat drogs av vinkelrätt mot betongytan. Som en grov approximation kan antagas, att en betongkroppens hållfasthet uppgår till 10% av dess tryckhållfasthet. Då betong framställs i olika standardiserade hållfasthetsklasser (K150, K200, K250 etc. upp till K600) beroende på användningsområden, kommer draghållfastheten för sluthärdad betong att variera mellan 1,5 till 6,0 N/mm². K-värdet anger nämligen betongens tryckhållfasthet i kp/cm² enligt äldre sortangivelse. De allt övervägande betongkonstruktionerna utförs dock inom hållfasthetsområdet K200 till K400. Den lägsta acceptabla vidhäftningen mellan ett färgskikt och betongyta har i tidigare rapporter (TM 251-255) angetts till 0,8 N/mm² för färg på betongvägg samt 1,0 N/mm² för färg på betonggolv.

3.2 Olika parametrars inverkan på vidhäftningen mellan färg och betong

Vid undersökning av olika tänkbara parametrars inverkan på färgskikts vidhäftning till betongytor har vid tidigare undersökningar på FFL konstaterats följande:

Olika färgtyper

Av tre undersökta färgtyper baserade på latex, alkyd resp. epoxiuretan uppnåddes bäst vidhäftning för epoxiuretanfärgen (1,0 - 1,2 N/mm² beroende på betongytans förbehandling). För de undersökta latexfärgerna uppmättes relativt stora variationer i vidhäftningsvärdena varierande från 0,5 till 1,2 N/mm² beroende på den omålade betongytans karaktär. Den i undersökningen ingående alkyden gav en vidhäftning av samma storleksordning som latexfärgerna utom i ett fall, nämligen gammal betong (34 mån.) och fornyta när alkydfärgen visade

betydligt bättre vidhäftning. Någon större skillnad mellan latexfärger baserade på olika bindemedel (PVA, akrylat och sampolymer) eller tillverkade av olika färgfabrikanter kunde inte påvisas med den använda metoden för bestämning av vidhäftning.

Betongytans ytbearbetning

Vid betonggjutning vibreras normalt betongmassan, varvid på överytan bildas ett vattenslamskikt. Vid betongmassans fortsatta härdning uppsuges och avdunstar ytvattnet, så att ett torrt gråvitt svagt cementslamskikt uppkommer. Färgers vidhäftning till sådana obehandlade överytor uppvisade mycket låga värden ($0,2 - 0,6 \text{ N/mm}^2$). Brädrivning, stålborstning eller piassavakvastborstning av den delvis stelade betongytan förbättrade normalt färgskiktens vidhäftningsförmåga. Även flamrensning av den färdighärdade betongytan undersöktes. Beträffande latexfärger konstaterades bl.a. att stålborstning förhöjde vidhäftningen mer än om ytan flamrensades. Däremot erhöles för tvåkomponent epoxiuretanfärg den högsta vidhäftning ($1,1 - 1,2 \text{ N/mm}^2$) på flamrensade betongytor. För latexfärger uppmättes förbättrad vidhäftning ($0,5 - 1,1 \text{ N/mm}^2$), när tiden mellan själva gjutningen och den mekaniska ytbehandlingen (brädrivning) ökades från en till fyra timmar.

Betongens ålder vid målningstillfället

Någon entydig och generell slutsats angående inverkan av betongens ålder på färgskiktens vidhäftning kunde inte med säkerhet fastställas. För nio latexfärger och tre lackfärger konstaterades t.ex. att vidhäftningen blev signifikant bättre, när tiden mellan målning och gjutning minskades från 24 till 12 timmar ($0,3 - 0,6 \text{ N/mm}^2$). I två andra mätserier erhöles däremot inte någon inverkan av betongåldern inom intervall 12-20 timmar respektive 7-19 dygn. Bestämning av vidhäftningen på 2 resp. 34 månader gammal betong gav för tre latexfärger ingen skillnad, medan för alkydfärgen kunde påvisas bättre vidhäftning på den äldre betongen.

Formmaterialet

Vidhäftningen av en latex och en epoxiuretanfärg till betongytter vilka formats mot olika formmaterial bestämdes. Någon signifikant inverkan på vidhäftningen beroende på val av följande formmaterial, obehandlad resp. plastbelagd plywood samt slät stålplåt, förelåg inte.

Vibreringstid och formolja

Någon signifikant inverkan av vibreringstiden när denna ändrades inom intervallet 5 till 20 s kunde inte påvisas. Inte heller uppstod någon skillnad när två olika typer av formoljor jämfördes.

Provkroppar lagrade utomhus resp. i frysbox

Målade betongprovkroppar förvarades 13 dygn nedfrysta i frysbox (-20°C) varefter färgskiktens vidhäftning bestämdes. Parallellt utfördes en motsvarande provserie med provkroppar förvarade 13 dygn utomhus vid plusgrader. Någon signifikant skillnad mellan färgskiktens vidhäftning mellan de två provserierna kunde inte fastställas.

4 EGNA UNDERSÖKNINGAR

4.1 Undersökningens ändamål och uppläggning

Avsikten med föreliggande undersökning har varit att studera betong- och lättbetongytor ur målningsteknisk synvinkel samt olika färgers eller färgsystems egenskaper vid målning av dessa byggnadsmaterial. Enligt ansökan till BFR avser undersökningen att omfatta följande delmoment:

1. Undersökning och bestämning av ytstyrkan (drag- och tryckhållfastheten) hos underlaget avsett att målas.
2. Ytterligare utredning rörande förekomsten av betonghud (cementslamskikt) på fritt gjutna betongytor.
3. Studium över målningmaterials inträngning i underlaget.
4. Bestämning av färgskikts vidhäftning till på olika sätt mekaniskt eller kemiskt förbehandlade betongytor.
5. Undersökning av kemisk karaktär (t.ex. ph-värde) och kemisk sammansättning av betongs ytskikt.

Undersökningens experimentella del har utförts under tiden 1.7.1970 - 1.7.1971. Vid denna tidpunkt hade "N/mm²" som sörtenhet för vidhäftning inte funnit full genomslagskraft, varför tabellerna i denna rapport är uttryckta i den tidigare sorten "kp/cm²".

4.2 Materialval

Beroende på den aktuella betongkonstruktionens funktion och med hänsyn till estetiska och ekonomiska krav används en mängd olika färgmaterial och kombinationer av dessa vid betongmålning. Vid målning av ett industrigolv uppställs ofta som främsta funktionskrav att färgen eller ytbeläggningen skall vara mycket slitstark och tåla höga belastningar (hjultryck från truckar), medan för en målad betongfasad fordras av färgen framförallt god väderbeständighet. Vid invändig målning kan ett viktigt funktionskrav vara god tvättbarhet av färgytan.

Betongkonstruktioner framställs med varierande egenskaper beroende på önskad hållfasthetsklass, utförandeklass och yt-

struktur. Det finns således ett mycket stort antal kombinationsmöjligheter mellan färger, betongtyper och betongytor, varför en viss begränsning av tänkbara materialval varit nödvändig. Nedanstående målningsfärger har tagits med i undersökningen. Färgerna har tillverkats på NIF och dess recepturer finnes i avsnittet "BILAGOR".

Betongfärger

1. Polyvinylacetatlatex (PVA-emulsion "Borvimal H").
2. Polyakrylatlatex (polyakrylatemulsion "Rhoplex AC-34").
3. Klorkautschuk ("Pergut S10").
4. Alkyd ("Plexal P 68", oljelängd 68%)
5. Tvåkomponent epoxiuretan (epoxi "Epikote 1009"+diisocyanat "Desmodur L").

Beträffande användningsområden för de utvalda färgtyperna kan sägas, att latexfärger är lämpade till in- och utvändig målning av t.ex. betongväggar, samt att de är relativt billiga. Moderna latexfärger och då framför allt de som är baserade på 100% polyakrylatlatex har god alkalibeständighet och eftersom de som lösningsmedel innehåller vatten kan de utmärkt användas till målning av nygjuten relativt fuktig betong (ca 20 timmar gammal). Klorkautschukfärg besitter likaså god alkalibeständighet och används både till in- och utvändig målning av t.ex. betongväggar, simbassänger och även betonggolv. Klorkautschukfärg innehåller emellertid starka lösningsmedel som kan orsaka obehag vid inomhusmålning. Alkydfärger är en av våra vanligaste färgtyper men lufttorkande alkydfärger får anses vara relativt alkalikänsliga (risk för förtvålning). Betongytan bör vid målningstillfället vara av en viss ålder (t.ex. minst en månad), så att dess alkalitet avtagit. Ett annat sätt är att isolera alkaliteten med en klarlack som grundning. Alkydfärg används också i stor utsträckning på betonginnerväggar som först spacklats med sandspackelfärg. Alkydfärger kan hänföras till gruppen billiga eller medeldyra färger. Tvåkomponentfärger baserade på bindemedel som epoxiharts eller polyuretan ger färgskikt med hög beständighet mot mekaniska och kemiska angrepp och används därför till målningskikt eller ytbeläggningar på bl.a. betonggolv

eller i övrigt där högklassiga ytskikt önskas. Färgerna innehåller dock starka lösningsmedel och härdarkomponenten kan ge upphov till obehaglig fysiologisk verkan, varför varsamhet och försiktighetsåtgärder bör vidtagas vid arbete med dessa material. Tvåkomponent epoxi- eller polyuretanfärger är relativt dyra.

Betonggrundering/klarlack

1. "Vinalak 5103", lösningspolymerisat av vinylacetat och vinylkaprat. Sampolymeren är löslig i 95% etanol.
2. Klarlacker baserade på klorkautschukbindemedel med varierande molekylnedvikter upplösta i xylen.

För att binda eventuellt lösa partiklar på betongytan och samtidigt få ett lämpligt vidhäftningsunderlag för färgen förekommer grundering av betongytan med olika grunderingsvätskor eller klarlacker. En annan fördel med grundning är att efterföljande färg delvis skyddas mot stark alkalipåverkan från betongen.

Lättbetong/putstyp

På NIF har framställts en lättbetongfärg typ tunn plastputs (Streichputs) baserad på PVA-emulsion (Mowilith DM 21). Receipt finnes i avsnittet BILAGOR. Färgen har på grund av hög halt av grova fyllnadsmedel närmast karaktären av en tunnflytande plastputs.

Betong

Snabbhärdande portlandcement med beteckningen "Rapid" (danskt handelsnamn), används bl.a. vid tillverkning av betongväggelement. Då betongprovkropparna som regel endast gjutits i en tjocklek av ca 2 cm har som ballastmaterial använts en blandning av betongsand och betongfingrus med graderingen 0-4 resp. 0-8 mm i viktförhållande 1:2. Vidare valdes viktförhållande cement/ballast till 1:3,5 och vattencementtalet (viktförhållandet vatten/cement) i normalfallen till 0,60. Betongmassan blandades i en motordriven knådblandare och göts vid de flesta tillfällena i runda plastskålar. De fyllda skålarna vibrerades på ett vibratorbord tills huvudmängden av luftblåsorna i betongmassan avlägsnats. Efter vibrering glättades

betongytan för hand med en stålglätt. Hållfasthetsklassen blev ca K350. Efter gjutning fick provkropparna härda i klimatrums vid $+23^{\circ}\text{C}$ och 50% RH.

Lättbetong

Dansktillverkad gasbetong i form av murblock och stavar med densiteten 680 kg/m^3 . Någon ytbearbetning av gasbetongblocken före applicering av målningsmaterialet utfördes inte.

4.3 Betongytor och dess ytstyrka

Betongs tryckhållfasthet är beroende av en mängd betongtekniska förhållanden av vilka främst bör nämnas vattencementtal, cementmängd, ballastgradering och härdningsbetingelser såsom fukthalt. Beträffande själva betongytan kan härutöver antagas, att dess ytstyrka är beroende av den ytstruktur som framkallats av formmaterialet eller genom en viss mekanisk, kemisk eller termisk ytbehandling. I det följande har ytstyrkan hos några olika betongytor studerats. Den använda cementtypen (Rapid) kan anses ha uppnått sin huvudsakliga tryckhållfasthet redan efter 9 dygns härdning, varför av tidskäl dragprovningen normalt utförts vid denna härdningstid. Härdningsprocesserna avstannar emellertid aldrig fullständigt och betong blir således allt starkare ju längre tiden går.

4.3.1 Dragprovning

Betongmassa göts i runda plastskålar och betongytan jämnades av, varefter betongytorna bearbetades på några olika sätt. En 'standardbetong' med sammansättning ballast/cement=3,5:1 och vct=0,60 användes genomgående, såvida inte annan sammansättning anges. Betongens ytstyrka bestämdes genom att avdraga på betongytorna pålimmade metallcylindrar med en kontaktyta av $3,14\text{ cm}^2$. Ett tvåkomponent epoxilim användes. I början av undersökningen användes ett dragprovningssinstrument avbildat i FIG.5. Instrumentet mäter vidhäftningen upp till max. 35kp/cm^2 ($3,5\text{N/mm}^2$). Sedan ett pneumatiskt instrument (FIG.6) med förbättrat och bekvämare mätförfarande utvecklats kom detta till användning i försöken. Detta draginstrument kan ge en total dragkraft på ca 2200 N.

Beträffande använda betongtekniska uttryck hänvisas till förklaringar i rapportens bilaga.



FIG.5. Mekanisk dragprovare typ "Elcometer Adhesion Tester".
 Mechanical tensile tester type "Elcometer Adhesion Tester".

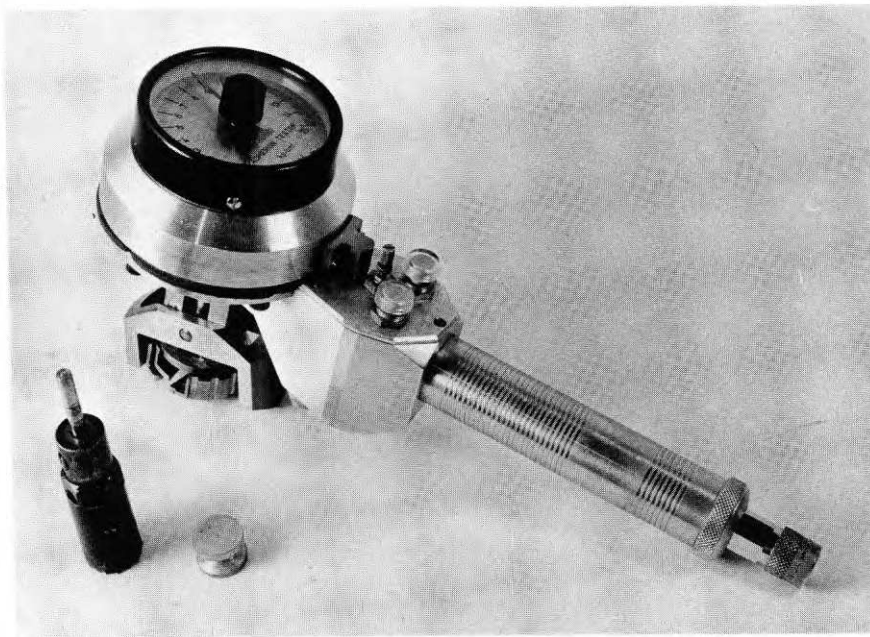


FIG.6. Pneumatisk dragprovare typ "Säberg Adhesion Tester".
 Lufttryck erhålls genom tillkoppling av en luftslang på instrumentets handtag. Ner till vänster visas hålsågen och en dragstämpel.

Pneumatic tensile tester type "Saeberg Adhesion Tester".
 Compressed air is connected to the handle. Below to the left are shown the hole saw and a dolly.

Betongytans ytbearbetning

Inverkan av olika ytbearbetningsmetoder på själva betongens ytstyrka framgår av TAB.1. På grund av de relativt stora spridningarna i dragvärdena är det i många fall svårt att dra några säkra slutsatser. Genom en utförd statistisk t-test mellan medelvärden för olika bearbetningar har dock vissa signifikanta skillnader kunnat påvisas. I tabell 1 (och i kommande tabeller) anges signifikanta skillnader mellan två medelvärden med ett plustecken och i det fall ingen signifikant skillnad finns med ett minustecken. De statistiska beräkningarna har utförts på 5% risknivå. Sämst ytstyrka (ca $1,5 \text{ N/mm}^2$) uppmättes på brädriven och syraetsad betongyta. Den relativt svaga ytstyrkan hos brädriven och syraetsad yta kan möjligen förklaras med följande förhållanden: Vid brädrivning friläggs eller uppruggas ballastpartiklar i ytan och omsluts inte längre i så hög grad av den sammanhållande cementpastan. Ballastkornen lossnar m.a.o. lätt från ytan. Vid syraetsning fräter syran sig främst igenom cementpastan och på det viset friläggs likaså ballastpartiklar.

På stålglättad, stålborstad och vakuumsugen betongyta erhöles en ytstyrka i storleksordningen 2 N/mm^2 . Vid stålglättningsprocessen trycks ballastkornen ned i betongmassan och en god armering och förankring erhålls. Beträffande vakuumsugen betong erhöles först relativt dåliga värden, men sedan själva sugplattans konstruktion förbättrats och själva tekniken inarbetats erhöles högre ytstyrkevärden ($2,1 \text{ N/mm}^2$). Slätgjutna formytor har genomgående gett höga ytstyrkevärden. Vid formgjutning kan antagas att starka betongytor erhålls tack vare inget cementslamskikt, och att formen skyddar ytan från alltför kraftig vattenavdunstning samtidigt som luftens koldioxid inte omedelbart har möjlighet att reagera med bildad kalciumhydroxid.

Härdningstiden

Inverkan av betongens härdningstid vid härdning i $+23^\circ\text{C}$ och 50% RH studerades inom intervallet 44-284 timmar (TAB2). Som framgår av tabellen kunde med dragprovaren konstateras en ökning av ytstyrkan (från 0,8 till $1,6 \text{ N/mm}^2$) upp till en härdningstid av 7 dygn (168 timmar). Från och med denna härd-

TAB. 1 Inverkan av olika ytbearbetningsmetoder på betongens ytstyrka (kp/cm^2).

1.	2.	3.	4.
Överyta, <u>stålglättad</u> vid gjutningstillfället vct = 0,60 Ålder: 9 dygn, 50% RH, 23°C.	Överyta, <u>brädriven</u> ca 4 h efter gjutning vct = 0,60 Ålder: 9 dygn, 50% RH, 23°C.	Överyta, <u>stålborstad</u> 18 h efter gjutning vct = 0,60 Ålder: 9 dygn, 50% RH, 23°C.	Vakuumsugen samt etsad med 3% HCl, 4 veckor efter gjutning
14,6 16,1 18,4 19,9 25,3 16,9 19,9 20,7 23,8 24,5	10,0 15,3 10,7 11,5 17,6 16,9 19,9 16,1 22,2 14,6	14,6 7,6 19,9 29,9 17,6 31,4 23,0 16,1 12,3 25,3	13,0 16,1 14,6 25,3 10,7 18,4 16,9 29,9 - -
M_V^1 20,0±2,5	15,5±2,9	20,8±4,6	18,0±4,6
s 3,6	4,0	6,4	6,0

forts.

1) Medelvärdena är angivna med 95%-igt konfidensintervall.

2) Spridning

TAB. 1 forts.

	5.	6.	7.	8.
Överyta, <u>vakuumsugen</u>		<u>Formyta</u> , gjuten mot stålplåt	<u>Formyta</u> , gjuten mot	<u>Stålglättad</u> , <u>syraetsad</u>
och sedan stålglättad		vct = 0,60, betongkuber från	plan plastyta, vct = 0,60	med 3% HCl efter 6 mån.
Ålder: 9 dygn, 50% RH, 23°C.		CBL-Limhamn, 8 mån. gammal b.	4 mån., 50% RH, 23°C.	vct = 0,60, 50% RH, 23°C
16,1	60	29,1	11,5	
13,0	49	29,1	12,2	
9,9	41	31,4	20,7	
24,5	57	36,7	9,2	
16,8	65	36,7	9,9	
15,3	-	23,0	15,3	
27,6	-	23,7	22,2	
35,2	-	23,7	23,7	
32,1	-	25,3	20,7	
29,1	-	26,0	-	
M_y	21,0±5,4	54±12,0	28,5±3,6	15,5±4,2
s	7,6	10,0	5,1	5,7

t-test mellan medelvärdena för betongyta 1-8:

1	2	3	4	5	6	7	8
1	+	-	-	-	+	+	-
2	+	+	-	+	+	+	-
3	-	-	-	-	+	+	-
4	-	-	+	+	+	+	-
5	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+
7	+	+	+	+	+	+	+

+ = signifikant skillnad med 95% sannolikhet
 - = ingen signifikant skillnad med 95% sannolikhet

TAB. 2 Inverkan av härdningstiden på betongens ytstyrka (kp/cm^2).
 Betong: stålglättad betongyta, vct=0,60, 50% RH, 23°C,
 varierande ålder.

	Härdningstid i timmar					
	44	70	114	168	215	284
Enskilda mätvärden	5,4	4,6	16,1	9,2	8,4	9,2
	5,4	8,4	8,4	14,6	13,0	20,7
	7,7	11,5	14,6	17,6	12,3	13,0
	6,9	12,3	10,0	17,6	13,8	25,3
	6,9	14,6	21,5	22,2	12,3	12,3
	7,7	4,6	10,0	13,0	8,4	19,9
	13,0	11,5	9,2	13,0	17,6	13,8
	8,4	13,8	16,9	14,6	19,9	10,7
	-	16,9	13,0	18,4	19,9	16,1
	-	16,9	7,7	19,9	19,9	-
Medelvärde ¹⁾	7,7±2,0	11,5±3,2	12,7±3,2	16,0±2,7	14,5±3,2	15,7±3,9
Spridning	2,4	4,5	4,5	3,8	4,5	5,3

t-test mellan medelvärdena:

44	70	114	168	215	284
44	+	+	+	+	+
	70	-	+	-	+
		114	+	-	-
			168	-	-
				215	-

+ = signifikant skillnad

- = ingen signifikant skillnad

¹⁾ Medelvärde med 95% konfidensintervall

ningstid erhöjls ingen ytterligare signifikant ökning av ytstyrkan upp till 12 dygns provning. De i detta avsnitt undersökta betongytorna var stålglättade.

Atmosfären

Inverkan av halten koldioxid och fuktighet på betongens ytstyrka bestämdes och resultaten redovisas i TAB.3. Omedelbart efter gjutningen förvarades några provkroppar i 100 % CO₂, 100 % N₂, torr luft samt luft med 100 % relativ fuktighet (RH). Efter nio dygn i resp. atmosfär placerades provkropparna i standardklimat (50 % RH, 23°C) och ytstyrkan bestämdes ett dygn senare. Ur TAB. 4 kan läsas ut, att koldioxid i hög grad försämrar betongs ytstyrka, som i detta fall uppmättes till ca 1,1 N/mm². På betong förvarad i ren koldioxid bildades ett kraftigt krackelerat och pulveraktigt skikt (se FIG. 8) vilket lätt flagnade av vid beröring. Ytor som inte utsatts för koldioxid utan endast kvävgas hade god ytstyrka, nämligen omkring 4,2 N/mm².

Vad angår fuktens inverkan erhöjls signifikant bättre ytstyrka för betong härdad vid 100 % RH, jämfört med härdning i fullständigt torr luft (4,2 N/mm² resp. 3,0 N/mm²). I samtliga undersökta fall var betongytorna stålglättade.

Vattencementtalet

I en försöksserie varierades vattencementtalet från 0,50 till 0,75 varvid tydligt kunde fastställas, att betongens ytstyrka avtar med högre vct-tal, (från 2,3 N/mm² till 0,8 N/mm²), vilket är att förvänta då man vet att betongs tryckhållfasthet minskar med högt vct. Ett högt vct-tal innebär hög halt av vatten i betongmassan och vid överskottsvattnets avdunstning bildas håligheter i den färdighärdade betongen. Högt vct-tal medför risk för kraftig vattenseparation och därmed bildning av ett svagt cementslamskikt. Se TAB. 4.

Diskussion

Vid bestämning av ytstyrkan på likartade betongkroppar med en och samma ytbearbetning erhöjls inte sällan dålig överensstämmelse (jfr. stålglättade ytor i TAB. 2 med TAB. 3) trots experiment under kontrollerade betingelser.

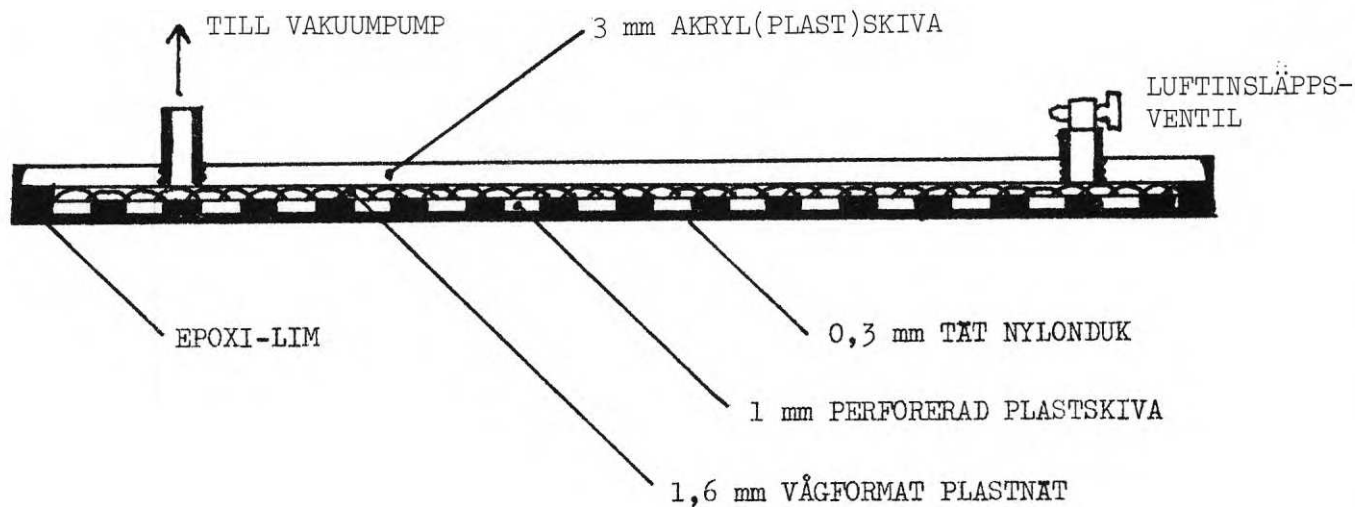


FIG.7. Längsgående tvärsnitt av den på NIF konstruerade sugplattan till vakuumbehandling av betong. Skala 1:1.

Cross-section of vacuum plate for vacuum treatment of concrete.
Scale 1:1.



FIG.8. Betongyta utsatt för ren CO_2 under 9 dygns härdning. Kraftig krackelering uppstår i karbonatskiktet. 2 X.

Concrete surface stored in pure CO_2 for 9 days. Heavy cracking by carbonatisation. 2 X.

TAB 3 Inverkan av atmosfärens sammansättning på betongs ytstyrka (kp/cm^2)

Betong: stålglättad betongyta, vct=0,60, varierande atmosfär under 9 dygn.

	Typ av atmosfär vid 23°C			
	Ren CO ₂	Ren N ₂	% RH	100% RH
Enskilt				
mätvärde	9,2	32,2	23,8	39,4
	10,0	35,3	29,1	30,7
	10,7	43,7	36,8	44,5
	11,5	43,7	37,6	43,0
	15,3	49,1	31,4	45,3
	9,2	39,1	31,4	34,5
	9,2	39,9	26,1	39,1
	13,0	42,2	26,1	43,7
	14,6	43,0	29,1	44,5
	5,4	46,8	-	49,4
Medelvärde ¹⁾	10,8±2,1	41,5±3,6	30,2±3,6	41,4±3,9
Spridning	2,9	5,1	4,7	5,6

t-test mellan medelvärdena:

CO ₂	N ₂	% RH	100% RH
CO ₂	+	+	+
	N ₂	+	-
		% RH	+

¹⁾ Medelvärde med 95% konfidensintervall

TAB 4 Inverkan av vattencementtalet på betongs ytstyrka (kp/cm²).

Betong: stålglättad betongyta, 25 dygns härdning vid 50% RH, 23°C, varierande vct.

	Vattencementtal					
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Enskilt mätvärde	22,2 25,3 28,4 31,4 16,1 13,8 20,7 24,5 - -	15,3 20,7 21,5 24,5 26,8 24,5 26,8 27,6 - -	14,6 16,1 18,4 19,9 25,3 16,9 19,9 20,7 23,8 24,5	17,6 18,4 18,4 22,2 23,0 13,0 13,0 16,9 19,2 19,9	10,0 12,3 16,1 17,6 19,9 16,1 18,4 19,9 20,7 -	4,6 5,4 8,4 10,7 5,4 7,7 8,4 8,4 13,8 -
Medelvärde ¹⁾	22,8±4,9	23,5±3,4	20,0±3,1	18,2±2,4	16,8±2,8	8,1±2,2
Spridning	5,9	4,1	3,6	3,3	3,6	2,9

t-test mellan medelvärdena:

0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
0,50	-	-	+	+	+
	0,55	+	+	+	+
		0,60	-	+	+
			0,65	-	+
				0,70	+

¹⁾ Medelvärde med 95% konfidensintervall

TEXT TILL FIG. 9

FIG. 9. Avdrag med svart tejp från på olika sätt behandlade betongytor. 1,5 X.

Pull-off with black tape from different treated concrete surfaces. 1,5 X.

1. Brädriven, vct=0,60
Float treated, w-c ratio=0,60
2. Vakuumsugen, vct=0,60
Vacuum treated, w-c ratio=0,60
3. Etsad med 3% HCL, vct=0,60
Etched with 3% HCL, w-c ratio=0,60
4. Stålglättad, vct=0,50
Steelfloated, w-c ratio=0,50
5. Stålglättad, vct=0,60
Steelfloated, w-c ratio=0,60
6. Stålglättad, vct=0,70
Steelfloated, w-c ratio=0,70
7. Slät yta formad mot plastfoliebeklädd träfiberskiva.
Mould surface from plasticfoil coated board.
8. Slät yta formad mot botten av en plan plastpetriskål.
Mould surface from a plane plastic mould.
9. Stålglättad yta. Betongen härdad i torr luft under de första 9 dyggen.
Steelfloated surface. The concrete cured in 0% RH during the 9 first days.
10. Stålglättad yta. Betongen härdad i 100% RH under de första 9 dyggen.
Steelfloated surface. The concrete cured in 100% RH during the 9 first days.
11. Stålglättad yta. Betongen härdad i ren N₂ under de första 9 dyggen.
Steelfloated surface. The concrete cured in pure N₂ during the 9 first days.
12. Stålglättad yta. Betongen härdad i ren CO₂ under de första 9 dyggen.
Steelfloated surface. The concrete cured in pure CO₂ during the 9 first days.

TEXT TILL FIG. 21 - 28

Skalstrecket i FIG. 21 - 28 är 5 mm.

The scale line in FIG. 21 - 28 is 5 mm.

FIG.21 Outspädd alkydfärg infärgad med Rhodamin på cementpasta. 50 X.

Undiluted alkyd paint dyed with Rhodamin applied to pure cement paste. 50 X.

FIG.22 Samma som i FIG.21 men färgen förtunnad med 10 volymprocent lacknafta. 50 X.

The same as in FIG.21 but the paint is diluted with 10 volume per cent white spirit. 50 X.

FIG.23 Epoxiuretanlack som grundering (blåttskikt) samt vit epoxiuretanfärg på cementpasta, vilken är infärgad med röd järnoxid. 50 X.

Epoxy urethane lacquer (blue layer) as primer and a white pigmented epoxy urethane paint on cement paste, which has been pigmented with red iron oxide. 50 X.

FIG.24 Inträngning i betong av en vinyllack med varierande viskositet. Lacken infärgad med Sudan blau II.

FIG.24. Viskositet 2,7 P, torrhalt 25%

FIG.25. Viskositet 1,2 P, torrhalt 20%

FIG.26. Viskositet 0,8 P, torrhalt 17%

Penetration into concrete of a vinyl lacquer with varying viscosity. The lacquer is dyed with Sudan blau II.

FIG.24. Viscosity 2,7 P, non-volatile 25%

FIG.25. Viscosity 1,2 P, non-volatile 20%

FIG.26. Viscosity 0,8 P, non-volatile 17%

FIG.27 Inträngning i betong av klorkautschuklack med samma viskositet (3,9 P) men med olika medelmolekylvikt M. Lackerna infärgade med färgämnet Neuzaponfeuerrot G.

FIG.27. M=60 000

FIG.28. M=185 000

Penetration into concrete of chlorinated rubber varnishes with the same viscosity (3,9 P) but with different mean molecular weight M. The varnishes are dyed with the dyestuff Neuzaponfeuerrot G.

FIG. 27. M=60 000

FIG. 28. M=185 000

TEXT TILL FIG. 29 - 36

Skalstreckket i FIG. 29 - 36 är 5 mm.

The scale line in FIG. 29 - 36 is 5mm.

FIG. 29 Ren latexemulsion pigmenterad med ca 5% mikroniserad, brun järnoxid.

Pure latex emulsion pigmented with c. 5% micronized, brown iron oxide.

FIG. 30 Latexemulsion infärgad med Rhodamin FB samt pigmenterad med ftalocyaninblått pigment.

Latex emulsion dyed with Rhodamine FB and pigmented with phthlocyanine blue pigment,

FIG. 31 Alkydbindemedel infärgat med lösligt färgämne Sudanblau II.

Alkyd binder dyed with soluble dyestuff Sudanblau II.

FIG. 32 Lösningssmedelfri Epikote 815/Versamid 140 (1:1) infärgat med löslig Sudanblau II.

Solventless Epikote 815/Versamid 140 (1:1) dyed with soluble Sudanblau II.

FIG. 33 Samma som i FIG. 32 men tillsatt 33% lösningssmedel.

The same as in FIG. 32 but addition of 33% solvent.

FIG. 34 Samma som i FIG. 33 men tillsatt 20% titandioxid.

The same as in FIG. 33 but addition of 20% titanium dioxide.

FIG. 35 Inträngning i lättbetong. Vinylgrundlack "Vinalak 5103" infärgad med Sudanblau II.

Penetration into aerated concrete. Vinyl lacquer "Vinalak 5103" dyed with Sudanblau II.

FIG. 36 Inträngning i lättbetong. Epikote 815/Versamid 140 (1:1) med 33% lösningssmedel.

Penetration into aerated concrete. Epikote 815/Versamid 140 (1:1) with 33% solvent.

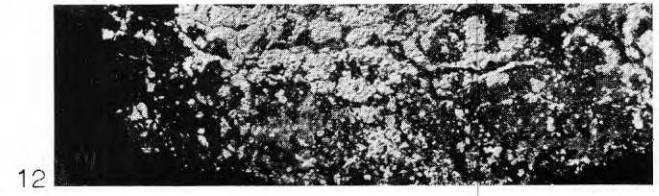
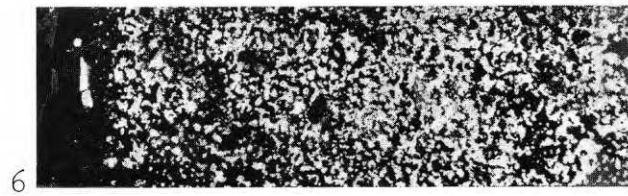
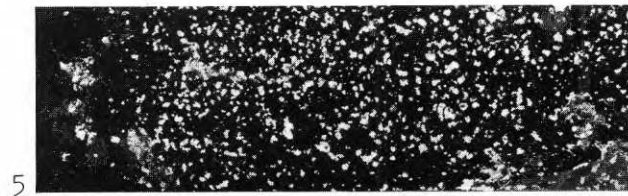
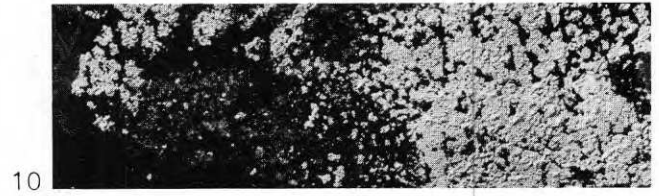
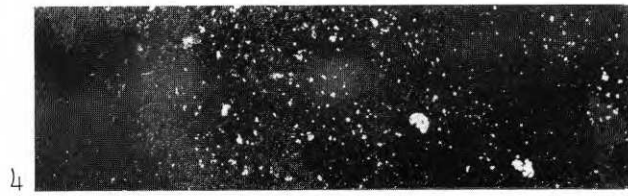
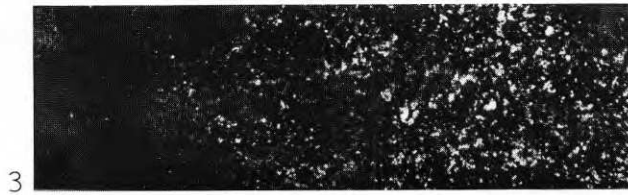
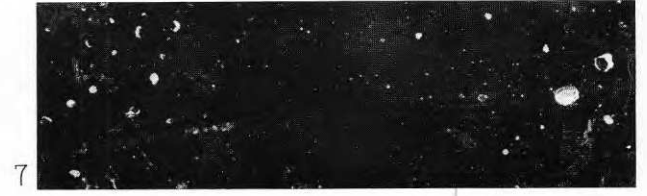
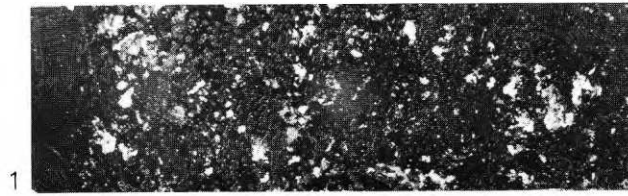
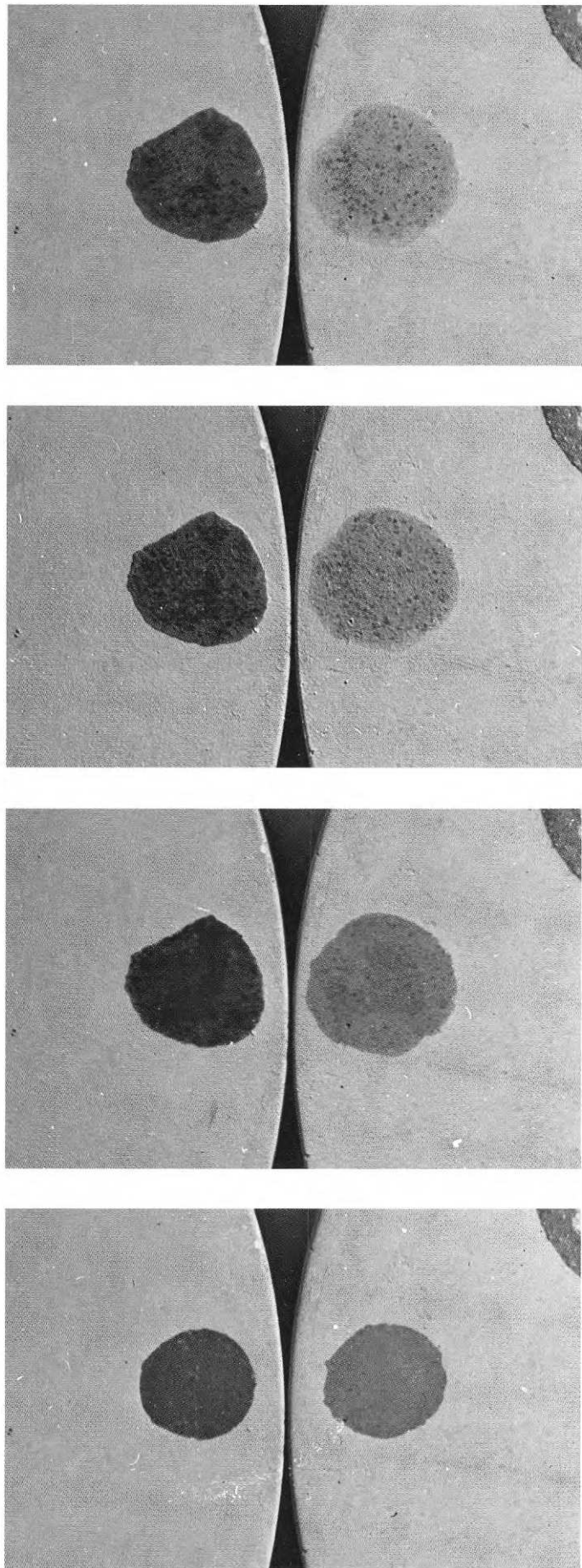


FIG. 9.



30 s

20 s

5 s

0 s

FIG. 14. Betongytors alkaliska karaktär. Fenolftalein pH-indikator applicerad på 6 mån. gammal betong som dels varit frilagd (undre ytan), dels varit innesluten i form (övre ytan). Bildserien tagen olika tidintervall efter pH-indikatorns applicering.

The alkaline character of concrete surfaces. Phenolphthalein pH-indicator applied to 6 months old concrete which during this period has been stored in open air (the lower surfaces) and in the mould (the upper surface). The photos have been taken at different time intervals after application of the pH-indicator.

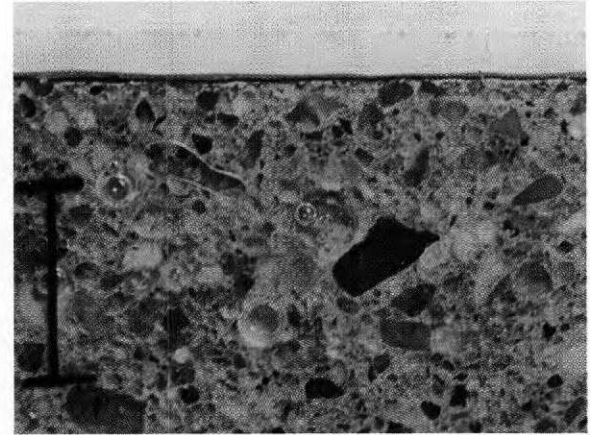
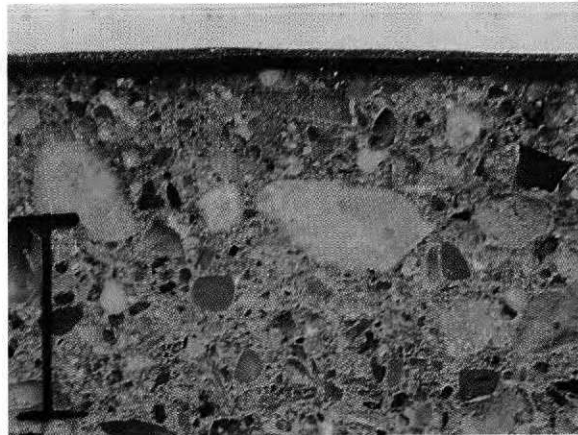
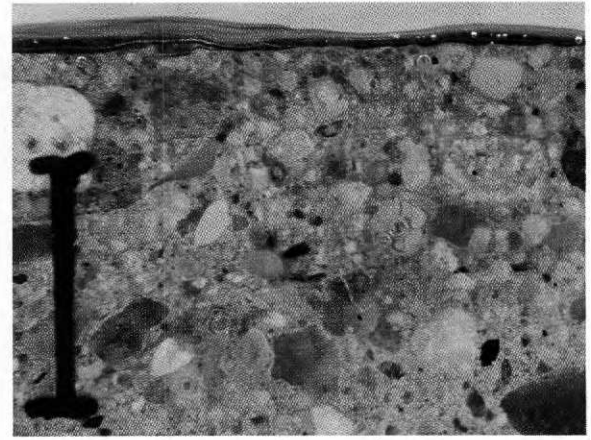
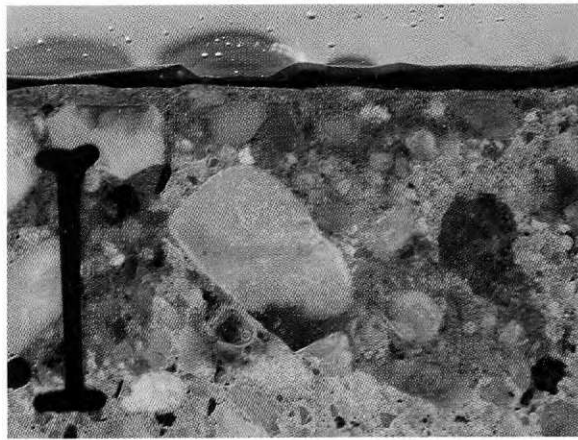
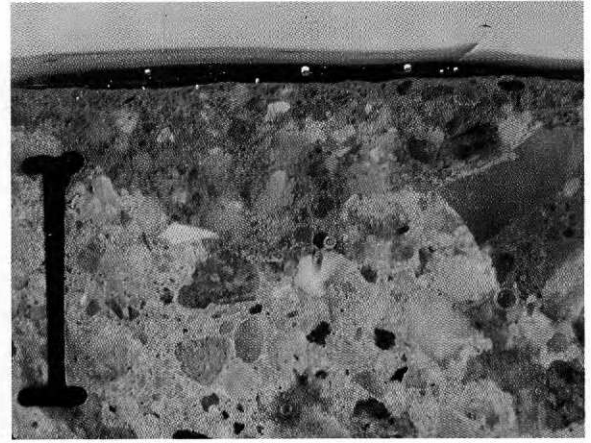
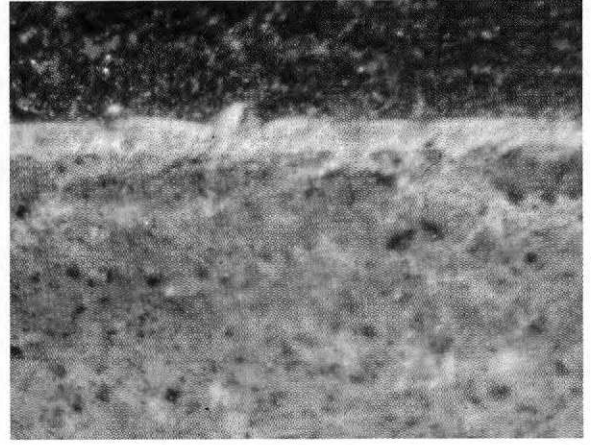
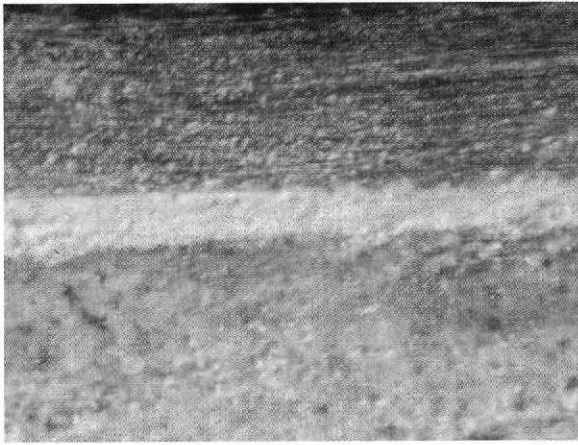


FIG. 21-28

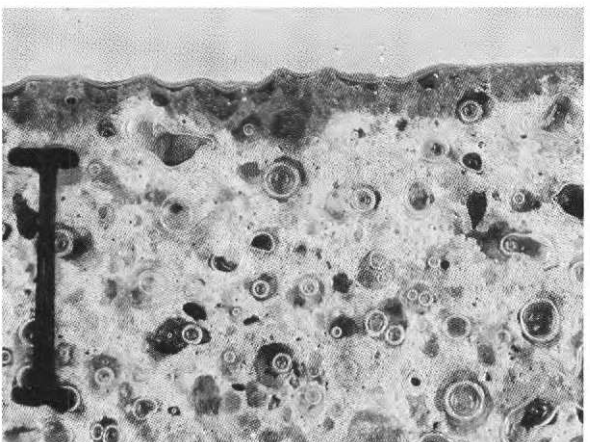
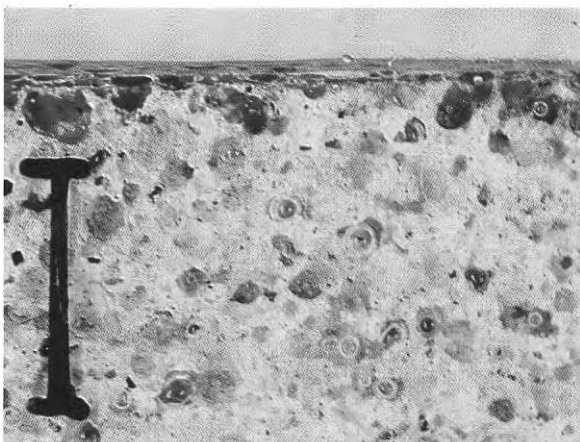
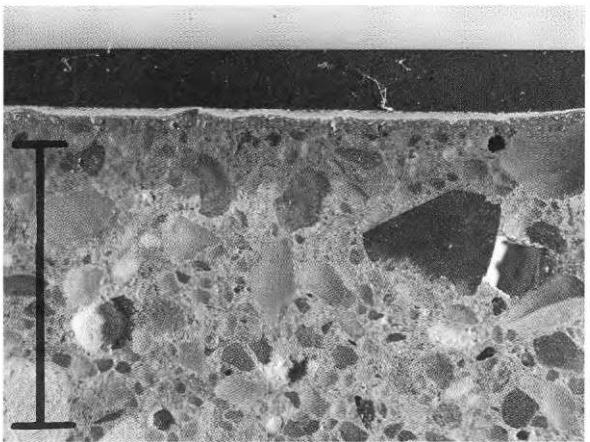
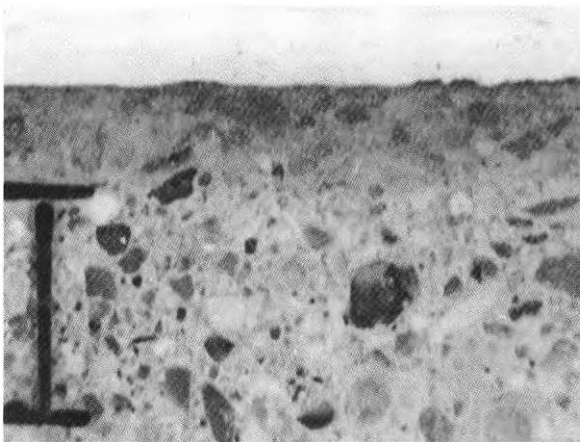
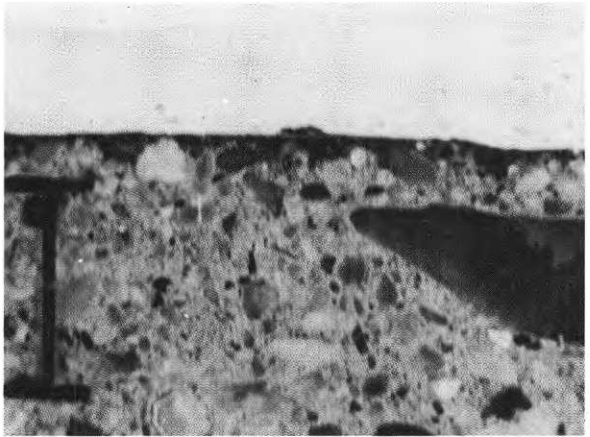
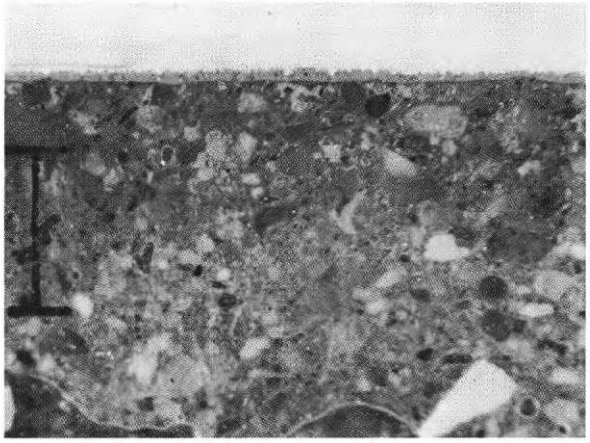
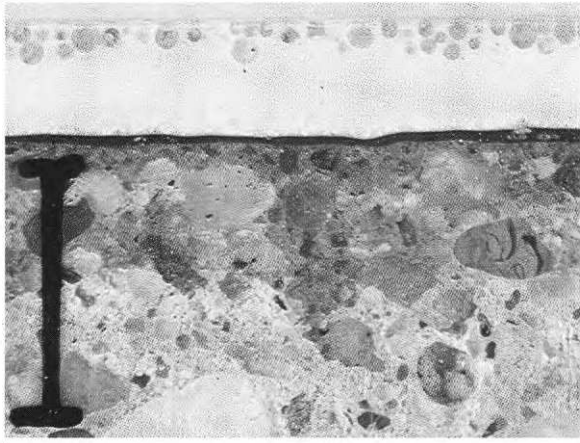


FIG. 29-36

Betongytor som medvetet tillverkats för erhållande av ett svagt cementslamskikt gav vid många tillfällen oväntat höga värden på ytstyrkan. Orsaken till nämnde förhållande kan möjligtvis bl.a. förklaras med, att epoxilimmet tränger olika djupt ner i betongen, främst beroende på varierande viskositet vid limningstillfället. Viskositeten är beroende av tvåkomponentlimmets polymerisationsgrad. Finnes ett poröst cementslamskikt på betongytan impregneras detta fullständigt av limmet, som tränger ned till den täta och homogena betongen. Som visas i kommande avsnitt har lågmolekylära epoxisystem visat ge god inträngning i betong. Även förhållandet att det använda limsystemet (Epikote 815 + Versamid 140 i viktförh. 1:1), för påskyndande av härdningsprocessen, förpolymeriserades genom uppvärmning till ca $+45^{\circ}\text{C}$ medför lägre viskositet och därmed djupare inträngning.

Med utgångspunkt från den använda proportionering av betongmaterialen (betonggrus/cement = 3,5:1 vatten/cement = 0,60:1) kan framräknas ett K-värde för betongen på ca K 350 efter 7 dygns härdning. Med hänsyn till de erhållna resultaten kan grovt anges att på de undersökta betongprovernans överytor har uppmätts ytstyrkor från 1 upp till 4 N/mm^2 . I bästa fall uppgår således betongens ytstyrka till ca 10% av dess tryckhållfasthet. Något generellt och säkert samband mellan den homogena betongens tryckhållfasthet och dess ytstyrka kan inte uppställas, då ju betongens ytskikt bl.a. påverkas av vatten-separation, ytbearbetning, atmosfärsammansättning, uttorkning m.m., vilket inte gäller för betongens inre delar.

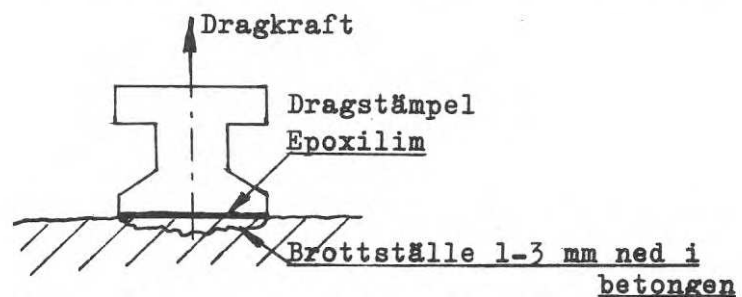
Brottets utseende och den mängd material som medföljer vid avdragning av på betongytan fastlimmade stämplor har visat sig vara beroende av limmets inträngning, vilket i sin tur beror av limtyp och betongtyp. Vid dragprovning mätes draghållfastheten på det djupet och stället i materialet där själva brottytan uppstår. Ju större dragvärde desto mera betongmaterial drages loss från själva underlaget. Med ökad volym material som avdrages ökar således brottytan och egentligen skulle den registrerade dragkraften divideras med storleken av den sanna brottytan för beräkning av dragstyrkan uttryckt i N/mm^2 . På grund av de praktiska svårigheterna med att bestämma storleken av den exakta brottytan har i under-

sökningen genomgående räknats med endast stämpelytan.

För att ge en uppfattning av de materialmängder som medföljer metallstämplar med en dragyta av $3,14 \text{ cm}^2$ anges nedan uppmätta materialmängder för två provserier:

	Serie I	Serie II
Betongyta	Formyta gjuten mot plan plastform, vct=0,60	Stålglättad och 6 mån. senare syraetsad yta, vct=0,60
Dragvärde	$2,8 \pm 0,4 \text{ N/mm}^2$	$1,6 \pm 0,4 \text{ N/mm}^2$
Mängd material som avdrages	1,06 g	0,38 g

Vid höga dragvärden ($\geq 3,0 \text{ N/mm}^2$) inträffade brottets djupaste del ca 2 - 3 mm ned i betongen. Förhållandena vid dragprovning på betongytor illustreras av nedanstående skiss:



4.3.2 Tejp-metoden för undersökning av cementslamskikt

Vid bestämning av ytstyrkan genom avdragning av fastlimmade metallcylindrar kan limmet, om betongen är porös, tränga ner i denna och därmed påverka betongens egen ytstyrka. Några studier av betongytor har därför utförts genom att fästa en tejprensa på ytan och sedan draga av denna. En vanlig svart s.k. hobbytejp tillverkad av relativt mjuk PVC-plast (firmamärke "Penol") med bredden 19 mm användes. Remsan applicerades på betongytorna genom att föra pekfingeret med hårt tryck över remsan som därefter drogs av med en bestämd handrörelse.

Från olika betongytor avdragna tejprensor finns avbildade i FIG.9. Av denna figur framgår att på vakuumsugen betongyta finns ringa mängd lösfragment, liksom på syraetsad yta. Det framgår även att större vct-tal medför ökad förekomst av löst ytmaterial (cementslamskikt). Slätgjutna formytor besitter

mycket god ytstyrka. Stålglättad yta härdad ett dygn i helt torr luft visar bättre ytstyrka än betong härdad vid $+23^{\circ}\text{C}$ och 50% RH. Sämst ytstyrka erhöles för de två fall när betongen härdats ett dygn i 100% RH resp. 100% koldioxid. Den stora mängden löst fastsittande material på betong förvarad ett dygn i 100% RH verkar något egendomligt. Vid ytstyrkprovning enligt dragmetoden hade i detta fall uppmätts hög ytstyrka. Möjligen har vid provkroppens förvaring i exsickator med 100% RH förekommit utkondensation av fritt vatten på ytan eller så har kalksilikaterna i ytan kemiskt och fysikaliskt dragit åt sig så pass mycket vatten, att vct-talet förhöjts kraftigt i själva ytskiktet.

Någon god korrelation mellan metoden med fastlimmade metallstämplar och tejp föreligger knappast, vilket inte heller är att förvänta då vid limmetoden brottet nästan alltid inträffar 1-3 mm ner i betongkroppen och vid tejpmetoden registreras endast mängden lösa partiklar eller fragment på betongytan. Genom att ändra limtyp (viskositet, molekylstorlek m.m.) eller tejptyp (klibbigare och/eller större mängd fästmedel) kan djupet för brottet sannolikt påverkas. Tejpmetoden har sitt berättigande, då betongytan skall målas med färgsystem med liten eller i det närmaste ingen inträngning i betong. Detta är fallet för bl.a. latexfärger, högpigmenterade färger eller färger baserade på högmolekylära polymerer.

Det skall även påpekas, att i de fall tejpmetoden används utomhus vid låga temperaturer styvnar tejp, vilket kan påverka resultatet. Temperaturen inflytande har inte studerats i denna undersökning. Som visas i FIG. 9 är metoden lämplig för registrering av löst sittande partiklar eller fragment på betongytor.

4.3.3 Andra instrument för undersökning av betongytor

Ett instrument kallat betongprovare (eller studsämätare) är avsett för bestämning av betongs tryckhållfasthet eller K-värde direkt på platsen (FIG. 10). Instrumentets princip är den att ett spänt slagstift träffar betongytan och beroende på betongens hårdhet studsar stiftet mer eller mindre långt tillbaka, vilket är ett uttryck för betongens K-värde. Betongprovaren

BETONGPROVARE (Studsmätare) system Schmidt.

Mod. N.

Instrument i fodral väger ca 1,6 kg

Hopsatt fodral har måtten 7 x 33 cm

karborundumsten för ev.
avjämning av mätytan

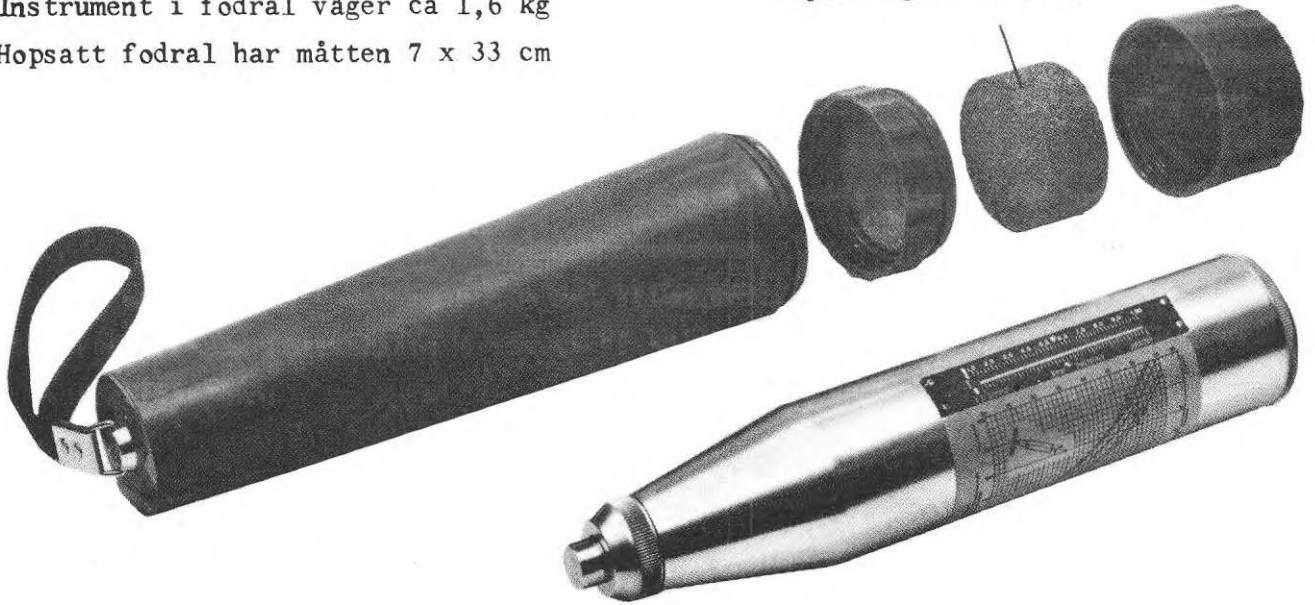


FIG.10. Betongprovare (Studsmätare) för bestämning av betongs tryckhållfasthetsklass (K-värdet).

Concrete tester for measuring the compression strength of concrete (K-value).

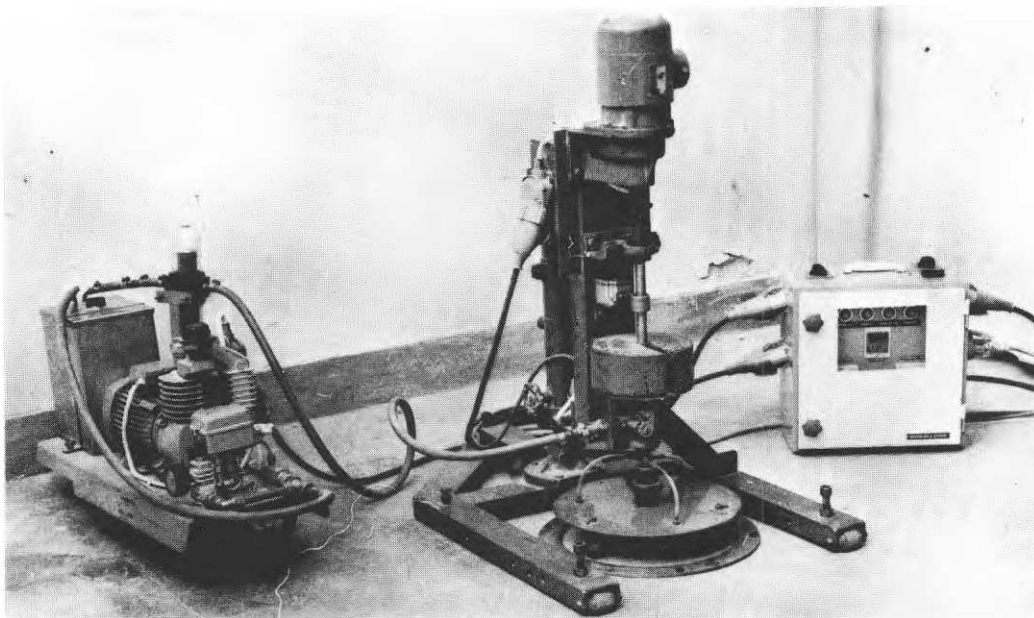


FIG.11. Avnötningsprovare för betonggolv konstruerat vid Statens Provningsanstalt, Stockholm.

Abrasion tester for concrete floor constructed at Statens Provningsanstalt, Stockholm.

används för att erhålla en grov uppskattning av betongens och därmed också betongytans hållfasthet. Fördelen med instrumentet är att möjlighet föreligger att fastställa var i en betongkonstruktion den dåliga betongen finns. Speciellt vid påföring av ytbeläggningar på betonggolv (golvmassor) är det av största betydelse att betongens ytstyrka kontrolleras.

Vid Statens Provningsanstalt i Stockholm har konstruerats en s.k. avnötningsprovare för betonggolv. Maskinen arbetar enligt principen att tre stålhjul roterar på en cylinderskiva (FIG. 11) och nöter på betongytan. Härvid simuleras t.ex. slitage av ett betonggolv orsakat av tunga transportfordon. Hjulen i provaren belastas med ett yttryck av ca 70 N/mm^2 . Under provningen avlägsnas avnött material kontinuerligt med tryckluft. Djupet av det spår som de tre stålhjulen åstadkommer uppmättes med en mikrometerskruv efter ett bestämt antal varv. Provaren kan användas i fältbruk. Med instrumentet har utförts undersökningar beträffande effekten av att behandla betongytan med olika ytförstärkningspreparat, Cederberg (1970).

4.4 Lättbetongs ytstyrka samt målad lättbetong

Vid mätning av ytstyrkan på lättbetong (densitet 680 kg/m^3) har det visat sig lämpligt att använda dragstämplar med en dragyta av 10 cm^2 vid avdragning med den tidigare beskrivna pneumatiska dragprovaren. Då lättbetong är ett färdigt byggnadsmaterial med fastställda materialegenskaper finns inte heller så många parametrar att studera, som kan påverka ytstyrkan. Lättbetong (typ gasbetong) levereras i olika densitetsklasser och en högre densitet betyder högre hållfasthet och därmed också ytstyrka. Nedan anges några resultat vid dragprovning på omålad samt målad (speciell grov latexfärg) lättbetong.

Fabrikssågad yta, lättbetongblock	Fabrikssågad yta, lättbetongstav	Lättbetong med grov latexfärg
0,41 N/mm^2	0,39 N/mm^2	0,51 N/mm^2
0,75	0,58	0,67
0,75	0,70	0,67
1,2	0,82	0,70
<u>0,77</u>	<u>0,62</u>	<u>-</u>
Mv=0,77	Mv=0,62	Mv=0,64

Vid samtliga mätningar på lättbetongblock inträffade brotten i själva lättbetongmaterialet och med andra ord har endast materialets kohesion bestämts. Förhållandena illustreras av FIG.12 och FIG.13. Vid undersökning av några kommersiella plastputsers vidhäftning till lättbetong skedde likaså brotten i själva gasbetongen. Då den undersökta lättbetongen tillhör kvalitetsgruppen med högst densitet och därmed högsta tryckhållfasthet (minst $6,5 \text{ N/mm}^2$) kan man räkna med, att de flesta latexbaserade bindemedel ger en vidhäftning till lättbetong som överstiger dess kohesionsstyrka. Konstateradet gäller för latexbaserade färger och putser vid provning i bestämd provatmosfär (23°C , 50% RH). Vid direkt vattenpåverkan blir latexbaserade produkter på grund av svällning mjuka och sega men återgår till sin ursprungliga mekaniska karaktär vid torkning. I övrigt kan sägas, att de erhållna dragbrottvärdena passar med att materialets draghållfasthet uppgår till ca 10% av dess tryckhållfasthet.

4.5 Betongytors kemiska karaktär

Betongytors basiska karaktär har bl.a. studerats genom att droppa fenolftalein, en pH-indikator, på ytan och observera färgreaktionen. I FIG. 14^{a)} jämföres två 6 mån. gamla betongytor, där den ena ytan varit i kontakt med luften medan den andra ytan varit innesluten i sin form fram till provningstillfället. Fenolftaleindropparna fotograferades 0, 5, 20 resp. 30 sek. efter appliceringsögonblicket. Av bildserien framgår, att den mot luft oexponerade betongytan omedelbart visar alkalisk reaktion (fenolftalein slår om till den basiska röda färgen vid ett $\text{pH} > 10$). Den mot luft exponerade visar först efter ca 20 s en svag rosafärgning. Denna skillnad beror på att luften under 6 månaders påverkan bildat ett karbonatskikt på denna betongyta. Att ytan efter ca 20 s visar alkalisk reaktion beror på att vattnet i fenolftaleinet upplöser Ca(OH)_2 som finns under karbonatskiktet. Det vid normal luftatmosfär bildade karbonatskiktet är mycket tunnt (uppskattningsvis några hundradels mm), men givetvis tillväxer skiktet med betongens ålder. På ca 6-8 månader gamla betongprovkroppar behövde ytan endast lätt repas eller slipas för att dess alkaliska karaktär starkt skulle framträda. I ett

a) FIG. 14, se s.38

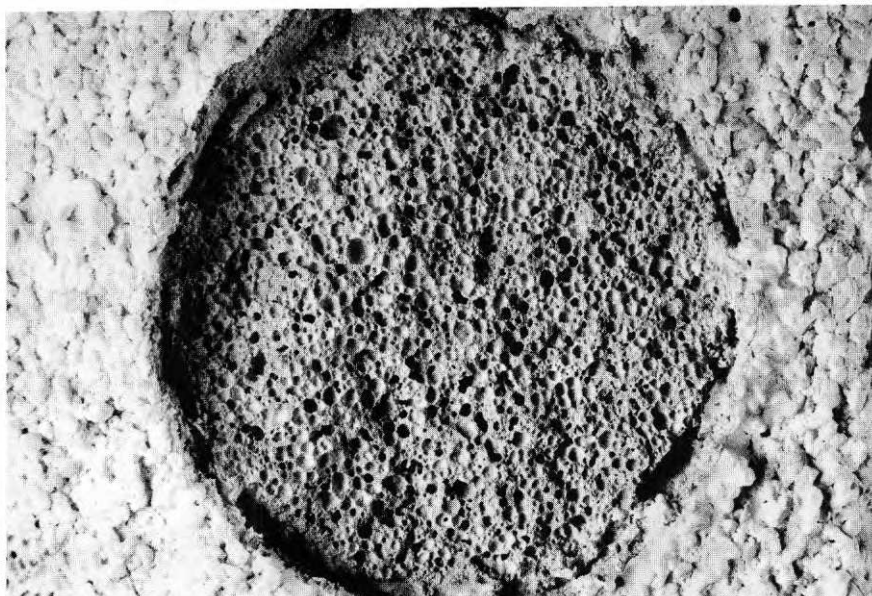


FIG.12. Brott i gasbetong belagd med grov plastputs. Bilden tagen uppifrån. 2 X.

Fracture in gas concrete coated with rough plastic paster. Photo taken from above. 2 X.

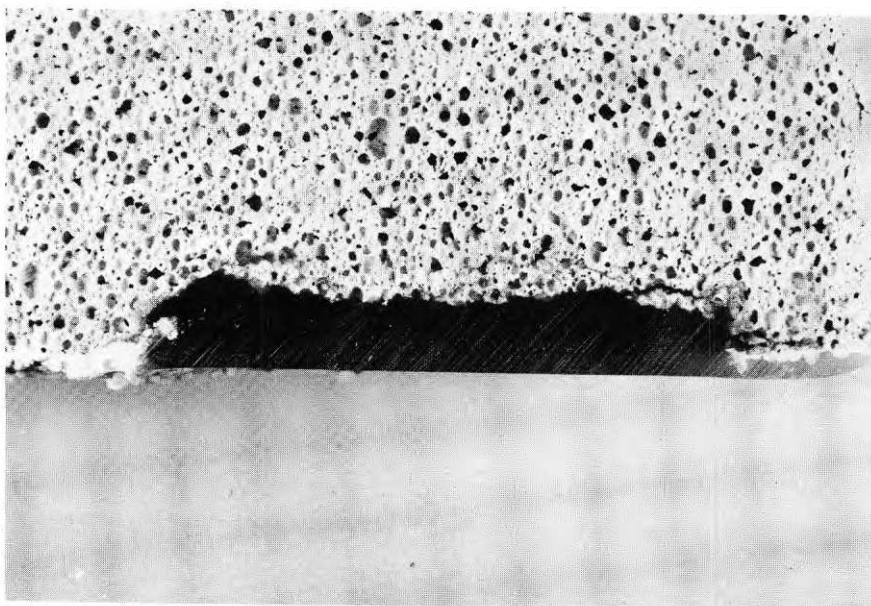


FIG.13. Tvärsnitt av brott i gasbetong där brottkratern fyllts ut med epoxilim. 2 X.

Cross-sektion of fracture in gas concrete where the fracture has been filled with epoxy. 2 X.

annat försök provades en betongprovkropp som under 9 dygn fått härda i ren CO_2 -atmosfär. Något färgomslag kunde i detta fall inte registreras med fenolftaleinlösningen Även om flera droppar tillsattes för att kompensera indikatorvätskans insugning och avdunstning.

Med en Radiometer transportabel pH-mätare modell "pH-meter 29" utfördes med ytelektroder några mätningar direkt på släta betongytor gjutna mot botten av plastformar. Betongens vct var 0,60 och den fick härda vid 23°C och 50 % RH. Efter 9 dygns härdning avformades betongblocken och pH bestämdes dels på obehandlad och dels på strax före bestämningen slipad betongytor under en total tid av 16 månader:

Betong ålder(mån.)	0 ¹⁾	3,5	5	7	16
Obehandlad yta	11,9	11,3	11,5	11,1	10,4
Slipad yta	11,9	11,6	11,4	11,3	11,3

1)Värde mätt omedelbart efter formens avtagande.

Betongytans pH (alkalinitet) minskar således succesivt med åldern och därmed också inverkan av luftens koldioxid. En avslipning av karbonatskiktet framkallar ånyo hög alkalitet hos ytan. En gammal betongyta med låg alkalitet kan således genom ytbearbetning före målning t.ex. med stålborste bli starkt alkalisk. Efter några dagar börjar dock karbonatskiktet att återbildas.

Som jämförelse kan nämnas att en mättad kalciumhydroxidlösning har ett pH-värde på ca 12,5 vid 23°C . Vid lägre temperatur blir pH-värdet än större, eftersom mer $\text{Ca}(\text{OH})_2$ löses vid lägre temperaturer. Vid 0°C löses 0,185 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ per 100 ml vatten medan vid 100°C löses endast 0,085 g.

Vissa felkällor är förknippade med att bestämma pH direkt på betongytor (yt-pH), eftersom ytan måste befuktas med dest. vatten så att en elektrolyt bildas. Påföres för lite vatten insuges och avdunstar detta snabbt och pH-bestämning omöjliggöres.

Tillsättes däremot vatten i större mängd utlöses $\text{Ca}(\text{OH})_2$ inte bara i ytskiktet utan även från områden längre ned i betongen

och pH-värdet blir felaktigt stort. För att undgå nämnde vanskligheter avskrapades väldefinierade mängder cementpasta från gjutn cementpasta (vct=0,60) inom en area av 12 cm² och djup av 1 mm. Totalt avskrapades härigenom ca 1,2 g cementpasta. Det från provytorna avskrapta materialet uppslammades i så pass mycket vatten, att all Ca(OH)₂ med säkerhet upplöstes. Uppslamningarnas pH bestämdes vid dubbelprov med en stationär pH-mätare (Radiometer modell pH-meter 23) och dels med en transportabel pH-mätare försedd med ytelektrod. Nedanstående pH-värden erhöles på dubbelprov tagna från cementpasta härdad 20 tim., 2, 3, 6, 10 dygn och 3 månader i klimatet 23°C och 50% RH.

Härdningstid för cementpasta	Stationär pH-mätare	Transportabel pH-mätare
20 tim.	11,7	12,3
2 dygn	11,4	12,2
3 dygn	11,0	12,1
6 dygn	10,8	12,1
10 dygn	10,6	11,9
3 mån.	10,5	11,6

Den stationära pH-mätaren visar genomgående lägre pH-värden än det transportabla instrumentet. Värdena anger dock relativt hög alkalinitet, vilket tyder på att någon nämnvärd neutralisering inte skett i cementpastans ytskikt ned till ett djup av ca 1 mm. Det ej alkaliska karbonatskiktet måste således vara avsevärt tunnare än 1 mm.

4.6 Målade och klarlackbehandlade betongytor

Jämfört med tidigare undersökningar (TM 251-255) med kommersiella färger har i denna undersökning använts färger och betongtillverkade på färgforskningslaboratoriet (se BILAGOR). Detta förhållande medför, att denna undersökning i vissa avseenden vad angår resultaten inte direkt kan jämföras med de tidigare undersökningarna.

4.6.1 Inverkan av utspädning samt grundering med klarlack

Några inledande vidhäftningsundersökningar utfördes på cementblock utan ballast, vilket är ett mer homogent och väldefi-

nierat underlag jämfört med betong. Avsikten var nämligen, att parallellt studera färgernas inträngning i enbart cementpasta. Det kan förutsägas att om en färg tränger ned i betong så sker detta alenast i cementpastan och inte i ballastmaterial, såvida detta inte utgöres av exceptionellt poröst stentmaterial. Resultaten av inträngningsförsöken beskrives i nästa avsnitt.

Provkroppar av rent cementpulver och vatten (vct=0,45) göts i en plastfoliebeklädd träform bestående av kvadratiska sektioner med formatet 15 x 15 x 3 cm. Då cementmassan härdat 18 tim. avformades denna och på de mot formens botten gjutna ytorna applicerades var och en av följande fyra färger PVA-latex, akrylatlatex, klorkautschuk och epoxiuretan i två skikt enligt nedanstående fyra system:

System	I	II	III	IV
1:a applic.	Outsp. färg	Utsp. färg	Opigm. färg	Grundlack ("Vinalak")
2:a applic.	Outsp. färg	Utsp. färg	Utsp. färg	Utsp. färg

Outsp.= utspädd färg med framställningsviskositet

Utsp.= utspädd färg förtunnad med 20% beträffande latexfärger och ca 10% beträffande lösningsmedelsbaserade färger

Opigm.= färgen utan pigment och fyllnadsmedel

Vinalak=lösningsmedelsbaserad vinylpolymerisat

Appliceringen utfördes med pensel. Andra appliceringen utfördes sedan det första färgskiktet uppnått dammtorrhet. Varje skikt påfördes till en tjocklek av ca 80 μm våt film. Färgsystemens vidhäftning bestämdes två veckor efter första appliceringen med den pneumatiska dragprovaren (10 st. bestämningar per system). Parallellt bestämdes vidhäftningen även med den mekaniska dragprovaren, Elcometer (2 st. bestämningar).

Resultatet av dragprovningarna för de fyra färgerna enligt system I - IV redovisas i TAB. 5 varur följande konklusioner kan dragas:

1. Epoxiuretan har bäst vidhäftning i samtliga fyra system (ca 4,0 N/mm²) medan de tre övriga färgerna i stort sett bildar en grupp för sig med en vidhäftning mellan ca

TAB. 5 Olika färgsystems vidhäftning till cementkroppar (formsidor) i kp/cm²).

	PVA-latex				Akrylatlatex				Klorkautschuk				Epoxiuretan			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
M_v	34,8	36,4	24,0	32,3	31,5	27,3	22,4	25,7	10,8	30,6	26,7	14,1	40,6	54,6	39,7	44,7
	12,4	33,9	19,0	33,9	19,9	36,4	26,5	26,5	24,8	19,0	27,3	7,5	41,4	42,2	39,7	29,0
	34,8	34,8	23,2	30,6	24,8	24,0	21,5	24,0	26,5	28,2	38,9	8,3	40,6	36,4	43,1	28,2
	23,2	26,5	26,5	24,0	26,5	27,3	24,8	30,6	28,2	29,8	32,3	10,8	31,5	44,7	38,9	28,2
	26,5	33,9	19,9	29,0	31,5	26,5	24,0	26,5	21,5	24,8	38,1	6,6	46,4	42,2	48,0	37,3
	26,5	21,1	22,4	19,9	32,3	33,1	19,9	19,0	22,4	18,2	28,2	5,8	47,2	36,4	20,7	32,3
	21,5	25,8	23,2	32,3	21,5	26,5	24,0	19,9	29,0	18,2	33,1	6,6	54,6	51,3	29,8	41,4
	33,1	17,6	12,4	33,1	27,3	29,8	21,5	35,6	29,8	26,5	37,3	16,6	36,4	48,9	36,4	46,4
	26,5	22,7	14,9	31,5	27,3	33,9	18,2	24,0	27,3	33,1	34,8	9,1	43,9	42,2	40,6	31,5
	28,2	28,9	24,8	29,8	29,8	25,7	23,2	28,2	36,4	36,4	42,2	9,1	52,2	30,0	35,6	35,6
s ¹⁾	26,8	28,7	21,0	29,6	27,2	29,1	22,6	26,0	25,7	26,5	33,9	9,5	43,5	42,9	37,3	35,5
	±4,8	±4,6	±3,2	±3,1	±3,0	±2,9	±1,7	±3,5	±4,7	±4,5	±3,7	±2,5	±4,9	±5,2	±5,3	±4,8
s ²⁾	6,8	6,4	4,5	4,4	4,2	4,1	2,4	4,9	6,7	6,4	5,3	3,5	7,0	7,4	7,5	6,8

1) M_v = medelvärde med 95% konfidensintervall

2) s = spridning

2,7-3,0 N/mm², dock att klorkautschukfärgen ger något högre värde (3,4 N/mm²) för system III (opigmenterad klorkautschuk vid första appliceringen).

2. Den undersökta grundlacken (avsedd som grundering för latexfärger eller plastputser) har inte förbättrat de två latexfärgernas vidhäftning (system IV). Brotten uppstod dock huvudsakligen i färgskikten (se nedan).
3. Det låga värdet för klorkautschuk system IV beror på att färgen inte väter eller flyter ut ordentligt på "Vinalak"-ytan. Leverantören av "Vinalak" anger inte heller, att produkten kan användas i kombination med klorkautschuk.
4. "Vinalak" som grundning till epoxiuretanfärgen försämrade systemets vidhäftning till betongen.
5. Spädning av resp. färg vid första appliceringen (system II) jämfört med outspädd färg (system I) har inte förbättrat färgernas vidhäftning.

Från varje mätserie i TAB. 5 har ett för resp. mätserie karakteristiskt brott fotograferats (se FIG. 15, 16, 17 och 18). Med utgångspunkt från dessa fotografier och en visuell bedömning kan följande sägas om brottkaraktern för de fyra färgerna applicerade enligt system I-IV.

1. PVA-färg. Outspädd färg (system I) gav 100% brott mellan färgskikt och underlag. Utspädning (system II) synes ge en något förbättrad förankring. Bäst förankring i cementpasta visar system IV ("Vinalak" som grundning).
2. Akrylatfärg. Outspädd system I har i detta fall givit kohesionsbrott i färgskiktet (möjligtvis för lång torktid mellan appliceringarna). Applicering av den opigmenterade akrylatlatexen som första skikt (system III) har orsakat 100% brott mellan färg och underlag. Grundering med klarlack synes bättre förankra färgen (system IV) till underlaget.
3. Klorkautschukfärg. I både system I och II kvarstannade ett mycket tunnt slöjliknande skikt av färgen i underlaget, vilket tyder på viss inträngning. Brottstället inträffade inte till någon del i själva provkroppen.

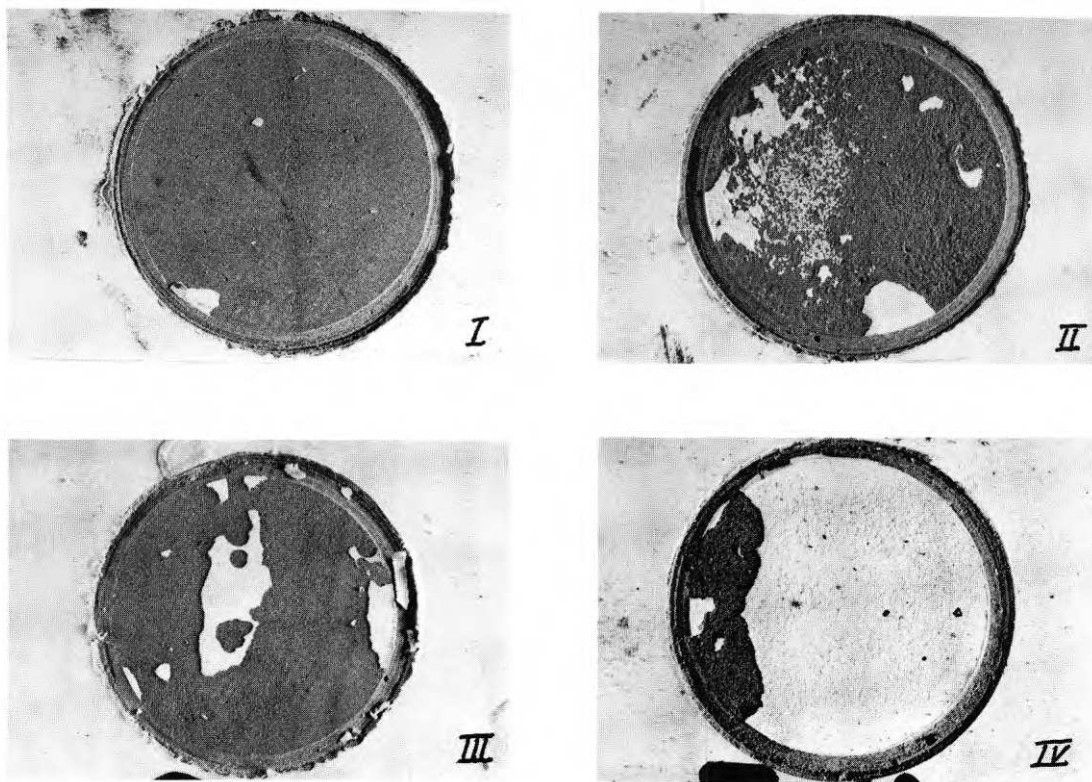


FIG.15. PVA-latexsystem I - IV på cementprovkroppar. 2X.
Medeldragvärden i kp/cm^2 : I=27, II=29, III=21, IV=30
(ur TAB.5.)

PVA latex systems I - IV on cement cubes. 2X.
Mean tensile strength in kp/cm^2 : I=27, II=29, III=21,
IV=30

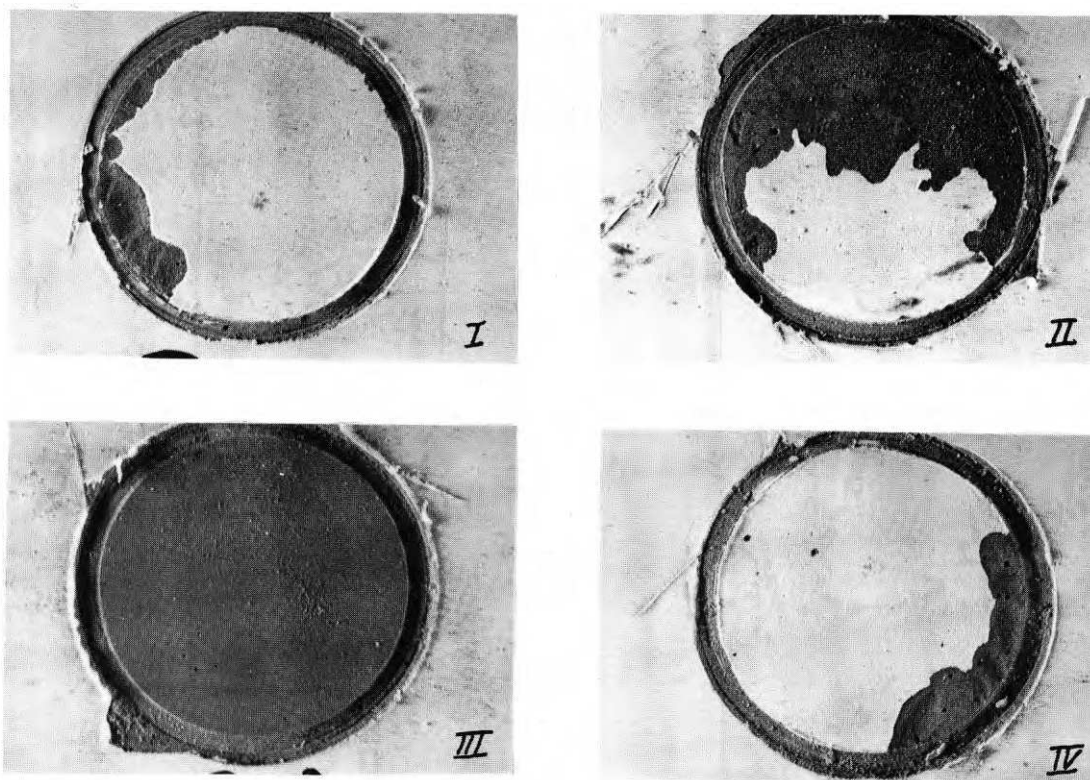


FIG.16. Akrylatlatexsystem I - IV på cementprovkroppar. 2X.
Medeldragvärden i kp/cm^2 : I=27, II=29, III=23, IV=26
(ur TAB.5.)

Acrylic latex systems I - IV on cement cubes. 2X.
Mean tensile strength in kp/cm^2 : I=27, II=29, III=23,
IV=26

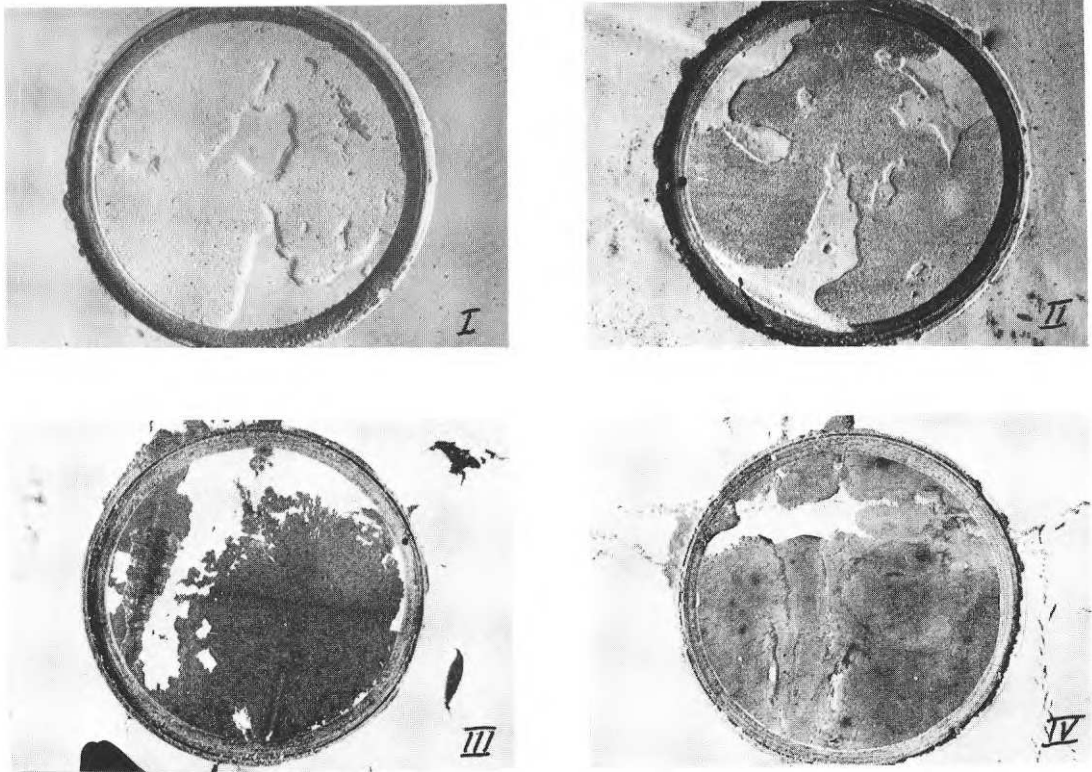


FIG. 17. Klorkautschuksystem I - IV på cementprovkroppar. 2X.
Medeldragvärden i kp/cm^2 : I=26, II=27, III=34, IV=10
(ur TAB.5.)

Chlorinated rubber systems I - IV on cement cubes. 2X.
Mean tensile strength in kp/cm^2 : I=26, II=27, III=34,
IV=10

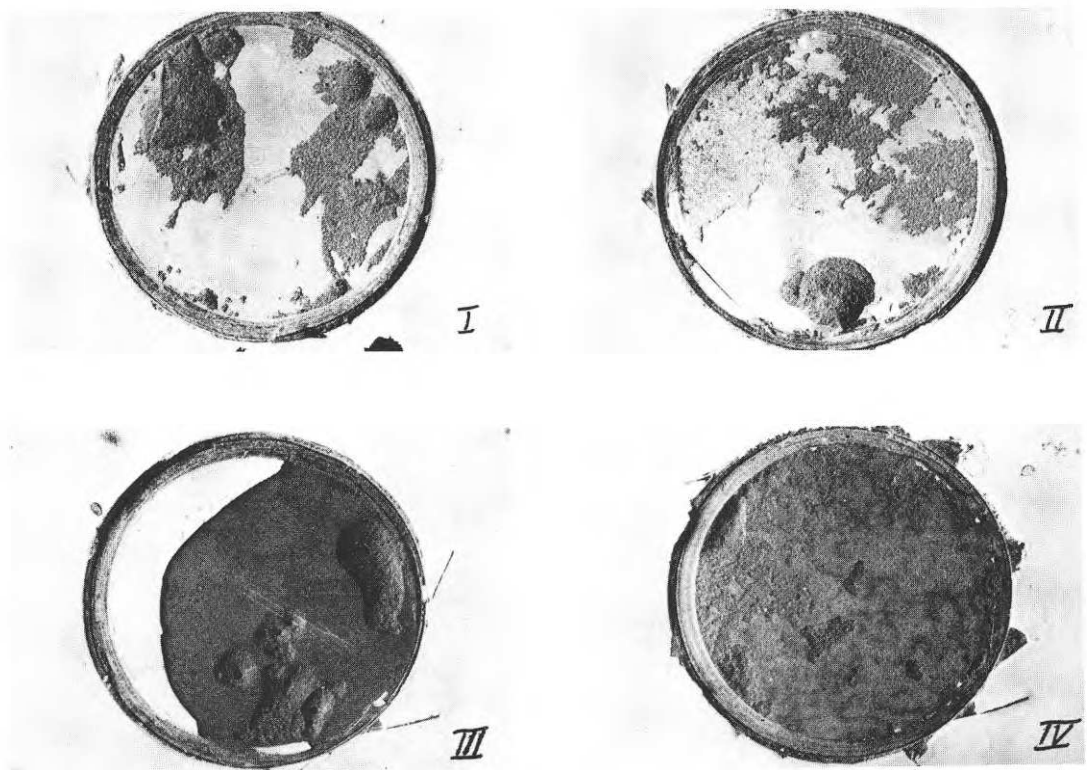


FIG. 18. Epoxiuretansystem I - IV på cementkroppar. 2X.
Medeldragvärden i kp/cm^2 : I=44, II=43, III=37, IV=36
(ur TAB.5.)

Epoxy urethane systems I - IV on cement cubes. 2X.
Mean tensile strength in kp/cm^2 : I=44, II=43, III=37,
IV=36

4. Epoxiuretan Endast med denna färg erhöles materialbrott nere i själva cementpastan (se t.ex. system III). I övrigt inträffade många brott samtidigt i lim, färg och underlag (orena brott).

Generellt kan sägas, att relativt höga dragvärden ($2,5-4,0 \text{ N/mm}^2$) uppmätts för de undersökta färgsystemen applicerade på cementpasta. Några materialmängder från underlaget har inte följt med vid provdragningarna utom i fallet epoxiuretan. De erhållna dragvärdena visar att någon påtaglig effekt på vidhäftningen inte uppnås genom grundning med vinylgrundlack, alternativt med opigmenterad färg eller genom utspädning av själva färgen. Studeras fotografierna av de erhållna brottytorna fås dock det intrycket, att vinylgrundlacken förbättrat de två undersökta latexfärgernas vidhäftning.

4.6.2 Inverkan av betongålder och färgtyp

Undersökningen omfattar bestämning av de tre färgtypers vidhäftning till släta formytor ca 2 mån. resp. 3-4 år gamla. De 2 mån. gamla provkropparna erhöles från Cement & Betongforskningslaboratoriet i Limhamn medan den äldre betongen erhöles från Statens Prøveanstalt i København. Färgerna applicerades med spruta vid tre appliceringar om vardera ca $30 \mu\text{m}$ torrt färgskikt. Provkropparna förvarades i klimatrum (20°C , 65% RH) under fyra veckor, varefter färgskiktets vidhäftning bestämdes med Elcometer dragprovare. För varje färg utfördes 15 st. mätobservationer. Beträffande betongprovkropparna från Limhamn kan ytterligare upplysas att betongen gjutits mot stålplåtform bestruken med formolja. Ballastgradering (granit) 0-32 mm, betongen vibrerad på vibratorbord, $vct=0,56$, K300. De vid dragprovningen erhållna värdena redovisas i TAB. 6, varur följande slutsatser dragits:

1. För akrylatlatexfärgen och alkydfärgen har inte påvisats någon signifikant inverkan av betongåldern på vidhäftningen.
2. För PVA-latexfärgen var vidhäftningen obetydligt bättre på den yngre betongytan.
3. Någon signifikant skillnad i vidhäftningen föreligger inte mellan alkyden och de två latexfärgerna. Vidhäftningen var i storleksordningen $0,8-1,3 \text{ N/mm}^2$.

TAB. 6 Färgskikts vidhäftning (kp/cm^2) till två formytor av åldern 2 mån. resp. 3-4 år. Elcometer dragprovare.

	2 mån. gammal betong			3-4 år gammal betong		
	PVA-latex	Akrylat-latex	Alkyd	PVA-latex	Akrylat-latex	Alkyd
	10	6	10	12	4	10
	12	14	13	8	7	9
	10	10	9	4	9	5
	8	10	14	5	4	6
	10	16	14	12	10	7
	10	22	17	5	10	10
	6	5	15	9	11	13
	13	6	18	5	10	7
	13	14	13	5	8	6
	8	12	10	4	7	19
	8	10	9	7	9	5
	10	9	12	14	8	5
	14	11	13	8	7	8
	17	8	14	6	5	5
	15	8	14	7	5	25
$M_V^{1)}$	$10,9 \pm 2,3$	$10,7 \pm 3,4$	$13,0 \pm 2,1$	$7,4 \pm 2,4$	$7,5 \pm 1,8$	$9,3 \pm 4,6$
s	4,2	6,2	3,7	4,3	3,3	8,3

t-test på medelvärdena:

PVA ₁	Akr ₁	Alk ₁	PVA ₂	Akr ₂	Alk ₂	
PVA ₁	-	-	+	+	-	Index 1 = 2 mån. gammal betong
	Akr ₁	-	-	-	-	Index 2 = 3-4 år gammal betong
		Alk ₁	+	+	-	
			PVA ₂	-	-	
				Akr ₂	-	

1) M_V = medelvärde med 95% konfidensintervall

s = spridning

4.6.3 Inverkan av betongytans ytbearbetning

I detta avsnitt har studerats i vad grad olika ytbearbetningsmetoder för betongytor påverkar ett färgskikts vidhäftning. I undersökningen har medtagits dels akrylatlatexfärgen (typ fasadfärg) och dels epoxiuretanfärgen (typ betonggolvfärg). Normal cementblandning användes (vct=0,60). Betongmassan gjöts till kvadratiska plattor med formatet 30 x 30 x 3 cm. Sedan betongmassan för hand sammanpressats avjämnades ytan med stålglätt. Första appliceringen av färg utfördes 18 tim. efter gjutningen. Färgerna påfördes med pensel. Andra färgskiktet påfördes när det första uppnått dammtorrhet. Före bestämning av färgskiktets vidhäftning förvarades provkropparna 7-8 dygn i klimatrums (23°C, 50% RH). Genomgående användes den pneumatiska dragprovaren.

I TAB. 7 anges de olika betongytor som akrylatlatexfärgen provades på samt de erhållna dragvärdena. Följande kan sägas om akrylatlatexfärgens vidhäftning till de undersökta betongytorna:

1. Bäst vidhäftning (2,7 N/mm²) uppnåddes på slät formyta (yta 1). De mot form (plast) gjutna betongytorna var mycket släta och nästan spegelblanka.
2. Näst bäst resultat (ca 1,7 N/mm²) erhöles med piassavakvastborstning (3 timmar efter gjutningen) och syraetsning (yta 5 resp. 8). Utfördes piassavakvastborstningen 16 tim. efter gjutningen (yta 6) blev vidhäftningen något sämre (1,2 N/mm²).
3. Vakuumsugning av betongmassan (yta 7) innebär inte att färgen får någon nämndvärt hög vidhäftning (ca 0,8 N/mm²).
4. Grundning med vinylklarlack (yta 9) gav inte heller något positivt resultat (0,8 N/mm²).
5. Lägst vidhäftning (0,6-0,8 N/mm²) uppmättes på stålglättad (yta 2), brädriven (yta 3) och avdragen yta (yta 4).

Vid de flesta dragprovningarna medföljde vanligtvis fragment och småpartiklar det avdragna färgskiktet. I de flesta fall var det frågan om ballastpartiklar som inte fullständigt var omslutna av cementpastan. Förhållandet illustreras av FIG. 19,

TAB. 7 Akrylatlatexfärgens vidhäftning (kp/cm^2) till olika ytbearbetade betongtyper. Betongens vct=0,60

	1	2	3	4	5	6
	Formyta, gjuten mot plan plastyta	Överyta, stålglättad vid gjutning	Överyta, bräderiven, 3 tim efter gjutning	Överyta, avjämrad med träplanka	Överyta, piassavakvastborstad 3 tim efter gjutning	Överyta, piassavakvastborstad 16 tim efter gjutning
26,8	9,2	11,5	11,5	11,5	9,2	11,5
29,1	5,4	4,6	4,6	5,4	16,9	10,7
27,6	4,6	4,6	4,6	3,8	6,1	13,0
28,4	9,2	6,9	6,9	13,8	21,5	10,7
20,7	6,9	6,1	6,1	8,4	16,1	17,6
34,5	6,1	4,6	4,6	6,1	19,2	19,9
29,4	5,4	5,4	5,4	7,7	8,4	11,2
30,7	8,4	4,6	4,6	9,2	19,9	10,5
29,9	4,6	4,6	4,6	3,8	29,1	8,4
15,8	9,2	7,7	7,7	8,4	20,7	10,0
-	7,7	8,4	8,4	11,5	19,2	13,0
-	9,2	6,1	6,1	10,0	15,3	7,7
-	11,5	-	-	-	15,3	6,1
-	-	-	-	-	16,9	15,3
\bar{M}_V	$\bar{7,5 \pm 1,3}$	$\bar{6,3 \pm 1,3}$	$\bar{6,3 \pm 1,3}$	$\bar{8,3 \pm 2,0}$	$\bar{16,7 \pm 3,4}$	$\bar{12,1 \pm 2,1}$
S	2,2	2,1	2,1	3,1	5,9	3,8

\bar{M}_V

S

forts.

1) Medelvärde med 95%-igt konfidensintervall

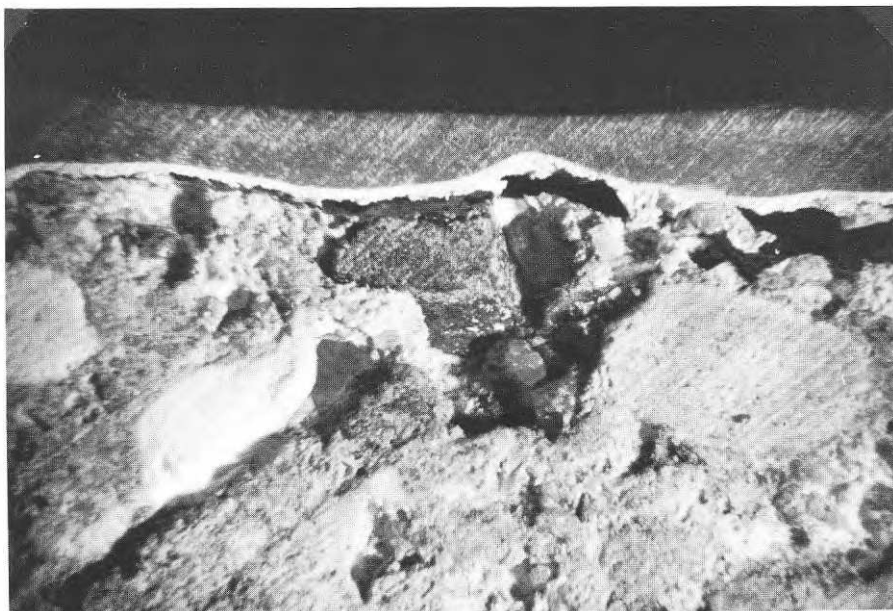


FIG.19. Akrylatlatexfärg på vakuumsugen betong. Färgskiktet är skyddat av en pågjuten epoximassa. 12X.

Acrylic latex paint on vacuum treated concrete. The paint film has been protected by a coat of two-can epoxy. 12X.

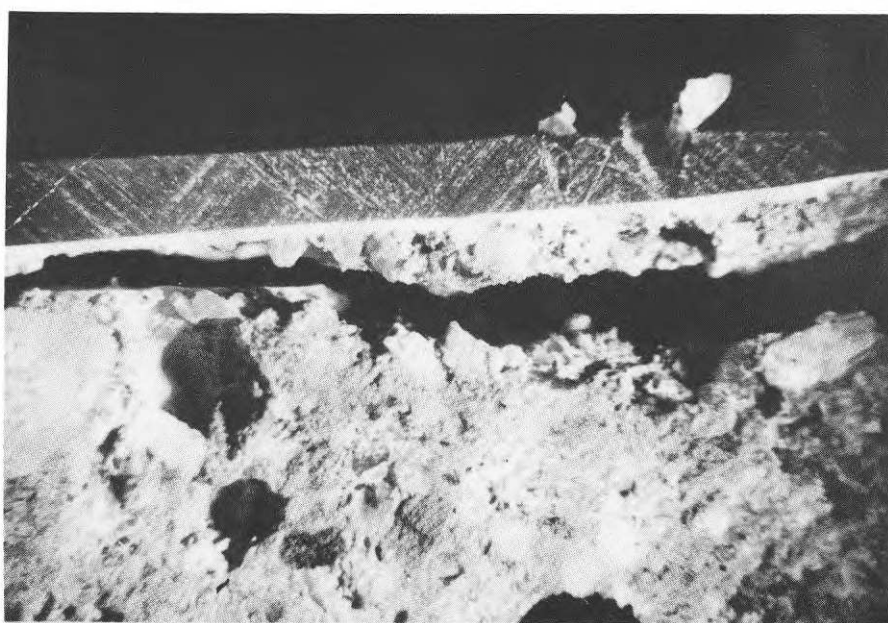


FIG.20. Epoxiuretanfärg på stålglättad betong. Färgskiktet är skyddat av en pågjuten epoximassa. 12X.

Epoxy urethane paint on steel-glazed concrete. The paint film has been protected by a coat of two-can epoxy. 12X.

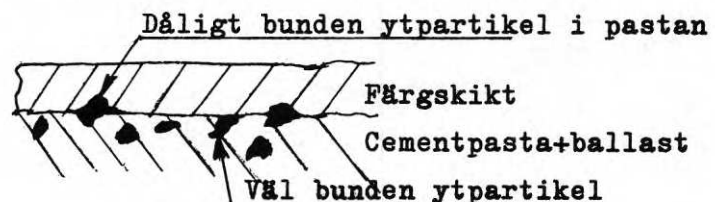
där ett tvärsnitt av en påbörjad brottbildning mellan färgskikt och betong fotograferats.

I TAB. 8 redovisas på motsvarande sätt epoxiuretanfärgens vidhäftning till på olika sätt ytbearbetade betongytor. På grund av tidsbrist har inte fullt lika många ytor studerats som i fallet med akrylatlatexfärgen. Resultaten i tabellen anger följande:

1. Syraetsning med 3% saltsyra och därefter noggrann efter-sköljning med vatten (yta 6) gav höga vidhäftningsvärden ($3,5 \text{ N/mm}^2$).
2. Vakuumsugning (yta 5) förbättrar vidhäftningen ($2,1 \text{ N/mm}^2$) jämfört med t.ex. stålglättad (yta 2) eller endast avjämnad betong (yta 4), vilka gav 1,1 resp. $0,8 \text{ N/mm}^2$. Be-träffande brädriven betong (yta 3) är värdena anmärknings-värt låga ($0,4 \text{ N/mm}^2$) och möjligtvis har en okänd felkälla påverkat resultatet.
3. Mätningar på slätgjuten formyta gav höga värden ($3,1 \text{ N/mm}^2$),

Angående brottens karaktär kan sägas att brottet inträffade längre ner i betongen jämfört med latexfärgen. Hur betongmater-ial medföljer färgskiktet vid avdragning framgår av FIG. 20, som visar ett tvärsnitt av ett brottställe.

Omständigheten att ballastpartiklar relativt lätt medföljer färgskiktet vid dragprovning kan förklaras med att i betong-ytan sker en relativt snabb uttorkning vilket innebär att mi-kroskopiskt små krympsprickor bildas i cementpastan. Genom krympningen går den goda kontakten delvis förlorad mellan ce-mentpastan och ballastkornen. Appliceras nu en flytande färg på betongytan kommer denna att mer eller mindre omsluta och vidhäfta till ballastpartiklarna beroende på i vad hög grad dessa är förankrade i cementpastan. Färgens egenskap att trän-ga ner mellan ballastkorn och cementpasta är härvid av största betydelse. Förhållandena visas schematiskt i nedanstående skiss:



TAB. 8 Epoxiuretanfärgens vidhållning (kp/cm^2) till olika ytbearbetade betongytor. Betongens $v_{ct}=0,60$.

	1	2	3	4	5	6
	Formyta, gjuten mot plan plåstyta	Överyta, stålglättad vid gjutning.	Överyta, brädriven 3 tim efter gjutning	Överyta, avjämnad med träplankatad	Överyta, vakuum-sugen, stålglättad	Överyta, stålglättad, syretsad efter 4 mån.
	25,3	14,6	2,7	3,8	25,3	29,9
	34,3	9,2	4,6	2,3	18,4	31,4
	36,8	12,3	3,1	13,0	23,0	33,0
	34,5	13,8	6,5	3,8	20,7	33,7
	44,5	15,3	3,1	10,0	17,6	33,7
	26,1	10,0	3,8	9,2	18,4	36,0
	34,5	5,4	1,5	5,4	24,5	36,8
	22,2	13,0	5,4	11,5	24,5	38,4
	25,3	10,7	3,1	10,7	16,1	38,4
	-	6,1	-	-	18,4	41,4
M_v	$31,4 \pm 5,5$	$11,0 \pm 2,4$	$3,8 \pm 1,2$	$7,7 \pm 3,0$	$20,7 \pm 2,9$	$35,3 \pm 2,8$
S	7,2	3,4	1,5	3,9	3,4	3,6

t-test mellan medelvärdena för yta 1-6:

1	2	3	4	5	6
1	+	+	+	+	-
2	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+

1) Medelvärde med 95%-igt konfidensintervall

För övrigt kan sägas, att mätningar av effekten av olika ytbearbetningsmetoder är förknippat med ett relativt stort osäkerhetsmoment emedan ytbearbetningen utföres för hand (utom vakuumsugning) med risk för varierande handrörelse, bearbetningstryck m.m. En viss ytbearbetning avslutas när den ifrågasvarande personen visuellt uppfattar eller erfarenhetsmässigt bedömer bearbetningen som avslutad.

4.7 Färgers och lackers inträngning i betong och lättbetong

För att uppnå en god vidhäftning av färger på betong är det nödvändigt, att färgen förankras i tillräcklig grad till underlaget. Olika färgers och lackers inträngning (penetration) har undersökts genom att såga ut tvärsnitt från målade provkroppar. Tvärsnitten studerades i ett stereomikroskop (Zeiss nr. IV, Förstoring 0-200 x). Tvärsnitten utsågades med en betongsåg (Felker 11-B) försedd med diamantskärskiva. Sågningen sker under vattenpåsprutning. Normalt skyddades färgytorna mot mekanisk åverkan och även mot vatten genom att gjuta ett 2-3 cm tjock epoxibeläggning på ytorna. Denna beläggning utgjordes av 1:1 viktdelar Epikote 815 + Versamid 140. Vid vissa försök pigmenterades epoximassan med titandioxid för att bättre kontrastverkan skulle erhållas. Uppvärmdes epoxisystemet till 40-50°C före gjutning kunde provkropparna utan svårighet sågas ett dygn senare. Beroende på typ av färg eller lack som skulle undersökas infärgades dessa med olika pigment eller färgämnen. Efter sågning slipades tvärsnitten. Ej vattenkänsliga prover vattenslipades med slippapper nr. 400 medan vattenkänsliga prov slipades med karborundpulver uppslammat i vaselinolja. Slipningen företogs på plana glasplattor.

4.7.1 Inträngning i cementpasta

Några av de under punkt 4.5.1 beskrivna färgsystemen undersöktes på ren cementpasta (vct=0,45, formyta). I de fall färgerna infärgats med det fluorescerande och vattenlösliga färgämnet Rhodamin FB, så har avsikten varit att studera inträngningen genom belysning av provet med UV-ljus. Metodiken uppfyllde dock inte helt de ställda förväntningarna. Bland annat uppstod missfärgning av provet vid sågningen (vattenpåverkan).

Denna missfärgning kunde endast avlägsnas genom omfattande nedslipning med karborundum i olja och sköljning med t.ex. terpentin. I titandioxidpigmenterade färger, med normala mängder pigment, försvinner eller dämpas dessutom nästan helt Rhodaminets fluorescerande effekt. I FIG. 21^{a)} och 22 visas skikt av alkydfärgen båda utspädd (a) och utspädd med 10% lacknafta (b). I fall a föreligger inte någon inträngning men i fall b finnes tecken på viss materialinträngning. Den röda missfärgningen av underlaget har uppstått i samband med slipningen. På motsvarande sätt undersöktes utspädd resp. 10% utspädd akrylatlatexfärg. Någon inträngning kunde inte konstateras i de båda fallen för akrylatlatexfärgen. Vidare studerades epoxiuretanlacken pigmenterad med ftalocyaninpigment applicerad som första skikt och som andra skikt samma lack men pigmenterad med titandioxid (FIG. 23). En viss inträngning av klarlacken kan iakttagas på fotot, men då förstöringsgraden är hela 70 x är det frågan om mycket liten inträngning (ca 1/100 mm). Den nästa obefintliga inträngningen i cementpasta kan förklaras med att pastans håligheter huvudsakligen utgöres av gelporer av storleksordningen 10-15 Å. Utgående från ett vct=0,45 så innehåller enl. FIG. 1 cementpastan ca 20 vol% gelporer och endast 5 vol% av de större kapillärporerna. Då titandioxidpigment har en lägsta partikelstorlek av ca 0,3 µm och latexpartiklarna är av storleksordningen 0,1-0,5 µm föreligger knappast några betingelser för inträngning. För övrigt hänvisas till den tidigare omtalade höga tätheten hos cementpasta i avsnitt 1.4.

4.7.2 Inträngning i betong

Eftersom pigmenterade system gav obetydlig inträngning utfördes några grundläggande undersökningar med opigmenterade system applicerade på stålglättade betongytor (vct=0,60, ballast/cement = 3,5:1). De undersökta färgerna eller lackerna påfördes 18-20 tim. efter betongens gjutning, vilket innebär att betongen är relativt fuktig vid målningstillfället. Experimenten utfördes i klimatrum vid 23°C, 50% RH. Inträngningen av vinylgrundlacken "Vinalak 5103" studerades vid tre olika utspädningsgrader. Den i lösning leverade "Vinalaken" (torrhalt 50%) utspäddes med 1, 1,5 resp. 2 viktdelar lösningsmedel

a) FIG. 21-28, se s.39

(3 viktdelar 95% etanol på 1 viktdel vatten). Lösningarnas viskositet bestämdes i en Emila Rheometer till 2,7, 1,2 resp. 0,8 P. Utsågade betongtvärsnitt varpå de tre lösningarna applicerats visas i FIG. 24,25 och 26. Inträngningen är i stort sett densamma i de tre fallen. Med andra ord är vinylpolymerisatets molekyler (medelmolekylvikt ca 36.000) så pass stora, att de endast i mindre grad tränger ned i cementpastan. Inträngningsdjupet kan uppskattas till ca 0,1 mm (jämför med skalstrecket på bilderna). Det är möjligt att inträngningen delvis kan hänföras till själva lösningsmedlet, eftersom det med hjälp av lösliga färgämnen kan vara vanskligt att särskilja bindemedel från lösningsmedel.

Molekylviktens inverkan på bindemedels inträngning i betong har bl.a. studerats med tre klorkautschuklösningar (klorkautschuk typ Pergut S5, S20 och S90 upplösta i xylen.) med medelmolekylvikterna 60.000, 135.000 och 185.000. Lösningarnas viskositet valdes i alla tre lösningarna till 3,9 P vilket motsvarade 47, 34 resp. 26 vikt% klorkautschuk. I FIG. 27 och FIG. 28 visas betongtvärsnitt av lackerna med den lägsta och den högsta medelmolekylvikten. Den djupaste inträngningen ("Pergut S5") är uppmätt till ca 1 mm. Det skall här framhållas, att separat inträngning av xylen inte tycks ha stört resultatet. Detta framgår av FIG. 28, där mängden xylen är störst men ändå har ingen inträngning och färgning orsakad av lösningsmedlet uppstått. Detta kan förklaras med att xylenen nästan omedelbart efter applicering avdunstar. På grund av den relativt dåliga inträngningen undersöktes utspädningseffekten på några klorkautschuklackar bestående av "Pergut S5" upplöst i xylen med halterna 0, 2, 5, 10, 20 och 40 vikt%. Lösningarna karakteriseras av låg torrhalt, låg viskositet samt att det upplösta bindemedlet är relativt lågmolekylärt. I fallen 2, 10 och 40 % bestämdes viskositeten med Emila Rheometer till 1, 2 och 33 cP. I det mest gynnsamma fallet för inträngning (2 % lösning) uppmättes denna till ca 1-2 mm. Vid undersökning av det rena lösningsmedlets (xylens) inträngning erhöles också ett inträngningsdjup av nämnda storlek. Xylens inträngning är emellertid svår att bestämma, då detta mycket snabbt avdunstar från ytan. Inträngningen i detta fall blir beroende av mängden lösningsmedel och under hur lång tid en vätskefilm av lösningsmedlet finnes på betongytan.

Ett sätt att bestämma i första hand opigmenterade lackers inträngning i betong är att med hjälp av mikroskop bestämma skiktjockleken hos den film, som bildas på själva betongytan. Med kännedom om lackens torrhaltsvolym och mängden påförd lack per ytenhet kan den teoretiska filmtjockleken utan inträngning bestämmas. Har t.ex. en teoretisk filmtjocklek bestämts till 30 μm och vid mikroskopbestämning på tvärsnitt en film på 20 μm uppmäts har således i detta fall 33 % av bindemedlet trängt ned i betongen.

Latexfärgers inträngning har undersökts bl.a. genom att pigmentera en akrylatlatexemulsion (Rhoplex AC-34) med ca 10 % mikroniserad brun järnoxid (FIG.29)^{a)}. Latexpartikelarnas storlek i den studerade emulsionen var enligt tillverkaren inom intervallet 0,1-0,4 μm i diameter. Någon inträngning av latexfärgen i betongen kunde inte konstateras i mikroskopet. I ett annat försök infärgades samma latexemulsion med dels det vattenlösliga färgämnet Rhodamin och dels pigmentet ftalocyaninblått (Luconylblau 690, BASF). Det upplösta färgämnet följde med vattenfasen ned i betongen och rosafärgade denna medan ftalocyaninpigmenten (partikelstorlek ca 0,10 μm) stannade i latexfilmen på betongytan (FIG. 30). Inträngningen av opigmenterad alkydfärg visas i FIG. 31, varav framgår att inträngningen är relativt liten, möjligen någon tiondels μm .

Lågmolekylära epoxisystem som t.ex. flytande Epikote 815 + Versamid 140 (1:1 i vikt) ger en förhållandevis god inträngning i betong (ca 1 mm) utan närvaro av lösningsmedel (FIG. 32). Medelmolekylvikten för Epikote 815 är 330. Vid tillsats av lösningsmedel (1 del MIBK + 1 del isopropanol + 2 delar xylen) till nämnda system erhöles en inträngning av ca hela 3 mm (FIG. 33). Vid tillsats av ca 20 vikt% titandioxid (Kronos RNCX) till systemet kunde tydligt konstateras att pigmentkornen frånseparerades på betongytan (FIG. 34), men att bindemedlet fortfarande tränger ned i betongen. Mer högmolekylära epoxisystem baserade på t.ex. Epikote 1009 ($M \approx 3750$) i lösning (2 delar cyklohexanon, 1 del xylen, 1 del oxitolacetat) gav förhållandevis mindre inträngning jämfört med utspädd Epikote 815.

Såsom väntat är en vätskas inträngning i betong beroende av

a) FIG. 29-36, se s.40

betongens uttorkningsgrad. Inträngningen av det lösningsmedelsfria systemet Epikote 815 + Versamid 140 applicerad på betong dels i jämnvikt med 50% RH och dels på fullständigt uttorkad betong (uppvärmd till konstant vikt i värmeskåp vid 105°C) undersöktes. I detta fall erhöles nästan dubbelt så djup inträngning för helt uttorkad betong jämfört med betong i fuktjämnvikt med 50% RH. Det skall här omtalas, att den betong som normalt använts för studium av inträngning förvarades i klimatrum vid 23°C och 50% RH.

4.7.3 Inträngning i lättbetong

Någon inträngning (penetration) av latexbaserade system kan inte förväntas ske i lättbetong, varför endast två lösningsmedelbaserade lacker undersöktes. I FIG. 35 visas inträngningen av grundlacken "Vinalak 5103" (2,6 P) och i FIG. 36 visas systemet Epikote 815 + Versamid 140 med 33 vikt% lösningsmedel. "Vinalak" ger endast utfyllning av håligheter i lättbetongen medan epoxisystemet även intränger i materialets cellväggar, som till sin sammansättning motsvarar cementpastan i betong.

5 REFERENSER/LITTERATUR

Bestämmelser för betongkonstruktioner - material och utförande - B5, (AB Svensk Byggtjänst), Stockholm.

Bergström, S, 1970, Allmän kurs i byggnadsmateriallära (kompendium i tre delar, LTH, inst. f. byggnadsmateriallära), Lund.

Betongteknisk ordlista, TNC 46.

Bygg AMA, 1965, Allmänna material- och arbetsbeskrivningar för husbyggnadsarbeten jämte upphandlingsföreskrifter (AB Bygg AMA), Stockholm.

Cederberg, K-G, & Dahlman, L, 1970, Avnötningsprov på betonggolvet i hållfasthetsklasserna K400, K500, och K600. (Svenska Cementföreningen) Cement & Betong 1970 del 4, s. 453-458, Malmö.

Cordon, W, 1967, Freezing and thawing of concrete-mechanisms and control (American Concrete Institute), 99 s., Detroit.

Czermin, W, översättning av Håkanson, P, 1969, Cementkemi för byggare (Svenska Cementföreningen), 105 s., Malmö

Materialbetong. Handbok i elementär betongteknik, 1968 (Svenska Cementföreningen), 248 s., Malmö.

Råd och anvisningar till Bygg AMA, 1965 (AB Bygg AMA), Stockholm.

Svensk Byggnorm 1967.

BILAGOR

I. Färgrecept

II. Några betongtekniska begreppsförklaringar

I. FÄRGRECEPT

<u>1. PVA-latexfärg</u>	Viktdelar
1. Vatten	140
2. Natriumpolyfosfat	2,5
3. Tamol 731 (25% i vatten)	1
4. Skumdämpare, NOPCO NDW	1
5. Dibutylftalat	20
6. Etylenglykol	20
7. Titandioxid, Kronos RNCX	250
8. Microdol 1	80
9. Micro-Mica W1	30
10. Natrosol 250M (3% i vatten)	<u>70</u>
	614,5

1-10 tillsättes i ordningsföljd och dispergeras i en snabb-
omrörare under 10-15 min. varefter nedanstående blandning
tillsätts:

11. Skumdämpare, NOPCO NDW	2,5
12. Butylkarbitolacetat	15
13. Borvimal H (PVA-emulsion, Borregaard)	407
14. Natrosol 250M (3% i vatten)	90
15. Vatten	20
16. Ammoniak till pH 8,5	<u>2</u>
	536,5

Totalt: 1151,0

PVK 33
Torrhalt 53 viktsprocent
pH ca 8,5
Viskositet 92 KU

Recept ur Borregaards ringbok "Borvidispersjoner" utgiven i
sept. 1969. Färgtyp "Interiør/eksteriør-maling baseret på
Borvimal H 10".

<u>2. Akrylatlatexfärg</u>	Viktdelar
1. Vatten	64
2. Tamol 731 (25% i vatten)	12,8
3. Triton CF-10	3
4. Skumdämpare NOPCO NXZ	1,2
5. Etylenglykol	30
6. Pine oil	3,6
7. Hydroxyetylcellulosa (2,5% i vatten)	138
8. Titandioxid, rutil RN 47	280
9. Microtalc 20µm	120
10. Microdol 20µm	<u>130</u>
	782,6

Ovanstående kemikalier dispergeras i snabbomrörare under 10-15 min. varefter nedanstående blandning tillsätts:

11. Rhoplex AC-34 (akrylemulsion, Rohm-Haas)	613
12. Vatten	9,5
13. Skumdämpare NOPCO NXZ	1,2
14. Ammoniak till pH 9,5	<u>ca 2,4</u>
	626,1
	Totalt:1408,7

PVK 40
 Torrhalt 58 viktprocent
 pH ca 9,5
 Viskositet 81-87 KU

Recept ur "Rohm - Haas Co, Rhoplex acrylic emulsions for outdoor paints, 11th annual progress report" sid. 24. Färgtyp "High-Quality white Topcoat based on Rhoplex AC-34".

<u>3. Klorkautschukfärg</u>	Viktdelar
1. Klorkautschuk, (Pergut S10, Bayer)	750
2. Klorparaffin 40, mjukgörare	292,5
3. Desavin mjukgörare (Bayer)	112,5
4. Xylen	935
5. Pendol (hydrerad recinenolja)	30
6. Titandioxid, Kronos RNCX	712,5
7. Microtalc 20 µm	<u>1200</u>
	4032,5

Kemikalierna 1-7 mals gemensamt i kulkvarn till rivningsgrad 8-9 enligt Hegmanskalan.

PVK 44

Torrhalt 57 viktprocent

Viskositet 70-75 KU

Modifierat recept från Bayer

<u>4. Epoxiuretanfärg (tvåkomponent)</u>	Viktdelar
<u>A. Bas:</u>	
1. Epikote 1009 (Shell)	620
2. Ureaformaldehyd, BIP 644	30
3. Cyklohexanon	645
4. Oxitolacetat (Shell)	322,5
5. Xylen	322,5
6. Titandioxid, Kronos RNCX	<u>1050</u>
	2990
<u>B. Härdare:</u>	
7. Polyisocyanat Desmodur L (Bayer)	552

Blandningsförhållande: 89 viktdelar härdare på 100 viktdelar Epikote 1009 (1 viktdel B på 5,4 viktdelar A).

PVK 20

Torrhalt 60 viktprocent

Recept ur Shells "Epikote Resins for Paint" sid. 38.

<u>5. Alkydfärg</u>	Viktdelar
1. Titandioxid, Kronos RNCX	300
2. Microdol 20µm	300
3. Bentone 38	8
4. Soyalecithin	2
5. Lacklinolja	106
6. Linoljealkyd (68%, Plexal P68, Polyplex)	540
7. Ca-naftenat 4%	11
8. Pb-naftenat 30%	6
9. Co-naftenat 8%	3
10. Exkin nr.2, metyletylketoxim	2
11. Lacknafta	<u>70</u>
	1348

Kemikalierna rivs i kulkvarn till rivningsgraden 8-9 Hegmanenheter.

PVK 27

Torrhalt 77 viktprocent

Viskositet 85-90 KU

Recept utarbetat på NIF

<u>6. Lättbetongfärg (typ "Streichputz")</u>	Viktdelar
1. Mowilith, PVA/VeoVa-latex DM21 (Hoechst)	290
2. Ammoniak	1
3. Calgon N (2,5% i vatten)	50
4. Titandioxid RN 56	70
5. Kaolin	50
6. EWO pulver (Blanc fixe)	35
7. Plastorit 0	30
8. Omya BLP 2	50
9. Kwartssand	360
10. Kvartermjöl	40
11. Skumdämpare NOPCO NXZ	2
12. Pine oil	1,5
13. Etylenglykol	35
14. Etylglykolacetat	10
15. Shellsol A	<u>2</u>
	1026,5

Kemikalierna dispergeras i snabbomrörare under 10-15 min.

Recept utarbetat av Farbwerke Hoechst AG

II. NÅGRA BETONGTEKNISKA BEGREPPSFÖRKLARINGAR

Avdragen yta, betongyta avdragen (utjämnad) med avdragningsplanka (rätskiva), vibratorbalk e.d.

Avformning, borttagning av form efter gjutning

Ballast, är exv. sand, grus och sten för betongberedning.

Betong, blandning av cement, ballast, vatten och ev. tillsatsmedel, vare sig denna blandning hårdnat eller ej. Cementet och vattnet bildar cementpasta (cementlim) som omsluter ballastmaterialet.

Betongbestämmelser, eller B5-1965 är den vanligaste benämningen på "Bestämmelser för betongkonstruktioner - Material och utförande - Betong", Statens Betongkommitté, Stockholm.

Betonggolv, beläggning inomhus med betong som slityta, utförd i ett eller flera skikt

Betongmassa, är betong som ej hårdnat.

Bindning, kemisk reaktion hos blandning av cement och vatten varvid blandningen uppnår en viss grad av styvnad.

Borstdragning, behandling av i övrigt färdig betongyta med piassavakvast eller tagelkvast

Borstning, friläggning av ballast i betongyta med rotborste eller stålborste

Brädrivning, behandling av i övrigt färdig yta med rivbräda för hoparbetning och avplaning av ytan

Cement är ett finmalet hydraliskt bindemedel för byggnadsändamål, huvudsakligen framställt av kalksten samt mineral innehållande kiselsyra, järnoxid och aluminiumoxid. I Sverige används huvudsakligen s.k. portlandcement.

Cementhalt, anger cementmängden i kg/m^3 betong

Cementpasta, är en blandning av cement och vatten och ev. tillsatsmedel vare sig denna blandning hårdnat eller ej.

Cementslamskikt, skikt på ytan av gjuten och bearbetad betongmassa bildat genom avskiljning av cementbruk och fin-kornigt slam från den färska betongmassan

Efterbehandling, innebär att betongen hålles fuktig så att alltför snabb uttorkning förhindras.

Enskiktsgolv, betonggolv på mark lagt till full höjd med en och samma betongblandning

Fluatering, behandling av färdig betongyta med vissa kisel-fluorhaltiga lösningar

Frilagd ballast, synlig ballast i betongyta som avsiktligt frilagts genom avlägsnande av omgivande cementpasta (friläggning)

Form för putsfri betong, gjutform utförd med så stor noggrannhet att betongytan efter avformning endast behöver obetydlig efterbehandling, t.ex. före målning

Frostbeständighet, beständighet mot upprepade frysningar och tiningar

Fukthalt, kvoten mellan i visst material ingående mängden fukt och hela materialmängden

Gjutblåsa, synlig blåsa i betongyta

Glättning, behandling av ej styvnad betongyta med stålskiva (stålglättning för hand) eller glättningsmaskin (maskinglättning) i syfte att göra ytan tät och slät

Hydratisering, kallas de reaktioner vid vilka vatten kemiskt binds vid cement

Hållfasthetsklass, betecknas K följt av ett siffervärde i kp/cm^2 och anger betongens tryckhållfasthet. K150 till K600 med intervall om 50 kp/cm^2 är standardiserade hållfasthetsklasser.

Hårdnande, cementpastans succesiva tilltagande i hållfasthet efter bindningens slut.

Härdningstid, tid som åtgår för härdning under givna betingelser.

Karbonatisering, bildning av kalciumkarbonat (t.ex. på betongyta vid kemisk reaktion mellan kalkhydrat (fri kalk) och kolsyra i luften

Konsistens, egenskapen hos färsk betongmassa att vara mer eller mindre flytbar. Bestämmer bl.a. med sättkon och uttryckes med det s.k. sättnmättet, som anger i cm hur mycket en kon av den färskas betongmassan nedsjunker när sättkonen avlägsnas.

Lättbetong, betong med låg densitet, kan vara lättklinkerbetong, porbetong och träballastbetong

Maskinslipning, slipning av hårdnad yta med slipmaskin

Membranskydd, täckning av nygjuten betong med vatten- och diffusionstät hinna genom påsprutning av filmbildande preparat.

Piassavakvast, kvast på långt skaft med styv piassavaborst

Planvibrator, redskap för ytvibrering av betong

Polering, behandling av finslipad eller polerslipad betong med bonvax e.d. för att göra ytan glansig

Porbetong, lättbetong innehållande luftporer erhållna genom gasbildning t.ex. högtrycksånghärdad gasbetong.

Porositet, kvot av hålvolym och totalvolym hos porös kropp

Rivbräda, rektangulär träplatta - vanligen av teakträ - med handtag på mitten

Rättskiva, bräda med rätlinjiga kanter för avdragning av betongyta på färsk betongmassa

Sandblästring, behandling av hårdnad betongyta med tryckluft och sand för friläggning av ballast

Separationsskikt, skikt på ytan av gjuten och bearbetad betongmassa orsakad av vatten-, slam-, eller bruksseparation

Slitskikt, ytskikt hos beläggningsbetong, avsett att utgöra beläggningsens slityta

Styvnande, gemensam benämning på bindning och hårdnande hos cement

Tillsatsmedel, olika material (kemikalier) som inblandas i betong för att ge denna speciella egenskaper. Vanligast är luftporbildande medel samt ämnen som påskyndar betongens hårdnande eller förbättrar dess gjutegenskaper.

Torkningskrympning, krympning i nygjuten betongmassa utsatt för stark värme eller hård blåst, beroende på fukt stark och hastig avdunstning av fukt från betongmassan, resulterande i oregelbundna sprickor.

Utförandeklass, betongarbeten indelas med hänsyn till kraven på jämnhet och noggrannhet i utförandeklasserna I, II och III varvid de strängaste kraven gäller utförandeklass I. Ansvarig arbetsledare för betongarbeten i utförandeklasserna I och II skall ha viss dokumenterad utbildning.

Vakuumbehandlad betong, betong som efter gjutning och vibrering utsatts för undertryck med sugplatta så att vatten avlägsnas från ytan.

Vattencementtal, tal som anger mängd vatten per kg cement i betong.

Vibrering, gemensam benämning för komprimering av betong med olika typer av vibreringsredskap

Väderbeständighet, beständighet mot atmosfärisk inverkan

Ytvibrering, komprimering av betongmassa med vibrator på betongens överyta

Ytslipning, maskinell slipning på betonggolv till ett djup av högst ca 0,5 mm. Ytslipning används ofta för att avlägsna det skikt som har benägenhet att vara dammbildande.

R34: 1972

**Denna rapport avser anslag C 687 från Statens råd för byggnadsforskning till Nordiska institutet för färgforskning, Köpenhamn.
Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: konstruktion**

Pris: 18 kronor