

KERAMISKA PLATTOR

Förord

Detta projekt har som mål att utreda varför keramiska plattor lossnar från betongväggar och betonggolv. Arbetet har utförts i en arbetande referensgrupp med representanter för Siab, Plattsättningsentreprenörers Riksförening (PER), Byggkeramikrådet, Kakelföreningen och materialtillverkare/-leverantörer med undertecknade som projektledare respektive projektsekreterare. Arbetet har finansierats med medel från SBUF, projekt nummer 3032.

Föreliggande slutrapport redovisar resultatet av utredningsarbetet inklusive förslag till åtgärder.

Stockholm i april 1995

Hans Lanevik, Siab, projektledare

Björn Yttergren, Siab projektsekreterare

Innehållsförteckning

Förord	3
Innehållsförteckning	4
Sammanfattning	8
Bakgrund.....	8
Syfte.....	8
Skadefrekvens	8
Skadehypotes	8
Preliminära rekommendationer.....	9
Gruppens rekommendationer	10
Definitioner	12
Mål och syfte	15
Bakgrund.....	15
Syfte.....	15
Möjliga orsaker.....	15
Omfattning	16
Metodik	17
Uppläggning av arbetet	17
Referensgrupp	18

Litteraturinventering	19
Litteratursökning	19
Litteraturstudium	19
Skadeinventering	20
Inriktning	20
Förinventering	20
Fallbeskrivningsblad	20
Detaljstudium	20
Skadefrekvens	22
Skadeorsaker	22
Skadehypotes	23
Plattsättning - plattläggning	24
Allmänt	24
Underlag	25
Betongväggens egenskaper	25
Ytans beskaffenhet	33
Material	34
Tätskikt	34
Fästmassa	35
Plattor	36
Fogbruk	36
Utförande	37
Tätskikt	37
Fästmassa	37
Fogar	38
Utförandet, allmänt	38

Samverkan kakel - underlag	39
Statisk modell	39
FEM-modell	40
Provmetoder	43
Fullskaleprov	43
Befintliga laboratorieprovmetoder.....	43
Ny laboratorieprovmetod	46
Provningsresultat	49
Kommentarer till provningsresultat	50
Fukt- och temperaturrelater	51
Resultat	52
Inledning	52
Vad har studerats?	52
Preliminära rekommendationer.....	53
Gruppens rekommendationer	54
Litteraturförteckning	56
Studerad litteratur.....	56

Bilagor:

Bilaga 1	Fallbeskrivningsblad
Bilaga 2	Skadeorsaker - Brainstorming
Bilaga 3	Informationsmöte 1994-05-06
Bilaga 4	Pressklipp
Bilaga 5	Rapport från SP, SP AR 1994:56
Bilaga 6	Rapport från SP, SP AR 1995:20
Bilaga 7	Rapport från SP, 94B3,4943 och 94B3,4953
Bilaga 8	Resultat FEM-modellering
Bilaga 9	Teoretiska beräkningar av rörelser

Sammanfattning

Föreliggande rapport är en slutrapport som redovisar resultatet av rubricerade projekt. Dagsläget i halvtid har tidigare redovisats i Delrapport 1994-08-08.

Bakgrund

Det har under senare år konstaterats att kakel kan släppa från betongväggar, såväl i våtrum som i kök. Klinker som lossnar från golv, så kallad klinkerhävning, har också observerats. Någon entydig orsak har ej gått att fastställa.

Syfte

Syftet med detta utvecklingsprojekt är att uppskatta omfattningen, klarlägga orsaker och dokumentera problemen, samt slutligen föreslå åtgärder och rekommendationer för framtiden. Detta utförs genom arbete i en referensgrupp: Studier av litteratur, undersökningar av skadefall samt teoretiska analyser och laboratorieprovningar.

Skadefrekvens

I Sverige sätts varje år en dryg miljon kvadratmeter kakel på betongväggar samt ett par hundra tusen kvadratmeter klinker på betonggolv. Genom uppskattning av mängden inrapporterade skadefall till gruppen kan man göra bedömningen att skadefallen är av storleksordningen 0,5 %.

Skadehypotes

Som resultat av en brainstorming ställdes en hypotes för skadeorsaken upp:

**Betongen har efter gjutningen betydande krymp- och kryprörelser.
De keramiska plattorna är cirka tre gånger styvare än betongen,
och kan inte följa med i dessa rörelser.**

Avgörande för om efter platsättningen kvarstående rörelser kan tas upp är:

- Tidpunkt för platsättning.
- Valet av fästmassa.
- Arbetsutförande.

Ovannämnda rörelser och deras betydelse har ej tidigare varit tillräckligt kända och uppmärksammade av berörda parter.

Orsaken till skadorna kan vara:

- Plattsättning för tidigt efter gjutning.
- Felaktigt val av fästmassa.
- Felaktigt arbetsutförande:
 - Öppentiden är överskriden. Detta kan bero på att fästmassan applicerats på för stora ytor i taget eller på att anvisningarna angivit för långa öppentider.
 - Plattorna arbetas ej fast tillräckligt på underlaget. Plattorna fäster därför enbart på topparna av fästmassan.
 - För lite fästmassa ger för tunt fästmasseskikt.

Dessa hypoteser låg till grund för det fortsatta arbetet i projektet.

Preliminära rekommendationer

Innan provningar och teoretiska analyser var genomförda gjorde gruppen följande preliminära rekommendationer:

- Vid applicering på betongunderlag skall fästmassa och tätskikt med tillräcklig flexibilitet och tjocklek användas.
- Arbetsutförandet måste förändras och förbättras genom kompletterande utbildning, noggrannare regler och utökad kontroll.

Informationsmöte

Ett 75-tal personer kom till ett möte 1994-05-06 och blev informerade om problemet och gruppens preliminära rekommendationer. Se bilaga 3.

Tidskriftsartiklar

Kontakt togs med tidskriften Byggindustrin, vilket resulterade i en artikel i ämnet i anslutning till ovanstående informationsmöte. Detta har i sin tur resulterat i artiklar och notiser i andra tidskrifter. Se bilaga 4.

Gruppens rekommendationer

Efter genomförda provningar och teoretiska analyser står gruppens preliminära rekommendationer fast:

Fästmassa

Vid applicering på betongunderlag skall fästmassa och tätskikt med tillräcklig flexibilitet och tjocklek användas. Se nedanstående tabell samt gällande branschregler.

Fästmassor, typ	Beskrivning	Bindemedel	Användning
Reaktionsbundna ¹⁾	Polymerbaserade flerkomponentsprodukter	T ex epoxi, polyester	Golv och vägg i kemisk teknisk industri, storkök etc
Organiskt bundna ¹⁾	Enkomponents pasta-produkter. S k "kakellim"	T ex akryl	Väggar
Cementbundna			
I. Organiskt modifierade ²⁾	Pulverprodukter, blandas med vatten och/eller plastdispersioner	Cement	Vägg och golv. Krävs på betong
II. Ej organiskt modifierade ³⁾	Pulverprodukter, blandas med vatten. S k "kakelfix"	Cement	Vägg och golv på formstabila underlag

¹⁾ Hög flexibilitet - stor förmåga att ta upp deformationer och förhindra att spänningar överförs till plattsiktet.

²⁾ Låg flexibilitet - viss förmåga att ta upp deformationer och i någon mån förhindra att spänningar överförs till plattsiktet.

³⁾ Ingen flexibilitet - ingen förmåga att ta upp deformationer och förhindra att spänningar överförs till plattsiktet.

*Fästmassor för tunnskiktapplicering av keramiska plattor.
(AMA-Nytt Mark • Hus 2/94)*

Arbetsutförande

Arbetsutförandet måste förändras och förbättras genom kompletterande utbildning, förbättrade monteringsanvisningar och utökad kontroll.

Provnigen vid SP visar att punkter som skall kontrolleras bland annat är mängd av fästmassa, öppentid och appliceringsteknik.

Nya branschregler

Under 1995 kommer nya Branschregler för keramiska väggbeklädnader och golvbeläggningar att ges ut. De utgör detaljregler för hur funktionskraven i BBR ska uppnås.

Reglerna kommer att innehålla moment som tar hänsyn till riktlinjerna för plattsättning på betong. I samband med att de nya reglerna ska börja tillämpas kommer branschen att göra omfattande informations- och utbildningsaktiviteter.

Reparation

Reparation av skadade kakelbeklädnader ska följa nedanstående anvisningar:

- Hela beklädnaden på berörda väggar demonteras in till betongytan.
- Anslutning mot befintligt tätskikt på oskadade väggar måste säkerställas.
- Val av ny konstruktion, innefattande tätskikt och fästmassa, ska ske enligt gällande branschregler.

Definitioner

Bruksläggning	Läggning av keramiska plattor i 3-5 cm skikt av jordfuktigt, komprimerat cementbruk.
Byggkeramik	Samlingsnamn för plattor och mosaik av keramik för golv och väggar.
Cementbruk	Bruk av sand, cement och vatten, t ex C 100/400, för läggning av keramiska plattor enligt metod bruksläggning.
Extruderade plattor	Se strängpressade.
Fix	Se fästmassa.
Flytande keramiskt golv	Beläggning av keramikplattor i cementbruk på glidskikt av plastfolie. Indelas i fält åtskiljda av rörelsefogar.
Fogbruk	Oftast cementbundet bruk för fogning mellan keramiska plattor. Organiska fogmassor av t ex epoxi förekommer i vissa fall.
Fästmassa	Cementbunden, organiskt bunden eller reaktionsbunden massa för läggning av keramiska plattor enligt tunsniktsmetoden.
Förseglingar	Förseglingar av tätskikt över t ex hörn och skivskarvar. Vanligen med självhäftande förseglingsband.
Glasyr	Förglasat, så gott som diffusionstätt, ytskikt på keramiska plattor. Kan vara transparent eller täckande.
Golv- resp. väggkonstruktion	En kombination av underlag, eventuellt tätskikt, fästmassa, plattor och fogbruk.
Kakel	Tunn, glaserad keramisk platta av lergods med vattenabsorption 10 - 20 viktsprocent. Används mest på väggar, endast inomhus. Vissa typer av golv.

Keramik	Föremål tillverkade av leror, kiselsyra, flussmedel, färgämnen och andra mineraliska råvaror. Framställs genom malning, blandning och formning till ämnen som torkas och bränns i hög temperatur.
Klinkerplatta	Keramisk platta av stengods med vattenabsorption 0 - 10 viktsprocent. Glaserad eller oglaserad.
Koordineringsmått	Mått på keramiska plattor mellan centrumlinjer som beskriver produkten.
Lergods	Poröst keramiskt material, t ex kakelplattor. Vattenabsorption över 10 viktsprocent.
Mjukfogmassa	Fogmassa för mjuk- och rörelsefogar. Oftast baserad på silikon (för väggar).
Modulformat	Mått på keramiska plattor där ett nominellt mått + en fogbredd bildar exempelvis $M = 100 \text{ mm}$, $2M = 200 \text{ mm}$. Andra modulmått, t ex 150 mm förekommer.
Nominellt mått	Mått på keramiska plattor som beskriver produkten.
PER:s Branschregler	Regler för keramiska väggbeklädnader i våtutrymmen.
Pot-life	Fästmassans möjliga användningstid i beredningskärl
Rörelsefog	Fog med elastisk fogmassa mellan fält i ett flytande golv.
Sintrade plattor	Tidigare använd benämning på torrpressade keramiska plattor.
Sintring	Sammanbindning genom partiell förglasning eller omkristallisering av partiklar vid bränning av keramiskt gods.
Stengods	Keramiskt material med tät gods, t ex klinkerplattor. Vattenabsorption 0 - 10 viktsprocent.
Strängpressade plattor	Plattor som formats av lera i plastiskt tillstånd i en strängpress (extruder). Pressad lersträng kapas i förutbestämda längder, torkas och bränns.
Tandspackel	Verktyg för avdragning av fästmassa till avsedd tjocklek.
Tillverkningsmått	Mått som specificerats för tillverkning av keramiska plattor.
Torrpressade plattor	Plattor som formats av relativt torrt lerpulver i en pressform under högt tryck, torkas och bränns.
Tunnskiktsmetoden	Metod för montering av keramiska plattor på väggar och golv i 2-3 mm skikt av fästmassa.
Tätsintrade plattor	Keramiska plattor av stengods med vattenabsorption 0 - 3 viktsprocent.
Tätskikt	Skikt av organiskt material under keramiska plattor i vägg- respektive golvkonstruktioner för våtutrymmen.

Vattenabsorption	Vattenabsorptionsförmåga i viktsprocent hos keramiska plattor, uppmätt enligt SS-EN 99. Ju lägre siffra desto bättre tekniska egenskaper.
Verkligt mått	Mått som erhållits genom mätning enligt SS-EN 98 av en keramisk platta.
Våtpressade plattor	Se strängpressade.
Öppentid	Fästmassans möjliga användningstid efter applicering på underlaget

Mål och syfte

Bakgrund

Det har under senare år konstaterats att kakel kan släppa från betongväggar, såväl i våtrum som i kök. Klinker som lossnar från golv, så kallad klinkerhävning, har också observerats. Någon entydig orsak har ej gått att fastställa.

Syfte

Syftet med detta utvecklingsprojekt är att:

- Uppskatta omfattningen, klarlägga orsaker och dokumentera problemen genom att intervjua förvaltare, byggare, besiktningsmän, plattsättare, tillverkare, materialleverantörer m fl via en fackmässigt framtagna checklista. Checklistan skall om möjligt vara användbar även i liknande problemfall i byggandet.
- Bearbeta kända skadefall.
- Komplettera råd och anvisningar i BIN's Skadeblad 55:1988.
- Komplettera produktionstekniska anvisningar för arbeten med keramiska plattor inkluderande arbetsmiljöaspekter.
- Initiera praktisk produktionsinriktad utbildning för arbetsledare och hantverkare.

Möjliga orsaker

Orsakerna till ovannämnda problem kan vara:

- Brister i materialkvaliteter
- Felaktig konstruktion.
- Brister i arbetsteknik och utförande, exempelvis det tidsmässiga förloppet vid "korta byggtider".
- För färsk betong vid plattsättning.
- I detta sammanhang olämpliga material som betongtyp, tillsatsmedel etc.

- Eventuella skillnader vid platsgjutna respektive prefabricerade underlag.
- Deformationer i underlaget, krympning etc.
- Saltvandring.
- Eventuella brister i branschregler samt i liknande anvisningar från leverantörer.
- Variationer i olika delar av landet på grund av skillnader i bl a klimat och arbetsmetodik.
- Årstidens inverkan, uttorkning och uppvärmning.
- Kombinationer av ovanstående förhållanden.

Omfattning

Avgränsningar

För att få en hanterbar omfattning har projektet avgränsats till att omfatta tunn-skiktappliceringar av keramiska plattor, främst på väggar men även på golv av betong inomhus.

Laboratorieförsök

Beslut har fattats att utföra laboratoriemässiga provningar av deformationsförmågan hos fästmassor samt påverkan på denna av olika variationer i utförandet.

Metodik

Arbetet har i huvudsak utförts i en arbetande referensgrupp och utförts enligt nedanstående uppläggning.

Uppläggning av arbetet

1. Första uppställning av metodik.
2. Första inventering av problemets omfattning inom Siab.
3. Sammanställning och konstituerande av referensgrupp.
4. Andra uppställning av metodik.
5. Litteraturinventering.
6. Framtagning av checklista för intervjuer och probleminventering.
7. Provning och justering av checklistan.
8. Skadeinventering, omfattande bl a studiebesök på utvalda skadefall.
9. Framtagande av möjliga skadeorsaker.
10. Uppställande och preliminär test av hypoteser för skadeorsaker.
11. Beslut om provningar och provningsmetoder.
12. Delrapportering till SBUF.
13. Första informationsinsats omfattande informationsmöte och tidskriftsartikel.
14. Laboratieprovningar.
15. Teoretiska beräkningar, FEM-analys.
16. Utvärdering av provningar och teoretiska analyser.
17. Sammanställning av slutrapport.
18. En andra informationsinsats omfattande utbildning och kompletterande tidskriftsartiklar, skadeblad, branschavisningar etc.

Referensgrupp

Referensgruppen har haft 5 protokollförda möten, samt möten i ett antal mindre arbetsgrupper.

Hela eller delar av gruppen har dessutom utfört ett antal studiebesök i hus som drabbats av skadefall samt i nyproduktion.

Referensgruppen har bestått av följande personer:

Namn	Företag	Funktion
Hans Alstermo	Kakelföreningen, Ernström Bygg AB	materialleverantör
Stefan Dahlberg	Siab	byggentreprenör
Gösta Johansson	Plattsättnings entreprenörers Riksförening, PER	plattsättningsentreprenör
Kenneth Klang	Partek Höganäs Byggkeramik AB	materialleverantör, tillverkare
Hans Lanevik	Siab Teknik	byggnadskonstruktör, projektledare
Stig Lodén	Byggkeramikrådet	branschorganisation
Åke Tell	Siab	byggentreprenör
Björn Yttergren	Siab Teknik	byggnadskonstruktör, projektsekreterare

Vid uppläggnen av laboratorieförsök har även följande personer medverkat:

Namn	Företag	Funktion
Henrik Halonen	Optiroc OY	sakkunnig provningar
Petri Rasmus	Optiroc OY	sakkunnig provningar
Matz Sandström	SP Borås	sakkunnig provningar
Rolf Pettersson	SP Borås	sakkunnig provningar
Håkan Sundquist	KTH Brobyggnad	sakkunnig provningar

Litteraturinventering

Litteratursökning

Litteratur har sökts framför allt genom Byggdoks databas Bodil. Den lista som erhöles därifrån har studerats inom referensgruppen, och relevant litteratur har valts ur och beställts genom Byggdok. Dessa referenser har sedan kompletterats genom kontakter inom referensgruppen.

Litteraturstudium

Den utvalda litteraturen har studerats av olika personer i gruppen. Innehållet har avrapporterats och diskuterats vid möten i referensgruppen. En sammanfattning av den aktuella litteraturen framgår av litteraturförteckningen på sidan 58.

Skadeinventering

Inriktning

I ett första skede var målet att försöka göra en totalinventering av samtliga skadefall inom detta område i Sverige. Under arbetets framskridande framkom dock att skadeomfattningen kunde erhållas genom stickprov, och att skadeorsaker bättre kom fram vid djupare studier av enstaka skadefall.

Av integritetsskäl har lägen för skadefall ej redovisats i denna rapport.

Förinventering

Före projektets egentliga start gjordes en förinventering av skadefall inom Siab. Därvid framkom ett femtontal skadefall, mestadels skador på plattsättning på väggar. Dessa har tidigare redovisats till SBUF.

Fallbeskrivningsblad

För det fortsatta arbetet med skadeinventering togs i gruppen fram ett fallbeskrivningsblad. På detta förtecknas samtliga de faktorer som kan påverka en plattsättnings beständighet, uppdelat på olika undergrupper.

Se bilaga 1.

Detaljstudium

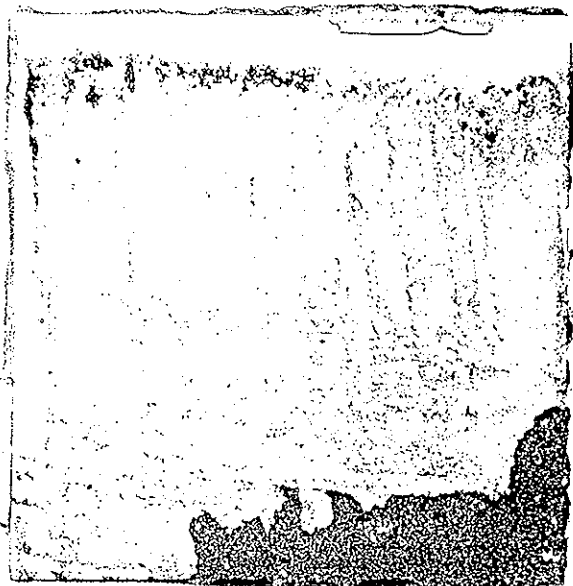
Ett antal skadefall har detaljstuderats:

- Okulärbesiktning av vägg/golv och plattor i samband med reparationsarbeten.
- Intervjuer av nyckelpersoner.

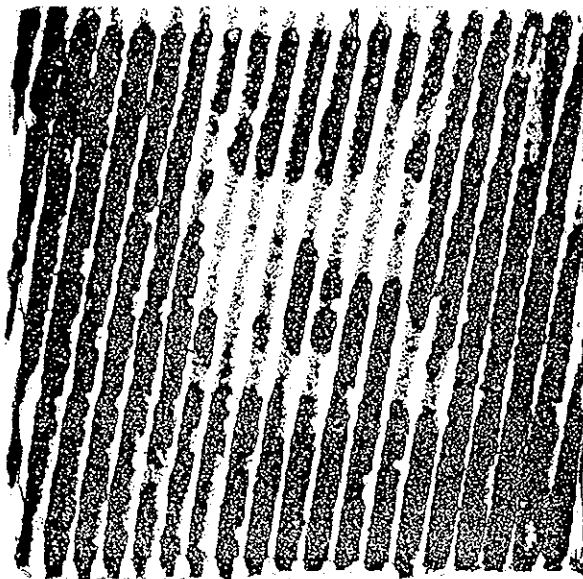


Figur 1. Badrum i bostadshus med stor mängd nedfallen kakel.

- Studier av dokumentation av objekten. (Dagböcker, besiktningsprotokoll m m).



Figur 2. Baksida av nedfallen kakelplatta. med brott mellan fästmassa och kakelplatta.



Figur 3. Baksida av nedfallen kakelplatta med brott i fästmassan. Mindre vanlig brotttyp.

Skadefrekvens

I Sverige sätts varje år en dryg miljon kvadratmeter kakel på betongväggar samt ett par hundra tusen kvadratmeter klinker på betonggolv. Genom uppskattning av mängden inrapporterade skadefall till gruppen kan man göra bedömningen att skadefallen är av storleksordningen 0,5 %.

Detta innebär i och för sig att man lyckas i mer än 99 % av all kakelsättning. Men 0,5 % skador medför dock 5 000 m² kakel med vidhäftningsbrott varje år. Även om målet 0 m²/år kanske inte går att uppnå, så är 5 000 m²/år definitivt för mycket.

Skadeorsaker

Efter genomförda studiebesök har gruppen gjort en brainstorming för att ta fram alla möjliga orsaker till vidhäftningsbrott i plattsättningar.

Anteckningarna från brainstormingen strukturerades och listades upp.

Listan har därefter analyserats enskilt av gruppmedlemmarna där de olika orsakerna har prioriterats. Resultaten har sedan sammanställts i en lista där de skadeorsaker som gruppmedlemmarna har ansett som mest troliga har markerats särskilt.

- Bokstaven *i* anger ingen eller i sammanhanget mycket liten påverkan.
- Bokstaven *l* anger liten påverkan.
- Bokstaven *s* anger stor påverkan för orsak till plattsläpp.

Aktuell bokstav har angivits inom parenteser när ca 50% av gruppen delat uppfattningen, med gemen bokstav utan parenteser när ca 75% delat uppfattningen och med versal bokstav när 100% av gruppen delat uppfattningen. När någon orsak har kommenterats särskilt har detta kompletterats med ett plustecken.

Orsaker med stor inverkan som delats av 75% eller fler har dessutom markerats med fet stil.

Se bilaga 2.

Skadehypotes

Som resultat av listan i bilaga 2 ställdes en hypotes för skadeorsaken upp:

**Betongen har efter gjutningen betydande krymp- och kryprörelser.
De keramiska plattorna är cirka tre gånger styvare än betongen,
och kan inte följa med i dessa rörelser.**

Avgörande för om efter platsättningen kvarstående rörelser kan tas upp är:

- Tidpunkt för platsättning.
- Valet av fästmassa.
- Arbetsutförande.

Ovannämnda rörelser och deras betydelse har ej tidigare varit tillräckligt kända och uppmärksammade av berörda parter.

Orsaken till skadorna kan vara:

- Plattsättning för tidigt efter gjutning.
- Felaktigt val av fästmassa.
- Felaktigt arbetsutförande:
 - Öppentiden är överskriden. Detta kan bero på att fästmassan applicerats på för stora ytor i taget eller på att anvisningarna angivit för långa öppentider.
 - Plattorna arbetas ej fast tillräckligt på underlaget. Plattorna fäster därför enbart på topparna av fästmassan.
 - För lite fästmassa ger för tunt fästmasseskikt.

Dessa hypoteser låg till grund för det fortsatta arbetet i projektet.

Plattsättning - plattläggning

Allmänt

Bakgrund

Plattsättning är applicering av plattor på vertikala ytor samt i tak.

Plattläggning är applicering av plattor på horisontella ytor (golv).

Plattsättning och plattläggning är flerskiktsskonstruktioner som är uppbyggda av:

- Underlag
- Eventuellt tätskikt
- Fästmassa
- Plattor
- Fogar

För god beständighet fordras att materialen samverkar på bästa sätt. Dessutom krävs att arbetsutförandet är korrekt.

Indelning

Som redovisades i föregående avsnitt har inom arbetsgruppen tagits fram ett antal möjliga orsaker till skador samt känsliga snitt vid plattsättning och plattläggning. Dessa är sammanställda i bilaga 2.

Orsakerna kommenteras närmare i de följande avsnitten:

- Underlag
- Material
- Utförande.

Underlag

I detta projekt studerar vi enbart plattor på betongunderlag. Plattor på formstabila skivmaterial, som gipsskivor, har inte givit upphov till rapporterade skador i någon nämnvärd omfattning.

Betongväggens egenskaper

Bakgrund

Följande faktorer har bedömts ha betydelse för de rörelser som kan orsaka vidhäftningsbrott:

- Krypning
- Krympning
- Sättning och elastiska deformationer i stommen
- Betongsammansättning och tillsatser
- Ålder och mognadsgrad vid tidpunkten för uppsättandet av kaklet.
- Sprickor orsakade av krypning, sättning, deformation

Krypning

Krypning är den tidsberoende deformationen under kvarstående last. (Krympning är deformationen orsakad av betongens uttorkning.) Krypningen är vid måttliga spänningar nära proportionell mot spänningen. Förhållandet mellan krypdeformation och elastisk deformation är därmed nästan oberoende av spänningsnivån. Detta förhållande kallas kryptal.

Betongegenskaper

Krypningsegenskaperna hos normal svensk betong beror huvudsakligen på krypningen hos cementpastan, medan krypningen hos ballasten är obetydlig.

Andelen cementpasta i betongblandningen påverkar påtagligt krypningen. Vid normala andelar cementpasta ger en ökning av andelen cementpasta med 10 % en ökning av krypningen med 12-15 %.

Pastans kryptal påverkas främst av vattencementtalet och härdningsgraden. Sänkt vct eller ökad härdningsgrad minskar pastans kryptal. Eftersom sänkt vct eller ökad härdningsgrad innebär ökad hållfasthet, kan allmänt sägas att ökad hållfasthet ger en minskning av betongens kryptal.

Ballastens styvhet påverkar också krypningens storlek. Ju högre ballastens E-modul är desto större motstånd gör den mot pastans krypdeformation.

Yttre faktorer

Krypningens storlek påverkas av ett antal yttre faktorer. En viktig faktor är hydratationsgraden som i sig är en egenskap hos betongen, men den påverkas av yttre faktorer såsom härdningstid, temperatur och fuktförhållanden.

Fuktförhållandena under krypningsförloppet har en stor inverkan på krypningens storlek, och man måste skilja på inverkan av en konstant fukthalt och inverkan av fukthaltsförändringar.

Krypning vid konstant fukthalt kallas grundkrypning. Den är högre ju fuktigare betongen är. Om betongen får torka ut innan belastning minskar krypningen.

Fukthaltsförändringar ger en ökning av krypningen. Detta tillskott till krypningen kallas sorptionskrypning eller uttorkningskrypning.

Om en konstruktion belastas i fuktigt tillstånd och sedan torkar, blir såväl grundkrypning som uttorkningskrypning höga. Om i stället konstruktionen först får torka ut och sedan belastas, blir grundkrypningen låg och uttorkningskrypningen försumbar.

Tidsförlopp och slutvärde

Krypningen är en tidsberoende deformation som tillväxer med tiden. Deformationstillväxten är störst vid tidig ålder för att sedan avta mer och mer i allt långsammare takt tills en "slutkrypning" uppnåtts.

BBK 94 anger kryptal φ på 1 till ca 4 för slutkrypningen beroende på RF och ålder vid pålastning. Se tabell 1.

– Inomhus i uppvärmda lokaler	(RH ca 55 %) $\varphi = 3$
– Utomhus samt inomhus i icke uppvärmda lokaler	(RH ca 75 %) $\varphi = 2$
– I mycket fuktig miljö	(RH ≥ 95 %) $\varphi = 1$

*Tabell 1. Kryptal φ enligt BBK 94. Dessa ska sedan korrigeras om pålastning sker innan nominell hållfasthet uppnåtts.
(BBK 94 Avsnitt 2.4.7)*

Eftersom uttorkningshastigheten varierar mycket mellan olika konstruktioner - beroende på olika betongtjocklek och olika miljö - kommer uttorkningskrypningens storlek att variera. Till detta kommer att lasten påförs vid olika stadier av uttorkningsprocessen och vid olika ålder för olika konstruktioner. Vidare påverkas krypningen av temperaturnivån samt av temperatur- och fuktvaria-

tioner. Förutsägelser om krypningens storlek och dess utveckling med tiden blir därför med nödvändighet osäkra.

Krympning

Krypningen hos betong är en uttorkningsprocess som sker mycket långsamt. Den sker i de flesta fall betydligt långsammare än krypningen.

Krypningen är främst en följd av cementpastans sammandragning när vattnet lämnar porsystemet. I allmänhet är det förstagångskrypningen som avses eftersom det är denna som medför olägenheter i betongkonstruktioner. Vid omväxlande nedfuktning och uttorkning sker svällning och krympning som är mindre än förstagångskrypningen.

– Inomhus i uppvärmda lokaler	(RH ca 55 %)	$\epsilon_{cs} = 0,40 \cdot 10^{-3}$
– Normalt utomhus samt inomhus i icke uppvärmda lokaler	(RH ca 75 %)	$\epsilon_{cs} = 0,25 \cdot 10^{-3}$
– I mycket fuktig miljö	(RH $\geq$ 95 %)	$\epsilon_{cs} = 0,10 \cdot 10^{-3}$

Tabell 2. Slutkrypningens medelvärde ϵ_{cs} enligt BBK 94.
(Vid normala förhållanden).
(BBK 94 Avsnitt 2.4.6)

Betongegenskaper

Fenomenet krympning kan för olika tillämpningar beskrivas med två värden:

- Materialets fria krympning
- En kropps yttre fria krympning.

Vid fri materialkrympning för betong är sannolikt cementpastan utsatt för dragbelastning och ballasten för tryckbelastning. En enkel kompositmodell fungerar inte för beskrivning av den fria krympningen i normal konstruktionsbetong eftersom mikrosprickor sannolikt uppstår i cementpastan. Utförda försök visar att upp till en ballaststorlek av ca 5 mm kan sannolikt cementpastan ta upp dragbelastningen utan att gå till brott, medan de grövre ballastfraktionerna leder till brott med mikrosprickbildning som följd.

Den yttre fria krympningen är direkt mätbar som en yttre rörelse för en i övrigt obelastad kropp. Så länge man har fukt- eller spänningsgradienter inom en betongkropp är den mätbara yttre rörelsen en egenskap som är unik för den aktuella situationen. Efter mycket lång tid har man inga fuktgradienter inom betongkroppen och de resulterande spänningarna är sannolikt mycket små. Den yttre rörelsen kan man då behandla som en materialteknisk egenskap.

Man brukar använda det tänkta slutvärdet efter oändligt lång tid och definierar ett referenstillstånd beträffande fuktlagringstid, omgivande fuktighet och temperatur (28 d vattenlagring, RH = 50 %, T = 20° C).

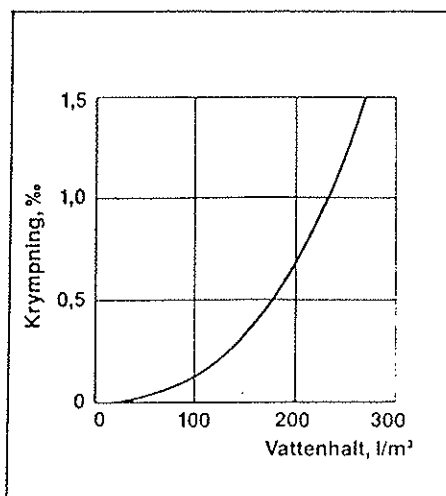


Diagram 1. Slutkrympningens beroende av vattenhalten (vid 50% RH).
(Ljungkrantz 1985.)

Vid konstant vct ökar krympningen starkt med växande cementshalt. Störst betydelse för krympningen har vattenhalten. Vid konstant vattenhalt förändras ej krympningen så mycket vid varierande cementshalt och vct. Se diagram 1.

Relativa fuktigheten

Betongens krympning är nära linjärt kopplad till mängden avdunstat vatten inom det hygroskopiska området ($RH \leq 98\%$). Detta medför att referenskrympningens storlek för olika fuktmiljöer entydigt kan kopplas till relativa fuktigheten samt att diffusionsteorin kan användas för att beskriva tidsförloppet. Se diagram 2.

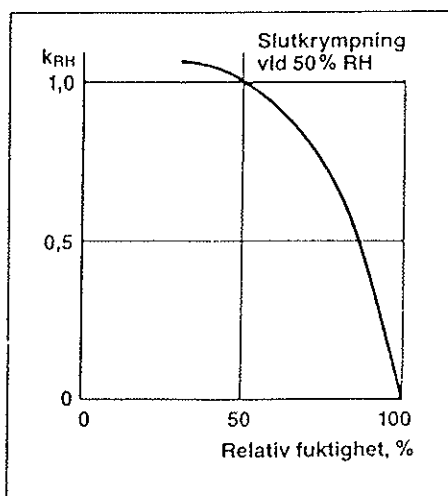


Diagram 2. Slutkrympningens beroende av relativa fuktigheten.
(Ljungkrantz 1985)

Tidsförlopp

Krympningens tidsförlopp i relation till avgången av vatten kan beräknas med linjär diffusionsteori. Betongens diffusivitet är kraftigt icke-linjär.

Diagram 3 visar uttorkningstid då betongen uppnått 50% av slutkrympningsvärdet, som funktion av tjocklek och betongkroppens form, enligt Betonghandbok Material, utgåva 2, formel 15.2:11.

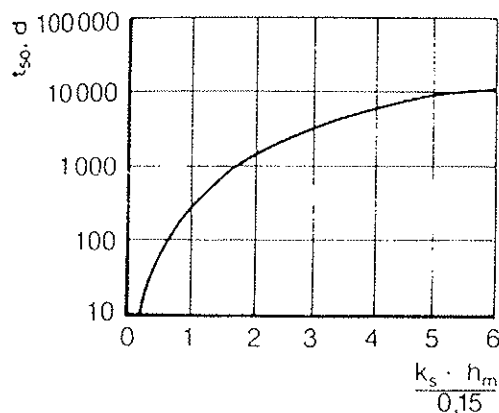


Diagram 3. Uttorkningstiden till 50% av slutkrympning som funktion av teoretisk tjocklek.
(Jonasson 1994.)

Elastisk deformation

Den elastiska deformationen är oftast mycket liten. Påkänningsökningen av yttre laster är mycket liten i de flesta huskonstruktioner av betong. Den avgjort största lasten utgörs av egentyngheten, och denna har i allmänhet nått sitt maxvärde innan plattsättningen påbörjas, eftersom hela stommen då är rest.

Betongväggars tjocklek bestäms oftast av andra faktorer än enbart förmågan att bära vertikal last. Därmed blir de "överdimensionerade" 5 - 20 gånger för den vertikala lasten. Eftersom egenvikten hos väggar och bjälklag i ett betonghus utgör 80 - 90 % av den totala dimensionerande lasten ökar således bara betongpåkänningen med max 1 % av den tillåtna, när nyttig last påföres efter det att plattsättningen har skett. Denna lilla spänningsökning ger endast en liten elastisk deformation.

Vid plattläggning på golv finns en viss risk för en deformation i ett senare skede. Ett betongbjälklaget kan vara osprucket under byggtiden, fram till och efter plattläggningen. När den nyttiga lasten senare påföres kan en uppsprickning av bjälklaget ske, varvid böjstyvheten sjunker och deformationerna ökar. Detta kan också inträffa om armeringen upphettas kraftigt vid t ex en brand. Uppsprickning - med sänkt böjstyvhet till följd - kan också ske på grund av krympning av betongen.

Tillsatsmedel

Nedan följer en uppräknig av några vanliga typer av tillsatsmedel. Tillsatsmedlets huvudsakliga uppgift är oftast att påverka betongens gjutbarhet eller beständighet. Som en bieffekt påverkas dock ofta krympning och krypning hos betongen i någon grad. Mängden tillsatt material är dock oftast mycket låg, ca 0 - 1 %.

- Accelererande tillsatsmedel.
- Retarderande tillsatsmedel.
- Vattenreducerande tillsatsmedel.
- Flyttillsatsmedel.
- Luftporbildande tillsatsmedel

Accelererande tillsatsmedel.

Accelererande tillsatsmedel används för att påskynda betongens tillstyvnande och/eller hårdnande. Vissa medel verkar accelererande på både tillstyvnande och hållfasthet, medan andra verkar huvudsakligen på den ena av egenskaperna.

I de accelererande tillsatsmedlen består de aktiva komponenterna av lösliga salter: klorider, nitriter, nitrater, tiocyanater och tiosulfater. Kalciumsalter är oftast de effektivaste, men andra salter, t ex av natrium förekommer också. Några exempel är: kalciumklorid, kalciumnitrat, natriumnitrat, natriumtiosulfat och kalciumtiosulfat.

Kalciumklorid ökar betongens krympning, varvid slutkrympningen vanligen är 10-30 % högre. Kalciumklorid ökar också betongens krypning. Även kalciumformiat och trietanolamin ökar betongens krympning, dock ej i samma grad som kalciumklorid.

Retarderande tillsatsmedel.

Retarderande tillsatsmedel förlänger tiden till betongens tillstyvnande.

Retarderande tillsatsmedel är ofta baserade på lösliga, organiska föreningar, speciellt lignosulfonater och salter av hydroxykarboxylsyror eller på fosfater.

Lignosulfonater verkar retarderande och innehåller normalt också socker. Socker är i sig även retarderande. Glukonsyra och citronsyra är hydroxykarboxylsyror som också verkar retarderande. Även vissa organiska salter, t ex fosfater och borater har retarderande verkan.

Den tidiga krympningen ökar vid inblandning av retarderande tillsatsmedel. Ökningen är i storleksordningen 0,05 %. Däremot påverkas inte krympningen i ett senare skede. Retarderande tillsatsmedel kan också ge en ökad krypning. Lignosulfatbaserade tillsatsmedel kan ge en ökning med 30-50 %.

Vattenreducerande tillsatsmedel.

Vattenreducerande tillsatsmedel används för att med bibehållen betong-sammansättning få en mer lättflytande konsistens eller för att med bibehållen konsistens få ett lägre vct.

Vattenreducerande tillsatsmedel består av ytaktiva ämnen. Effekten uppstår genom att de aktiva komponenterna i medlet dispergerar cementkornen, vilket gör att betongens flytförmåga förbättras och att cementet utnyttjas bättre.

Lignosulfonatet har länge varit det mest använda vattenreducerande tillsatsmedlet. Andra medel är sulfonerade melamin- eller naftalenformaldehydkondensat vilka verkar på ungefär samma sätt men ger en kraftigare plasticerande verkan och kallas därför för flyttillsatsmedel.

Den tidiga krympningen ökar något (storleksordningen 0,05 %) vid användning av vattenreducerande medel. Slutkrympningen påverkas däremot inte.

Betongens krypning ökar vid användning av vattenreducerande medel. T ex ger lignosulfonat vid oförändrat vct en ökning av krypningen med 30-50 %.

Flyttillsatsmedel.

Flyttillsatsmedlen används på liknande sätt som de vattenreducerande tillsatsmedlen för att påverka vattenbehov och konsistens. De skiljer sig i från de vattenreducerande medlen genom att de har en kraftigare effekt och att de ger ingen eller mycket liten retardation. Betongens vattenhalt kan reduceras med 10-30 % beroende på utgångskonsistens, vilket i sin tur medför att betongens krypning kan reduceras.

Som flyttillsatsmedel används till största delen sulfonerande melamin- eller naftalenformaldehydkondensat. Även modifierade lignosulfonater kan användas som flytmedel.

Krypningen är ofta något större för flytbetong än för utgångsbetongen. Om medlet helt eller delvis används som vattenreducerare, kompenseras den ökade krypningen av den lägre vattenhalten i betongen.

Luftporbildande tillsatsmedel.

Luftporbildande tillsatsmedel tillsätts i betongen för att göra den mer frost-beständig samt för att förbättra betongmassans gjutegenskaper.

Den aktiva komponenten i en luftporbildare är oftast ett vinsolharts eller en tensid. Lignosulfonat har tidigare varit vanligt i s k kombinationsmedel, avsedda att samtidigt ge vattenreducering och luftinblandning. Två separata medel fungerar dock bättre och är vanligast i dag.

En luftinblandad betong har normalt ca 10 % större krypning än referensbetongen. Sannolikt inverkar mängden luft på krypningens storlek.

Sammanlagda rörelser

Om man gör en teoretisk beräkning av de rörelser som kan bli aktuella i exempelvis ett badrum, kan man få en uppskattning av bland annat den totala rörelsen och dess beroende av tidpunkten för plattsättningen.

Om man har en 2,5 m hög kakelbeklädd vägg och tänker sig att uppvärmningen av huset startar samtidigt med plattsättningen kommer man med formlerna i Betonghandboken Material, utgåva 2, fram till att:

- Vid plattsättning 1 månad efter gjutning har väggen hunnit längdändras 0,22 mm och har en kvarstående längdändring på 1,1 mm fram till 2 år efter gjutning.
- Vid plattsättning 12 månader efter gjutning har väggen hunnit längdändras 0,53 mm och har en kvarstående längdändring på 0,89 mm.

Detta framgår också av diagram 4, som redovisar längdändring vid plattsättning respektive längdändring fram till 2 år efter gjutning.

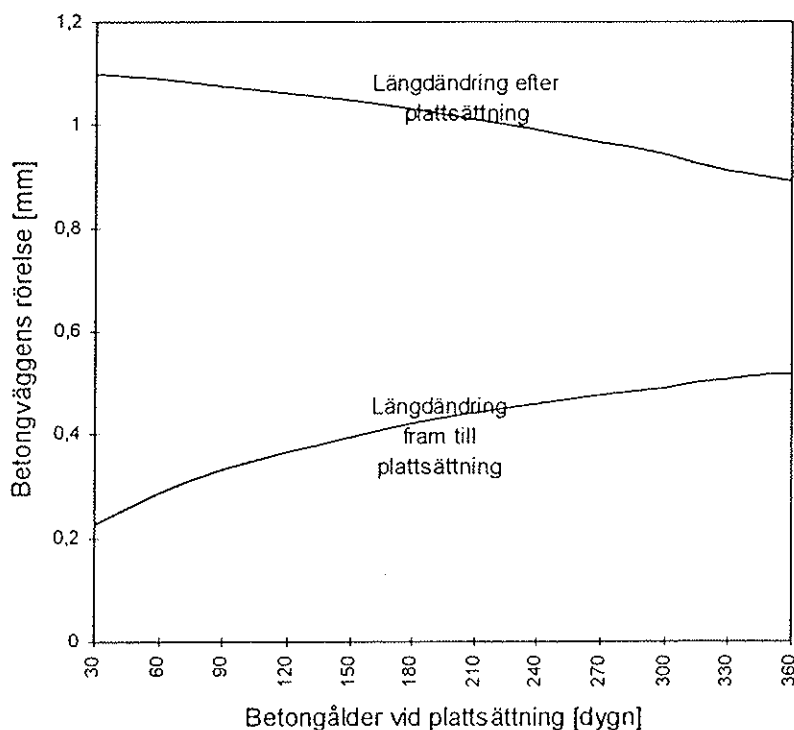


Diagram 4. Längdändring vid plattsättning respektive längdändring fram till 2 år efter gjutning.

Det måste observeras att detta är ett exempel som enbart gäller vid givna förutsättningar och antaganden. Man måste också notera att teorierna bakom betongens rörelser är relativt grova. De verkliga rörelserna kan hindras av olika former av tvång. Därför kan en teoretiskt beräknad rörelse skilja sig avsevärt från det verkliga utfallet.

Beräkningarna framgår mera i detalj av bilaga 9.

Ytans beskaffenhet

På de observerade skadefallen har det varit mindre vanligt med brott mellan betong och fästmassa eller tätskikt. Betongytans beskaffenhet kan dock påverka vidhäftningen mot betong. Därvid inverkar nedanstående faktorer:

- Spackling. Branschrekommendationer finns. Felaktig spackeltyp är inte ovanligt. I våtrum **skall** användas mineraliskt bundet vattenfast spackel som av tillverkaren rekommenderas för spacklingsarbeten i våtutrymmen.
- Formoljerester. Formolja används flitigt i samband med olika typer av väggform. Detta verkar dock ej vara något problem i de undersökta fallen. Formoljerester kan även orsaka problem på golv.
- Damm drabbar såväl golv som väggar. Damm måste avlägsnas före applicering av fästmassa resp tätskikt. Dock häftar fästmassan oftast ej vid underlaget, utan rullar upp sig, om underlaget är dammigt.

Material

I detta projekt studeras enbart tunnskiktsappliceringar med eller utan tätskikt.

I detta kapitel kommenteras betydelsen av de ingående materialen som används i tätskikt, fästmassa, plattor och fogbruk var för sig.

Tätskikt

Bakgrund

I fuktbelastade utrymmen appliceras ett tätskikt mellan underlag och fästmassa.

På väggar förekommer två huvudtyper:

Deformationsupptagande	Organiskt bundna. Tjocka tätskikt av trögflytande massor.
------------------------	--

Icke def. upptagande	Tunnflytande polymerdispersion.
----------------------	---------------------------------

Branschrekommendationer och regler finns.

På golv förekommer:

Tätskikt	Folie eller organiskt bundna massor.
----------	--------------------------------------

Med deformationsupptagande menas att tätskiktet är tätt även efter rörelser i underlaget.

Polymerdispersioner är olämpliga på betongunderlag på grund av att de ej klarar av att överbrygga sprickor.

Ett tjockt deformationsupptagande tätskikt kan även medverka till att reducera spänningsgradienten som uppstår mellan plattor och underlag vid krympning eller krypning i underlaget.

Ett tätskikt minskar vattenuppsugning från fästmassa till underlag. Detta kan medföra längre öppentid och bättre vidhäftning. Angiven öppentid får dock ej överskridas.

Standardiserad provningsmetod för vidhäftning vid dragprov finns.

En provningsmetod behövs för att undersöka vilken deformation som ett deformationsupptagande tätskikt klarar.

Fästmassa

Bakgrund

Fästmassan kan efter uppbyggnad/innehåll indelas i följande huvudtyper:

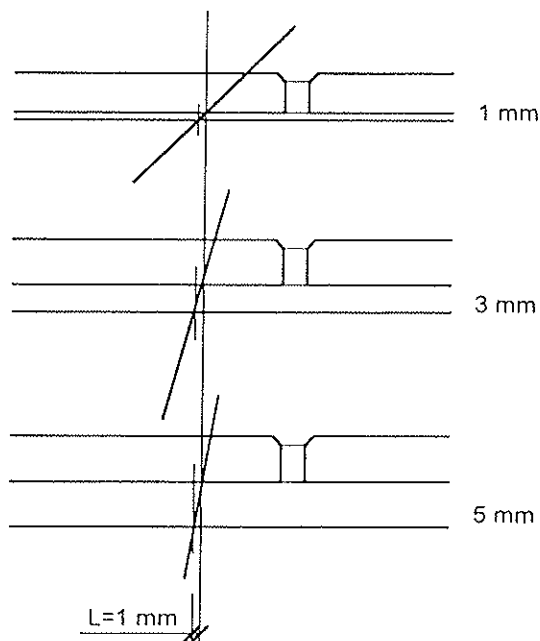
- Cementbundna fästmassor
- Cementbundna organiskt modifierade fästmassor
- Organiskt bundna eller reaktionsbundna fästmassor

Med hänsyn till elasticitet kan de delas upp i:

- Deformationsupptagande
- Icke deformationsupptagande

Slutsatser

Fästmassans deformationsupptagande förmåga och tjocklek är helt avgörande för konstruktionens förmåga att klara av rörelser i underlaget. Se figur 6.



Figur 6. Vinkeländring i fästmassan beroende på fästmassans tjocklek.

En provningsmetod för att ange vilken deformation som en deformationsupptagande fästmassa klarar har tagits fram i projektet.

Plattor

Bakgrund

I detta projekt studeras enbart keramiska plattor. Plattor av sten och andra material behandlas ej.

Efter tillverkningsmetod kan plattorna indelas i:

- Torrpressade
- Våtpressade

Plattorna kan utföras glaserade eller oglaserade och brännas olika hårt samt baseras på olika typer av lera.

I Svensk standard SS-EN 87 delas de även upp efter vattenabsorptionsförmåga.

Slutsatser

Väsentligt för vidhäftningen är att fästmassan är anpassad till plattans egenskaper, bl a vattenabsorptionsförmåga. Vidhäftningen kan även påverkas av utformningen av plattans baksida. Olika utformning förekommer (slät, knappar, rillor etc).

Plattornas mått-toleranser, t ex skevhet, kan ha betydelse. De får ej överstiga värden i Svensk standard.

Fogbruk

Bakgrund

Följande huvudgrupper finns:

- Cementbundet i normala fogar
- Mjukfog (silikonfog) där man ska kunna ta upp rörelser

Slutsatser

Vid vägghörn och vid materialbyte i underlaget fordras en elastisk fog. För att erhålla en elastisk fog fordras ej enbart mjukfog utan även att fogen är fri från fästmassa.

Utförande

Bakgrund och slutsatser

Ett korrekt arbetsutförande är av avgörande betydelse för plattsättnings beständighet.

Arbetsutförandet av tätskikt och fästmassa är svårt att bedöma vid okulär besiktning i efterhand.

Allmänt vid utförandet gäller:

- God egenkontroll, t ex med hjälp av checklistor där utförd kontroll bockas av.
- Kontinuerlig information och vidareutbildning.

I detta kapitel studeras var för sig betydelsen av utförandet vid appliceringen av tätskikt och fästmassa samt utförandet av fogningen.

Tätskikt

Tätskikt skall utföras enligt materialleverantörens anvisningar. Blandningstider och användningstider skall beaktas.

På betongväggar skall tätskikten appliceras i heltäckande skikt så att blåsor och andra ojämnheter i betongytan kan överbryggas av tätskiktet.

Observera att godkänd försegling erfordras över överkant på uppdraget tätskikt på golv samt vid materialbyte i underlaget.

Fästmassa

Slutsatser

Följ materialleverantörens anvisningar:

- Blandningsmetod och blandningstid samt ingående material i rätt proportioner.
- Pot-life, d v s tiden massan är användbar i hinken.

- Materialet ska arbetas in i ytan.
- Appliceringsmetod (kamstorlek på spackel)
- Påford materialmängd (skiktjocklek)
- Öppentid, d v s tiden mellan applicering av fästmassan och uppsättningen av plattorna
- Anliggningsstryck och rörelse vid uppsättandet av plattorna. Rillorna av kammen skall plattas ut helt.
- Utför egenkontroll, bl a genom att ta loss plattor och kontrollera förekomsten av fästmassa på baksidan.

Överskridande av öppentiden och/eller för lågt anliggningsstryck kan helt spoliera en plattsättning.

Fogar

I hörnor och vid materialbyte i underlaget skall mjukfogar utföras. De skall vara av tillräcklig bredd och givetvis helt rensade från fästmassa.

Följ leverantörens anvisningar!

Utförandet, allmänt

Allmänt vid utförandet gäller:

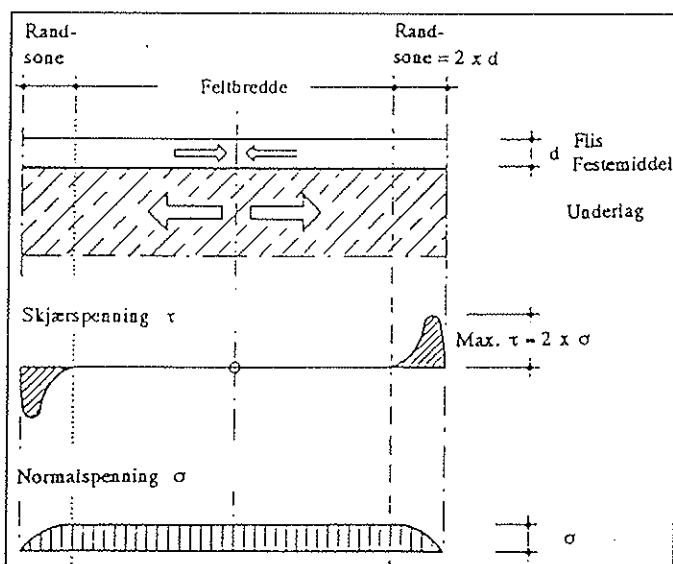
- Egenkontroll, gärna med hjälp av checklistor.
- Vidareutbildning och information.

Samverkan kakel - underlag

Statisk modell

Kakelskiva mellan styva väggar

En tänkt styv kakelskiva (på betongunderlag), som sitter fixerad mellan två tvärgående betongväggar eller betongbjälklag, måste följa med underlagets rörelser på samma sätt som de begränsande, tvärgående konstruktionsdelarna gör. Detta beror på att krafterna från krympningen helt överförs via kakelskivans kanter. Kraftöverföringen i fästmasseskiktet är med andra ord försumbar.



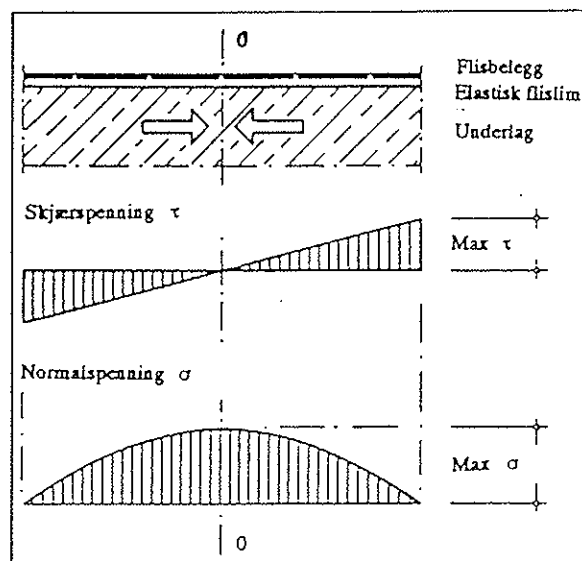
Figur 5. Spänningsfördelning vid helt styv fästmassa.
(Waldum et al 1993)

Helt styv fästmassa

Om en kakelyta är fäst till betongunderlaget med en helt styv fästmassa, och inga tvångskrafter från tvärväggar och dylikt förs in, kommer huvuddelen av kraftöverföringen att ske i kakelskivans randzon. Se figur 5. Detta innebär att

man får en hög koncentration av skjuvpåkänningar i plattfältets periferi. Normalpåkänningen i kakelskiktet blir i stort sett konstant. Har man krymp- eller kryprörelser i betongunderlaget påverkas hela kakelskivan av en tryckpåkänning.

Situationen påminner alltså mycket om den ovan, med kakelskiva mellan styva väggar.



Figur 6. Spänningsfördelning vid helt elastisk fästmassa.
(Waldum et al 1993)

Helt elastisk fästmassa

Har man en helt elastisk fästmassa behöver kakelskiktet inte följa med underlaget på samma sätt. Man får en skjuvpåkänning, som varierar linjärt med maxvärde vid kakelfältets periferi och med en nollpunkt i plattfältets mittpunkt. Detta medför i sin tur att normalpåkänningarna växer mot ett maximum i plattfältets centrum. Se figur 6.

Verklig fästmassa

Verkliga fästmassor uppför sig naturligtvis inte som något av idealfallen ovan. Ren cementbaserad fästmassa ligger dock ganska nära den helt styva fästmassan. De rent organiskt bundna massorna ligger en bra bit åt det elastiska hållet. De cementbundna organiskt modifierade massorna ligger någonstans mitt emellan.

FEM-modell

Allmänt

För att studera det verkliga kraftspelet mellan plattor och underlag har en FEM-modellering gjorts. I denna har typ av fästmassa och typ av plattor varierats.

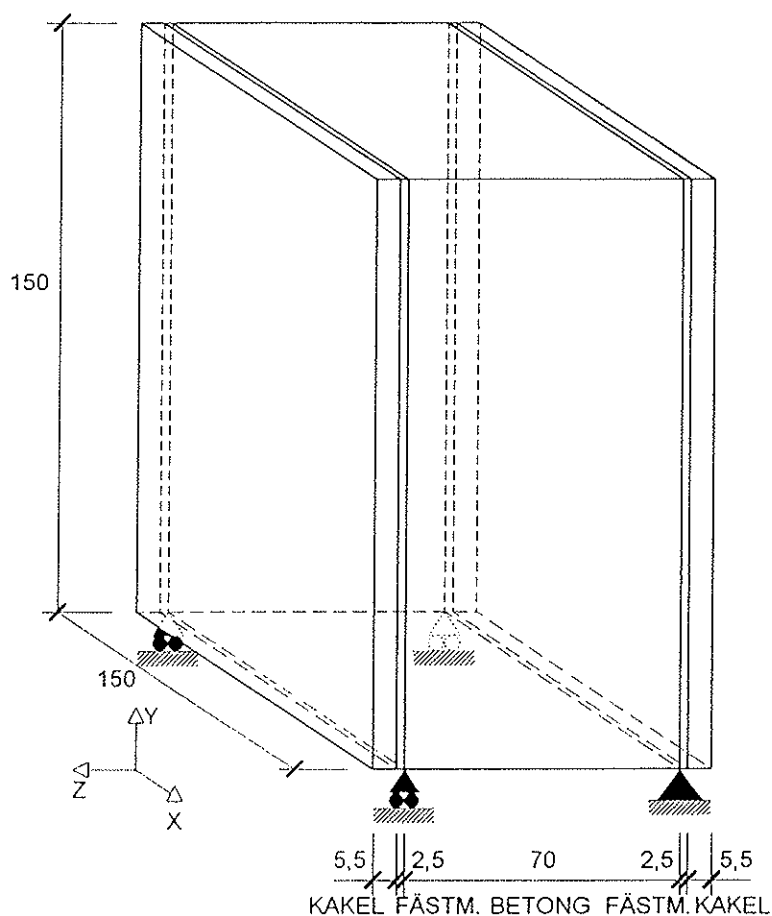
FEM innebär att en kropp indelas i många små element (Engelska: Finite Element Method). Spänningar och förskjutningar beräknas för elementens noder ('hörnorna'). För att kroppen skall sitta i hop även efter dessa förskjutningar måste också två intilliggande elements gemensamma noder förskjutas och rotera lika mycket.

Dessa enkla samband formuleras för samtliga noder i modellen. Man får då slutligen ett ekvationssystem med många, kanske hundratals ekvationer, och med lika många obekanta storheter.

Förutsättningar

I vår modell har vi en kakelplatta på $150 \times 150 \text{ mm}^2$ på ett betongprisma med samma storlek. Av symmetriskäl har vi även en kakelplatta på motstående sida.

Kakelplattans tjocklek är 5,5 mm. Fästmassan har en tjocklek av 2,5 mm. Betongprismat har tjockleken 70 mm. Se figur 7.



Figur 7. Modell för FEM-beräkning.

Modellen delas upp i $15 \times 15 \text{ mm}^2$ stora rutor. Betongkroppen delas även upp i tjockleksriktningen i 5 delar, d v s 14 mm vardera.

För klinker har beräkningarna gjorts med samma modell, men plattans tjocklek har ändrats till 8 mm.

Elasticitetsmoduler och tvärkontraktionstal har valts enligt tabell 3. Valda elasticitetsmoduler baserar sig på provningar gjorda på SP. (Se tabell 5, sidan 52). Orsaken till detta val är att de E-modulvärden man får fram ur litteraturen och andra källor baserar sig på varierande provningsmetoder.

Material	E-modul GPa	Tvärkontraktionstal
Betong	30,0	0,2
Fästmassa	5,2	0,2
Kakel	20,5	0,2
Klinker	59,0	0,2

Tabell 3. Valda värden på elasticitetsmoduler och tvärkontraktionstal.

Betongens krympning/krypning har skapats med hjälp av en temperaturlast av 100 °C på betongkroppen. Med längdutvidgningskoefficienten $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ger detta en fri krympning av 1 ‰. Av beräkningstekniska skäl har dock temperaturen och längdutvidgningskoefficienten måst ges positiva värden varför vi får en svällning av betongen. Detta medför endast att vissa av utskrifterna egentligen borde ha omvänt tecken.

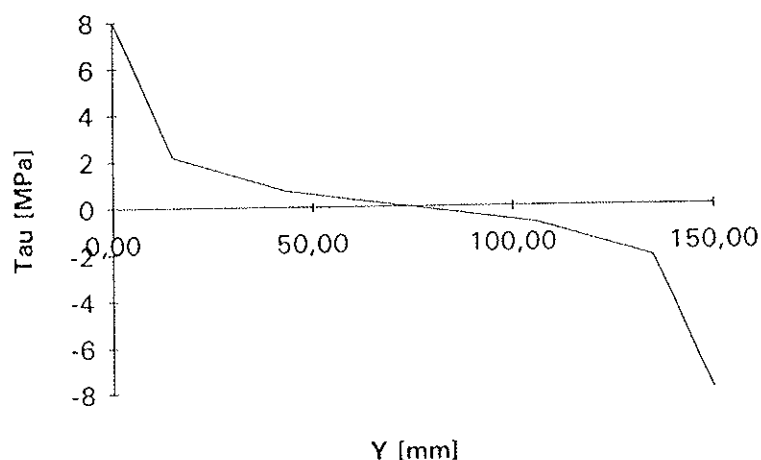
Modellen genereras i preprocessor FEMGEN. Beräkningarna görs med FEM-programmet FEMSOL2. Utdata behandlas i postprocessor FEMVIEW, varifrån lämpliga utskrifter väljs.

Resultat

Resultatet från FEM-modelleringen framgår av bilaga 8.

Av denna framgår bland annat skjuvspänningsfördelningen för ett plattfält. Om man snittar ut denna endimensionellt genom plattan får man fördelningen enligt figur 8.

Skjuvspänningar i fästmassan



Figur 8. Skjuvspänningar i fästmassan i ett plan vinkelrätt mot väggen för en kakelplatta satt med cementbunden fästmassa.

Som väntat ligger spänningsfördelningen någonstans mellan de två modellerna som redovisats ovan på sidorna 39 - 40.

Betongkroppens yttre krympning blir i kakelfallet 0,145 mm och kakelplattan pressas i hop med 0,099 mm. I klinkerfallet blir betongkroppens yttre krympning 0,139 mm och klinkerplattan pressas ihop med 0,058 mm. Betongens rörelse ligger nära den fria krympningen på 0,15 mm, trots att tjockleken här bara är 70 mm. Vid en mer normal vägg tjocklek på 150 - 160 mm skulle rörelserna bli ungefär de samma - eller för kaklet närmare sig 0,104 mm och för klinker 0,069 mm.

Fogbruket har något lägre E-modul än plattorna men har liten utbredning (ca 2% av plattbredden). För en helkaklad vägg skulle därför de yttre rörelserna i kakelskiktet få ungefär samma proportioner - eller bli något större.

Alltså: Kaklets rörelse är ca $0,099/0,145 = 68\%$ av betongens rörelse.
(Alt $0,104/0,15 = 69\%$)

Klinkerns rörelse är ca $0,058/0,139 = 42\%$ av betongens rörelse.
(Alt $0,069/0,15 = 46\%$)

Vid provningarna på SP kunde bom konstateras vid en deformation av 0,7 ‰ för fallet med kakel satt med normalt förfarande (fästmassetjocklek 2,5 mm). I analogi med FEM-beräkningarna och resonemanget ovan innebär detta en betongrörelse av $0,7 \cdot 0,15 = 0,105$ mm och en kakelrörelse av $0,68 \cdot 0,105 = 0,072$ mm. Skillnaden i rörelse när bom uppträder blir därmed 0,033 mm för fallet med klinker och normalt sättningsförfarande. (Skjuvvinkeln blir $\arctan(0,033/(2 \cdot 2,5)) = 0,4^\circ$).

För en helkaklad vägg om 2,5 m inträffar denna rörelseskillnad vid en krympning av endast $0,033/2500 = 0,013\%$. Någon platta lossnade dock ej vid

provningen ens vid 1,8 ‰ deformation vilket för en hel vägg på 2,5 m innebär att den borde klara $(1,8/0,7) \cdot 0,013 = 0,034$ ‰. Detta är dock betydligt mindre (ca 10 ggr) än vad man kan förvänta sig av en normal betongvägg.

Några jämförelser med beräknade spänningar kan också göras. I tabell 4 redovisas några max-spänningar från FEM-beräkningen med kakel och 1 ‰ krympning. Spänningarna omräknade till 0,7 ‰ krympning motsvarar ungefär de spänningar då bom uppträder.

Spänning	1 ‰ deformation	0,7 ‰ deformation $\approx$ bom
Skjuvspänning	8,1 MPa	5,7 MPa
Normalspänning, drag	6,3 MPa	4,4 MPa
Normalspänning, tryck	1,7 MPa	1,2 MPa
Dragspänning parallellt väggen	6,1 MPa	4,3 MPa
von Mises jämförelsespänning	17,7 MPa	12,4 MPa

Tabell 4. Några exempel på max-spänningar från FEM-beräkning.

Provmetoder

Bakgrund

För att belägga våra teorier om skadeorsaker har ett antal provmetoder diskuterats.

- Fullskaleprov.
- Befintliga laboratorieprovmetoder.
- Nya laboratorieprovmetoder.

Fullskaleprov

Slutsatser

Fullskaleprov efterliknar verkligheten bäst. Problem uppstår dock vad avser

- reproducerbarheten
- tidsåtgång
- randeffekter
- provningsmiljö

Fullskaleprov diskuterades för att prova verklig påverkan från krympning samt vissa fel vid utförandet. Med hänsyn till ovanstående problem beslöts att ej genomföra fullskaleprov.

Befintliga laboratorieprovmetoder

Simulering av deformationer

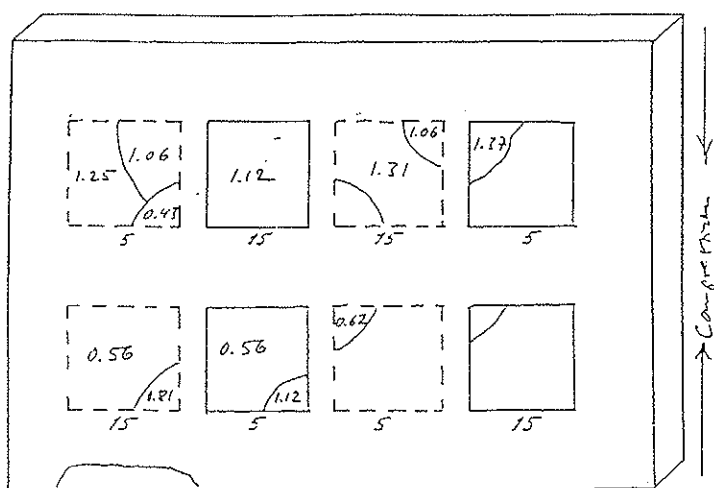
Vid finska Partek har använts en metod för att simulera deformationer av krypning och krympning. Metoden går ut på att en betongplatta med keramiska plattor utsätts för enaxlig tryckbelastning i plattans plan.

Betongplatta

Betongplattan är 500×500×50 mm³, gjuten mot stålform, av betong K20. Betongplattan har uppnått nominell hållfasthet före applicering av keramiska plattor.

Applicering av plattor

Keramiska plattor appliceras på en sida av provkroppen med den fästmassa som skall provas. Utförande enligt tillhörande anvisningar. Plattorna placeras med sådant inbördes avstånd att de ej ska påverka varandra. Se figur 9. Efter applicering lagras provkroppen 28 dygn i 20°C och 50% RH.



Figur 9. Provkropp vid simulering av deformationer enligt Partek.

Provning

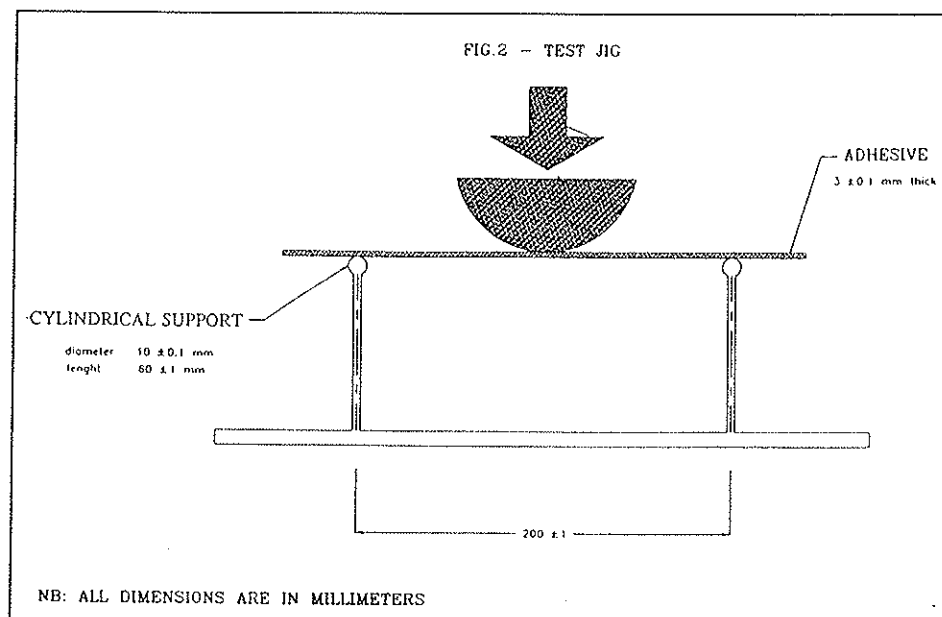
Provkroppen provas genom långsam enaxlig pålastning i plattans plan. Genom att knacka mot plattorna med en liten stålhammare undersöks när bom uppstår, och på hur stor del av plattan. Efter att deformationsprovningen avslutats, provas även vidhäftningshållfastheten.

Betongplattor som underlag för provning

För tillverkning av betongplattor som underlag för provning av keramiska plattor finns en provisorisk standard, prEN 1323. Plattan ska vara minst 40 mm tjock och ha en draghållfasthet på minst 1,5 N/mm².

Böjprovning av fästmassor

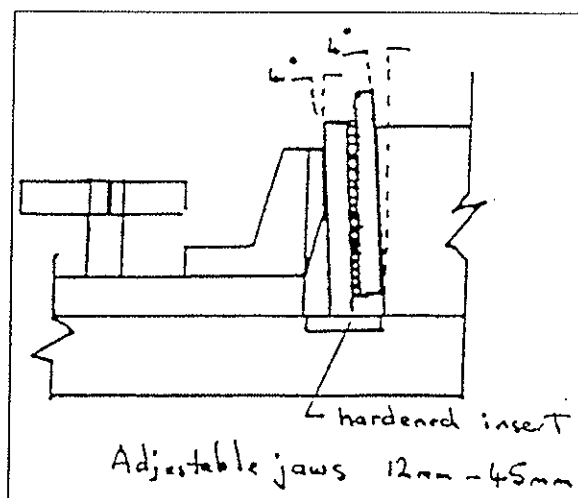
Ett förslag till prEN 1111 har utarbetats för böjprovning av fästmassor. Det bygger på att en tunn platta av fästmassan böjprovas genom belastning med en punktlast. Brottlast och brottdeformation noteras. Se figur 10.



Figur 10. Böjprovning av fästmassor enligt prEN 1111.
(CEN TC 67/WG3 No. 205, prEN 1111, January 1994)

Skjuvhållfasthet för organiskt bundna lim

Inom CEN har tagits fram en försöksstandard för provning av skjuvhållfasthet för organiskt bundna lim, prEN 1324. Den bygger på att två plattor limmas baksida mot baksida, något förskjutna. Vid provningen placeras de lutande i en fixtur enligt figur 11, och provas genom tryckbelastning. Metoden är inte tillämplig för cementbundna fästmassor då dessa har för låg brottdeformation.



Figur 11. Provning av skjuvhållfasthet för organiskt bundna lim.
(prEN 1324:1994)

Draghållfasthet för cementbundna fästmassor

Draghållfasthet för cementbundna fästmassor kan bestämmas med en metod som beskrivs i prEN 1348. Den går ut på att en keramisk platta, 50×50 mm, limmas till en betongplatta med den fästmassa som skall provas. På de keramiska plattorna limmas sedan lika stora metallplattor med fästen för dragprovningssmaskinen. Efter lagring dragprovas provkropparna.

Ny laboratorieprovmetod

Laboratorieprovningar

Vid SP, Sveriges provnings- och forskningsinstitut, i Borås har ett antal provningar utförts.

I en första provningsomgång testades fyra olika typer av fästmassa, cementbunden, cementbunden organiskt modifierad (2 typer) samt organiskt bunden. Dessa provades dels med kakel och dels med klinker. Appliceringsmetoden varierades inte medvetet utan eftersträvades att hålla så lika som möjligt för samtliga provkroppar. Betongkrympningen simulerades genom att en yttre last påfördes det betongprisma på vilket de keramiska plattorna var fästade.

Syftet var i första hand att urskilja de fyra typerna av fästmassa och att komma fram till en provningsmetod för bestämning av en fästmassas deformationsupptagande förmåga. Undersökningen visade att detta är möjligt.

I en andra provningsomgång undersöktes inverkan av utförandet, tjockleken på fästmassan och anläggningen mellan kakel, fix och betong. Undersökningen visade att dessa faktorer hade stor betydelse för vidhäftningen. Vid utformningen av en provningsmetod bör appliceringen definieras väl.

Dessutom gjordes mätningar på krympning och krypning på fästmassor och fogbruk. Densitet, tryckhållfasthet och E-modul mättes också hos plattor och fästmassor.

Utförliga rapporter från SP finns i sin helhet i bilagorna 5 och 6.

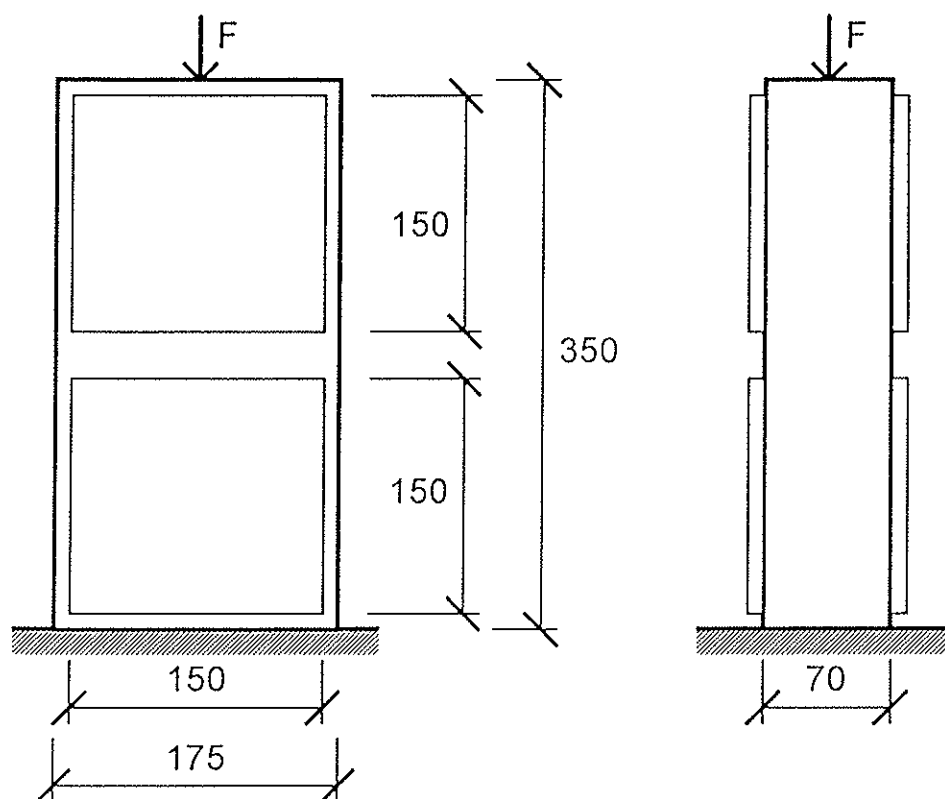
Inledning

Provprogrammet omfattar inledande undersökning av kakel på betong i syfte att utvärdera en metod, tidigare använd av bl a finska Partek (se sidan 45), för bestämning av ett fästmedels förmåga att motstå rörelser t ex beroende på krympning eller krypning i underlaget. Undersökningen är indelad i tre delar.

Del 1 omfattar materialkaraktisering, d v s beskrivning av de ingående komponenternas deformationsegenskaper och traditionell provning av E-modul och dragvidhäftning.

I **del 2** simuleras betongens krympning genom att man belastar en betongskiva där fyra kakelplattor har fästs parvis på två av sidorna. (Se figur 12). Som underlag har valts fabriksstillverkad markbetong. Orsaken till detta är att man kan erhålla betong med hög hållfasthet och jämn kvalitet. Dessutom minskas problemet med krympande betong, vilket skulle kunna vara ett problem om

särskilda betongplattor skulle ha tillverkats för detta projekt. I undersökningen provas två olika typer av keramiska plattor, dels kakel och dels klinker. Vidare undersöks fyra olika typer av fästmassa, cementbunden, cementbunden organiskt modifierad (2 typer) samt organiskt bunden. För varje kombination undersöks två provuppställningar, vilket medför att totalt 16 provuppställningar undersöks.



Figur 12. Försöksuppställning vid simulering av krympning.

Del 3 utgör en utvidgning av del 2 där inverkan av utförandet och appliceringsmetod studeras. Parametrar som varieras är fästmassans tjocklek, trycket vid appliceringen av plattorna och graden av utfyllnad bakom plattorna.

Undersökta material

Underlag	Markbetong (gångbaneplattor), ca 350×175×70 mm ³ .
Beklädnad	Kakelplattor, vita, glaserade, 147×147×5,5 mm ³ . Klinkerplattor, vita, 96×196×8 mm ³ .
Fästmassa	A Organiskt bunden B Cementbunden, organiskt modifierad, hög deformationsförmåga C Cementbunden D Cementbunden, organiskt modifierad, låg deformationsförmåga

Fogbruk	A	Fogbruk för kakel
	B	Fogbruk för klinker

Provningsmetoder

Del 1, materialkaraktärisering

E-modul och tryckhållfasthet bestäms för fästmassa och fogbruk på prismor $40 \times 40 \times 80 \text{ mm}^3$. E-modulen bestäms i övrigt enligt SS 13 72 32. Deformationen mäts på en sträcka av 40 mm mitt på provet. Därefter belastas proverna till brott för bestämning av tryckhållfastheten. Provernas tryckhållfasthet bestäms i övrigt enligt EN 196-1.

Ur klinkerplattor sågas provkroppar med måtten $40 \times 20 \times 10 \text{ mm}^3$. Ur kakelplattor sågas provkroppar med måtten $40 \times 20 \times 5 \text{ mm}^3$ som sedan limmas ihop två och två så samma format som för klinkerplattorna erhålls. E-modul och tryckhållfasthet bestäms på samma sätt som ovan.

E-modul för betongen bestäms från provtryckningen av gångbaneplattorna med pålimmade kakel-/klinkerplattor.

Krympning av fästmassa bestäms på prismor $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ enligt EN 196-1.

Del 2, provningsmetod, simulering av krympning

Simulering av krympning utförs genom att betongplattorna belastas i längdriktningen med belastningshastighet enligt diagram 5, samtidigt som deformationen registreras. Pålastningen sker stegvis med ungefär 35 kN och i ca 3 minuters intervall. Eventuell sprickbildning eller "bom" hos keramikplattorna kontrolleras fortlöpande genom knackning med en stålstav. Belastningen pågår till dess att samtliga plattor är skadade eller att betongens hållfasthet överskrids. Provernas utseende efter provning dokumenteras med fotografi.

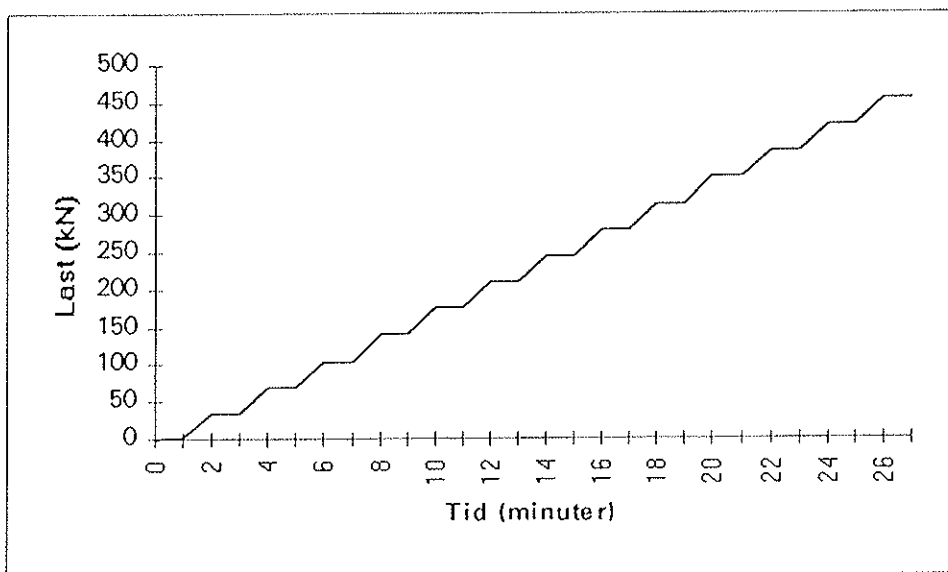


Diagram 5. Belastningshastighet vid provbelastning av plattor.

Del 3, variationer i utförandet

Appliceringen av fästmassan och de keramiska plattorna varierar på olika sätt. Betongplattorna provas sedan enligt samma förfarande som i del 2.

Normal sättning: Plattorna belastas med 20 N under 60 s.

3 mm fästmassa: Ståltrådar Ø3 placeras i fästmassan under plattornas hörn.

1 mm fästmassa: Plattorna pressades för hand så långt som möjligt mot underlaget.

50% vidhäftning: Plattorna läggs löst på fästmassan. Enbart egentyngheten belastar fästmassan. Rillorna plattas ej ut och ca 50% av plattans baksida har vidhäftning.

Provningsresultat

I en första provningsomgång utprovades i första hand om den tänkta provningsmetoden var lämplig och om den klart och tydligt kunde urskilja de olika typerna av fästmassa (del 2). I en andra provningsomgång varierades utförandet vid sättningen för att utröna effekten härav (del 3). Samtidigt tillverkades provkroppar för bestämning av materialdata (del 1).

Del 2

Plattor satta med cementbunden organiskt modifierad fästmassa med hög deformationsupptagande förmåga och plattor satta med organiskt bunden fästmassa kunde deformeras till 1,5 % utan bom eller att några plattor lossade från betongplattan.

För kakelplattor satta med cementbunden organiskt modifierad fästmassa med låg deformationsupptagande förmåga, inträffade bom vid ca 0,8 % - men plattorna satt kvar till 1,5 % deformation. För klinkerplattorna inträffade bom lite tidigare - ca 0,5 % - men inte heller de släppte från betongplattorna.

För både kakel och klinker satta med cementbunden fästmassa blev det bom vid ca 0,15 %. Plattsläpp inträffade från 0,2 % och ända upp till 2,0 %.

Del 3

Vid normalt appliceringsförfarande vilket resulterade i en tjocklek om ca 2,5 mm konstaterades bom vid 0,6 % för cementbunden fästmassa. För cementbunden organiskt modifierad fästmassa med låg deformationsupptagande förmåga konstaterades endast bom i ett enda fall vid 1,3 %.

Med den cementbundna fästmassan och en tjocklek om 1 - 2 mm inträffade bom vid 0,7 % deformation. Med 3 mm tjocklek inträffade bom vid 0,4 % deformation. Detta lägre värde berodde på att plattan arbetats in sämre i fästmassan och därmed också erhållit sämre utfyllnad (ca 75 % anläggning). För lite fästmassa har påförts och plattorna har gått mot 3 mm trådarna innan full utfyllnad erhållits.

Med cementbunden fästmassa och enbart 50 % anläggning och 3,5 mm tjocklek inträffade bom vid 0,1 % och plattsläpp vid 0,5 - 1,5 %

Del 1

Resultatet av provningen av materialkaraktistika framgår av tabell 5.

Material	Tryckhållfasthet	Elasticitetsmodul	Krympning
Cementbunden fästmassa	12,6 MPa	5,2 GPa	2,2 ‰
Cementbunden organiskt mod. fästmassa med låg def.upptagande förm.	9,4 MPa	3,3 GPa	2,4 ‰
Fogbruk för kakel	18,8 MPa	6,1 GPa	2,2 ‰
Fogbruk för klinker	14,1 MPa	11,0 GPa	1,2 ‰
Kakelplattor	136 MPa	20,5 GPa	
Klinkerplattor	254 MPa	59 GPa	
Betongplattor		29 GPa	

Tabell 5. Resultat av provning av materialkaraktistika.

Kommentarer till provningsresultat

Del 2

Undersökningen visar att provningsmetoden fungerar och tydligt urskiljer de olika typerna av fästmassa. Spridningen i provningsresultaten är visserligen rätt stor men förklaras av graden av utfyllnad bakom plattorna. Bättre utfyllnad ger bättre vidhäftning.

Användningen av tandspackel efterliknar verkligheten väl, men ger större spridning i resultaten.

I stället för att kontrollera förekomsten av bom genom knackning med stålstav, kan man använda trådtöjningsgivare enligt Ebner, Sturm 1995.

Värt att notera är också att det med ren cementbunden fästmassa går att utföra en konstruktion som klarar upp till 2 ‰ deformation, men att spridningen är mycket stor även i laboratoriemiljö.

Del 3

Undersökningen visar på betydelsen av både typen av fästmassa och appliceringsmetoden. Appliceringsmetodiken bör definieras noggrannare för att minska spridningen.

Fukt- och temperaturrörelser

Bakgrund

På uppdrag av BPA Bygg AB har SP utfört bestämning av fukt- och temperaturrörelsernas storlek för kakel- och klinkerplattor.

Se Rapport SP 94B3,4943 och 94B3,4953, bilaga 7.

Orsaken var att undersöka om rörelser i kakel- respektive klinkerskiktet, orsakade av temperatur eller fukt, var av sådan storleksordning att de kunde orsaka klinkerhävning.

Resultat

Fuktrörelser

Fuktrörelsernas storlek bestämdes både för kakel- och klinkerplattor. Fuktrörelserna efter lagring i olika fuktig miljö var för kaklet av samma storlek medan rörelserna för klinkern varierade med fukten. Om kaklet vid leveransen är helt torrt kan man på en fri platta få en längdökning på 0,10 ‰ medan motsvarande värde för klinkern är 0,05 ‰. Detta medför att fukt enbart inte kan ge upphov till sådana rörelser att plattorna lossnar från underlaget.

Mycket av fuktrörelserna sker som en applikationsdeformation, d v s att rörelsen sker när plattan sätts i den våta fästmassan och fästmassan fortfarande är formbar. Mätningen är utförd på fria plattor och kan inte utan vidare omräknas som påkänning i beklädnaden. Volymökningen är ej reversibel, d v s en uttorkning efter en första vattenmättnad leder ej till återgång till den ursprungliga volymen.

Man bör dock vara observant på att glaserade plattor kan erhålla en svag krökning på grund av att glasyrskiktet är förhållandevis oeftergivligt.

Temperaturrörelser

Temperaturrörelserna bestämdes enbart för kakelplattorna. Längdökningen på en fri platta var 0,27 ‰ vid en temperaturökning från 20° C till 60° C. Detta motsvarar en temperaturutvidgningskoefficient på $6,6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Dessa rörelser är inte helt försumbara. Vid ytor som kan bli utsatta för spolning med hetvatten, eller av andra skäl få kraftigt varierande temperaturer, bör man ta detta i beaktande vid valet av fästmassa.

Resultat

Inledning

Dagens byggande har gått mot allt mindre marginaler på alla områden, och man har inte längre samma tolerans mot fel och brister som - helt naturligt - uppstår då och då.

Skador har ofta uppstått på grund av flera samverkande faktorer. Dock kan ibland en enda av dessa faktorer påverka på ett sådant sätt att en stor förändring i denna skulle ha kunnat undvika skadan. Det kan gälla såväl underlaget som ingående material eller arbetsutförandet. Man bör därför tillse att man bygger in säkerhetsmarginaler på alla områden. Säkerhetsmarginalerna skall inte bara vara så stora, att de egna funktionerna för ett material/arbete kan innehållas, utan även tillräckligt stora för att överbrygga en brist på ett annat område.

Vi skall lägga in marginalerna där de gör mest nytta och är mest kostnads-effektiva.

Vad har studerats?

Ett antal skadefall har analyserats djupare.

Ett antal litteraturreferenser har studerats.

Laboratorieförsök har utförts:

- Fästbrukets elasticitet.
- Påverkan av materialtjocklek, appliceringsteknik m m.

Teorier, hypoteser och resultat har diskuterats vid ett antal möten i referensgruppen och arbetsgrupper.

Preliminära rekommendationer

Slutsatser

Innan provningar och teoretiska analyser var genomförda gjorde gruppen följande preliminära rekommendationer:

- Vid applicering på betongunderlag skall fästmassa och tätskikt med tillräcklig flexibilitet och tjocklek användas.
- Arbetsutförandet **måste** förändras och förbättras genom kompletterande utbildning, noggrannare regler och utökad kontroll.
Punkter som skall kontrolleras är bland annat mängd av fästmassa, öppentid och appliceringsteknik.

Informationsmöte

Ett antal intressenter kallades till möte 1994-05-06 för att informeras om problemet och gruppens preliminära rekommendationer. Syftet med mötet var att man ska kunna undvika skadefall så tidigt som möjligt. Om man avvaktade slutrapporten riskerade man ytterligare ett halvårs produktion med risk för skadefall.

Deltagare var ett 75-tal personer:

- Plattsättningsentreprenörer
- Byggentreprenörer
- Besiktningsmän
- Fastighetsägare
- Fackpress

Gruppens medlemmar informerade om FoU-projektet, plattsättningens teori och praktik och de problem som kan uppstå.

De rekommendationer som gavs var:

- Använd en flexibel fästmassa. Undvik rena cementbundna fästmassor (utan polymermodifiering).

Rätt arbetsutförande med avseende på:

- Fästmassans öppentid. Fästmassan ska ej appliceras på för stora ytor åt gången.
- Fästmassans tjocklek.
- Rätt appliceringsmetod.
- Rätt appliceringstryck.

Se bilaga 3.

Tidskriftsartiklar

Kontakt togs med tidskriften Byggindustrin för införandet av en artikel i ämnet i anslutning till ovanstående informationsmöte. Detta resulterade i en artikel, utformad av tidskriften i samråd med referensgruppen, i form av ett referat av mötet. Den infördes i Byggindustrin nr 17 1994.

Denna artikel resulterade i sin tur i ytterligare artiklar och notiser i bland annat Byggnytt för beslutsfattare nr 4 1994 och i Siabs interntidning Reflex.

En artikel om problemet har även varit införd i AMA-Nytt Mark • Hus 2/94.

Se bilaga 4.

Gruppens rekommendationer

Efter genomförda provningar och teoretiska analyser står gruppens preliminära rekommendationer fast:

Fästmassa

Vid applicering på betongunderlag skall fästmassa och tätskikt med tillräcklig flexibilitet och tjocklek användas. Se tabell 6 samt gällande branschregler.

Fästmassor, typ	Beskrivning	Bindemedel	Användning
Reaktionsbundna ¹⁾	Polymerbaserade flerkomponentsprodukter	T ex epoxi, polyester	Golv och vägg i kemisk teknisk industri, storkök etc
Organiskt bundna ¹⁾	Enkomponents pasta-produkter. S k "kakellim"	T ex akryl	Väggar
Cementbundna			
I. Organiskt modifierade ²⁾	Pulverprodukter, blandas med vatten och/eller plastdispersioner	Cement	Vägg och golv. Krävs på betong
II. Ej organiskt modifierade ³⁾	Pulverprodukter, blandas med vatten. S k "kakelfix"	Cement	Vägg och golv på formstabila underlag

¹⁾ Hög flexibilitet - stor förmåga att ta upp deformationer och förhindra att spänningar överförs till plattskiktet.

²⁾ Låg flexibilitet - viss förmåga att ta upp deformationer och i någon mån förhindra att spänningar överförs till plattskiktet.

³⁾ Ingen flexibilitet - ingen förmåga att ta upp deformationer och förhindra att spänningar överförs till plattskiktet.

*Tabell 6. Fästmassor för tunnskiktsapplicering av keramiska plattor.
(AMA-Nytt Mark • Hus 2/94)*

Tabell 6 gäller fästmassa direkt på betongunderlag (VA). Vid applikation på deformationsupptagande tätskikt (VT) kan fästmassa med mindre deformationsupptagande förmåga vara tillåten. Det förutsätter dock att tätskikt och fästmassa har provats i kombination och uppfyller krav enligt specificerad deformationsklass.

Arbetsutförande

Arbetsutförandet måste förändras och förbättras genom kompletterande utbildning, förbättrade monteringsanvisningar och utökad kontroll.

Provningen vid SP visar att punkter som skall kontrolleras bland annat är mängd av fästmassa, öppetid och appliceringsteknik. Detta kan ske genom att man följer följande 6 viktiga punkter:

1. Rätt proportioner vid blandning av fästmassa.
2. Dra först ut fästmassan på underlaget med slätspackel.
3. Dra sedan av med tandspackel till angiven tjocklek. Rätt tandmått!
Håll spackeln nära vinkelrätt mot väggen!
4. Dra inte ut fästmassa på större yta i taget än vad som kan plattsättas inom tio minuter.
5. Plattorna sätts med tryck och rörelse.
6. Vidhäftningskontroll. Ta loss en platta då och då och kontrollera.
Hela baksidan ska vara våt av fästmassa.

Nya branschregler

Under 1995 kommer nya Branschregler för keramiska väggbeklädnader och golvbeläggningar att ges ut. De utgör detaljregler för hur funktionskraven i BBR ska uppnås.

Reglerna kommer att innehålla moment som tar hänsyn till riktlinjerna för plattsättning på betong. I samband med att de nya reglerna ska börja tillämpas kommer branschen att göra omfattande informations- och utbildningsaktiviteter.

Med hjälp av handgripliga demonstrationer, video och nya läromedel ska plattsättare och andra berörda lära sig ett delvis nytt beteendemönster vid konstruktion, materialval och plattsättning på betong. Ett beteendemönster som ska leda till att problem med bristande vidhäftning inte uppstår.

Reparation

Reparation av skadade kakelbeklädnader ska följa nedanstående anvisningar:

- Hela beklädnaden på berörda väggar demonteras in till betongytan. Annars kan spänningskoncentrationer uppstå i kvarsittande plattpartier, vilket kan medföra att dessa senare lossnar från underlaget.
- Anslutning mot befintligt tätskikt på oskadade väggar måste säkerställas. Detta kan normalt ske genom förseglingsremsa vid hörn.
- Val av ny konstruktion, innefattande tätskikt och fästmassa, ska ske enligt gällande branschregler.

Andra lösningar får diskuteras från fall till fall.

Litteraturförteckning

Studerad litteratur

Nedan följer en lista på litteratur och artiklar som studerats inom detta projekt tillsammans med några sammanfattande kommentarer.

BBK 94

Boverkets handbok om betongkonstruktioner, Band 1, Konstruktion, avsnitt 2.4.6 och 2.4.7

Behandlar betongens krympning respektive krypning.

Branschregler för keramiska beklädnader i våtutrymmen.

PER

Behandlar täthet mot vatten.

Deformationer endast m h t vattentäthet.

Bringe Helge

Skader på fliskledningar. Årsaker. Utbedringsmåter.

Byggforsk

Keramiska plattor på spånskiva o plywood.

För kort tid mellan gjutning och plattsättning.

Krympning och nedböjning.

Fogning i hörnor, golv och väggvinklar.

Fukt in under plattor vid ej full utfyllnad.

Fogar ända ner i fästbruk.

Skador vid fria kanter.

Byfors Kajsa**Tillsatsmedel**

Betonghandboken Material, utgåva 2, 1994, kap 5, s 105-122

Behandlar tillsatsmedel för betong och deras påverkan på krympning och krypning.

Chew M Y L**The Study of Adhesion Failure of Wall Tiles.**

Building and environment 27(1992) nr 4, s 493-499.

Vetenskaplig rapport.

Undersöker temperaturkänsligheten.

Skjuvhållfastheten mäts vid yttre pålagd last.

Små variationer i skjuvhållfasthet.

Vidhäftningsprov med termospänningar.

Polymertillsats resp. enbart cement.

Små variationer konstateras.

Liten grund för vidhäftningsbrott.

Coad J R, Rosaman D**Site-applied adhesives - failures and how to avoid them.**

Garston 1986 BRE IP 12/86 4 s.

Även andra material än keramiska plattor behandlas i denna rapport.

Orsaker och fel vid plattsättning:

- Dålig/felaktigt förbehandlad yta.
- Dåligt tryck vid applicering.
- Dålig tjocklek och teknik vid applicering av fästmassa.

Inget fall med sättning på betong eller tätskikt.

Samtliga på puts, vilket är det vanligaste utomlands.

Mellanväggar är i allmänhet murade utomlands.

Ebner Martin, Sturm Dieter**Verformbarkeit von Fliesenverlegewerkstoffen**

Fliesen und Platten 1/95, s 28-34, 47-48

Behandlar metoder för att mäta deformerbarhet hos fästmassor för keramiska plattor, bl a med spanningsoptik och med trådtöjningsgivare.

Ericsson Alvar, PER

Keramiska plattor på betong.

Tidningen Byggindustrin 1988 nr 16, s 47-48

Beskriver och rekommenderar DIN-metoden.

Kallt klimat - liten krympning.

Extrem uppvärmning på kort tid kan bli problem då kall och torr luft tar upp mycket fukt.

(Exempel: Halogenlampa med hög effekt hängs upp på väggen under arbetet.)

Dubbelklistring rekommenderas: Det är bättre att sätta fästbruket på plattan och betongen i st f enbart på betongen.

Viktigast: Våta massor, vått-i-vått, tjocka skikt.

Öppentiden utnyttjas i bland i för stor utsträckning.

För toleranta anvisningar om öppentider förekommer.

Miljö (luftfuktighet och temperatur) är av stor betydelse.

Ericsson Alvar, PER

Så undviker du problem vid sättning.

Golv till tak 1983 nr 2, s 38-41

Bredspackling först.

Tandning sedan.

(DIN-metoden)

Ofta används enbart tandspackeln direkt.

Utbildning krävs!

Redskap och arbetsmetoder.

Hillerborg Arne

Deformationer under last

Betonghandboken Material, utgåva 2, 1994, kap 13, s 459-483

Behandlar bl a krypning hos betong.

Jonasson Jan-Erik

Krympning hos hårdnad betong

Betonghandboken Material, utgåva 2, 1994, kap 15, s 525-545

Behandlar krympning hos hårdnad betong.

Ljungkrantz Christer

Betongkvalitet inte bara hållfasthet

CBI Informerar 4-85

Behandlar bl a krympning hos betong.

Lund Kai-Arild, Partek Höganäs.

Mange faremomenter ved legging av fliser.

Murmesteren 74 (1989) nr 1, s 16-17, 23.

Krympning i betongen.

Semiflexibelt lim rekommenderas.

Krympningen kan vara 0,6 mm/m efter platsättningen.

Montering på gips rekommenderas.

Det tar ca ½ år för en 20 cm tjock betongvägg att krympa 50 %

Niemer Ernst Ulrich

Wandbekleidung aus Fliesen im Dünnbett auf Betonwänden

Fliesen und Platten 6/94

Tyskt skadefall där keramiska plattor lossnade från putsade betongväggar men ej från putsade tegelväggar. Enligt artikeln berodde detta på för tunn fästmassa och för dålig bakfyllning i kombination med betongens krymprörelser.

Pettersson Ove

Spänningar i kakelplattor satta på bärande betongstomme.

LTH 1967 19 s

Grundläggande undersökningar.

Trådtöjningsgivare, yttre last pålagd.

Spänningskoncentrationer vid ränder.

Brottöjning 0,28 - 0,53 ‰

Tjockt bruk rekommenderas!

Svensk standard SS-EN 87 med tillhörande standarder.

Keramiska golv och väggplattor - Definitioner, klassificering, egenskaper och märkning.

Behandlar plattorna.

Egenskapskrav på fästmassor.

Klasser för olika elastiska infästningar.

Sida 4, tabell 2: Grupp BIII, SS-EN159 är aktuell för kakelplattor.

Toleranskrav sida 6. (Avviker från HUS-AMA 83 men är identiska med toleranskrav i RA 93 HUS).

Waldum Alf M, Askeland Arnold, Vesterlid Atle

Keramiske fliser på betongunderlag.

Byggforsk och KERAMOS, Prosjektrapport 1993

Materialtekniska problemställningar.

Förslag till projekteringsregler baserat på praktiska erfarenheter.

Volymändringar i betongen beskrivs utförligt.

Bra totalöverblick, samlat grepp.

Sid 15: Indikation flexibilitet - fästmassa.

Vesterlid Atle, STI

Betong Krymper.

Byggaktuellt 1988 nr2/3, s 12

Krympspänningar vid plattsättning på betong.

Krympningen kan vara mellan 0,3‰ - 1,4‰ beroende på betongens konsistens. I praktiken och i genomsnitt efter en normal väntetid mellan gjutning och plattsättning återstår minst 0,6 mm/m krympning.

Lastspänningar påverkar krympningen.

På spännarmerade element lägger många konsekvent flytande golv.

Vesterlid Atle, STI

Sidekant-tryck i nye bygg.

Byggaktuellt

Hörnor utförs med springa om ca 10 mm som mjukfogas.

Mjukfogar - elastisk fästmassa.

Skrapa ur fästmassa i fogarna.

Beskrivning av arbetsutförande.

Förbesiktning före mjukfogning.

Vesterlid Atle, STI

Svinn i Betong.

Byggaktuellt 1988 nr 6, s 25

Svinn = krympning.

Studium av golvplattor lagda i 70 mm bruk på ett 250 mm tjockt platsgjutet bjälklag. Största spännvidd 5 m ger små eller inga nedböjningar. Huvudorsaken till vidhäftningsbrott är krympning. Uppmätt krympning 15 mm på hela plattbredden 13 m efter 2 år.

Det gick ca 3½ månad från gjutning till plattläggning.

Byggnadens öppningar var täckta med plast vilket minskade utfuktning.

Nedböjning av bjälklag kan orsaka "buckling" och plattsläpp på golv med mer normal tjocklek och spännvidd. (I detta fall var det ett skyddsrum.)

Författaren rekommenderar flytande golv i större utsträckning än vad som är brukligt i dag.

