

693.695

Opsætning af glaserede keramiske fliser
som indvendig vægbeklædning

Referat af teknisk konference
arrangeret af
Nordisk Pudskomites Arbejdsudvalg
i samarbejde med
Statens Byggeforskningsinstitut,
afholdt 14. 4. 67 i København



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
Danish Building Research Institute

Opsætning af
glaserede keramiske fliser
som indvendig vægbeklædning

Referat af teknisk konference
arrangeret af
Nordisk Pudskomites Arbejdsudvalg
i samarbejde med
Statens Byggeforskningsinstitut
Afholdt 14. 4. 67 i København

Indhold:	Side	Side
Indledning	3	
1. Orienterende meddelelser om arten og omfanget af skader på indvendige vægbeklædninger med keramiske fliser i de nordiske lande	4	
2. Faktorer af betydning for vægflisens fastsiden	5	
3. Praktiske og laboratoriemæssige erfaringer vedrørende faktorer, der betinger flisebeklædningers holdbarhed, samt referater vedrørende problemstillinger og metoder ved udførte og planlagte undersøgelser	6	
4. Sammenfatning		
I. Håndværket	16	
A. Underlagets forberedelse	16	
B. Opsætningsmørtlens påføring	16	
C. Flisernes forberedelse	17	
D. Flisernes anbringelse	17	
E. Fugningen	17	
II. Materialerne		
A. Fliserne	17	
B. Mørtlen	17	
C. Underlaget	17	
III. Konstruktive forholdsregler		
A. Flisefelternes maksimale størrelse	18	
B. Forholdsregler mod fugtgennemgang	18	
C. Brug af armeringsnet i opsætningsmørtlen	18	
5. Forsøgsteknik og fremtidige forskningsopgaver	19	
Bilag 1. Spændingar i kakelplattor, satta på bärande betongstomme	20	
Bilag 2. Undersökning beträffande lämpligaste sättbruk för kakelplattor	36	

Indledning

Konferencen blev afholdt på dansk initiativ i erkendelsen af en voksende usikkerhed overfor årsagerne til, at flisebeklædninger opsat af erfarne håndværkere i mange tilfælde løsnes eller falder ned efter nogen tids forløb. Uden nærmere kendskab til årsagerne kan der ikke gives anvisning på, hvordan opsætningsarbejdet bør udføres, og ud fra fornemmelsen af, at fliseopsætning også rummede uløste problemer i de øvrige nordiske lande, indbød SBI en snæver kreds af nordiske specialister til en konference med følgende dagsorden:

1. Orienterende meddelelser om arten og omfanget af skader på indvendige vægbeklædninger med keramiske fliser i de nordiske lande.
2. Faktorer af betydning for vægflisens fastsiden.
3. Praktiske og laboratoriemæssige erfaringer vedrørende faktorer, der betinger flisebeklædningers holdbarhed, samt referater vedrørende problemstillinger og metoder ved udførte og planlagte undersøgelser.
4. Sammenfatning.
5. Forsøgsteknik og fremtidige forskningsopgaver.

Indbydelserne blev modtaget med interesse, og konferencen blev d. 14. 4. 67 afholdt på SBI med følgende deltagere:

FINLAND Dipl.ing. Allan Lindholm
Pargas Kalkbergs Ab
Pargas

Dipl.ing. Karl-Johan Smeds
Pargas Kalkbergs Ab
Åbo Kakelfabrik
Åbo

Dipl.ing. Tenho Sneek
Statens Tekniska Forskningsanstalt
Otnäs

NORGE Civ.ing. Henry Hansen
Norges Byggeforskningsinstitut
Oslo

Lab.chef Sven D. Svendsen
Norges Byggeforskningsinstitut
Oslo

Civ.ing. Alf M. Waldum
Norges Byggeforskningsinstitut
Oslo

SVERIGE Disp. Alvar Ericsson
Skånska Plattsättnings AB
Malmö

Fil.dr. Erik Högberg
Puts- och Murbrukslaboratoriet
Limhamn

Prof. Ove Pettersson
Lunds Tekniska Högskola
Lund

Dipl.ing. Vitold Saretok
Chalmers Provningsanstalt
Göteborg

DANMARK Civ.ing. Georg Christensen
Statens Byggeforskningsinstitut
København

Lab.chef Henry Dührkop
Kalk- og Teglværkslaboratoriet
Århus

Overing., cand. polyt. Poul Nerenst
Akademiet for de tekniske Videnskaber
København

Civ.ing. Knud E. C. Nielsen
Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor
København

Konferencen resulterede ikke i en færdig anvisning på opsætning af vægfliser, hvilket heller ikke var ventet; men de meddelte oplysninger og iagttagelser såvel fra praksis som fra laboratorier ydede vægtige bidrag til løsningen af problemerne, og Statens Byggeforskningsinstitut har set det som sin opgave at viderebringe konferencens resultater ved udsendelse af nærværende rapport, der er udarbejdet i samarbejde med laboratoriechef H. Dührkop, der også fungerede som mødeleder.

Det blev forud præciseret, at konferencen kun skulle omhandle glaserede fliser med porøs skærv og kun indvendige vægbeklædninger.

1. Orienterende meddelelser om arten og omfanget af skader på indvendige vægbeklædninger med keramiske fliser i de nordiske lande

Svendsen. I NORGE blev tidligere praktisk talt alle fliser sat op i cementmørtel eller kalkcementmørtel, og der var en vis skadefrekvens, som - selv om den ikke var så forfærdelig stor - dog var stor nok til at være et problem. I dag bliver et stort antal porøse fliser sat op i en lim med plast som bindemiddel, og en del bliver sat op i modificeret cementmørtel - i reglen kaseinholdig - af type som den svenske Kakelfix. Tidligere var underlaget væsentligst beton og forskellige arter mursten, som stadig forekommer, dog med hovedvægten på beton; men i dag har man tillige fået forskellige former for træplader som f.eks. spånplader med som underlag. Det største problem ser ud til at være knyttet til opsætning i lim, en fremgangsmåde der synes at føre til skader i stadigt stigende antal, og ikke så få skader optræder, hvor man har arbejdende underlag som f.eks. spånplader. Disse erfaringer er baggrunden for den norske interesse for dette møde og de planer om fremtidige forskningsarbejder, det eventuelt kan føre til.

Ericsson. I SVERIGE har udviklingen stort set haft samme forløb som i Norge. Nu anvendes kalkcement- og cementmørtel praktisk taget ikke mere, vi er gået over til den såkaldte "tunnskikt" metode, hvor fliserne opsættes i tynde lag af "fästmedel", som i mange tilfælde ikke er mørtler - i hvert fald ikke cementholdige - men i reglen er "Fix'er" baseret på kasein eller - sjældnere - med bitumen eller plast som bindemiddel. Antallet af sådanne "fästmedel" vokser livligt, og et af hovedproblemerne i Sverige er - ligesom i de øvrige lande - at skaffe sig sikkerhed for, at de fungerer tilfredsstillende. Underlaget er hovedsagelig beton og letbeton, og hvor tegl- og kalksandstensmure forekommer, er disse i reglen afrettet af mureren med et grovpudslag af kalkcementmørtel (11/4 eller 12/4); men ellers etablerer fliseopsætteren selv et pudslag og må da afvente en udtørring, fordi de kaseinbaserede Fix'er ikke er anvendelige på frisk mørtel. Det kan således siges at være en regel, at fliseopsætteren altid har en jævn flade at arbejde på. Skadefrekvensen på vægge af disse typer (beton, letbeton og pudsede mure) var en overgang ret stor; men efter en del undersøgelser, hvor man fandt, at betonens svind var den primære skadeårsag, er man kommet frem til metoder, som i høj grad har nedsat skadernes omfang. I træhuse, som kun er dominerende i Nordsverige, har man haft betydelige vanskeligheder, og man mener ligesom i Norge, at det er træunderlaget, der har for store bevægelser i forhold til fliselaget. Der er også andre pladematerialer, som har voldt besvær; men man har nu udviklet en teknik, som har ført til, at

skadeantallet er mindsket. Alt i alt har man i Sverige betydelig færre skader end for nogle år siden.

Sneck. I FINLAND har vi meget få skader, vi har således på Statens tekniska Forskningsanstalt ikke haft opgaver vedrørende nedfaldne vægfliser i flere år. Af forespørgsler hos flere finske firmaer, som beskæftiger sig med fliseopsætning, er det fremgået, at et meget stort antal fliser opsættes i cementmørtel. Spørgsmålet om opsætning på træunderlag eller spånplader må vel næsten betragtes som umuligt at løse.

Smøds oplyste, at fliserne i Finland ikke opsættes i Fix'er som de svenske, men i to specielle cementmørtler - den ene hedder Pukkila - som anvendes i ret tynde lag. De få skader, som forekommer i huse, der ikke er opført af træ, sker i reglen, fordi man har anvendt en vandholdig opsætningsmørtel på et underlag - f.eks. en spartelmasse - som ikke er vandfast. I træhuse er skaderne naturligvis talrige; men dér skyldes nedfaldet, at der kommer revner i træet eller sker bevægelser ved fugerne, og vi anbefaler ikke opsætning af fliser på træunderlag. I de seneste måneder er der opstået problemer med badeværelseselementer støbt af beton og forsynet med fliser 24 timer efter støbningen, og disse problemer har vi ikke løst.

Dührkop. I DANMARK er omfanget af skader stort. Det kan ikke belyses med sikre tal, men de laboratorier og institutter, som man kan henvende sig til om sådanne sager, får desværre jævnligt anmodninger om at foretage besigtigelser og fremsætte udtalelser om uheld med flisebeklædte vægge i boligkomplekser, hvor det kan dreje sig om mange tusinde løsnede fliser. I næsten alle tilfælde er fliserne opsat med Fix'er, og der har i et par af de mest omfattende sager været gjort forsøg på at indkredse skadeårsagerne ved at undersøge, hvordan antallet af løse fliser var fordelt efter varierende underlag (beton, letbeton, tegl) eller varierende klima og temperaturpåvirkning (ydervæg, indervæg, køkken, bad, kogested), men uden at det førte til større klarhed, udover at betonunderlagene i reglen var de farligste, og at betonoverfladens art spillede en rolle, idet det ved én af sagerne blev påvist, at fliser på beton støbt i olieret form løsnedes i større antal end fliser på beton støbt mod ikke olieret form. Meget kan tyde på, at den voksende anvendelse af tynde opsætningslag har medført en voksende skadeprocent. Forhen anvendte man tykkere lag af mere eller mindre cementholdige opsætningsmørtler; de nugældende arbejdsmetoder er ledsaget af alvorlige skader.

2. Faktorer af betydning for vægflisers fastsiddende

Forud for konferencens egentlige debat blev efterfølgende skematiske opstilling over faktorer, der må menes at have indflydelse på en flisevægs kvalitet, gennemgået. Skemaet var udarbejdet forud med det formål at tjene som huskeseddel, især ved behandlingen af dagsordenens punkt 4.

- | | | |
|--|--|---|
| <p>I. HÅNDVÆRKET</p> <p>A. Underlagets forberedelse</p> <ul style="list-style-type: none">a. opretningb. grundingc. fugttilstand <p>B. Opsætningsmørtlens påføring</p> <ul style="list-style-type: none">a. på flise eller underlagb. fordeling<ul style="list-style-type: none">jævn, overfladen glatjævn, overfladen rillet (tandspartel)ujævn, (klatvis fordeling)c. lagtykkelsed. areal i arbejde <p>C. Flisernes forberedelse</p> <ul style="list-style-type: none">a. ingen (tørre)b. fugtningc. grunding <p>D. Flisernes anbringelse</p> <ul style="list-style-type: none">a. tryk og sidebevægelser uden værktøjb. bankning med værktøjc. udkradsning af fugerned. afstandsholderee. hærdningsbetingelser <p>E. Fugningen</p> <ul style="list-style-type: none">a. tidspunktb. fyldningsmåde | <p>II. MATERIALERNE</p> <p>A. Fliserne</p> <ul style="list-style-type: none">a. sugeevneb. rumfangsbestandighed <p>B. Mørtlen</p> <ul style="list-style-type: none">a. smidighedb. primært svindc. rumfangsbestandighedd. vandholdeevnee. vandfasthedf. styrkeg. elasticitetstal <p>C. Underlaget</p> <ul style="list-style-type: none">a. sugeevneb. rumfangsbestandighedc. fugttilstand | <p>III. KONSTRUKTIVE FORHOLDSREGLER</p> <ul style="list-style-type: none">A. Flisefelternes maksimale størrelseB. Forholdsregler mod fugtakkumuleringC. Brug af armeringsnet i opsætningsmørtlen. |
|--|--|---|

3. Praktiske og laboratiemæssige erfaringer vedrørende faktorer, der betinger flisebeklædningers holdbarhed, samt referater vedrørende problemstillinger og metoder ved udførte og planlagte undersøgelser

Den første del af diskussionen (side 6 - 9) omhandler hovedsagelig forhold vedrørende spændinger og deformationer, den anden del (side 9 - 15) omhandler hovedsagelig fysiske og kemiske forhold vedrørende selve vedhængningen.

Hansen fandt, at de skadevoldende kræfter måtte regnes at opstå enten ved svulmning i fliserne eller ved bevægelser i underlaget - eventuelt ved en kombination af de to - og berettede om en del skader, som forekom for en del år siden i forbindelse med en speciel norsk vægflise, som havde "knaster" på de smalle kanter til styring af fugebredden. Flisebeklædningen skød ofte ud i tagformede rygge, og man gav underlaget skylden; men da det samme senere iagttoges for flisebeklædninger på gammelt underlag, måtte den rigtige forklaring være, at fliserne undergik blivende forlængelser med direkte spændingsoverføring gennem knasterne, hvilket bekræftedes af, at skaderne blev væsentlig færre, når fliserne opsattes med 1,6 mm mellem knasterne. Hansen mente at vide, at der for fliser af et bestemt mærke var konstateret en blivende forlængelse på 0,3% i løbet af de første 6 måneder efter fremstillingen, og at fliserne derefter var i ro; men tallene er usikre. Hovedproblemet ved fliseskaderne har dog nok relation til underlagets bevægelser, og der savnes i høj grad kendskab til, hvor store disse må være, samt til, hvordan maksimalværdien varierer med opsætningsmørtlens elasticitetstal. Det er ret få skader, der alene kan forklares ved, at opsætningsmørtlen eller limen har været for svag.

Ericsson understregede, at skadernes omfang i Sverige ikke er stort, og at man kunne takke såvel den udførte forskning på området som fabrikanternes gode brugsanvisninger for denne kendsgerning. Disse brugsanvisninger er nu af en sådan kvalitet, at et uheld ikke skulle kunne ske, hvis de blev fulgt, og sker der skader, er grunden i de fleste tilfælde, at der er sat for meget vand til Fix'en. En kaseinbaseret Fix skal normalt blandes med $\frac{1}{3}$ liter vand pr. kg, og det er påvist, at en overskridelse, der bringer vandmængden op på $\frac{1}{2}$ liter, medfører en væsentlig forringelse af flisernes begyndelsesvedhængning. I mekanisk henseende må betonens deformationer i bygninger med bærende betonvægge anses for hovedårsagen til skader på flisebeklædninger, og flisernes svulmning ved fugtpåvirkning må regnes som næstfølgende årsag. I henhold til

engelske undersøgelser kan svulmningen medføre lineære forlængelser på 0,3 til 1,3% altså store forlængelser, som kan fremkaldes enten af vand, der forfra trænger ind gennem utætte fuger, eller af vand, der tilføres bagfra. En tredje skadeårsag er spændinger opstået som følge af temperaturvariationer i fliselaget enten hidrørende fra varmeapparater, solbestråling eller spuling med hedt vand, og endelig må nævnes direkte mekanisk påvirkning ved slag, stød eller vibrationer.

Pettersson gjorde opmærksom på, at der i en række tilfælde kan påvises spændingsbidrag, som er større end krybningsbidragene. Man kan i høje huse komme ud for skader, der koncentrerer om de nederste etager og må forklares ved, at spændingerne vokser nedefter i huset og medfører øgede deformationer. I fliser opsat direkte på beton kan der derved fremtvinges sådanne spændinger, at der sker afskalling langs flisekanterne, eller der kan - dersom fliserne ikke overalt er i kontakt med væggen - ske udskydninger og forekomme sprængninger langs randen af det udskudte område. Også på ikke bærende vægge kan sådanne fænomener iagttages, idet langtid deformationer i de bærende bygningsdele kan medføre, at ikke bærende vægge påtvinges store deformationer. Er sådanne vægge beklædt med fliser, kan disse falde ned f.eks. som følge af væggenes udbøjning, der godt kan blive så stor, at man kan finde bøjningstrækrevner i den strakte side.

Pettersson havde udført en del laboratorieforsøg for at få klarhed over, hvordan spændingstilstanden er i fliser på bærende vægge, og medbragte et omfattende billedmateriale, som belyste opsætningsmørtlens indflydelse, virkningen af om mørtlen udfylder hele bagsiden eller kun en del deraf, om fugerne er udfyldte eller tomme, samt spørgsmålet om nytten af at indføre dilatationsfuger i store flisefelter. Professor Pettersson har vist os den velvilje selv at udarbejde et referat af denne del af hans indlæg og forsyne det med illustrationer; det gengives i denne rapport som bilag 1.

Efter indlægget spurgte Smøds, om der var foretaget målinger af glasurlagets initialspændinger på de fliser, der viste afsprængninger langs kanterne; det var ikke forsøgt.

Svendsen spurgte, om der ved forsøgene med fliser på betonplader altid blev arbejdet med symmetrisk flisefordeling, og om det stort set voldte vanskelig-

heder at opnå en centrisk spændingsfordeling. Herpå var svaret, at der kun var arbejdet med symmetriske prøvelegemer, idet der var lagt vægt på at skaffe enkle belastningsforhold. Det havde voldt et vist besvær at sikre central påvirkning; men det var opnået ved at måle formændringerne i fliserne på begge sider ved lave spændinger og korrigerende væggenes placering, indtil formændringerne blev så ens som muligt. Betonpladerne var mellem 10 og 15 cm tykke, og de fleste var støbt i stålform og behandlet sådan, at man undgik uensartet svind.

Saretok havde udført forsøg af samme art som Pettersson til sammenligning af skaderne langs kanterne på fliser med skarpe kanter og fliser med afrundede kanter og havde i reglen fået kantbrud, når kanten var skarp, men aldrig når kanten var rund. Saretok understregede, at de refererede forsøg med fliser på betonplader jo blot viste en laboratiemæssig måde at fremkalde væggenes deformationer på, og at det er disse, der vokser i praksis, ikke deres spændinger. Endelig omtalte Saretok et skadetilfælde med en flisebeklædning, der var opsat i en Fix på en væg med et ret tykt asfaltlag. Det nederste fliseskifte var ikke understøttet, og hele beklædningen gled ned, hvilket viser, at man kan hindre spændingsoverføring til fliselaget, dersom man kan forbinde dette og betonvæggen gennem et viskøst materiale. Denne skade kan altså betragtes som en anvisning på en løsning af problemerne.

Pettersson fremkom i anledning af dette sidste eksempel med en kommentar til hans figur 20, som netop gjaldt en flisebeklædning, der på lignende måde var adskilt fra væggen bagved; men det var ikke gjort så konsekvent, at flisebeklædningen overalt var fri for faste forbindelser med bygningen, og derfor opstod de spændinger, der førte til udskydning. Med henblik på Saretoks bemærkninger om forsøgsmåden med fliser på betonplade, der belastedes så højt, spurgte Pettersson, om Saretok dermed tog afstand fra, at man ved sådanne korttidsforsøg kunne efterligne de store deformationer, som kunne forekomme i betonvægge, og derigennem skaffe sig et billede af spændingstilstanden i fliserne; men det var ikke Saretoks mening.

Nielsen redegjorde - med relation til Petterssons indlæg - for nogle betragtninger anstillet i Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor om, hvorvidt der i de senere år er sket sådanne ændringer i de gængse byggemetoder, at der optræder andre deformationer efter flisernes opsætning end forhen. Herunder er også faktorer som selve flisematerialet, opsætningsmaterialet, underlaget og den håndværksmæssige udførelse undersøgt, og konklusionen er for en del skadetilfælde blevet, at ændringen ligger i byggetakten, i at fliserne er blevet sat op på et mere ugunstigt tidspunkt. Dette er en følge af bestræbelserne for at industrialisere byggeriet ikke alene gennem anvendelsen af elementer, men også i andre byggeformer ved at fremskynde tidspunktet

for det, der kaldes de efterfølgende operationer. På baggrund af den opfattelse, at mange af de konstaterede fliseskader skyldes deformationer og spændingstilstande som de af Pettersson påviste, og at de er blevet aktuelle nu på grund af det fremrykkede tidspunkt for opsætningen, har et netop offentliggjort forsøgsarbejde (Nordisk Betong nr. 1 1967) udført i anden anledning interesse. Det omhandler svindmålinger på betonelementer og viser, at langt den største del af elementernes samlede svind sker, når elementerne sidder i bygningen, og varmen kommer på, og ikke - som ofte antaget - ved nogle ugers lagring på fabrikken forud for monteringen.

Nielsen sluttede med at nævne, at flisenedfald indendørs også kan skyldes frost, nemlig i tilfælde hvor det drejer sig om fliser opsatte på fabrik på elementer, der leveres i frostvejr, eller om fliser, der opsættes om vinteren i bygninger, som endnu ikke er lukkede.

Svendsen var meget interesseret i Nielsens oplysninger, fordi de ikke alene angår flisernes vedhængning, men også berører det meget store problem med revnedannelse i og langs andre byggelementer, der er sammenbygget med beton, og her danner erfaringerne i Norge ingen undtagelse. Til supplerung bør to momenter fremhæves; det ene er den udbredte forekomst af støbning om vinteren, som medfører, at betonens muligheder for at nå sit ligevægtsvandindhold i den korte tid, der hengår inden f.eks. fliseopsætning, bliver meget små. Man kan ligefrem konstatere, at vanskelighederne bliver større og større, jo længere nordpå man kommer i Europa, det kan endda fastslås, at vanskelighederne er større i Trondheim end i Oslo, hvor udtørringsmulighederne i vinterhalvåret er større. Det andet moment, som bør fremhæves, er den almindelige tendens til at øge de tilladte spændinger, hvilket jo indebærer større deformationer.

Ericsson tilsluttede sig også Nielsens udtalelser om tidsfaktorens betydning. Ved undersøgelser i et stort boligkompleks i forbindelse med omfattende glasurskader på fliser opsat såvel på bærende betonvægge som på ikke bærende vægge af letbeton i badeværelser fandtes svind i underlaget at være årsagen til skaderne, og her var det meget iøjnefaldende, at skadernes omfang var størst i de vinterbyggede huse. I disse var betonens alder ved fliseopsætningen til og med noget mindre end ved de sommerbyggede huse, og det kan ikke bestrides, at det forcerede byggetempo tvinger flisefolkene til at handle mod deres ønske om at få flisearbejdet udsat, indtil betonen er tør. Det må dog tilføjes, at man i dag har materialer og arbejdsmetoder, som rigtigt anvendt sikrer flisernes fastsiddende. Med henvisning til omtalen af vanskelighederne med fliser i træhuse tilføjede Ericsson, at uheldene havde medført, at man praktisk taget kun anvendte plastmaterialer i svenske træhuse; brugen af keramiske fliser på træunderlag var på det nærmeste ophørt.

Christensen spurgte, om de tidligere udarbejdede rekommandationer for fliser på træ er forældede, og *Ericsson* svarede, at de gælder endnu; men plastprodukternes indtrængning på træhusmarkedet har på det nærmeste gjort dem overflødige, og selv om de følges, kan det gå galt, især ved hjørnerne.

Smeds havde stødt på skader i forbindelse med overfladerevner i betonelementer. Sætter man fliser over sådanne revner, går fliserne løs; men hvor hyppigt det forekommer er vanskeligt at afgøre, fordi revnerne bagefter er vanskelige at finde.

Ericsson omtalte nogle ikke fuldførte svenske forsøg - igangsat på foranledning af arkitekt L. M. Giertz - med fliser faststøbt på betonelementer. Det viste sig, at 15·15 cm fliserne både krakelerede og gik løs, medens 10·10 cm fliser holdt under betonens deformation. Mellem de to formater findes der åbenbart en grænsedimension for fliser, der kan tåle de spændinger, som svindet i betonen fremkalder. Her ligger nok en forskningsopgave.

Pettersson spurgte, om de nævnte forsøg var gennemført som bøjningsforsøg, hvilket *Ericsson* bekræftede; fliserne sad på den strakte side, og en krumning af fliserne var altså farligst for de største. Med mosaikbeklædning skete der slet ingen skader.

Dührkop omtalte den ofte fremførte mening, at temperaturchok var årsagen til, at gulvfliser slog op, og at vægfliser faldt ned på steder, hvor der f.eks. spuledes med hedt vand eller var kraftige varmekilder, der kun anvendtes periodevis. Ved de sager, som Kalk- og Teglværkslaboratoriet havde taget del i, var det ikke lykkedes at finde en klar bekræftelse på denne opfattelse. Laboratoriet havde udført nogle forsøg med en serie prøvelegemer hvert bestående af to fliser sat sammen bagside mod bagside med en mellemliggende fuge af Fix. Efter en passende hærningstid lagdes prøvelegemerne ned på opvarmet sand med den ene glasside trykket ned i sandet, som var 30, 50, 80 eller 110°C varmt. Herved skete der ingen fraspængninger. Ved prøvningen på det 110°C varme sand blev den øverste flise hurtig varm, og selv om dette modvirkedes ved at lægge en tyndvægget plastpose med en grød af is og vand på den øverste flises glasside, skete der ingen fraspængning. Disse resultater stemmer med andres forsøgsresultater.

Saretok havde udført forsøg for at få klarlagt, om de temperaturudvidelser, som kunne forekomme i fliserne i rum med brusebad, kunne føre til spændinger, der fik fliserne til at slippe underlaget; men der fandtes ikke at være nogen risiko i så henseende.

Svensden vendte tilbage til *Petterssons* analyse af spændingsfordelingen i de enkelte fliser med henblik på, hvad der deraf kunne sluttes om nytten af dilatationsfuger. Problemet har jo længe været dis-

kuteret i forbindelse med flisegulve og cementpuds på gulve, og her viser *Petterssons* forsøg én gang for alle, at disse såkaldte dilatationsfuger, der kun går igennem i belægningens tykkelse, ingen beretigelse har.

Ericsson efterlyste detaljer vedrørende de refererede store skader i Danmark, især med henblik på et sammenhæng mellem underlagets forskelligheder og skadernes fordeling.

Dührkop svarede, at en undersøgelse, som omfattede 133 lejligheder, som nævnt havde givet visse oplysninger. Hvad underlagets art angik, fandtes det overvejende antal løse fliser i overensstemmelse med den almindelige erfaring at forekomme på bærende skillevægge af beton. Disse var støbt på stedet i olierede forme med bredsider af krydsfinér. Der sad også fliser på ydervægge opført af betonelementer, som var støbt liggende og fik fliserne opsat på den afrettede, oliefriske flade. Af disse fliser faldt langt færre ned. Men den for gennemsnittet gældende hovedregel svækkedes af flere iagttagelser, f.eks. af at fliserne kun var skadet i ubetydelig grad i én blok, hvis forhold i øvrigt mentes at have været meget nær de samme som i en naboblok med omfattende skader; de fleste af fliserne i de to blokke var endda opsat af den samme mand. Fliserne på beton var sat op i Fix, der var anbragt på fliserne enten i 5 pletter eller dækkende hele fladen. Brudfladerne lå i overvejende grad i Fix'en, og brød man fastsiddende fliser løse, var det karakteristisk, at Fix'en var mærkbart hårdere langs omkredsen end indenfor. Dette kunne være forklaringen på, at nogle afrivningsforsøg, der udførtes i laboratoriet med fliser opsat på såvel afrettede betonflader som på beton støbt mod olieret form, gav de højeste brudspændinger for fliser opsat i Fix fordelt i 5 pletter. Hvad betonoverfladens art angår, fandtes brudspændingerne at være mindst for de fliser, der sad på beton støbt mod olieret form.

Hansen omtalte et ubehageligt skadetilfælde, ganske vist i et flisegulv, men dog af betydning for vægge. Det drejede sig om et gulv med dilatationsfuge langs væggene, og skaderne bestod i afskallinger i fliserens overside i 3-4 mm dybde langs denne fuge, som var af asfalt; lægningsmørtlen var i fast forbindelse med underlaget. Resten af gulvet var uden skader.

Pettersson fandt det sandsynligt, at afskallingen skyldtes trækspændinger i den øverste del af flisen fremkaldt af en stor trykspænding, der overførtes helt nede ved undersiden som en excentrisk kantbelastning. I en engelsk rapport udsendt for et par år siden blev det nævnt, at der var konstateret bøjningstrækspændinger ved glasuren ved nogle flisefelters frie ender, uden at man dog havde fundet den rette forklaring.

Ericsson præciserede, at dilatationsfugernes opgave jo var at optage de bevægelser, som foregik i underlaget - derfor brugte man nu ordet "rørelses-

fuger" i Sverige - og en betingelse for, at det sker, må være, at forbindelsen mellem underlaget og opsætningsmørtlen ophæves. Dette er jo anerkendt for flisegulve og er også gennemført i visse tilfælde i Sverige for udvendige flisebeklædninger på vægge; vil man dér have bevægelsesfuger, kan det ske ved at indføre et paplag mellem den bærende betonvæg og beklædningen, som da opsættes på et armeret grovpudslag ophængt i et antal bolte eller indstøbte strittere. Meningerne herom er dog stadig delte, og der foreligger vist en dansk beregning, som har ført til, at eftergivende fuger i fliselaget gør en vis nytte, såfremt afstanden mellem dem holdes indenfor bestemte områder. I "Europäische Union der Fliesenfachgeschäfte" diskuterer man også ofte spørgsmålene om bevægelsesfuger, og også dér er man delt i to lejre. Den almindelige svenske anskuelse er dog, at bevægelsesfuger er nyttige, når det drejer sig om udvendige beklædninger, hvorimod spændingerne indvendigt aldrig kommer op på så store værdier, at sådanne fuger vil gøre nytte.

Högberg havde angående forhold vedrørende selve vedhængningen forud indsendt to rapporter til konferencen; den ene om en undersøgelse af, hvilken mørtel der var bedst egnet til opsætning af fliser (Puts- og Murbrukslaboratoriets rapport 67:41 offentliggjort i "Cement och Betong" 1961, side 51-58 og i denne rapport gengivet som bilag 2), den anden omhandlende "Influence of Moisture on Bond" (offentliggjort i RILEM/CIB symposium, Moisture Problems in Buildings, Helsinki 1965).

Undersøgelserne sattes i gang i forbindelse med en reklamationssag om nedfaldne fliser i et højhus; de omfattede traditionelle opsætningsmørtler og viste en klar forskel mellem fede og magre mørtler. De magre mørtler - helt ned til cementmørtel C 100/600 - gav den bedste vedhængning. Betydningen af, at fliserne blev vandlagrede forud for opsætningen, blev også undersøgt, og det viste sig at være meget gavnligt, når der arbejdedes med fede opsætningsmørtler. I højhuset havde man - for at forbedre smidigheden - blandet murcement i mørtlen og dermed indført et luftindblandingsmiddel, hvilket fandtes at nedsætte vedhængningen. Til trods herfor er anvendelsen af luftindblandingsmidler almindelig i Sverige; det medfører en vis risiko. Puts- og Murbrukslaboratoriet har også haft reklamationer vedrørende fliser opsat i Kakelfix, som jo nu på det nærmeste helt har fortrængt de traditionelle mørtler ved opsætning af fliser. Én reklamation gjalt fliser, der var løsnede i næsten alle badeværelser og køkkener i et andet højhus. Bruddet skete langs fliserens bagside, og her afslørede det ved et grundigt detektivarbejde, at man havde strøget Kakelfix'en på betonen på store arealer ad gangen, således at det rimeligvis havde været for længe, før fliserne kom på plads. I leverandørens brugsanvisning var det foreskrevet, at Kakelfix'en skulle stryges på fliserne, og at de derefter skulle trykkes mod væggen. Dette havde man også gjort ved opsætning på letbeton, fordi det dér var sværere at stryge et lag på væggen. Dér sad fliserne i reglen også

bedre, og bruddene fulgte ikke fliserens bagside. Også spørgsmålet om virkningen af en eventuel oliehinde på betonoverfladen blev undersøgt, og resultatet var, at vedhængningen nok mindskedes, men dog var tilfredsstillende. Kun dersom oliehindens var ret tyk, blev vedhængningen for ringe. Det blev den også, dersom Kakelfix'en rørtes op med for meget vand. Det har ved forsøg vist sig, at selv små afvigelser fra de i brochurerne og på pakningerne angivne vandmængder - i overensstemmelse med hvad *Ericsson* forklarede - medfører væsentlige forringelser af Kakelfix'ens egenskaber. Endelig har vi undersøgt materialets modstandsdygtighed mod fugtpåvirkning og fundet, at Kakelfix'en, som jo indeholder en del kasein som bindemiddel, svækkes mærkbart f.eks. ved overrisling og altså under vandpåvirkning giver dårligere vedhængning. I hvilken grad, vedhængningen bevares bag opsatte fliser på tørre vægge, er ikke undersøgt ved direkte forsøg; men visse iagttagelser tyder på, at den aftager lidt. For de først undersøgte Kakelfix-prøver fandtes i øvrigt vedhængningsstyrker (træk) på omkring 10 kp/cm², medens der ved samme prøvningsmetode 5 år senere kun fandtes styrker på 2-3 kp/cm², en ændring, som måske er foretaget ud fra ønsket om bedre bearbejdelse; men i så fald har man altså lagt større vægt på murerens interesser end på vedhængningen.

Saretok. Det er nok ikke helt rigtigt at karakterisere Kakelfix som et opsætningsmiddel på kaseinbasis; det er en cementmørtel med tilsætning af kasein, altså et cementskelet, der er modificeret med kasein, på samme måde som man modificerer cementmørtler med PVA. Kasein er et naturprodukt, som ikke står under så god kontrol som f.eks. PVA, hvilket medfører, at der kan være stor forskel fra den ene leverance af kasein til den anden. Dette gør det nødvendigt for Kakelfixfabrikanterne at korrigere med supplerende tilsætninger for at få et "ensartet" produkt. Det forekommer ofte, at fliserne glider lidt straks efter opsætningen, hvilket er uheldigt og ikke bør finde sted. Men om Fix'en har dette ledsagefænomen eller ikke afhænger af kaseinet og har i øvrigt også betydning for flere af Fix'ens øvrige egenskaber, bl.a. styrken, og måske er det ikke udelukkende et ønske om ændret bearbejdelse, der er årsag til de skiftende Kakelfix-kvaliteter. Nogle Fix'er kræver mere vand end andre, det afhænger også af kaseinets karakter. Kaseinet er i øvrigt sårbart overfor bakterieangreb, og muligvis tilsætter fabrikanterne desinfektionsmidler.

Ericsson fandt det meget interessant at høre dette om Kakelfix'ens sammensætning, fordi det har været svært at få fabrikanterne til at opgive, hvad produktet består af. Man må nok antage, at der findes cement i Fix'en; men man får det indtryk, at brugen mest har karakter af fillertilsætning, således at Kakelfix må betragtes som en lufthærdnende lim og ikke som en hydraulisk mørtel. Der findes mange sorter Fix på markedet, og det er svært at vide, om det enkelte produkt er lufthærdnende eller hydraulisk, hvilket jo spiller ind ved fugnings-

problemerne, idet en for hurtig fugning giver en forsinket binding på grund af manglende lufttilgang. Med henblik på bakterieangreb kan der henvises til nogle skader ved fliser på gipsplader i badeværelser, hvis vægge ikke var beklædt med fliser i hele højden; her havde vand, der sivede ned bag det øverste fliseskifte, givet årsag til, at der foregik en kraftig organisk vækst, en forrådnelse, hvorfor man nu anbefaler fliser fra gulv helt til loft i badeværelser, specielt når det gælder gipsvægge.

Saretok. Hvis man taler om Fix'erne under ét, må det siges, at nogle virker som lufthærdnende lim, andre som hydrauliske mørtler, alt afhængig af mængdeforholdet mellem kasein og cement, altså af om der er tale om kasein modificeret med cement eller om cementmørtel med kaseintilsætning. En kaseinlims kemiske funktion indledes med, at kaseinet opløses som natriumkaseinat, der senere (langsommere) omdannes til kalciumkaseinat; men lufttilgang er ikke nødvendig. Det, der er væsentligt for styrkeudviklingen, er, at det fugtige kalciumkaseinat tørrer (fugtigt kalciumkaseinat er lige så svagt som en fugtig PVA-mørtel). Fix'er, der fungerer som cementmørtler modificeret med kasein, er nok de almindeligste.

Sneck. Med baggrund i denne diskussion om Fix'erne må man spørge sig selv, hvorfor man overhovedet anvender dem. De lider skade, når de tørrer, og de lider skade, når de bliver våde, og alene dette sidste ville jo gøre dem uacceptable i en egenkabsreddegørelse med fastsatte prøvningsmetoder.

Saretok. Fix'er har været fremstillet i Sverige i 25-30 år, og ved fremkomsten troede man, at de var anvendelige til opsætning af fliser på alle tænkelige underlag (træ, træfiberplader, beton, pudsmørtel o.s.v.). Man ville kombinere cementmørtel og kaseinlim i ét bindemiddel, og dette bindemiddel har stået sig. Udviklingen i Sverige har, som vi har hørt, ført til, at man så godt som ikke sætter keramiske fliser på træunderlag, og hvad forholdene overfor vædning og udtørring angår, må man sige, at den håndværksmæssige udførelse må undersøges nøjere, hvor der opstår skader, fordi det kan betragtes som en håndværksmæssig mangel, at der trænger vand ind bag fliserne, og stort set har selve bindemidlet Fix klaret sig godt som produkt i de mange år.

Ericsson. Den menneskelige bekvemmelighed har givet sit tilskud til den øgede anvendelse af Fix; man får et færdigblandet bindemiddel, som behøver et minimum af tilberedning. Men af og til må man spørge som Sneck, f.eks. når fabrikanterne lader sig inspirere til at ændre deres produkter på "intuitiv" vis måske ved iblanding af større asbestmængder for at opnå større stabilitet, måske af andre grunde uden at fortælle det til forbrugerne. Sådanne ændringer giver naturligvis ændrede egenskaber, der igen kan forårsage skader eller i hvert fald overraskelser. Ved opsætning i specielt fugtige rum anvendes i øvrigt mange steder finske mørtler af mangel på tillid til de svenske.

Dührkop. Der skal nu være fremkommet en Fix, som ikke indeholder kalk og kasein.

Ericsson. Det er nok det produkt, som i Sverige benævnes UVZ, og det skal være en ren cementmørtel med et plastificerende tilsætningsmiddel. Produktet skulle være egnet til brug i svømmebassiner, vandbeholdere og lignende steder, hvor fliserne hele tiden er udsat for vandtryk. Produktet er dog ikke lanceret endnu, men er under "indkøring". Mange gange anvender et firma en "hjemmelavet" Fix f.eks. af cement, meget fint sand og modocol, og det kan give gode resultater, hvis der er ansvarsbevidste folk ved doseringen. Fix'ernes succes kan måske delvis bero på, at fabrikanterne i visse tilfælde af skader udbetaler erstatninger.

Sneck. Når man ved, at fliseskader er langt sjældnere i Finland end i det øvrige Norden, samt at de i det øvrige Norden kendte Fix'er ikke anvendes i Finland, er det naturligt at spørge, om forklaringen ikke netop ligger deri.

Nielsen. Forklaringen kan også ligge i andre forhold, f.eks. i en hurtigere byggetakt. Endvidere må det ikke overses, at man i Danmark også har talrige skader med traditionelle flisemørtler.

Dührkop. Paradoksalt nok sker der jo - hvad de traditionelle mørtler angår - flest skader, hvor man har ræsonneret: "Fliserne skal sidde ekstra godt fast, vi giver mørtlen lidt mere cement end foreskrevet".

Högberg. Ja, der er en virkelig fare for at få for fede cementmørtler på baggrund af det ræsonnement, som Dührkop nævnte. Det er alt for ofte konstateret, at opsætningsmørtlen ved fliseskader har været cementmørtel C 100/200 eller C 100/300, og ser man på de nedfaldne fliser, er de helt fri for mørtel på bagsiden.

Saretok. Det kan ikke understreges kraftigt nok, at de traditionelle mørtler har en alt for tilfældig sammensætning - også når det gælder flisemørtler. Uden effektiv kontrol med blandingsforholdet har man ingen sikkerhed.

Nerenst. På baggrund af oplysningerne om de spændinger, der får fliserne til at gå løs, kan man - vedrørende Kakelfix og vanskelighederne ved at styre kvaliteten - spørge, om styrkeegenskaberne i og for sig ikke er tilstrækkelige, også når kvaliteten er lav, og om skaderne ikke snarere skyldes, at elasticitetstallet i alle tilfælde bliver for stort i tidens løb.

Svendson. Det fremgik af Petterssons forsøg, at et tyndt lag opsætningsmørtel medførte betydelig større kraftoverføringsproblemer end et tykt, og har Nerenst ret i, at skaderne kan fremkaldes af et for højt elasticitetstal hos mørtlen, kan det være svært at forstå, at der sker så få skader med de finske mørtler, som jo sikkert bliver meget stive og vel anvendes i relativt tynde lag.

Pettersson. Det må huskes, at den store forskel i vedhægnings-spændingerne mellem fliser på tyndt og på tykt mørtellag blev fundet ved forsøg udført med én flise, altså opsat uden nabofliser. Indgår flisen i et stort felt, overføres der kræfter fra flise til flise, og de udførte forsøg med store felter tyder på, at lagtykkelsens indflydelse så udviskes; men dette får naturligvis særlig betydning, når fugerne mellem fliserne er blevet fyldte. Hvad spørgsmålet om Kakelfix'ens elasticitetstal angår, kan det oplyses, at der skal ret store belastninger til ved forsøgene, før fliser sat op med Kakelfix falder ned; men det må huskes, at det drejer sig om korttidsforsøg, og at varierende fugtpåvirkningers indflydelse ikke undersøgtes.

Ericsson. Det må være på sin plads at understrege, at navnet Fix er en fællesbetegnelse for forskellige produkter, og det, der volder vanskeligheder, er vel produkternes udefinerede sammensætning. Man kunne ønske sig mere normerede tilstande f.eks. gennem en "egenskabsredovisning". I dag må man handle på stykvis indhøstede erfaringer, og de svigter, dersom en fabrikant pludseligt forandrer sit produkt uden at give oplysninger derom, hvilket man ikke kan gardere sig imod under de nuværende forhold. I en ny nomenklatur er det tilstræbt at lade betegnelsen Fix gælde som betegnelse for cement + tilslagsmateriale. Denne nomenklatur er nok speciel for Norden eller i hvert fald for Sverige, mens man i landene syd for os også inddrager materialer med plast som bindemiddel under betegnelsen Fix.

Högberg oplyste, at den finske Pukkila er en Fix efter et amerikansk patent og stort set fremstilles af cement og et cellulosederivat.

Dührkop spurgte, om der foreligger erfaringer med hensyn til Fix'ernes styrkevariation med tiden, men fik intet svar.

Svendson. Med henblik på de fåtalige skader i Finland har det interesse at få oplyst, om man tidligere - ved fliseopsætning på beton på traditionel vis - fik lignende skader på grund af betonens svind, som dem vi kender i det øvrige Norden.

Smøds havde kun kendskab til meget få skader; de gjaldt udskydning eller nedfald af hele felter med porøse vægfliser. Som tidligere nævnt har fejlen som regel ligget i, at der er anvendt ikke vandfast mørtel bag fliserne på vægge, der bliver fugtige. I tilfælde, hvor fliserne er opsat på traditionel måde med et 6-10 mm tykt lag opsætningsmørtel af cement, kalk og sand (ofte 1:3:9), falder fliserne ikke ned; måske kan enkelte fliser gå løs, men ikke hele felter. Denne metode er dog gået af brug for 8-10 år siden. Nu er der kun vanskeligheder med de ligeledes nævnte støbte badeværelselementer, hvor fliserne opsættes, når betonen er ca. 1 døgn gammel.

Sneck nævnte skadetilfælde med sintrede fliser på betonvægge og bekræftede, at skaderne på vægge

med porøse fliser ikke nær forekom i det omfang, der f.eks. kendes i Danmark.

Lindholm havde hørt, at man også på en dansk betonelementfabrik satte fliserne op i badeværelselementer, der kun var 1 døgn gamle, og at fliserne blev siddende. Disse fliser opsattes i et tyndt lag af Laticretepasta, og heri ligger måske forklaringen på det heldige resultat.

Ericsson spurgte om flisernes størrelse og henviste til den betydning, flisestørrelsen kunne have (se omtalen af Giertz's forsøg, side 8).

Lindholm svarede, at de fliser, han talte om, blev opsat på betonen, medens Giertz's forsøg omhandlede fliser, der var faststøbte i betonen.

Pettersson understregede, at årsagen til, at Giertz havde fundet, at 10·10 cm fliserne holdt bedre end 15·15 cm fliserne, ikke alene måtte tilskrives forskellen i kantlængde, men også måtte hidrøre fra forskelle i flisernes tykkelse og skærvens egenskaber. I tilknytning til en diskussion om, hvorvidt årsagen til, at fliserne løsnedes fra de finske badeværelselementer, kunne ligge i, at vægfladerne krummede sig, fordi mulighederne for vandafgivelse fra de to vægflader var meget forskellige efter den ensidige flisebeklædning, pegede Pettersson på, at en rigtigt anbragt armering eller brug af lidt svindende beton i den flisefri side kan modvirke dette. Man kan også accelerere svindet ved damp hærdning indenfor de 24 timer og måske derved få bragt deformationerne efter flisernes opsætning tilstrækkeligt langt ned.

Lindholm. I visse tilfælde anvendes Bostic til opsætning af fliser, og det ville være interessant at høre, om nogen ved, hvor længe det bevarer sin elasticitet.

Sneck. Bostic findes i et meget stort antal variationer.

Ericsson. Skånska Plattsättnings AB har anvendt "Bostic 1231" i stor udstrækning på underlag som spånplader og træ, bl.a. til mosaik på vinduesinddækninger, men ikke på beton. Direkte elasticitetsmålinger er ikke udført; men på de nævnte, vanskelige underlag har "Bostic 1231" givet gode resultater.

Dührkop. I betragtning af vandmængdens store betydning ved oprøring af Fixmørtler var det værdifuldt, om der kunne foreskrives en simpel kontrolmetode, som kunne anvendes på byggepladsen, f.eks. en primitiv smidighedsbedømmelse. Er det muligt?

Ericsson. Noget sådant lader sig næppe gennemføre, netop fordi sammensætningen - herunder mængden af kasein - og dermed også en række faktorer, der har indflydelse på konsistensen, varierer så meget. Det er uhyre let at tilsætte for meget vand, uden at man bliver opmærksom på det, og formentlig er den eneste metode at give fliseopsæt-

teren en enkel og præcis besked, som f.eks. at der til denne sæk Fix på 10 kg skal anvendes 3 liter vand.

Saretok mente ikke, at sidstnævnte fremgangsmåde var farbar, idet kaseinkvalitetens uundgåelige variationer vil bevirke, at den korrekte vandmængde kan variere fra den ene sæk til den anden, og netop omkring den rette vandmængde kan ganske små afvigelser fremkalde store ændringer i konsistensen.

Högberg omtalte et tilfælde, hvor fliserne i nogle huse var opsat af et specialfirma og sad godt, medens de i andre huse var opsat af et almindeligt murerfirma og sad dårligt. Murerfirmaet havde ikke haft særlig kontrol med konsistensen, og skaderne fandtes forårsaget af for stor vandtilsætning til Fix'en. Upsala-Ekeby har en metode, hvor man støber en skive af Fix'en ud i en ring på bagsiden af en flise, fjerner ringen og bedømmer konsistensen ud fra mørtelskivens udbredelse under rystning; men denne metode er næppe skarp nok.

Dührkop. Det må i henhold til det fremførte betragtes som fastslået, at det er en stor ulempe ved Fix'erne, at deres egenskaber varierer; men det er

ikke klarlagt, om skaderne skyldes for lav styrke eller voksende elasticitetstal i fugen bag fliserne.

Nielsen omtalte en undersøgelse gennemført af CTO i samarbejde med arkitekt Dan Fink og Kalk- og Teglværkslaboratoriet for at belyse nogle af de mange problemer, som gør sig gældende ved flisearbejder, og medvirke til at skabe interesse for yderligere laboratorieundersøgelser i fuld målestok indenfor såvel det traditionelle som det utraditionelle byggeri. Undersøgelsen omfattede enkarakterisering af de anvendte mørtler, iagttagelser vedrørende deres egnethed i arbejdsteknisk henseende, måling af flisernes vedhængning efter 3 måneder samt en periodisk kontrol (ved bankning) med flisernes fastsiddende i de kommende år. Fliserne var opsat i 3 felter på 14 · 15 fliser på kældervægge opført af henholdsvis beton, teglsten og Lecaelementer, samt i 1 felt på 12 · 30 fliser opsat i de forskellige mørtler (3 · 10 fliser for hver). Opsætningsmørtlerne var C-mørtler (1:6, 1:5 og 1:4), KC-mørtler (nr. 2, 1 og 0), M-mørtler (1:6, 1:5 og 1:4) samt Pukkila. På samtlige vægflader var der forud udkastet et tyndt lag pudsmørtel KC nr. 2. Mørtlernes egnethed i arbejdsteknisk henseende bedømtes med følgende resultat (fliserne havde stået i vand i 3-4 minutter dagen før opsætningen og derefter henligget uden fordampningsmuligheder).

Arbejdstekniske egenskaber	C-mørtel			KC-mørtel			M-mørtel			Pukkila
	1:6	1:5	1:4	nr. 2	nr. 1	nr. 0	1:6	1:5	1:4	
utilfredsstillende	x					x				
tilfredsstillende		x	x	x	x		x			
udmærkede							x	x	x	

Alle 3 C-mørtler satte vand op i baljen, og M-mørtel 1:6 viste tendens hertil; hyppig omrøring var nødvendig. Af KC-mørtlerne var den cementfattigste (nr. 2) den bedst egnede. Den cementrigeste KC-mørtel (nr. 0) var vanskelig at arbejde med, og C-mørtel 1:4 lidt vanskeligere end C-mørtel 1:5.

Forud for aftrækningen af de udvalgte fliser bedømtes kontaktarealet med underlaget ved bankning på alle fliser i hvert felt. Ved optælling af de fliser, der havde områder, hvor det lod hult, fandtes følgende antal.

Vægmateriale	C-mørtel			KC-mørtel			M-mørtel			Pukkila	Sum
	1:6	1:5	1:4	nr. 2	nr. 1	nr. 0	1:6	1:5	1:4		
Beton	1	2	1	0	0	3	9	3	1	2	22
Tegl	0	0	0	8	4	3	3	2	3	2	25
Leca	0	0	0	16	16	8	11	16	7	16	90
Sum i alt	1	2	1	24	20	14	23	21	11	20	137

Der var 21 fliser for hver af de 10 mørtler på hvert af de 3 vægfelter, hvor der foretoges afrivningsforsøg. De områder, hvor det lod hult ved bankningen, lå for langt den overvejende del ved flisernes kanter og hjørner; kun Leca-elementerne dannede en undtagelse og da kun for KC-mørtel nr. 1 og Pukkila, hvor det lod hult inde på midten af henholdsvis 3 og 13 fliser. I grove træk ses det, at antallet af fliser med mangelfuld kontakt i alle tilfælde har været meget lille for C-mørtel, og at antallet for KC- og M-mørtlernes voksede med af-tagende bindemiddelmængde.

Hvad vægmaterialet angår, var det karakteristisk, at Leca-elementerne havde det største antal fliser med mangelfuld kontakt; dog ikke for C-mørtlernes.

Notaterne vedrørende brudstedets beliggenhed ved afrivningsforsøgene er samlet i følgende tabel; der blev afrevet 3 fliser for hver mørtel og hvert vægmateriale, og tabellens cifre angiver antal fliser pr. brudsted.

Vægmateriale	Brudsted især	C-mørtel			KC-mørtel			M-mørtel			Pukkila	I alt
		1:6	1:5	1:4	nr. 2	nr. 1	nr. 0	1:6	1:5	1:4		
Beton	langs væg i mørtlen	1	2	3				1		3		10
	langs flise	2	1		2 ¹⁾	3	3	2	3		3	8
Tegl	langs væg i mørtlen	2	1	3		2	2	2				12
	langs flise	1	2		3	1	1	1	2	3	3	5
Leca	i vægmateriale		1								0 ²⁾	1
	langs væg i mørtlen	2	1	1				2 ¹⁾		1		1
I alt	langs væg i mørtlen	1	1	2	3	1 ²⁾	3		3	1		10
	langs flise											12
I alt	langs væg i mørtlen	13			4			7			0	24
	langs flise	7			0			13			3	23
		7			20			6			3	36

¹⁾ Én flise viste brudlast 0 kg ²⁾ To fliser viste brudlast 0 kg ³⁾ Tre fliser viste brudlast 0 kg

Set under ét er de fleste brud sket langs flisernes bagside, og dette gælder også for de tre vægmateriale hver for sig, men ikke for C- og M-mørtlernes for sig, idet bruddet oftest kom langs væggen, når fliserne var sat op i C-mørtel, og oftest i mørtlen, når de var sat op i M-mørtel.

Brudlasterne i kg pr. flise (15 x 15 cm) var i gennemsnit for 3 ens fliser som meddelt i denne tabel.

Vægmateriale	C-mørtel			KC-mørtel			M-mørtel			Pukkila
	1:6	1:5	1:4	nr. 2	nr. 1	nr. 0	1:6	1:5	1:4	
Beton	1858	1220	1533	675	837	1227	497	832	1157	1925
Tegl	1230	1310	1243	483	1317	1217	940	982	507	808
Leca	1783	1817	2267	432	680	972	590	610	1103	

Såvel de højeste som de laveste brudlast er fundet for fliser på Leca-elementer.

regående forsøg, og de rummer f.eks. iagttagelser vedrørende C-mørtel 1:6, som er i overensstemmelse med Högbergs overordentlig interessante rapport angående fugtforholdene eller fugtbevægelserne mellem mørtel og flise, som jo nok er en af de vigtigste enkeltfaktorer i det kompleks af faktorer, som er bestemmende for vedhængningen.

Dette talmateriale tillader ikke vidtrækkende konklusioner; dertil er forsøgene for få og de forhold, hvorunder de gennemførtes, for primitive; men de kan måske have interesse for planlægning af vide-

Högberg foreviste en række lysbilleder til illustration af hans to skriftlige indlæg (se side 9) og sluttede med at omtale nogle forsøg med kalksandsten, hvoraf det fremgik, at de i henseende til vedhængning opførte sig ganske som vægfliser overfor fede og magre mørtler.

Sneck tilsluttede sig fuldt ud, det Nielsen sagde om betydningen af fugtvandringen eller vædningen i grænselaget og værdsatte også i høj grad *Högberg*s arbejde. Det vil være vigtigt at undersøge dette spørgsmål yderligere; men det er vanskeligt at trænge til bunds i, bl.a. fordi forholdene i grænselaget stadig ændres fra det øjeblik, flise og opsætningsmiddel kommer i berøring med hinanden. De kalksandsten, der er undersøgt i Finland, har haft en meget lav minutsugning, men en meget stor sugekraft, og de har dårlig vedhængning til muremørtel.

Ericsson nævnte, at man efter de for omtalte skader med afsprængninger fra glasursiden og med *Högberg*s og *Pettersson*s undersøgelser som baggrund var gået over til i stor udstrækning at fuge med materialer med meget lave elasticitetstal, formentlig omkring 15 000 til 20 000 kp/cm² mod tidligere omkring 100 000. I denne omstændighed ligger nok en stor del af årsagen til, at glasurskader og til en vis grad også nedfald nu hører til sjældenhederne i Sverige, når vi undtager de skader, som skyldes sjusket opsætningsarbejde. Der- som (1) det håndværksmæssige arbejde udføres korrekt, og der (2) anvendes en Fix fra en seriøst arbejdende fabrikant og (3) arbejdes med den foreskrevne vandtilsætning, samt dersom (4) der fuges med et materiale med lavt elasticitetstal, så kan der regnes med en skadeprocent, som er meget nær nul.

Pettersson tilføjede, at hertil havde dels den stedfundne udvikling mod tyndere fliser med afrundede kanter, som er mindre spændingsfølsomme, dels overgangen til at arbejde med opsætningsmiddel på hele flisen i stedet for blot en klat på midten, sikkert medvirket.

Dührkop havde som nævnt fundet nedsat vedhængning for fliser opsat på betonelementer støbt mod olieret form og efterlyste andre erfaringer.

Högberg mente, at Upsala-Ekeby havde udført forsøg, der ikke viste nogen skadelig virkning på fliser opsatte med firmaets Fix; kun hvis der kommer olie på ikke sugende betonflader, kunne der konstateres en farlig virkning.

Ericsson kunne tilføje, at firmaet havde haft resultater, der faktisk viste bedre vedhængning til beton støbt mod olieret form end mod ikke olieret, og forklaringen havde været den, at betonen fik et stærkere overfladelag, når den støbtes mod olieret form.

Saretok advarede mod at drage generelle slutninger af sådanne forsøg, fordi formolie er et vidt begreb.

Nogle formolier virker ligefrem som retardatorer og gør overfladelaget svagt. Men i øvrigt hænger virkningen nok sammen med oliemængden, og det er sikkert årsagen til, at man langt oftere får dårlig vedhængning til undersiden af vandret støbte betondæk end til lodret støbte betonvægge.

Svendson havde ganske tilsvarende erfaringer fra Norge, men var usikker på, om olie og oliedispersioner var lige farlige.

Saretok mente, at såvel olie som oliedispersioner kunne volde skade.

Ericsson understregede, at Upsala-Ekeby's forsøg kun gjaldt en bestemt formolie anvendt ved et betonarbejde, hvorom der var reklameret; men i øvrigt havde den førte diskussion vist, at der var baggrund for et forskningsarbejde på dette område.

Dührkop spurgte, om nogen kunne udtale sig om, hvilken temperatur man skulle regne med som den laveste ved flisearbejder, dels ved anvendelse af traditionelle opsætningsmørtler, dels ved anvendelse af Fix'er.

Ericsson oplyste, at ByggAMA i Sverige opgiver + 5°C som laveste arbejdstemperatur. Er temperaturen lavere, må den bringes op ved opvarmning af rummene, og det må huskes, at det ikke altid er nok, at luftens temperatur bringes op, det er vigtigere med væggen.

Svendson fandt det tænkeligt, at man i Norge var kommet ind på et fejlspor ved den ret udbredte anvendelse af opsætningsmasser på ren plastbasis. Undersøgelserne på dette felt har været meget få, og da spørgsmålene skal tages op, har man været meget interesserede i denne konference. De produkter, som især anvendes, har PVA som bindemiddel. Af dem findes der flere på markedet, og det ser ud til, at skadeårsagen i de fleste tilfælde har været manglende vandfasthed. Det er sket, at fliser er gået løs efter at have siddet på væggen i 4-5 år, og i de fleste tilfælde har det vist sig, at væggen har været af et sådant materiale eller har været opbygget på en sådan måde, at fugt, som har været i væggen ved fliseopsætningen, ikke har haft nogen chance for at undslippe. Og med opsætningsmørtel på PVA-basis er der også konstateret skader, når der er arbejdet ved for lav temperatur; der sker en svækkelse, som synes at være varig.

Ericsson så i alle de omtalte skadetilfælde et bevis på, hvor vanskeligt det er at bedømme opsætningsmaterialernes egnethed. Problemerne ved fliseopsætning beskæftiger fagfolk ikke alene i Norden, men i hele Europa, og det ville være overordentlig værdifuldt, om der kunne igangsættes koordinerede undersøgelser af de uopklarede forhold. De mange forskellige produkter, der findes på markedet, kan være gode under visse forhold, men ubrugelige under andre, og på dette punkt trænges der til oplysning.

Saretok meddelte, at den manglende vandfasthed hos PVA-modificerede cementmørtler havde ført til, at man var begyndt at interessere sig for PVC i stedet. Temperaturproblemet er dog fælles for alle handelsformer for plast, også for Epoxy og polyestere, der er for dyre til bygningsbrug.

Högberg vendte tilbage til spørgsmålet om de traditionelle mørtler og nævnte de gode resultater, man

tidligere havde opnået ved indledningsvis at svumme fliserne med opsætningsmørtlen, sikkert fordi der så ved opsætningen sugedes en mindre vandmængde fra mørtlen i skillefladen. Endnu bedre vedhængning ville formentlig opnås, dersom dette svummelag fik lov at hærde, før fliserne sattes op; men selv uden dette opnåedes altså en forbedring.

4. Sammenfatning

Som indledning til et forsøg på at sammenfatte de fremkomne indlæg og den af deltagerne repræsenterede specialviden i en række regler, der kunne tjene som vejledning for rigtig udførelse af indvendig opsætning af vægfliser, drøftedes først muligheden for at forsyne den foran på side 5 indførte liste over faktorer, der har betydning for vægflisers fastsiddende, med talværdier, som udtrykte den vægt, der burde tillægges disse faktorer. Denne fremgangsmåde blev også forsøgt; men den kunne ikke gennemføres i fuld udstrækning, og i det følgende er det valgt at give et sammentrængt referat af de kommentarer, der blev givet til listens punkter.

I. Håndværket

A. UNDERLAGETS FORBEREDELSE

a. Opretning

Ved traditionel fliseopsætning i tykt mørtellag er opretning af underlaget en overflødig operation; ved opsætning i tyndt mørtellag må underlaget kun have små ujævnheder, og ved opsætning med kontaktklim skal underlaget være jævnt.

b. Grundning

Ved opsætning i tykt mørtellag bør det være en almindelig regel, at underlaget grundnes forud, og er det beton, skal det grundnes. Ved opsætning i tyndt mørtellag har det vist sig gavnligt at grunde underlaget med Fix'en oprørt til en mere flydende konsistens og påført og trukket af med murerske, således at det virker som en porefylder.

c. Fugttilstand

Ved opsætning i tykt mørtellag er underlagets fugttilstand af underordnet betydning, dersom grundningen er udført korrekt. Ved opsætning i tyndt mørtellag bør underlaget være praktisk taget tørt (Pukkila menes dog at kunne tåle en vis fugtighed), og ved opsætning med kontaktklim skal underlaget være absolut tørt.

B. OPSÆTNINGSMØRTLENS PÅFØRING

a. På flise eller underlag

Ved opsætning i tykt mørtellag skal opsætningsmørtlen anbringes på flisen. Ved opsætning i tyndt mørtellag er det almindeligst at føre Fix'en på underlaget; det er det hurtigste, men næppe altid det rigtigste. Pukkila kan på grund af sin store vandholdeevne uden betænkelighed anbringes på underlaget.

b. Fordeling

Tyndt mørtellag påført underlaget fordeles oftest jævnt med en spartel med glat kant; men den fremkomne jævne overflade rilles siden flise for flise, efterhånden som de opsættes, idet en tandspartel føres hen over feltet med den tandede kant trykket mod underlaget. Herved opnås det, at fliserne kommer i kontakt med en frisk flade, at mængden under fliserne bliver ens, at der kræves mindre kraft til at trykke fliserne på plads, at den undvigende mørtel ikke presses ind under de netop anbragte fliser, og måske opnås der også en vis mulighed for udtørring, som kan være gavnlig. En klatvis fordeling af mørtlen må i almindelighed frarådes; er der en gennemsigtig glasur på fliserne, kan det medføre risiko for farveforskelle (mørkere ringe). Kontaktklim skal påføres med så jævn en overflade som muligt.

c. Lagtykkelse

Ved opsætning i tykt mørtellag tilstræbes ofte en lagtykkelse på op til 25 mm, og lagtykkelsen må ikke overskride 35 mm i ét lag. Ved opsætning i tyndt lag tilstræbes en færdig tykkelse på omkring 2 mm, og for kontaktklim skal laget være så tyndt som muligt, men helt dækkende.

d. Areal i arbejde

Ved opsætning i tyndt mørtellag påført væggen er størrelsen af det areal, der tages i arbejde, begrænset af, hvor længe mørtlen er tjenlig. Ofte foreskrives det, at fliserne skal være opsat, inden laget er 15 minutter gammelt; men denne termin kan variere væsentligt med mørtlens og underlagets art og de klimatiske forhold.

C. FLISERNES FORBEREDELSE

Ved opsætning i tykt mørtellag bør fliserne fugtes eller grundnes forud. En grundning foretages ofte umiddelbart før opsætningen, idet fliserne først forsynes med et tyndt lag af en vandrig opsætningsmørtel og derefter med det tykke lag af den normale mørtel. Betydningen af at fugte eller grunde fliserne vokser med opsætningsmørtlens bindemiddelindhold.

Ved opsætning i tyndt mørtellag eller med kontaktklim skal fliserne være tørre.

D. FLISERNES ANBRINGELSE

Ved opsætning i tykt mørtellag afsluttes arbejdet med den enkelte flise i reglen med en let bankning med en hammer; men ved opsætning i tyndt mørtellag er dette ikke nødvendigt; der bankes måske med hånden, dersom en flise er svær at få på plads. Skal der fuges med farvet mørtel, er det vigtigt at udkradse hurtigt efter opsætningen i tykt mørtellag.

E. FUGNINGEN

a. Tidspunkt

Ved opsætning i tykt mørtellag bør der hengå en uge, før fugningen foretages. Det samme gælder formentlig ved opsætning i tyndt mørtellag; i hvert fald bør der ventes, indtil fliserne ikke røkkes ved arbejdet med fugemørtlen. Ventetiden opnås i reglen automatisk, når det drejer sig om fliser i etageejendomme, idet arbejdet udføres etagevis og er således tilrettelagt, at fliserne sættes op i et antal rum, og fugefyldningen foretages i samme rækkefølge, men ikke påbegyndes, før fliserne i det sidste rum er sat op. I et enfamiliehus er det fristende at foretage fugningen straks efter opsætningen, og det bør foreskrives, at der i hvert fald skal ventes, indtil fliserne sidder fast.

b. Fyldningsmåde

Det må kræves, at fugerne er fyldte. Dette er nødvendigt såvel for at undgå, at vand trænger ind til fliserne bagside, som af hygiejniske grunde. Med henblik herpå bør fliserne ikke sættes op med meget smalle fuger eller med klatvis fordeling af opsætningsmørtlen; er der hult under en fuge, kan den ikke fyldes på tilfredsstillende måde. Med henblik på spændingsfordelingen i fliselaget er der større risiko forbundet med fuger, der på

nogle strækninger er tomme og på andre er fyldte, end med fuger, der ser fyldte ud, men dog kun er fyldte til en vis dybde.

II. Materialerne

A. FLISERNE

a. Sugeevne

I almindelighed kan fliser med lav vandopsugning regnes at give den bedste vedhængning.

b. Rumfangsbestandighed

Fliseskader, der alene kan henføres til deformationer i fliserne fremkaldt af varierende vandindhold, er yderst sjældne; men manglende rumfangsbestandighed kan spille en rolle som medvirkende årsag.

B. MØRTLEN

Diskussionen vedrørende de i listen på side 5 nævnte mørtelegenskabers betydning gik hurtigt i stå, fordi kravene til mørtlerne er afhængige af så mange faktorer, at det måtte opgives at udforme kortfattede regler; i stedet må der henvises til det under stk. 3 refererede, især vedrørende vædningens betydning for mørtlens vedhængning til fliser og underlag. Det kan understreges, at Fix'erne skal oprøres med de i brugsanvisningen angivne vandmængder, hverken mere eller mindre, at PVA-holdige mørtler ikke må anvendes ved lave temperaturer, og at luftindblandingsmidler i de anvendte bindemidler kan nedsætte vedhængningen.

C. UNDERLAGET

a. Sugeevne

Er underlaget stærkt sugende, må dette modvirkes enten ved tyndgrundning eller ved vanding.

b. Rumfangsbestandighed

Er underlaget af et materiale, der svulmer og svinder mærkbart ved vandoptagelse og tørring, bør sugeevnen i reglen ikke reguleres ved vanding.

c. Fugttilstand

Det under C meddelte om fliserne forberedelse gælder også for underlaget.

III. Konstruktive forholdsregler

A. FLISEFELTERNES MAKSIMALE STØRRELSE

Det bør være en regel, at der anbringes dilatationsfuger ud for dilatationsfuger i underlaget. Indførelse af andre dilatationsfuger i felter med rigtigt opsatte fliser har kun ringe indflydelse på spændingsforholdene.

B. FORHOLDSREGLER MOD FUGTGENNEMGANG

Flisebeklædninger opsat på asfalterede flader må understøttes sådan, at vægten ikke overføres gennem asfaltlaget.

C. BRUG AF ARMERINGSNET I OPSÆTNINGSMØRTLEN

Over fuger eller samlinger mellem forskelligt arbejdende materialer i underlaget, eller hvor underlaget er svagt, kan brugen af armeringsnet i pudslag eller opsætningsmørtel komme på tale.

5. Forsøgsteknik og fremtidige forskningsopgaver

Ved forskning vedrørende flisers vedhængning er det vigtigt, at forholdene ved prøvningen svarer til forholdene i den virkelige bygning. Det gælder ikke alene de spændinger, man søger at fremkalde ved prøvningen, men også de hærdningsforhold, man skaber for prøvelegemerne. Bedømmelse af deformationernes og spændingernes fordeling og størrelse sker formentlig bedst på de af professor Petersson anviste måder med strain-gages, og det bør tilstræbes, at forsøgene anlægges med så få influerende faktorer som muligt.

Ved bedømmelsen af vedhængningsstyrken må direkte trækforsøg menes at være det mest nærliggende; men også forskydningsstyrken bør studeres. Primitive forsøgsmetoder til bedømmelse af disse egenskaber under forhold med nøje relation til praksis kendes næppe. En god tilnærmelse kan måske opnås ved at belaste flisebeklædte vægelementer til bøjning. Vægelementet kan da belastes i vandret stilling med to symmetrisk virkende linjelaster og fliserne anbragt på den trykkede side; elementets strakte side skal være armeret.

Med henblik på fremtidige forskningsopgaver blev der i indlæggene omtalt en række emner, hvorom man ikke vidste tilstrækkelig besked. De gentages her for oversigtens skyld og i håb om, at de kan danne grundlag for en kommende konference om et fælles nordisk forskningsprogram.

- A (side 6) Kan der opstilles en tabel over opsætningsmørtlernes bruddeformation.
- B (side 8) Er der et lovmæssigt sammenhæng mellem flisernes dimensioner og vedhængningsstyrken (findes der en optimal flisestørrelse).
- C (side 11) Hvorledes varierer opsætningsmørtlernes styrke og elasticitetstal med tiden.
- D (side 12) Kan der udarbejdes en byggepladsmetode til fastsættelse af opsætningsmørtlernes (specielt Fix'ernes) optimale vandindhold.
- E (side 14) Nærmere studium af forholdene i grænselaget mellem opsætningsmørtel og flise eller underlag og deres betydning for maksimal adhæsion.
- F (side 14) Overfladefilms - specielt formolie-resters - betydning for opsætningsmørtlernes vedhængning til betonelementer.
- G Spændingsvariationers - herunder vibrationers - betydning for flisers vedhængning.

En liste over litteratur om emnet - især svensk - indtil 1962 findes i

Alvar Ericsson: Läggning och sättning av keramiska plattor - en sammanställning av nyare undersökningar. Rapport 105. Stockholm 1964. 39 s. Ill.

Bilag 1.

Spänningar i kakelplattor, satta på bärande betongstomme

Av professor Ove Pettersson, Lunds Tekniska Högskola.

För några år sedan inrapporterades i Sverige ett flertal fall av kantspjälkningsskador intill fog vid kakelplattor, satta på bärande betongstomme (fig. 1). Skadorna var ej att hänföra till gruppen allmänt förekommande. Då skadorna i varje enskilt fall emellertid som regel var av avsevärd omfattning, bedömdes en utredning av skadornas orsaker som angelägen.

Av denna anledning har i samarbete med Upsala-Ekeby AB genomförts några renodlade försöks-serier för ett studium av de spänningar, som vid varierande förutsättningar kan påtvingas en på bärande betongstomme satt kakelbeklädnad. Nedan ges några fragmentariska exempel på vid detta studium erhållna resultat*). På grundval av de genomförda undersökningarna har utarbetats anvisningar för sättning av kakel på bärande betongstomme i dels Teknisk information Nr 2 (1962) och Nr 4 (1964) från Upsala-Ekeby AB och dels ByggAMA 1965. Genom tillämpning av dessa sättningsanvisningar har frekvensen av skador av den nämnda typen starkt nedbringats.

Konstaterade skador har i allmänhet inträtt först $\frac{1}{2}$ -1 år efter byggnadernas färdigställande. Av denna anledning ligger det nära till hands att förmoda, att skadorna primärt orsakats av att kakelbeklädnaden genom den bärande betongstommens långtidsdeformationer påtvingats i tiden tillväxande

*) Redovisad utredning har ekonomiskt finansierats av Uppsala-Ekeby AB samt Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

spänningar, som under vissa förhållanden kan bli för glasyrskiktets kantzoner kritiska och därvid förorsaka spjälkning av dessa.

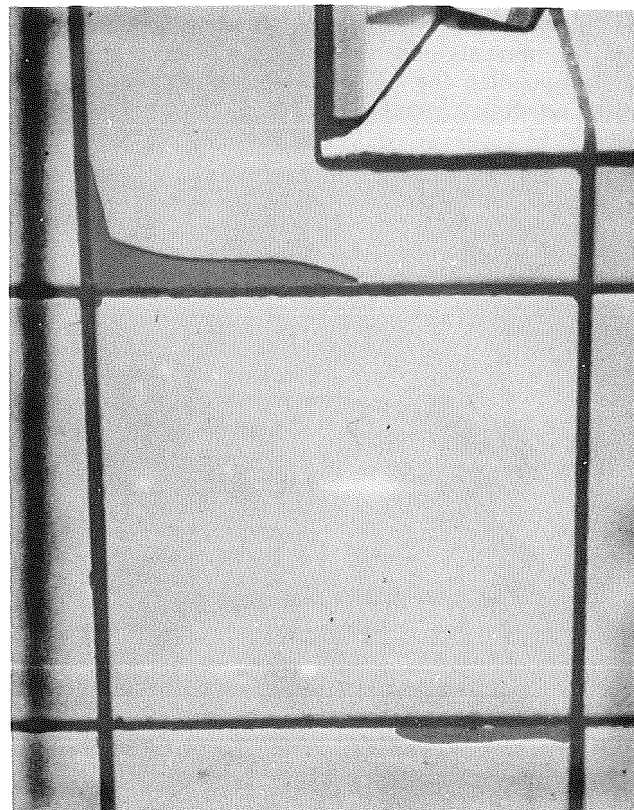


Fig. 1

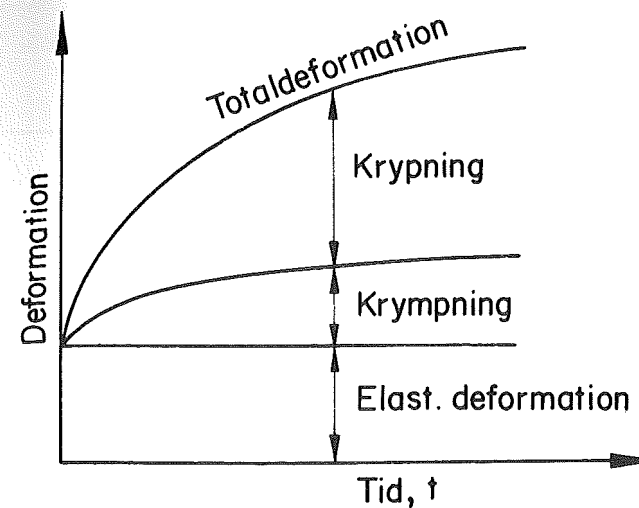


Fig. 2

En bärande betongstommes totaldeformation (fig. 2) sammansätts av de tre komponenterna momentan elastisk deformation samt i tiden kontinuerligt tillväxande kryp- och krympdeformationer, som ofta inte uppnår sina definitiva slutvärden förrän efter 5-20 år.

Då kakelplattor sätts på en bärande betongstomme, är i regel huvuddelen av den elastiska korttidsdeformationen utbildad. Den deformation, som i normalfallet påtvingas kakelbeklädnaden blir därför - beroende på betongkonstruktionens ålder vid kakelsättningen - begränsad till att omfatta en större eller mindre del av betongens kryp- och krympdeformationer.

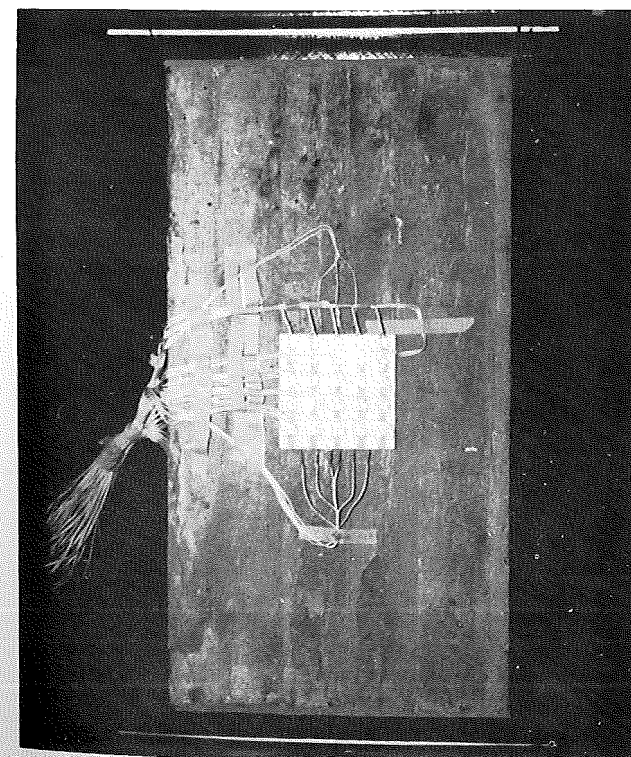


Fig. 3

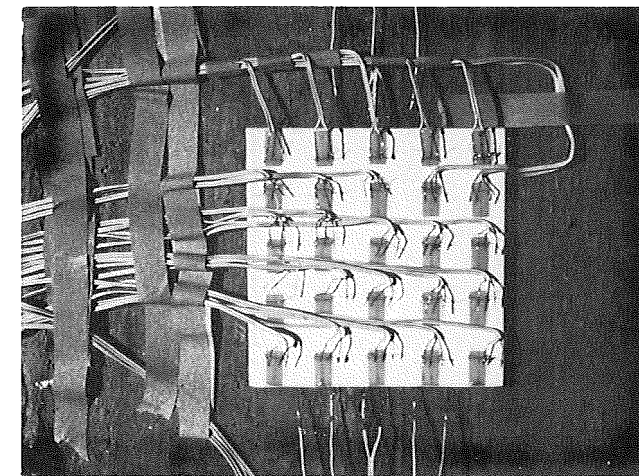


Fig. 4

För en första analys av de spänningar, som påtvingas en på en betongstomme satt kakelbeklädnad, då denna medföljer i stommens deformationer, refereras inledningsvis några spänningsbestämningar för ett extremt renodlad fall - en ensam kakelplatta, centrisk satt på en armerad betongvägg med höjd 85 cm, bredd 45 cm och tjocklek 12 cm (fig. 3). Plattans spänningsbild har därvid noggrant kartlagts för några olika tryckspänningsvärden σ_b i betongväggen via töjningsmätningar med trådtöjningsgivare. Den närmare placeringen av dessa med 25 st givare på plattans glasyrsida och 5 st givare i vertikalt symmetrisnitt på plattans baksida framgår av fig. 4 och 5.

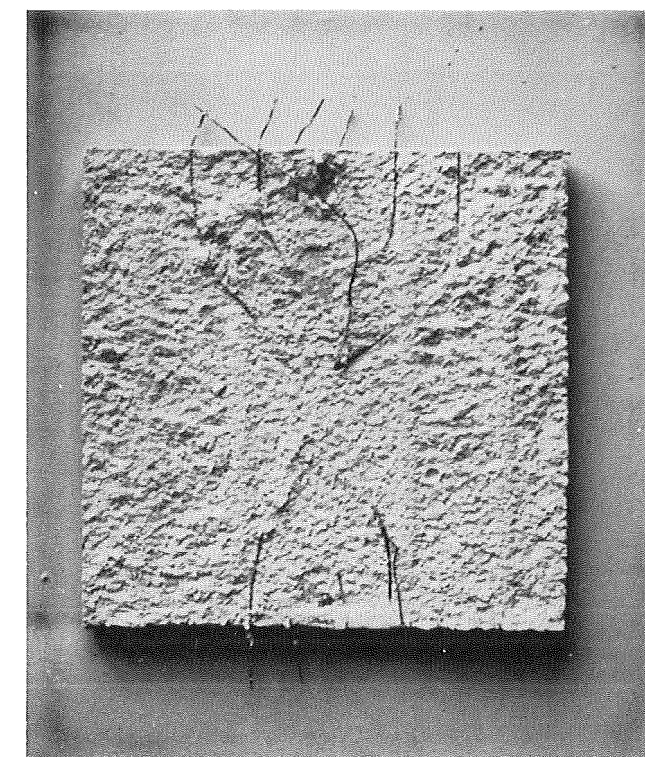
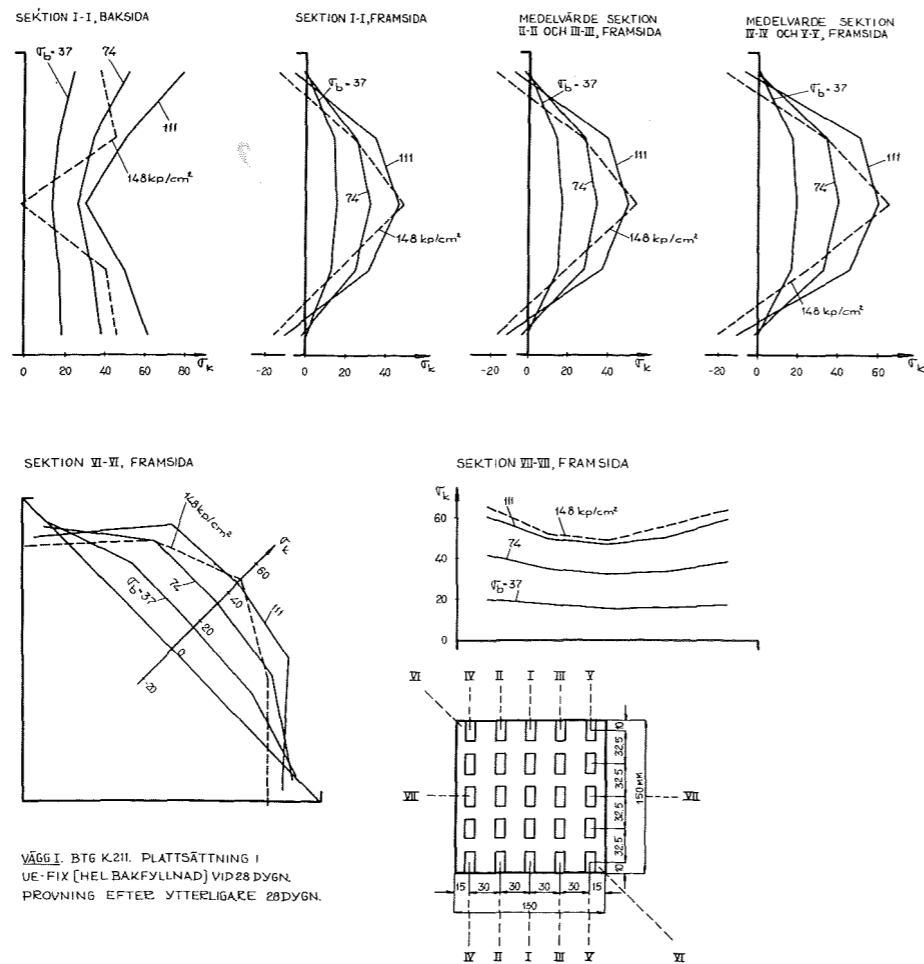


Fig. 5

Fig. 6

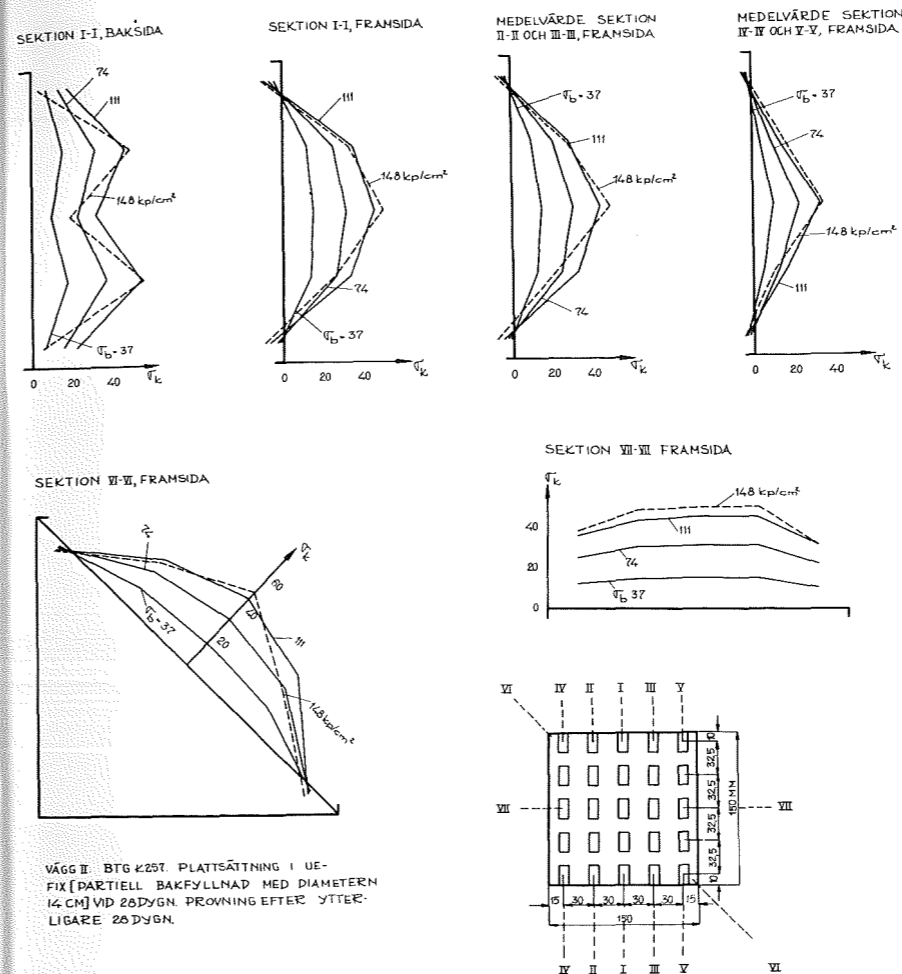


Exemplifiering av erhållna resultat ger fig. 6, 7 och 9. Resultaten gäller för 9 mm kakelplattor, som satts på 28 dygn gammal armerad betongvägg och sedan provats efter ytterligare 28 dygn.

Fig. 6 redovisar för betongtryckspänningarna $\sigma_b = 37, 74, 111$ och 148 kp/cm^2 bestämda spänningsfördelningar för plattans glasyrsida och baksida vid platsättning i UE-fix med plattans hela baksida utfylld av sättmedel (fig. 5). Heldragna spänningsfördelningskurvor svarer mot tillstånd med intakt vidhäftning och streckade kurvor mot tillstånd med inlett lokalt vidhäftningsbrott. Av spänningsfördel-

ningskurvorna för plattans baksida och glasyrsida i det vertikala symmetrisnittet I-I framgår, hur via sättmedlet spänningar införs i plattan från underlagets deformationer. I övre och nedre plattrand får därvid plattan en excentrisk kraftpåverkan med kraftresultanten belägen i plattans baksida, vilket medför en stor tryckspänning i plattans baksida och en mindre dragspänning på plattans översida inom dessa randzoner. Från plattrand till plattcentrum sker sedan en kontinuerlig förskjutning av kraftresultantens läge mod angrepp på halva plattjockleken i plattcentrum. I plattans horisontalled uppvisar de uppmätta spänningarna approximativt en jämn fördelning.

Fig. 7



I fig. 7 redovisas motsvarande spänningsfördelningskurvor för en platta, som satts i UE-fix, varvid sättmedlet begränsats till en utfyllnad av plattans baksida inom en cirkel med diametern 14 cm (fig. 8). Frånvaron av sättmedel i anslutning till plattans randzoner medför, som väntat, en lokal reduktion av spänningar i plattan inom dessa zoner. I plattcentrum uppträdande spänningar är approximativt lika i de båda fallen med sättmedel helt utfyllt respektive partiellt utfyllt plattbaksida.

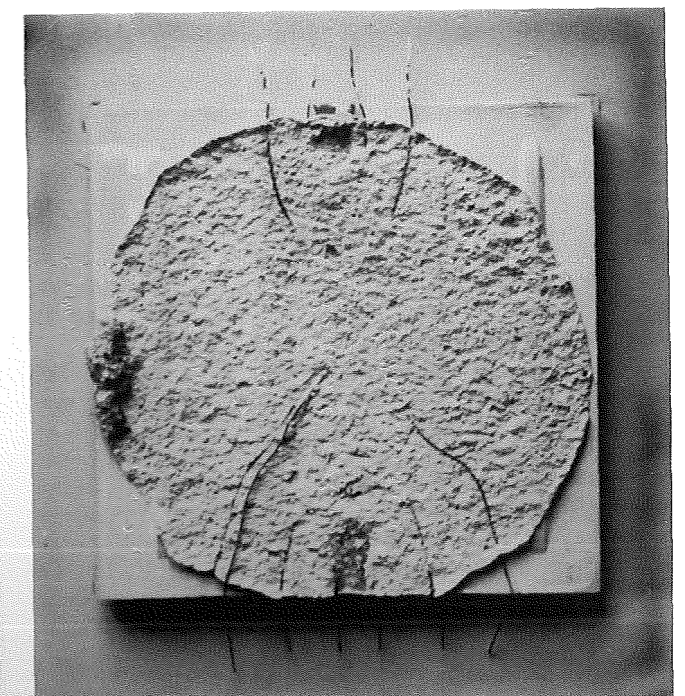
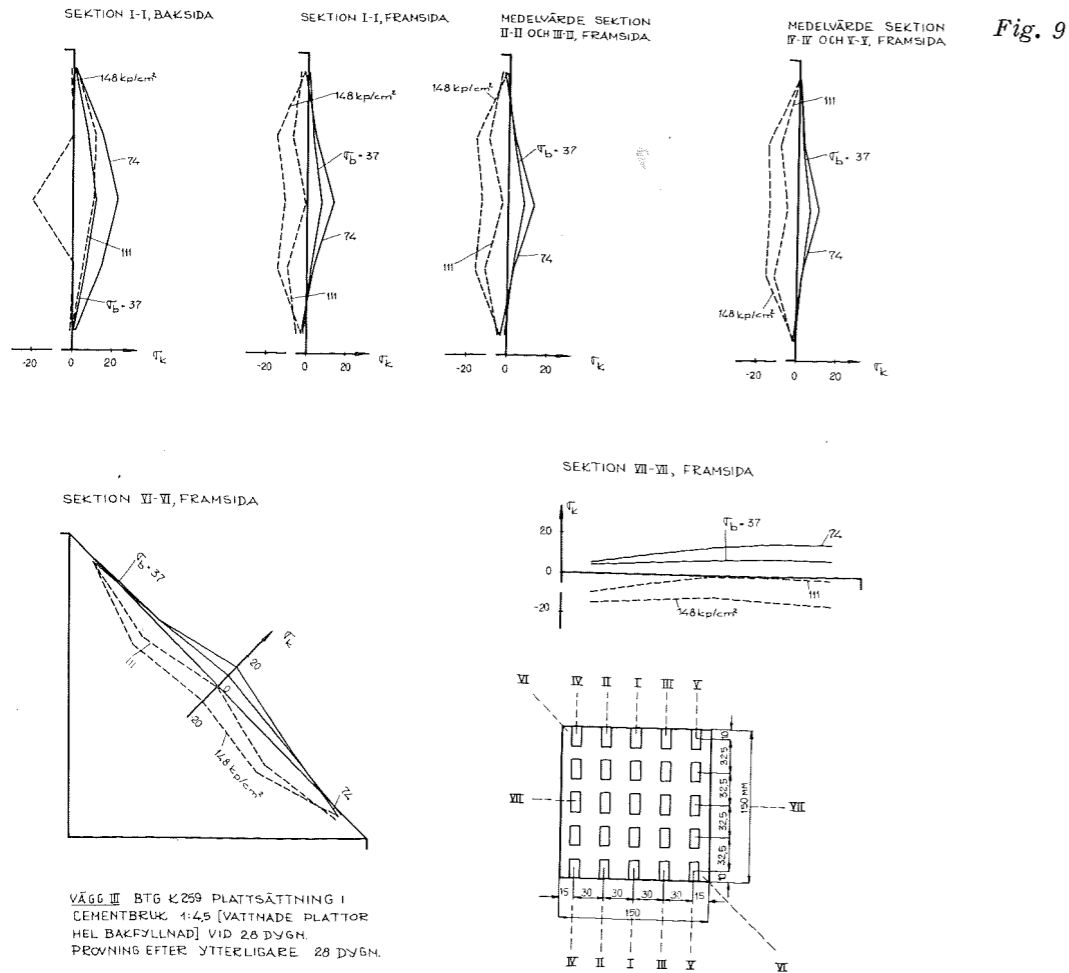


Fig. 8



I fig. 9 återges motsvarande spänningsfördelningskurvor för platta, som med helt utfylld baksida satts mot underlaget i cementbruk 1:4,5 med 15 mm sättmedelstjocklek (fig. 10). I förhållande till spänningsvärdena för i UE-fix satta plattor är spänningsvärdena för plattan, som satts i 15 mm cementbruk, väsentligt lägre, vilket är en effekt av de stora spänningsreducerande skjuvdeformationer, som kan äga rum i ett så pass tjockt sättmedel som 15 mm cementbruk. Det förtjänar att understrykas, att redovisade spänningskaraktistika är i giltighet begränsade till en enstaka platta. För en platta, som ingår i ett större plattfält, överlagras de ovan redovisade spänningsbilderna av de spänningsbilder, som härrör från i anslutning till fogmedel partiellt förhindrade plattrandsdeformationer.

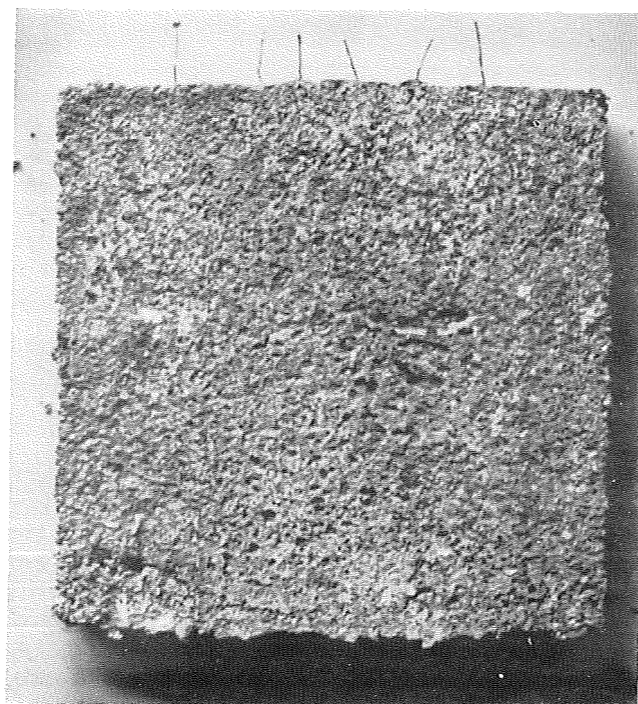


Fig. 10

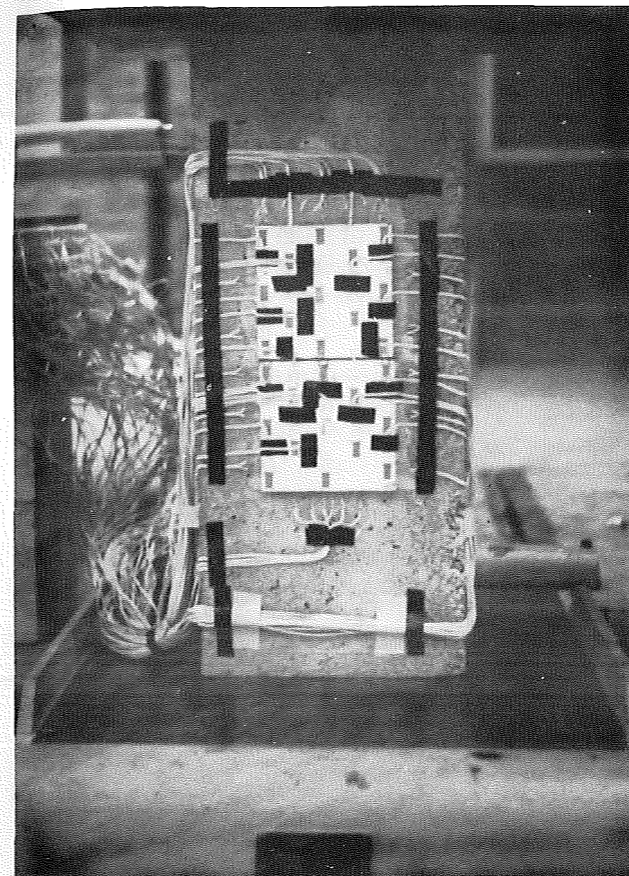


Fig. 11

Så övergår till en exemplifierande redovisning av några resultat från spänningsmätningar för ett något mera komplicerat fall - en armerad betongvägg, på vilken på vardera sidan satts 2 st 9 mm kakelplattor (fig. 11). Frågan ställs: hur påverkas spänningsfördelningen över kakelplattornas glasyr- och baksidor av variationer i fackutformningen? Problemet har experimentellt studerats för de tre

$$P = 30M_p (\sigma_b = 83 \text{ kp/cm}^2)$$

Ofogade plattor

+3,5	+1,7	+3,7
-39,7	-32,0	
-56,1	-40,3	-37,0
-45,4	-37,0	
-4,5	-5,1	-2,3
-11,9	-1,7	-5,4
-30,5	-27,2	
-41,8	-24,3	-30,4
-15,6	-15,8	
+2,9	+0,6	+3,1

$$P = 30M_p (\sigma_b = 83 \text{ kp/cm}^2)$$

UE-fogade plattor

+3,0	+3,4	+1,7
-20,8	-15,0	
-41,5	-39,5	-28,8
-44,7	-36,5	
-8,4	-9,2	-6,7
-17,3	-10,0	-9,2
-37,4	-30,5	
-27,8	-27,1	-20,0
-10,9	-9,9	
-0,2	+0,4	-0,2

$$P = 30M_p (\sigma_b = 83 \text{ kp/cm}^2)$$

Cementlimsfogade plattor

+4,6	+2,4	+5,6
-11,9	-12,1	
-30,1	-30,2	-31,7
-35,6	-36,1	
-11,5	-11,0	-7,4
-16,9	-12,5	-13,6
-31,3	-34,7	
-16,7	-24,0	-26,7
-5,5	-8,6	
+0,9	+0,1	+0,8

Fig. 13

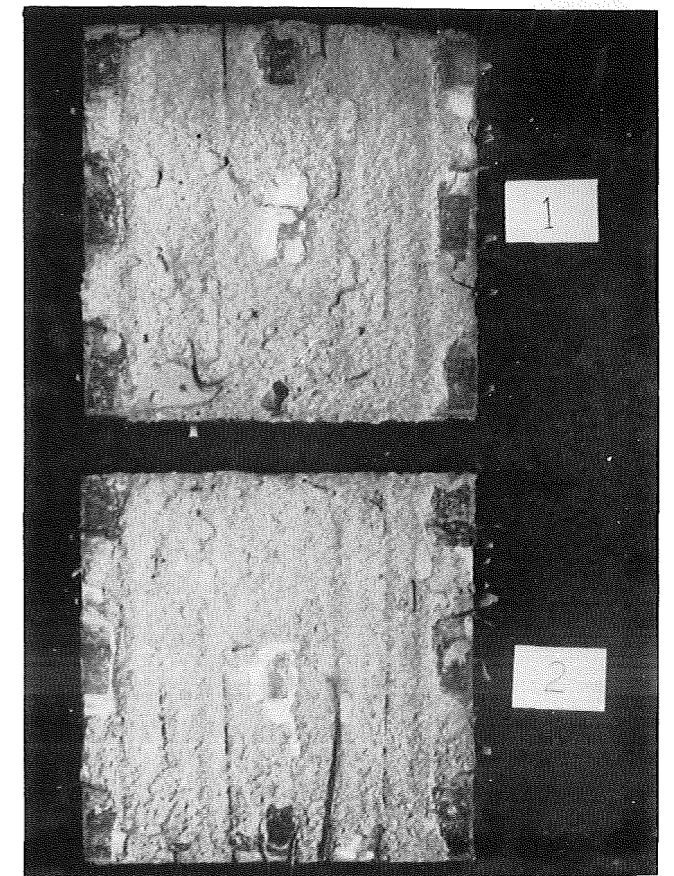


Fig. 12

alternativen ofylld fog, med UE-fogmedel fylld fog och med cementlim fylld fog, varvid plattorna genomgående varit satta mot betongunderlaget i UE-fix med av sättmedlet helt utfylld plattbaksida. Spänningsbestämningen har genomförts via töjningsmätningar med för varje platta 13 st trådtöjningsgivare på glasrysidan och 9 st på baksidan med placering enligt fig. 11 och 12.

$$P = 15 \text{ Mp} (\sigma_b = 42 \text{ kp/cm}^2)$$

+4,5	+2,9	+1,4
-6,2	-7,0	
-13,9	-14,6	-16,9
-18,9	-18,5	
-7,0	-6,6	-4,7
-8,9	-7,7	-6,3
-15,8	-17,2	
-8,2	-11,6	-12,3
-2,4	-4,5	
-0,6	-0,3	+1,5

$$P = 60 \text{ Mp} (\sigma_b = 167 \text{ kp/cm}^2)$$

+3,0	+0,1	+4,3
-5,8	-5,5	
-22,3	-26,4	-23,0
-55,9	-58,0	
-18,8	-23,2	-14,3
-19,3	-22,6	-24,7
-16,9	-28,2	
+0,4	-6,8	+2,3
+1,2	+3,4	
+2,1	+1,8	+2,9

Fig. 14

Resultatexemplifiering ger fig. 13 och 14. Därvid visar fig. 13 den till en tryckspänning i betongväggen av 83 kp/cm^2 hörande tryckspänningsfördelningen i kakelplattornas glasyrskikt för alternativen ofogade, UE-fogade och cementlimsfogade plattor. Spridningen i samhörande spänningsvärden är en effekt av praktiskt ofrånkomliga ojämnheter i vidhäftning och fogfyllnadsgrad.

Av de redovisade spänningsbilderna framgår, att redan för alternativet ofogade kakelplattor är glasyrskiktens maximala tryckspänningar förskjutna från plattmitt i riktning mot de vid fogutrymmena belägna plattränderna. Fenomenet beror av interferens mellan de övre och undre plattornas spänningsfält. Med ökad fogstyvhet - d.v.s. vid övergång från ofogade till UE-fogade till cementlimsfogade plattor - förstärks denna effekt, samtidigt som tryckspänningarna i de till fogen gränsande kakelplattränderna successivt växer. För medeltryckspänningen i de intill fog belägna mätsnitten ger de i fig. 13 redovisade värdena för

$$P = 30 \text{ Mp} (\sigma_b = 83 \text{ kp/cm}^2)$$

+4,6	+2,4	+5,6
-11,9	-12,1	
-30,1	-30,2	-31,7
-35,6	-36,1	
-11,5	-11,0	-7,4
-16,9	-12,5	-13,6
-31,3	-34,7	
-16,7	-24,0	-26,7
-5,5	-8,6	
+0,9	+0,1	+0,8

$$P = 70 \text{ Mp} (\sigma_b = 194 \text{ kp/cm}^2)$$

+1,8	-1,1	+2,0
-5,4	-6,1	
-11,8	-14,5	-11,7
-26,4	-32,4	
-22,1	-31,2	-18,6
-9,1	-21,4	-16,3
+1,7	-6,4	
+10,2	+3,0	+11,1
+2,9	+4,1	
+1,7	+1,9	+1,4

$$P = 40 \text{ Mp} (\sigma_b = 111 \text{ kp/cm}^2)$$

+4,7	+1,3	+5,7
-8,4	-8,1	
-28,5	-33,1	-38,3
-44,5	-44,5	
-14,6	-15,1	-10,9
-21,9	-16,8	-17,6
-40,6	-43,0	
-15,0	-22,8	-21,5
-3,6	-5,5	
+1,4	+0,8	+1,0

$$P = 80 \text{ Mp} (\sigma_b = 222 \text{ kp/cm}^2)$$

+1,4	-1,4	+0,2
-3,8	-5,9	
-7,0	-7,3	-4,6
-11,6	-14,5	
-20,9	-27,4	-16,2
-7,2	-20,8	-12,9
+3,2	+0,8	
+18,7	+4,9	+13,5
+2,4	+3,2	
+1,6	+1,8	+0,1

ofogade plattor $4,7 \text{ kp/cm}^2$,
UE-fogade plattor $10,2 \text{ kp/cm}^2$,
cementlimsfogade plattor $12,5 \text{ kp/cm}^2$.

Den detaljerade spänningsfördelningen över plattornas glasyrsidor och omställningen av denna med ökad sammantryckning av betongväggen redovisas för alternativet cementlimsfogade plattor i fig. 14. Av de sammanställda spänningsvärdena framgår bl.a. hur vidhäftningen mellan plattor och underlag med väggens ökade hoptryckning successivt nedbryts i riktning från plattornas fria ränder in mot de till fogen gränsande ränderna. För plattornas horisontella mätställesrader kommer denna nedbrytning av vidhäftningen till uttryck genom tryckspänningar, som med början från de fria ränderna successivt uppnår sina maximivärden för att därefter med ytterligare ökad hoptryckning av betongväggen minska i storlek. Vid det slutliga brottet, vilket kom i form av krossbrott för betongväggen vid tryckspänningen $\sigma_b = 274 \text{ kp/cm}^2$ (fig. 15), var vidhäftningen mellan kakelplattorna och deras underlag obruten endast inom kantområdena närmast intill fogarna.

$$P = 50 \text{ Mp} (\sigma_b = 139 \text{ kp/cm}^2)$$

+3,7	+0,8	+5,2
-6,6	-6,1	
-23,9	-32,0	-34,3
-55,0	-54,8	
-16,1	-19,5	-13,5
-28,2	-22,1	-20,9
-44,6	-45,4	
-9,4	-18,0	-9,7
-0,1	-1,1	
+1,9	+1,5	+2,4

$$P = 90 \text{ Mp} (\sigma_b = 250 \text{ kp/cm}^2)$$

+0,4	-1,1	+0,1
-3,7	-4,2	
-3,9	-2,5	+0,1
-4,3	-6,4	
-13,6	-23,1	-17,5
-7,5	-19,5	-14,4
+0,6	+0,9	
+4,5	+3,9	+10,8
+0,6	+2,2	
+1,3	+2,0	+0,4

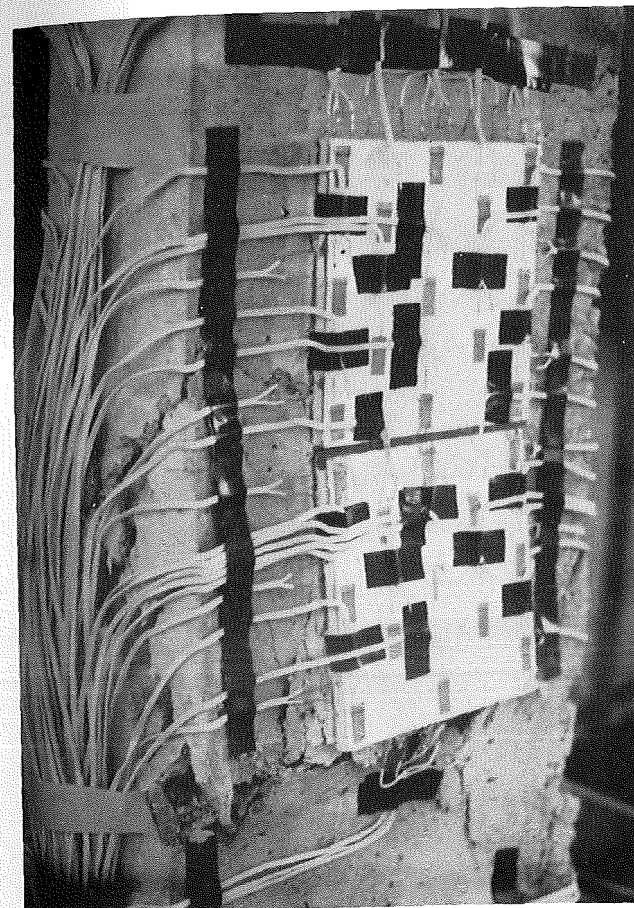


Fig. 15

Den i anslutning till fig. 14 kommenterade successiva nedbrytningen av vidhäftningen mellan kakelplattor och underlag belyses ytterligare av fig. 16, som för fyra mätpunkter A, B, C och D ger de experimentellt upptagna kurvsambanden mellan kakelspanning σ_{kakel} och tryckspänning i betongväggen σ_{betong} . De till A_u, B_u, C_u och D_u hörande kurvorna refererar därvid till på kakelplattornas glaserade utsidor placerade töjningsgivare, medan kurvorna A_i, B_i och C_i gäller för på kakelplattornas insidor fästade givare. Det framgår av kurvorna, hur för glasyrsidans mätställen spänningsmaxima uppnås i ordningsföljden A, B, D och C, d.v.s. i ordning från fri plattkant till mot mittfogen gränsande plattkant. Av intresse att notera är vidare den för varje mätpunkt funna icke oväsentliga skillnaden i spänningsvärden för kakelplattornas utsidor och insidor, vilken beror på att de kakelplattorna deformerande vidhäftningsspänningarna angriper excentriskt i kontaktytan mellan plattor och fix.

De redovisade spänningsbilderna är approximativt karakteristiska för en på bärande betongstomme satt kakelbeklädnads randplattor. En kompletterande illustration av den till större kakelplattfält hörande spänningsvariationen ger fig. 17 och 18, i

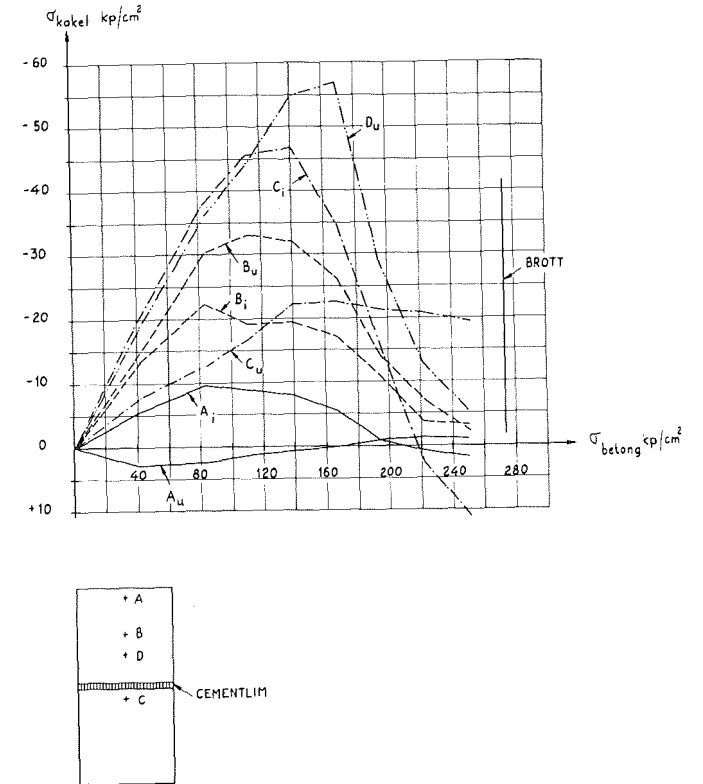


Fig. 16

vilka redovisas med trådtöjningsgivare bestämda spänningsfördelningar för på en armerad betongvägg symmetriskt satta kakelplattfält om vardera 6 plattor i höjd och 3 plattor i bredd. Spänningsfördelningarna gäller för 9 mm plattor, satta i UE-fix med helt utfylld baksida. I redovisningen betecknar σ_{k1} glasyrsidans tryckspänningar för de på betongväggens ena sida satta kakelplattorna, σ_{k2} motsvarande spänningar för de på betongväggens andra sida satta kakelplattorna samt σ_{km} medelvärdet av σ_{k1} och σ_{k2} . För varje kakelplatta i respektive plattfältets vertikala mittrad har glasyrsidans deformation och spänning bestämts dels i plattcentrum och dels i anslutning till övre och nedre plattrand.

De i fig. 17 återgivna spänningsfördelningarna gäller för helt ofogade kakelplattor, medan i fig. 18 redovisas motsvarande spänningsfördelning för plattor, som fogats med UE-fogmedel. De fogade plattorna uppvisar naturligen väsentligt högre tryckspänningar i glasyrskiktet inom plattornas randområden än de ofogade. I plattcentrum uppträdande tryckspänning är för respektive lastvärde P för betongväggen approximativt lika för de ofogade och UE-fogade plattfälten.

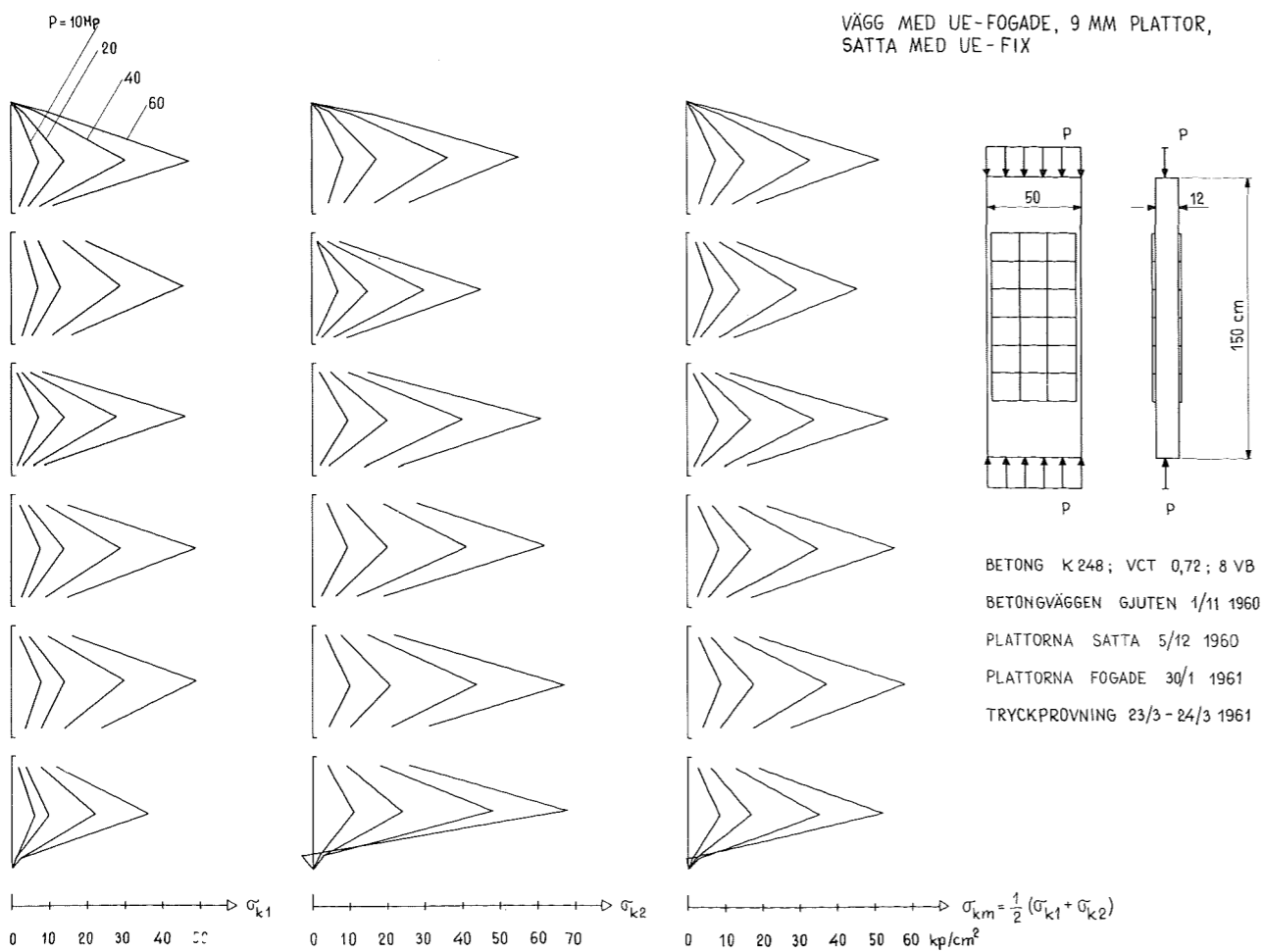
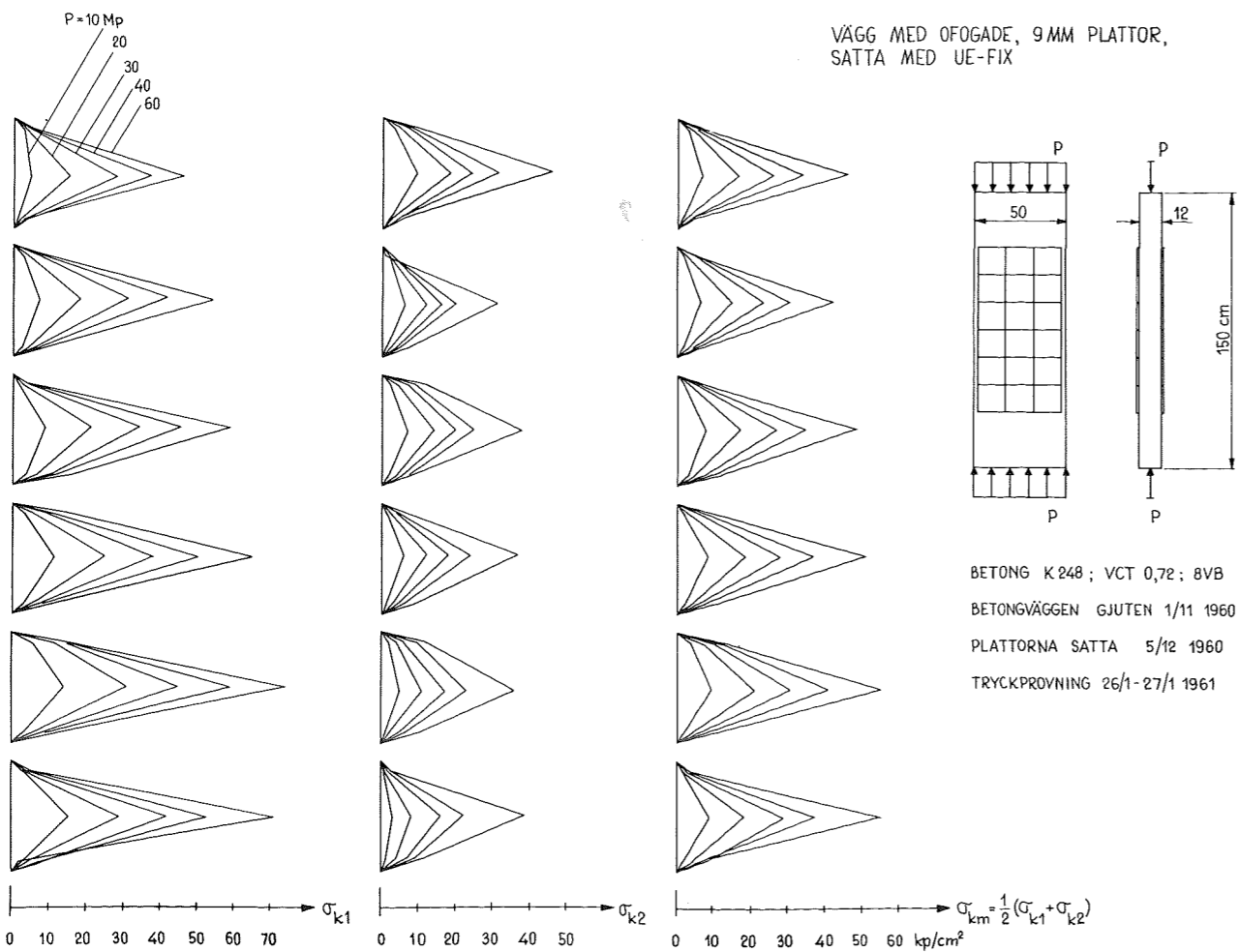
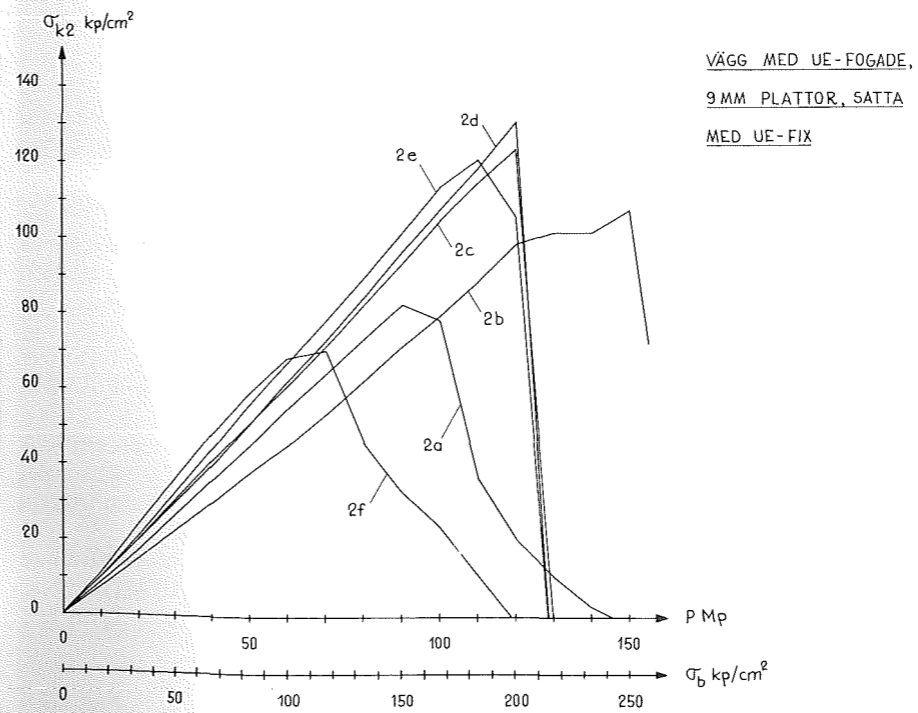
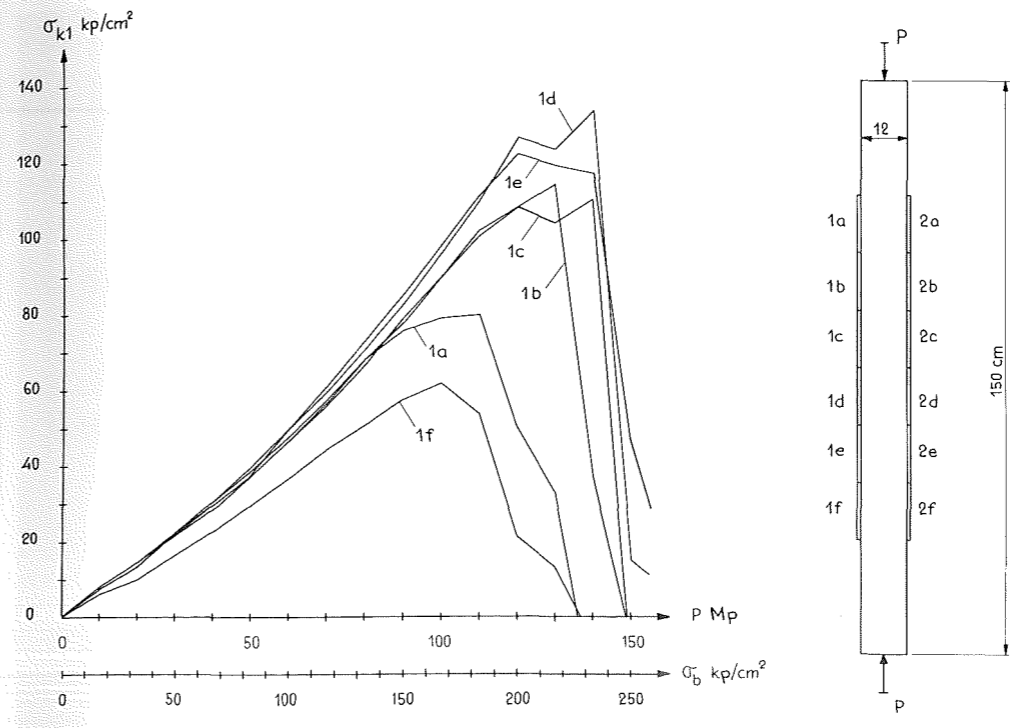


Fig. 19



För de UE-fogade plattfälten redovisas i fig. 19 hur tryckspänningen i respektive plattas centrum σ_{k1} och σ_{k2} förändras med ökad belastning P eller betongtryckspänning σ_b för den armerade betongväggen. Så länge vidhäftningen för plattorna mot underlaget är intakt, växer kakelspänningen med betongväggens belastning. I och med att vidhäftningsbrott inleds, avlastas kakelplattorna med minskad kakelspänning som följd. Det framgår av figurens spänningskurvor, hur vidhäftningen mellan kakelplattor och underlag med ökad betongväggsbelastning successivt nedbryts från övre och nedre plattor in mot centrumplattorna.

Frapperande är för de i fig. 17 och 18 för större plattfält redovisade kakelspanningsbilderna de mycket lika spanningsdelbilderna för varje enskild platta. Förhållandet är av vitalt intresse för bedömning av frågan rörande rörelsefogar i större plattfälts plattskikt. De återgivna spanningsbilderna visar därvid, att vid fullgod vidhäftning mellan plattor och underlag kan ej någon väsentlig förändring i kakelspanningsfördelningen erhållas genom införande av sådana rörelsefogar. Rörelsefogar kan däremot vara av betydelse i sådana fall, då anledning finns att förmoda, att vidhäftningen mellan plattor och underlag kan bli dålig. Genom rörelsefogar kan därvid åstadkommas en viss styrning av plattskiktets statiska verkningssätt så att i plattskiktet uppträdande tryckspänningar ej förorsakar lokal buckling av plattskiktet - jämför fig. 20. En beräkningsmässig bedömning av risken för plattskiktets buckling vid dålig vidhäftning mot underlaget kan göras på grundval av i fig. 21 angivna kurvor. Kurvorna förutsätter tvåfaldig säkerhet mot plattskiktets buckling och ger för 7 och 9 mm kakelplattor sambandet mellan rörelsefogavstånd L_m (eller tillåtet antal 15 cm plattor n_{15} mellan två rörelsefogar) och förhållandet mellan fogtjocklek t_{rf} och elasticitetsmodul E_{rf} för rörelsefoggen vid varierande storlek för den tryckspänningsalstrande relativa längdförkortningen för plattskiktet ϵ .

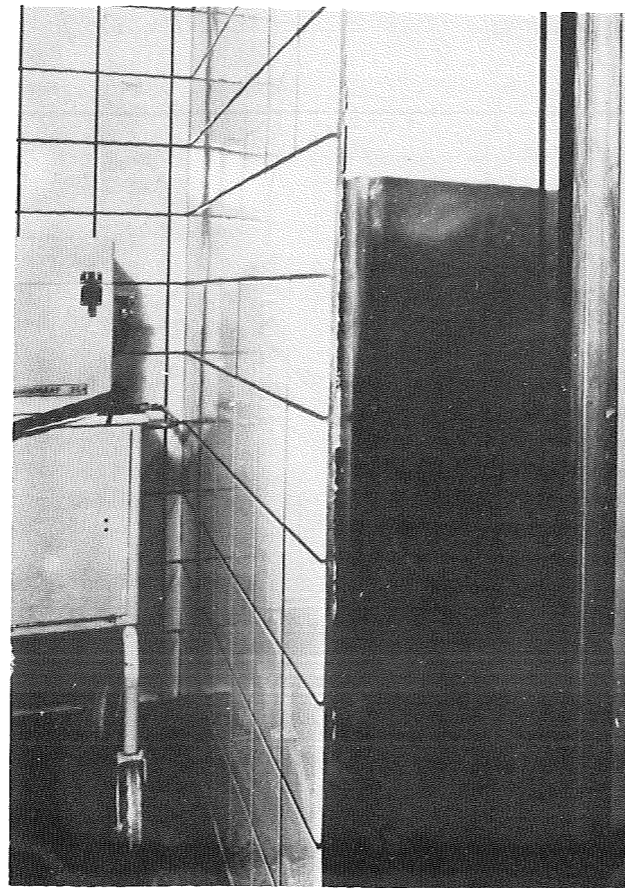


Fig. 20

Avslutningsvis redovisas några resultat från en något mera omfattande provningsserie, avsedd att belysa inverkan på spänningarna i kakelplattornas glasyrskikt av varierande sättmedel, varierande fogmedel samt varierande fyllnadsgrad för såväl sätt- som fogmedel. Uppläggningsen av serien, omfattande fyra kakelbeklädda betongväggar i kvaliteten K 250, framgår av följande sammanställning.

VÄGG I 9 mm kakelplattor, satta i UE-fix och fogade med

- | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| 1. UE-fog | a) helfylld fog | b) $\frac{1}{3}$ -fylld fog |
| 2. Cementlim | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |
| 3. Cementbruk 1:3 | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |

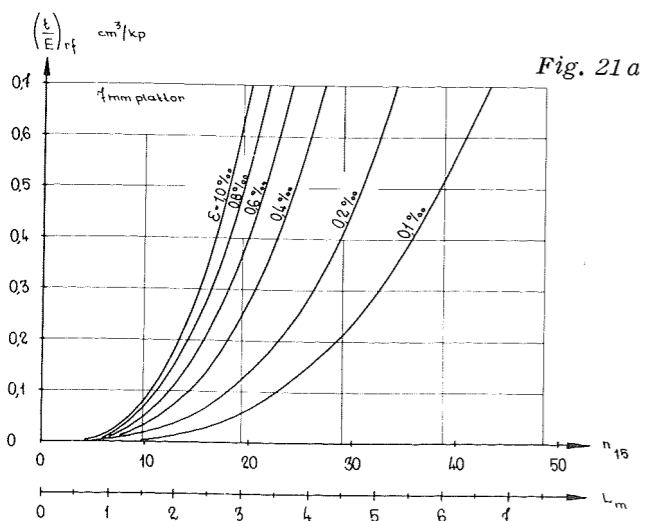


Fig. 21 a

VÄGG II 9 mm kakelplattor, satta i cementbruk 1:4,5 (vattnade plattor, av sättmedel helt utfylld plattbaksida) och fogade med

- | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| 1. UE-fog | a) helfylld fog | b) $\frac{1}{3}$ -fylld fog |
| 2. Cementlim | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |
| 3. Cementbruk 1:3 | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |

VÄGG III 9 mm kakelplattor, satta i cementbruk 1:4,5 (vattnade plattor, av sättmedel inom cirkel med diametern 14 cm utfylld plattbaksida) och fogade med

- | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| 1. UE-fog | a) helfylld fog | b) $\frac{1}{3}$ -fylld fog |
| 2. Cementlim | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |
| 3. Cementbruk 1:3 | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |

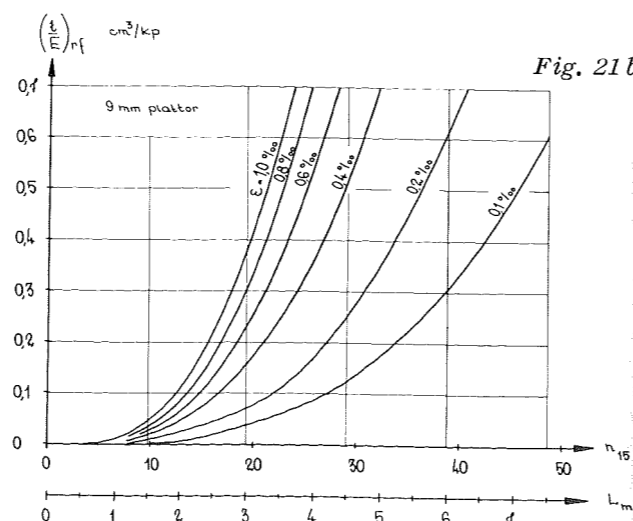


Fig. 21 b

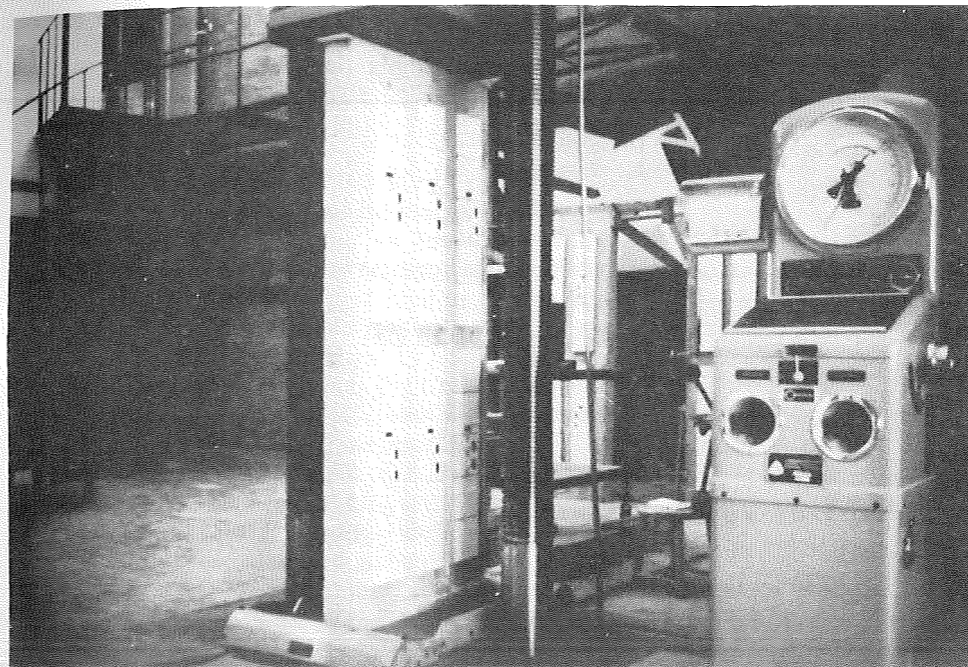


Fig. 22

VÄGG IV 7 mm kakelplattor, satta i cementbruk 1:4,5 (vattnade plattor, av sättmedel inom cirkel med diametern 14 cm utfylld plattbaksida) och fogade med

- | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| 1. UE-fog | a) helfylld fog | b) $\frac{1}{2}$ -fylld fog |
| 2. Cementlim | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |
| 3. Cementbruk 1:3 | a) helfylld fog | b) $\frac{2}{3}$ -fylld fog |

Varje betongvägg omfattade alltså sex olika fogalternativ 1 a - 3 b med varje alternativ tillämpat på en på vardera sidan om betongväggen symmetriskt placerad vertikalrad om fem kakelplattor i höjd - jfr fig. 22, som visar en av de fyra platt-satta betongväggarna under provning. Fogalternativen b, omfattande till $\frac{1}{3}$ eller $\frac{1}{2}$ djup fyllda fogar,

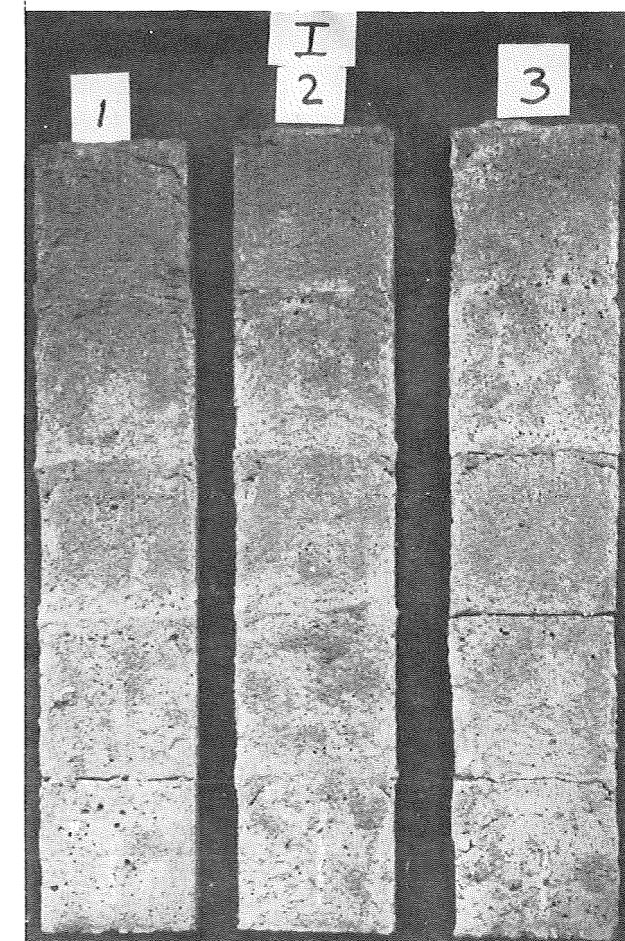
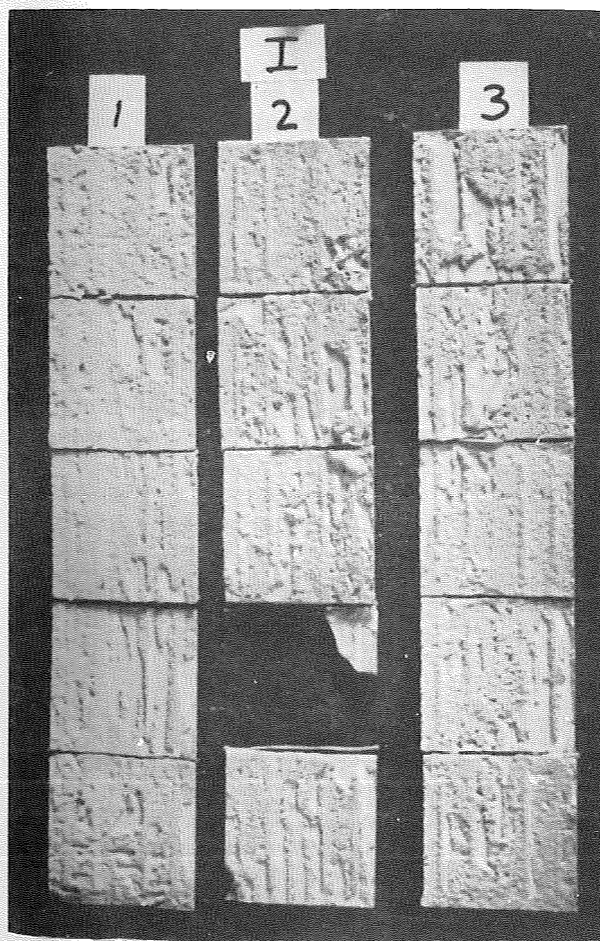


Fig. 24

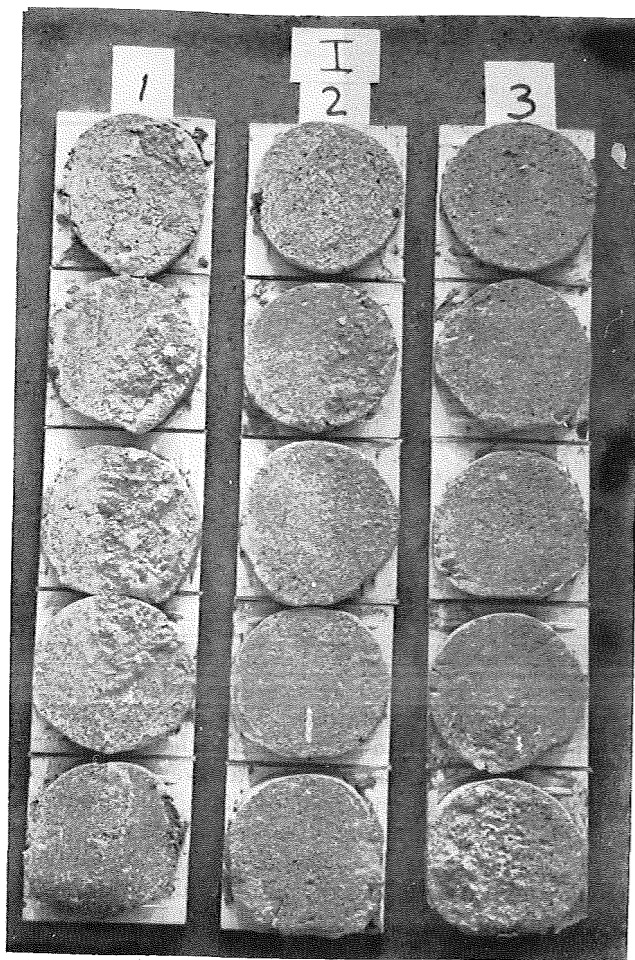


Fig. 25

utfördes praktiskt genom fogning mot i fogutrymmenas inre inlagda skumplastremor. Den för väg-garna III och IV tillämpade partiella bakfyllnaden av cementbruk utfördes inom plåtring med diame-

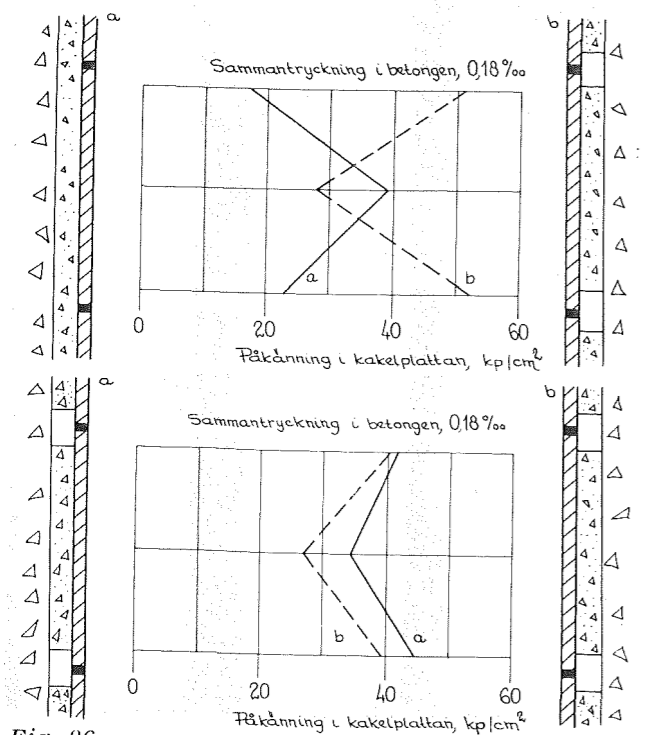


Fig. 26

tern 14 cm. En illustration av för betongväggarna använda plattsättningsförfaranden ger de efter avslutad provning tagna fig. 23 (vägg I), fig. 24 (vägg II) och fig. 25 (vägg III) av sättskikt och plattornas baksidor.

Bestämningen av de till betongväggarnas hoptryckning hörande spänningarna i kakelplattornas glasyrskikt begränsades av mättekniska skäl till att omfatta för varje fogalternativs vertikallrad endast den mittersta av radens fem plattor - jfr fig. 22. För varje sådan mittplatta bestämdes med trådtöjningsgivare den relativa hoptryckningen av glasyrskiktet i plattmitt samt i två punkter i närheten av plattans övre och undre kant. De på grundval härav beräknade tryckspänningarna för glasyrskiktet exemplifieras i tabellen å s. 33, vilken för varje lastvärde P, fog- och sättmedelsalternativ ger i ordning från vänster till höger glasyrskiktspänningarna i de nämnda mittplattornas överkant, mittpunkt respektive underkant. Ur tabellvärdena kan följande slutsatser dragas.

1. Vid fullständig bakfyllnad och helt fyllda fogar ger alternativet UE-fogbruk lägre kantspänningar än alternativet cementlim. Skillnaden är därvid något mera markant vid kakelplattor satta i ett tunt UE-fixskikt än vid kakelplattor satta i ett förhållandevis väsentligt tjockare bruksskikt av cementbruk 1:4,5.

2. Vid fullständig bakfyllnad och i djupled partiellt fyllda fogar ger UE-fogbruk och cementlim nära lika store kantspänningar i plattornas glasyrskikt, medan en fogning med cementbruk 1:3 medför en väsentligt kraftigare kantspänningseffekt. Orsaken till att vid partiell fogfyllnad cementlimsfogning är ur kantspänningssynpunkt gynnsammare än cementbruksfogning kan vara en av den snabba, tvåsidiga uttorkningen kraftigare accelererad krympning för cementlimmet än för cementbruket, varigenom cementlimmet blir poröst och mjukt.

3. En övergång från helt fyllda fogar till i djupled partiellt fyllda fogar medför i en del fall något minskade och i andre fall något ökade kantspänningar. Fogfyllnadsgraden i fogarnas djupled synes enligt de hittills genomförda försöken ej vara någon mera väsentlig faktor för glasyrskiktens kantspänningar.

4. En övergång från fullständigt bakfyllda plattor till partiellt bakfyllda ger en radikal omställning av glasyrskiktens spänningbilder. Medan i det förstnämnda fallet kantspänningarna genomgående är väsentligt mindre än spänningen i kakelplattornas mitt, uppgår de för partiellt bakfyllda plattor uppmätta kantspänningar till värden, som är 1,3-2,1 gånger spänningarna i plattmitte - jfr fig. 26, övre delfiguren. Förhållandet förklaras av att vid partiellt bakfyllda plattor tvingas en icke oväsentlig del av sättbruksskiktets tryckspänningar att passera genom fogbruket mellan plattorna, då vid fogpartierna sättbruksskiktet är avbrutet.

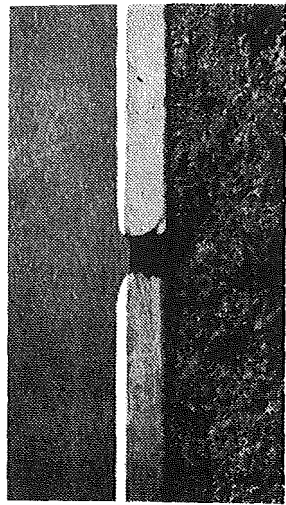
Vägg I (9 mm plattor i UE-fix)

Vägg II (9 mm plattor i cementbruk 1:4,5, fullständig bakfyllnad)

Vägg III (9 mm plattor i cementbruk 1:4,5, partiell bakfyllnad)

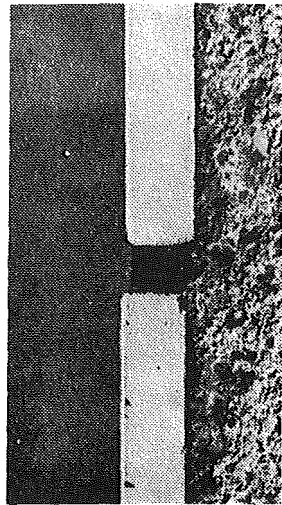
Vägg IV (7 mm plattor i cementbruk 1:4,5, partiell bakfyllnad)

Last P	Betongtryck-spänning σ_b		Fyllt fog		Fyllt fog		Fyllt fog		Fyllt fog		Fyllt fog	
	30 Mp	60 Mp	30 Mp	60 Mp	30 Mp	60 Mp	30 Mp	60 Mp	30 Mp	60 Mp	30 Mp	60 Mp
30 Mp	31,3	62,5	31,3	62,5	78,1	93,8	18,5	10,9	13,5	17,8	15,8	18,3
60 Mp	62,5	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	21,0	13,8	21,8	25,4	31,9	36,3
75 Mp	78,1	156,2	156,2	156,2	156,2	156,2	26,5	16,5	26,4	31,9	40,8	45,6
90 Mp	93,8	187,5	187,5	187,5	187,5	187,5	31,7	20,9	31,7	38,0	49,1	55,5
30 Mp	31,3	62,5	31,3	62,5	78,1	93,8	18,5	10,9	13,5	17,8	15,8	18,3
60 Mp	62,5	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	21,0	13,8	21,8	25,4	31,9	36,3
75 Mp	78,1	156,2	156,2	156,2	156,2	156,2	26,5	16,5	26,4	31,9	40,8	45,6
90 Mp	93,8	187,5	187,5	187,5	187,5	187,5	31,7	20,9	31,7	38,0	49,1	55,5
30 Mp	31,3	62,5	31,3	62,5	78,1	93,8	18,5	10,9	13,5	17,8	15,8	18,3
60 Mp	62,5	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0	21,0	13,8	21,8	25,4	31,9	36,3
75 Mp	78,1	156,2	156,2	156,2	156,2	156,2	26,5	16,5	26,4	31,9	40,8	45,6
90 Mp	93,8	187,5	187,5	187,5	187,5	187,5	31,7	20,9	31,7	38,0	49,1	55,5



7 mm platta.

Fig. 27



9 mm platta.

5. De kantspänningar, som vid i övrigt likvärdiga förhållanden uppkommer vid å ena sidan 9 mm kakelplattor och å andra sidan 7 mm kakelplattor (vägg III respektive vägg IV), är approximativt av samma storleksordning - jfr fig. 26, nedre delfiguren. Då 7 mm kakelplattorna är utbildade med en ur spänningskoncentrationssynpunkt gynnsam kantfasning, medan 9 mm kakelplattorna är skarpkantade (fig. 27), medför detta, att risken för kantspjälkning av plattornas glasyrskikt är väsentligt mindre för alternativet 7 mm plattor än för alternativet 9 mm plattor.

Kantspjälkningsskador (fig. 28) erhöles vid försöks-serien för följande sättnings- och fogningsalternativ vid betongtryckspänningarna

$\sigma_b = 94 \text{ kp/cm}^2$
vägg III, $\frac{1}{3}$ -fyllda cementlimsfogar

$\sigma_b = 104 \text{ kp/cm}^2$
vägg III, helt fyllda cementlimsfogar

$\sigma_b = 125 \text{ kp/cm}^2$
vägg III, helt fyllda UE-fogar

$\sigma_b = 135 \text{ kp/cm}^2$
vägg I, helt fyllda cementlimsfogar
vägg II, helt fyllda cementlimsfogar
vägg II, $\frac{1}{3}$ -fyllda cementbruksfogar

$\sigma_b = 146 \text{ kp/cm}^2$
vägg II, $\frac{1}{3}$ -fyllda cementlimsfogar

$\sigma_b = 156 \text{ kp/cm}^2$
vägg I, $\frac{1}{3}$ -fyllda cementlimsfogar

$\sigma_b = 167 \text{ kp/cm}^2$
vägg I, $\frac{1}{3}$ -fyllda cementbruksfogar.

Vid den med 7 mm fasade kakelplattor satta väggen IV inträffade inte för något fogningsalternativ några glasyrspjälkningsskador inom testat betongtryckspänningsområde $\sigma_b = 0 - 292 \text{ kp/cm}^2$.

Vid försöksserien funna värden för betongväggens sammantryckning i % vid begynnande vidhäftningsbrott och kantspjälkning för olika sätt- och fogmedelsalternativ sammanställs i följande tabell.

Sättmedel	Sättmetod	Platt-typ	Fogtyp	Sammantryckning i betongväggen i % vid begynnande vidhäftningsbrott			
				helfylld fog	$\frac{1}{3}$ -fylld fog	helfylld fog	$\frac{1}{3}$ -fylld fog
Fix	Hel bak-fyllnad	9 mm	UE-fog	0,46	0,52	Ingen spjälkn.	Ingen spjälkn.
			Cementbruk	0,33	0,40	Ingen spjälkn.	0,49
			Cementlim	0,40	0,52	0,40	0,46
Cementbruk	Hel bak-fyllnad	9 mm	UE-fog	0,34	0,46	Ingen spjälkn.	Ingen spjälkn.
			Cementbruk	0,23	0,34	Ingen spjälkn.	0,40
			Cementlim	0,28	0,40	0,40	0,43
Cementbruk	Partiell bakfylln.	9 mm	UE-fog	0,33	0,39	0,36	Ingen spjälkn.
			Cementbruk	0,27	0,27	- ¹	- ¹
			Cementlim	0,39 ²	0,27 ²	0,30	0,27
Cementbruk	Partiell bakfylln.	7 mm	UE-fog	0,28	0,28	Ingen spjälkn.	Ingen spjälkn.
			Cementbruk	0,24	- ³	Ingen spjälkn.	Ingen spjälkn.
			Cementlim	0,28	0,28	Ingen spjälkn.	Ingen spjälkn.

¹ Plattorna hade lossnat på ett relativt tidigt stadium.

² Vidhäftningsbrottet utvecklades mycket snabbt, så att plattorna släppte helt vid angiven last. För övriga alternativ började vidhäftningsbrottet vid plattornas ytterkanter för att successivt gå mot plattans mitt.

³ Mätarna defekta.

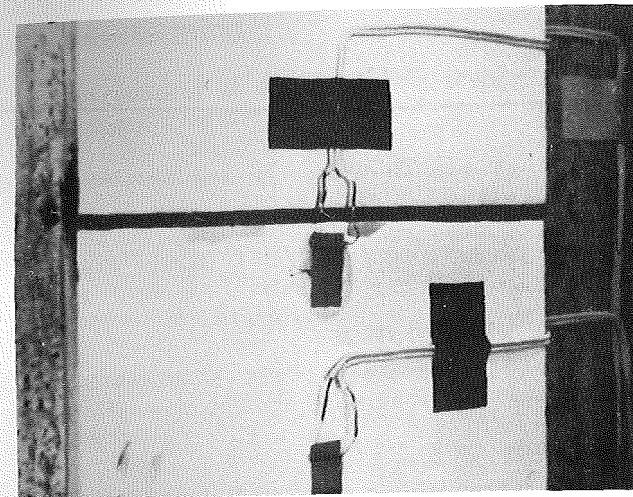


Fig. 28

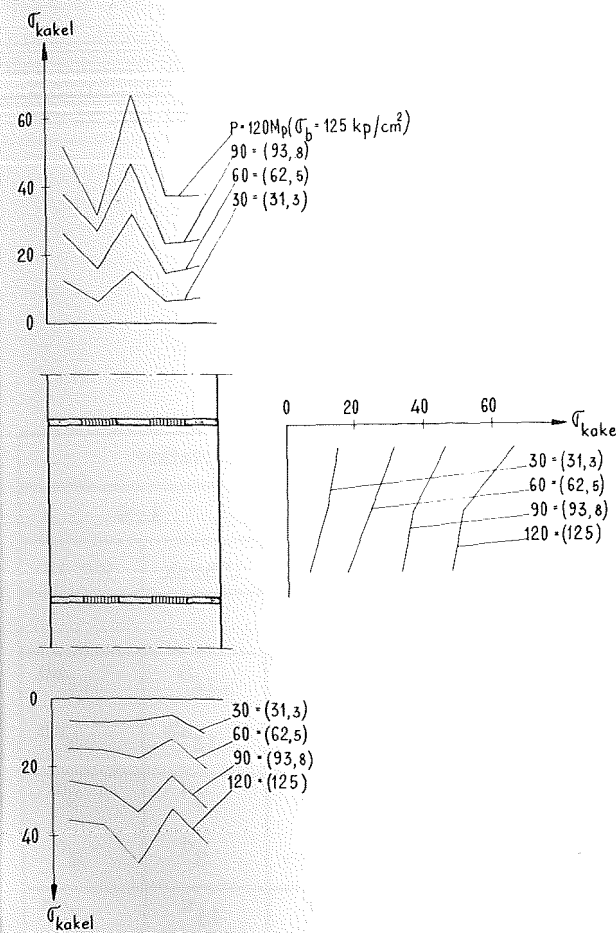


Fig. 30

Till de ovan belysta och diskuterade influenserna på spänningstillståndet för på bärande betongstomme satta kakelplattor kan till slut läggas inverkan från i fogs längsled varierande fogfyllnadsgrad. Problemet har studerats i en mindre försöksserie, varvid fogfyllnadsgradens variation i fogens längsled renodlats till att bestå av omväxlande 3 cm långa helfyllda fogavschnitt och 3 cm långa till $\frac{1}{3}$ djup

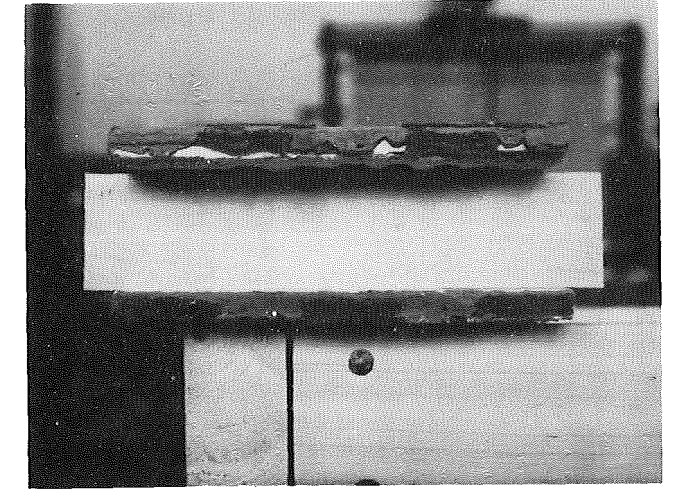
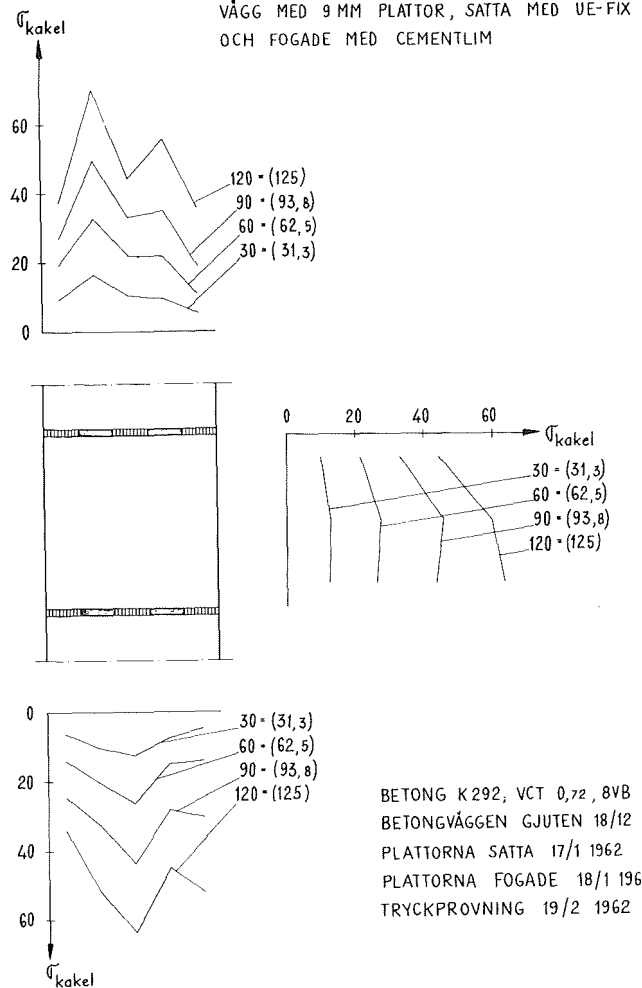


Fig. 29

VÄGG MED 9 MM PLATTOR, SATTA MED UE-FIX OCH FOGADE MED CEMENTLIM



BETONG K292, VCT 0,72, 8VB
BETONGVÄGGEN GJUTEN 18/12 1961
PLATTORNA SATTA 17/1 1962
PLATTORNA FOGADE 18/1 1962
TRYCKPROVNING 19/2 1962

fyllda fogavschnitt enligt fig. 29. Exempel på genom sådan varierande fogfyllnadsgrad orsakade vågformade fördelningar av glasyrskiktets tryckspänningar intill plattrand ger fig. 30, vilken experimentellt bestämts för 9 mm kakelplattor, satta med UE-fix på bärande tryckbelastad betongvägg och fogade med cementlim.

Bilag 2.

Undersökning beträffande lämpligaste sättbruk för kakelplattor

Av fil. doktor Erik Högberg, Puts- och Murbrukslaboratoriet, Limhamn.

Puts- och Murbrukslaboratoriet utförde 1959 - 1960 i samarbete med Plattsättnings Entreprenörers Riksförbund (PER) en undersökning beträffande lämpligaste sättbruk för kakelplattor. Resultaten är publicerade i Cement och Betong 1961 sid. 51 - 58.

Sammanfattning

- En förvattning av kakelplattorna förbättrar vidhäftningen avsevärt.
- Cementbruk ger bättre vidhäftning än KC 11-bruk.
- "Magra" bruk, 1:6, ger bättre vidhäftning än "feta" bruk, 1:3, vilka inte ger någon vidhäftning alls mot torra kakelplattor.
- Luftporbildande medel i sättbruket försämrar vidhäftningen och bör ej användas vid sättning av kakelplattor.
- Cementbruk 1:6 ger god vidhäftning såväl mot vattnade som mot torra kakelplattor.

Senare utförda undersökningar av Puts- och Murbrukslaboratoriet har bekräftat slutsatserna från den tidigare undersökningen.

Sättning med kakelfix

I Sverige sker nu nästan all sättning av kakelplattor med kakelfix.

Resultaten synes i stort sett ha varit tillfredsställande, trots mycket varierande sammansättning på kakelfixen.

Puts- och Murbrukslaboratoriet har funnit att några misslyckanden berodde på att man hade strukit ut kakelfixet över en för stor yta innan sättningen ägde rum. Vidhäftningen hade blivit avsevärt försämrad genom att kakelfixet hade hunnit torka något före sättningen. Likaså hade kakelfixet strukits ut i ett alltför tunt skikt. Enligt bruksanvisningen skulle kakelfixet strykas på plattan som sedan skulle tryckas mot väggen. I några andra fall hade vidhäftningen försämrats genom att kakelfixet utsatts för fukt. Kakelfixen är i regel ej vattenbeständiga. Kakelfixen synes även förlora i vidhäftningen vid långvarig upptorkning av väggen.

Tabelbilaga.

Vidhäftningshållfasthet i kp/cm²

Underlag	Sand	Torra kakelplattor				Vattnade kakelplattor			
		1:3		1:6		1:3		1:6	
		C bruk	KC 11	C bruk	KC 11	C bruk	KC 11	C bruk	KC 11
Bruk utan luftporbildande medel									
Betong	A	0 ^a	0 ^a	7 ^a	6 ^{bc}	>14	13 ^{ab}	>14 ^b	11 ^{ab}
	B	0 ^a	0 ^a	10 ^{ab}	2 ^a	10 ^a	5 ^{ac}	13 ^{ab}	3 ^{ab}
Lättbetong	A	0 ^a	0 ^a	2 ^d	3 ^d	2 ^{cd}	1 ^c	3 ^d	3 ^d
	B	0 ^a	0 ^a	3 ^d	1 ^a	3 ^d	2 ^c	3 ^d	3 ^c
Tegel	A	0 ^a	0 ^a	5 ^a	6 ^{abc}	4 ^c	2 ^c	11 ^c	7 ^{cb}
	B	2 ^a	0 ^a	6 ^a	3 ^a	5 ^c	2 ^c	9 ^c	3 ^c
Bruk med luftporbildande medel									
Betong	B	0 ^a	0 ^a	1 ^a	1 ^a	3 ^a	—	4 ^a	—
Lättbetong	B	0 ^a	0 ^a	1 ^a	1 ^a	2 ^c	—	2 ^c	—
Tegel	B	0 ^a	0 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^c	—	2 ^c	—

a = brott mellan kakelplatta och bruk
c = brott mellan bruk och underlag

b = brott i bruket
d = brott i underlaget