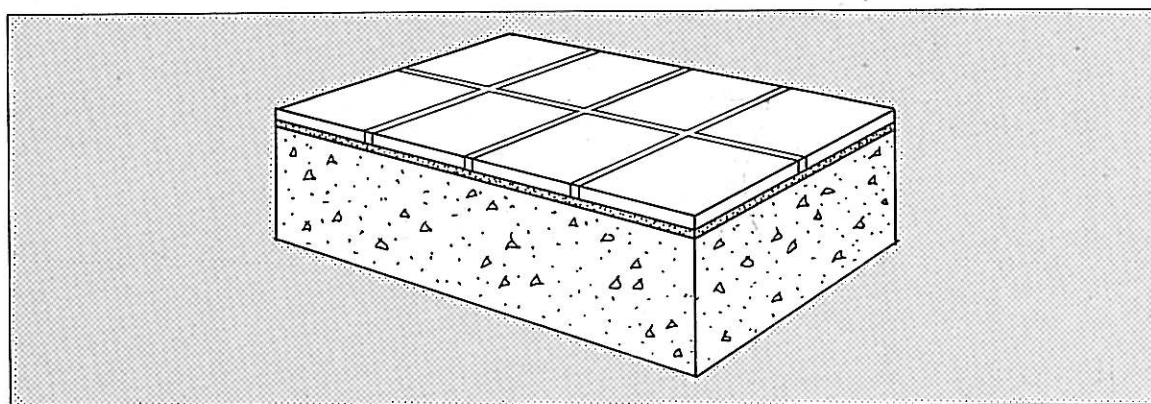


Alf M. Waldum, Arnold Askeland og  
Atle Vesterlid

## Keramiske fliser på betongunderlag

- Materialtekniske problemstillinger
- Forslag til prosjekteringsregler basert på praktiske erfaringer



Alf M. Waldum, Arnold Askeland og  
Atle Vesterlid

# **Keramiske fliser på betongunderlag**

- Materialtekniske problemstillinger
- Forslag til prosjekteringsregler basert på praktiske erfaringer

Prosjektrapport 139 – 1993

Prosjektrapport 139  
Alf M. Waldum, Arnold Askeland og  
Atle Vesterlid

**Keramiske fliser på betongunderlag**

- Materialtekniske problemstillinger
- Forslag til prosjekteringsregler basert på praktiske erfaringer

ISBN 82-536-0435-1 (fiktivt nummer)

ISSN 0801-6461

100 eks. trykt av

Lobo Grafisk A/S

Cyclus resirkulert papir

Omslag 200 g/innmat 100 g

© Norges byggforskningsinstitutt 1993

Adr.: Hovedkontor Oslo  
Forskningsveien 3B  
Postboks 123 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 00

Fax 22 69 94 38 og 22 96 55 42

Adr.: Trondheimsavdelingen  
Høgskoleringen 7  
7034 TRONDHEIM – NTH

Tlf.: 73 59 33 90

Fax 73 59 33 80

Rapporten er utarbeidet i samarbeid med

**KERAMOS**

Servicekontoret for lim og keramiske fliser

# Forord

Denne anvisningen er utarbeidet for å belyse problemstillinger som oppstår når keramiske fliser festes direkte til betong. Skadeerfaringer tyder på at det behøves mer kunnskap og kjennskap til materialenes egenskaper og samvirket mellom dem.

For å utrede disse forholdene er det utført laboratorieundersøkelser som har gitt bedre kunnskap om dagens limtyper og festemidler. Kombinert med teoretiske betraktninger har dette gitt grunnlaget for forslag til retningslinjer for prosjekteringen. Retningslinjene er imidlertid basert på en del forutsetninger, og vi anbefaler at leserne setter seg inn i dem

ved å bruke denne anvisningen, som vi utgir i Byggforsks serie prosjektrapporter.

Anvisningen er kommet i stand som et samarbeid mellom Servicekontoret for lim og keramiske fliser og Norges byggforskningsinstitutt (Byggforsk). Hovedansvarlig har vært *Alf M. Waldum*, med *Arnold Askeland* og *Atle Vesterlid* som medforfattere.

Oslo/Trondheim  
desember 1993

Knut Ivar Edvardsen

# Innhold

Forord .....	3	5. Skadeårsaker .....	12
1. Innledning .....	5	5.1 Skjærbelastning på limsjiktet .....	12
2. Volumendringer i betong .....	6	5.2 Utbuling av flissjiktet .....	12
3. Spenninger og tøyninger .....	9	5.3 Nedbøyning i dekkekonstruksjoner .....	12
3.1 Grunnlag .....	9	6. Fleksible lim, muligheter og begrensninger .....	13
3.2 Tvangskrefter .....	9	7. Forslag til praktiske retningslinjer .....	15
4. Overføringer av krefter i en flis-konstruksjon .....	10	7.1 Grunnlag .....	15
4.1 Overføring av krefter via limsjiktet .....	10	7.2 Bevegelsesfuger .....	15
4.2 Overføring av krefter via grense-betingelsene .....	10	7.3 Feltinndeling .....	17
4.3 Stive og elastiske lim .....	11	7.4 Feltstørrelse .....	17
4.4 Kraft = motkraft .....	11	8. Sluttbemerkninger .....	19
		Referanser .....	20

# 1. Innledning

Problemstillingen rundt keramisk flis på betong er i grove trekk kjent for alle som arbeider med flis, og har vært det i mange år. Vi vet at betong krymper over lang tid etter at den er støpt, og at dette skaper problemer i form av løssprengning av flis hvis vi ikke tar spesielle forholdsregler, f.eks. ved å vente med flisarbeidet til betongen har nådd nødvendig alder, ved å velge festemidler som vi betegner fleksible osv. Når problemstillingen likevel tas opp her skyldes det bl.a.:

- I bransjen registreres en betydelig usikkerhet når det gjelder å forstå hvordan svinn og kryp i betong overføres til fliskonstruksjonen. Dette resulterer f.eks. i uheldig bruk og plassering av myke fuger og ikke sjelden i skader.
- Den utvikling som er skjedd de siste årene når det gjelder festemidler (lim) og fugemasser, gjør det naturlig å se på gamle tommelfingerregler

med hensyn til feltstørrelser, betongalder ved flissetting (legging) o.a. med nye øyne.

- Den prøvingen av festemidlenes elastiske egenskaper som er utført det siste året, har gitt oss et bedre grunnlag for å spesifisere kvantifiserte krav til lim/festemasser. En tilsvarende kvantifisering av problemstillingen har tidligere ikke vært mulig.

I denne rapporten er det først gitt en kort oversikt over svinn og krypdeformasjoner i betong. Videre er overføring og opptak av de kreftene som betongdeformasjonen skaper i festesjikt og flislag forsøkt beskrevet, og til slutt er det skissert forslag til praktiske retningslinjer for bruk av myke fuger o.l., avhengig av festemidlenes egenskaper, fugemassens elastisitet osv.

## 2. Volumendringer i betong

Volumendringer i sementpastaen og dermed i betongen skyldes kjemisk eller fysisk-kjemisk reaksjon.

Volumutvidelse eller ekspansjon kan skyldes temperatur, alkali-kiselreaksjon, sulfatangrep o.a. En ekspansjon er skadelig bare hvis den skjer i herdnet pasta, da den kan føre til sprekkdannelse. Dette er tilfellet spesielt for alkali-kiselreaksjoner, men da det i Norge er benyttet relativt lite tilslagsmateriale med reaktivt kisel, er ekspansjon et relativt beskjedent problem. Antallet skadetilfeller som kan føres tilbake til slike reaksjoner, er imidlertid økt de aller siste årene.

Langt større problemer er knyttet til volumreduksjoner, hvor svinn er den dominerende faktoren. Svinn kan defineres som den sammentrekningen av betongen som skyldes vannavgivelse og ikke er forårsaket av ytre last eller temperaturer.

Vi snakker gjerne om to typer svinn:

- *Plastisk svinn* skjer  $\frac{1}{2}$  – 2 timer etter at det synlige overflatevannet på betongen er fordampnet, og etterlater en betong med redusert volum. For å unngå plastisk svinn, som lett kan føre til store gjennomgående sprekker hvis avdampningen er stor (ugunstig temperatur/vind), må overflaten sikres mot avdampning ved tildekking med folie, påsprøyting med heftsikker membranherdner e.l. Produkter basert f.eks. på voks og parafin, må ikke brukes på flater som skal flislegges.
- *Uttørkingssvinn eller langtidssvinn* vil foregå i dager, måneder og år etter utstøping. Dette skyldes sammentrekning i betongen på grunn av fuktighetstap. For å redusere svinn, bør den ferske betongens vanninnhold være lavest mulig, og det bør sørges for gunstigst mulige herdningsforhold, dvs. så høy omgivende fuktighet som mulig, i tiden etter utstøping. Forholdet er illustrert i *fig. 2 a*. Andre botemidler mot skader fra svinn er dilatasjonsfuger og svinnarmering (fortrinnsvis godt fordelt med liten stangdiameter).

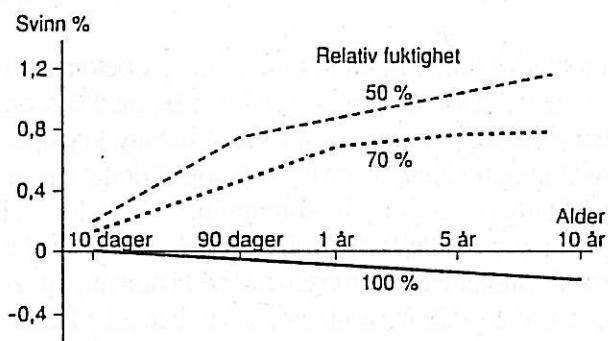


Fig. 2 a  
Prinsippskisse som viser svinnforløp som en følge av relativ fuktighet i herdetiden

Svinnets absolutte størrelse er selvsagt avgjørende for om skader på flisledningen vil oppstå. Her fins imidlertid ikke noe eksakt og entydig svar, fordi problemet er så komplekst og uoversiktlig. *Figur 2 b* viser danske resultater fra måling av totalt svinn på prismar. Den avgjørende betydningen forholdet mellom vann og sement ( $v/c$ -tallet) har for svinn, og ikke minst, det aktuelle vanninnholdet, dokumenteres til fulle. Ut fra denne figuren vil de betongsamsetninger som er mest vanlige i våre bygningskonstruksjoner, ha et svinn fra 0,3 til 0,7 ‰. Dette vil som allerede nevnt, alltid være usikre verdier. Blant annet vil tilslagsmaterialenes E-modul spille inn (større svinn ved lav E-modul), men langt viktigere vil det være å bruke et tilslagsmateriale som krever minst mulig vann for å gi nødvendig bearbeidbarhet.

Sentrale faktorer for å nå målet, et lavt  $v/c$ -tall, vil være å benytte

- tilslag som er uten leire og andre fine partikler
- sement som er relativt grovmalt (mindre vannbehov)
- pukk med størst mulig maksimal kornstørrelse.

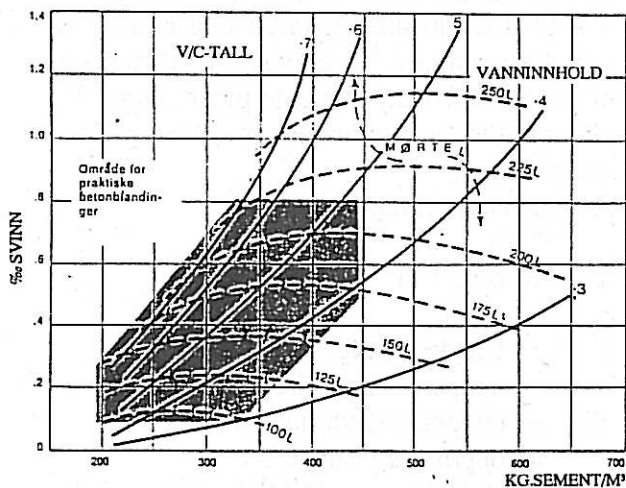


Fig. 2 b  
Totalt svinn av mørtel og betong som funksjon av sementinnhold pr. m<sup>3</sup> og v/c-forhold

En vanlig metode for å redusere vannbehovet er å benytte plastiserende tilsetningsstoffer. Vil vi dermed også oppnå å minske svinnet tilsvarende reduksjonen i vanntilsetningen? Noe generelt svar på dette spørsmålet kan ikke gis, men flere forsøk har vist at det totale svinnet reduseres langt mindre enn hva reduksjonen i vannbehovet skulle tilsi.

Ut fra denne korte og summariske behandling av betongens svinn, vil en forstå at flisleggeren aldri kan regne med å kunne stipulere et korrekt restsvinn i konstruksjonen når flisarbeidet starter. Det er likevel helt avgjørende å gjøre seg opp en mening om hvilken størrelsesorden restsvinn vil ha. Betongens alder ved flisarbeidet og betongtykkelsen er som regel kjent. Samlet svinn kan altså stipuleres ut fra fig. 2 b. Restsvinn i % av samlet svinn kan avleses fra fig. 2 c. Kurvene må alltid betraktes som orienterende, da variasjonsområdet alt etter betongsammensetning og uttørkingsforhold, som nevnt, vil bli svært stort.

Selv om det som allerede nevnt, vil forekomme tilfeller hvor betongsvinn kan bli så stort som 0,7 – 1,0 mm/m, vil svinnet i de fleste tilfellene ligge i området 0,4 – 0,5 mm/m (‰). Til sammenlikning kan også nevnes at det er målt totale fuktbevegelser opp til 0,4 ‰ i fasadelementer utsatt for uteluft på begge sider.

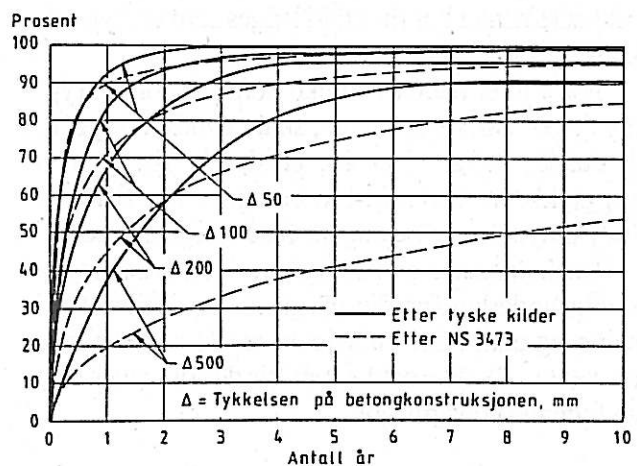


Fig. 2 c  
Svinnforløp i betong avhengig av konstruksjonstykkel

NS 3473 angir følgende svinnverdier som et alternativ til en mer nøyaktig beregning:

Fuktforhold	Tørt klima - RF = 40%		Fuktig klima - RF = 70%	
Tverrsnitt-tykkelse	≤ 150 mm	600 mm	≤ 150 mm	600 mm
Σ ‰	-0,51	-0,42	-0,36	-0,30



Måling av direkte svinn i konstruksjoner er alltid vanskelig. I en feltundersøkelse av betonggolv (plater) på grunnen er det foretatt en rekke målinger av rissbredder på golv som er flere år gamle. Bare i få tilfeller er det målt samlet riss/sprekkbredde over 0,20 mm/m. Nå er slike golv gjerne svakt armert, og som regel ikke bundet sammen med de øvrige konstruksjonene. Sprekkbreddene skulle derfor gi et bra bilde på det frie svinnet. På den annen side må man alltid regne med å "overse" enkelte fine riss ved slike oppmålinger.

Plastiske deformasjoner eller såkalte kryptøyninger oppstår som følge av statisk belastning og derav vedvarende spenninger. Belastningen kan være både betongkonstruksjonens egenlast og andre laster. Kryptøyningens størrelse avhenger av belastninger, men også av tidspunkt for lastpåføringer o.a. Kryp må som regel adderes til svinnet, og gir seg utslag i økte nedbøyninger på frittspennende dekker og økt sammentrykning av vegger. På dekkelementer bør flis alltid legges som en flytende konstruksjon, ut fra erfaringer.

For å gi et bilde av hvilke deformasjoner kryptøyningen kan representere, skal nevnes at kryptet i 1. etasjes vegger i et 14. etasjes høybygg med veggtykkelse 200 mm ble beregnet til - 0,13 ‰ (høy utnyttelse av betongens fasthetsegenskaper).

Dekkelementer av betong kan sies å være et vanskelig underlag for flis på grunn av differenser i svinn og andre deformasjoner mellom de enkelte elementer. På slike dekker bør flis derfor legges som en flytende konstruksjon.

## Temperatur og fuktbevegelser

Temperaturbevegelsens størrelse bestemmes av materialets temperaturutvidelseskoeffisient  $\alpha$ . Slike be-

vegelser vil være av størst betydning for konstruksjoner som utsettes for store temperaturvariasjoner, f.eks. golv med oppvarming, fasader og terrasser og golv med oppvarming. For golv som rengjøres med varmt vann/steam o.l., er gjerne påvirkningstiden såvidt kort at temperaturutvidelser sjelden forårsaker problemer.

For temperaturbevegelser gjelder:

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l$$

hvor

$$\Delta l = \text{lengdeendring}$$

$$\alpha = \text{temperaturutvidelseskoeffisient}$$

$$\Delta T = \text{temperaturrendring}$$

$$l = \text{opprinnelig lengde}$$

Eksempel på temperaturutvidelseskoeffisient  $\alpha$ , for noen aktuelle materialer

(mm/mm °C x 10<sup>-6</sup>):

Stål	12
Betong	10 – 14
Keramiske fliser	4 – 9
Sementmørtel	8 – 14

Ved vurdering av  $\alpha$ -verdier må en alltid huske at temperaturen ofte vil variere over et konstruksjonstverrsnitt. For en betongfasade med fliskledning vil f.eks. betongen aldri ha så høye temperaturer som en solbelastet flis. Dermed "utliknes" noe av forskjellen i  $\alpha$ -verdi mellom betong og flis.

Fuktbevegelser skjer i alle materialer som kan oppta og avgi fuktighet, f.eks. betong, mørtler, sementbasert lim, keramikk m.m. Det kan i prinsippet settes opp et uttrykk for fuktbevegelsene i et materiale på samme måte som for temperaturbevegelser.

For keramiske flis vil fuktbevegelsene representere et beskjedent problem.

## 3. Spenninger og tøyninger

### 3.1 Grunnlag

Materialer som utsettes for mekaniske belastninger, f.eks. trykk, strekk eller bøyning, deformeres. Elastiske materialer gjenfinner sin form etter belastning.

For elastiske materialer gjelder Hooks lov:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

hvor:

$\sigma$  = spenning [N/mm<sup>2</sup>]

$E$  = elastisitetsmodul (E-modul) [N/mm<sup>2</sup>]

$\varepsilon$  = tøyning [ubenevnt]

Hooks lov gjelder ved både trykk- og strekkspenninger. En tilsvarende lov kan settes opp for skjærbelastning:

$$\tau = G \cdot \theta$$

hvor:

$\tau$  = skjærspenning [N/mm<sup>2</sup>]

$G$  = skjærmodul [N/mm<sup>2</sup>] (vanligvis ca. 1/3 av E-modul for de materialene som behandles her)

$\theta$  = skjærtøyning

Hooks lov betyr at et materiale ikke kan deformeres uten at det blir spenninger. E-modulen (og G-modul) bestemmer størrelsen på spenningsene. Materialer med lav E-modul, f.eks. mange typer plast, får altså relativt små spenninger ved gitte tøyninger, mens materialer med høy E-modul, f.eks. metaller, betong, keramiske materialer m.m., får tilsvarende større spenninger ved tilsvarende tøyninger.

Eksempel på E-modul for noen materialer:

Stål	210 000	N/mm <sup>2</sup>
Betong C25	25 000	“
Keramiske fliser	40 – 70 000	“
Sementbasert flislim ca.	10 000	“

### 3.2 Tvangskrefter

Når temperatur-, fukt- eller temperaturbevegelser ikke lenger er frie, men hindres, skapes spenninger. Disse spenningsene følger Hooks lov ved at en bevegelse som hindres, skaper spenninger som tilsvarer den spenningsen som må til for å deformere materialet tilsvarende. Slike spenninger som materialet “påfører seg selv”, kalles ofte tvangskrefter.

Eksempler på forhold som hindrer frie bevegelser i materialer:

- Deformasjonene er ikke like i hele konstruksjonen fordi tilstanden varierer (f.eks. temperatur) eller materialets reaksjon på tilstanden varierer (konstruksjonen består av ulike materialer/kompositter). I en konstruksjon vil det med andre ord “alltid” opptre tvangskrefter i større eller mindre grad.
- Deformasjonen gjelder bare enkelte delmaterialer. Svinn i armert betong vil gjelde bare betongen og ikke armeringen. Armeringen vil i prinsipp forsøke “å holde igjen” svinnbevegelsen.

## 4. Overføringer av krefter i en fliskonstruksjon

### 4.1 Overføring av krefter via limsjiktet

Bevegelser i et flisunderlag, f.eks. skapt av svinn i betong, vil overføres til flis- og limsjiktet, avhengig av elastisitetsegenskapene til de ulike materialene.

Vi kan tenke oss følgende alternativer:

- Flissjiktet (fliser og fugemørtel) følger alle bevegelser i underlaget på grunn av et stivt lim, se *fig. 4.1 a*. Ifølge Hooks lov (se pkt. 3.1) vil flissjiktet da påføres trykkrefter. Overføring av krefter mellom underlaget og fliser skjer via skjærkrefter i limsjiktet.
- Limsjiktet er så elastisk at flissjiktet er uberørt av bevegelser i underlaget, se *fig. 4.1 b*. Dette betyr at flissjiktet ikke påføres krefter.

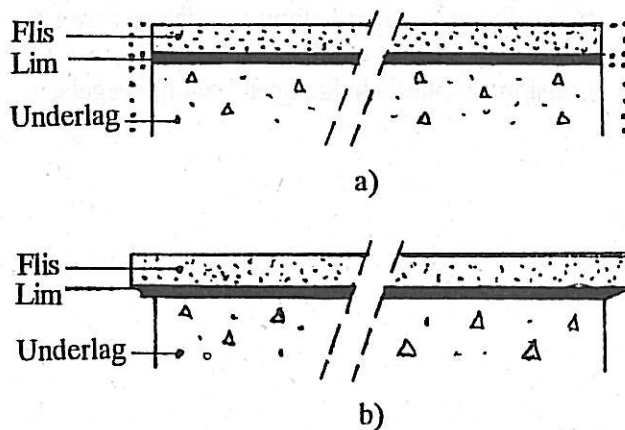


Fig. 4.1

Elastisitetsegenskapene til materialene i en fliskonstruksjon bestemmer om de ulike materialene følger med bevegelsene eller ikke.

- Flissjiktet følger alle bevegelsene i underlaget pga. et stivt lim.
- Flissjiktet er uberørt av bevegelser i underlaget pga. elastisk limsjikt.

Ingen fliskonstruksjoner av vanlige materialer (faste stoffer) vil passe fullstendig inn under de to alternativene som er nevnt foran. En skjærbelastning av limsjiktet vil alltid medføre deformasjoner (jf. Hooks lov). Noe av bevegelsen i underlaget vil derfor alltid "tapes" som deformasjoner i limsjiktet. Selv det stiveste lim vil derfor ikke være i stand til å overføre alle bevegelser i underlaget til flissjiktet. Tilsvarende vil et lim som ikke overfører krefter mellom sjiktene, være som en flytende væske.

Alle lim er m.a.o. mer eller mindre stive; mer eller mindre elastiske.

### 4.2 Overføring av krefter via grensebetingelsene

Et flisbelegg, som i prinsipp er lagt uten bevegelsesmuligheter, f.eks. med stive fuger mot betongvegger o.l., er alltid nødt til å følge bevegelsene i underlaget, se *fig. 4.2*. Situasjonen kan sammenliknes med det som er vist i *fig. 4.1 a*, men her overføres kreftene via "betongveggen" og ikke via limsjiktet. Limsjiktet overfører i dette tilfellet ikke krefter mellom underlaget og flisene. Skjærbelastningen på limsjiktet er m.a.o. minimal og eventuelle elastiske egenskaper blir ikke utnyttet.

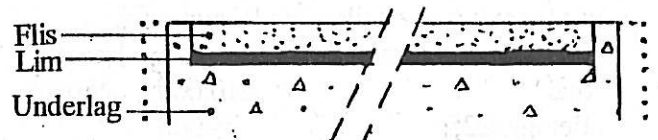


Fig. 4.2

Hvis flissjiktet er forbundet til underlaget ved «helt stive» fuger, vil flisene alltid følge bevegelsene i underlaget. Skjærbelastningen på limsjiktet er minimal og eventuelle elastiske egenskaper blir ikke utnyttet.

### 4.3 Stive og elastiske lim

Ved bruk av stive lim og der flislaget ikke utsettes for sidekantrykk (se foran), vil kraftoverføringen mellom underlag og fliser skje i nærheten av randsonen, se *fig. 4.3 a*. Limsjiktet inne på flaten er nærmest ubelastet. Dette betyr at situasjonen vist i *fig. 4.1 a*, nærmest er identisk med situasjonen vist i *fig. 4.2*. Skjærkreftene følger kraftopptaket, skjærspenningene i limsjiktet er derfor konsentrert til randsonene. (Spennings er likt kraft delt på areal.)

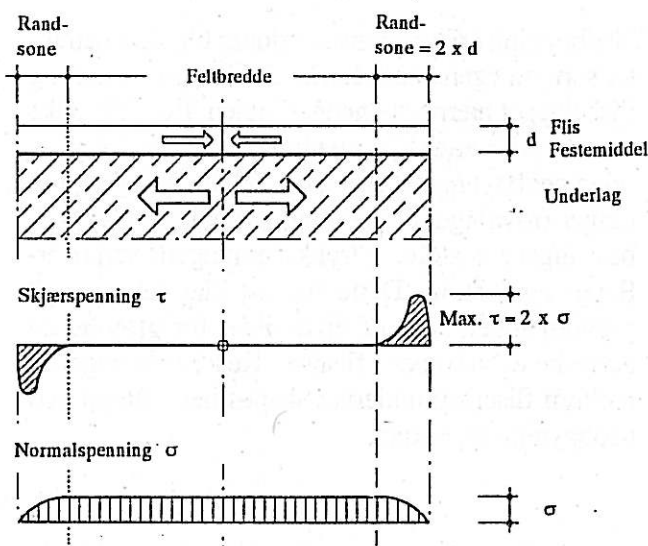


Fig. 4.3 a  
Kraftopptak med stive lim  
Kilde: «Keramische Beläge und Bekleidungen»  
Rudolf Müller, Köln 1990

Med et helt elastisk lim derimot, tvinges ikke flissjiktet til å følge med bevegelsen i underlaget, se *fig. 4.1 b*. Sementbaserte flislim med plasttilsetninger vil ikke oppføre seg som et fullstendig elastisk lim som vist i *fig. 4.1 b*, men representerer en mellomløsning mellom de to skisserte prinsipløsninger (*fig. 4.3 b*). "Noe" går som spenning, noe

som bevegelse. Jo mer elastisk limet er, jo "mindre" blir trykkspenningen.

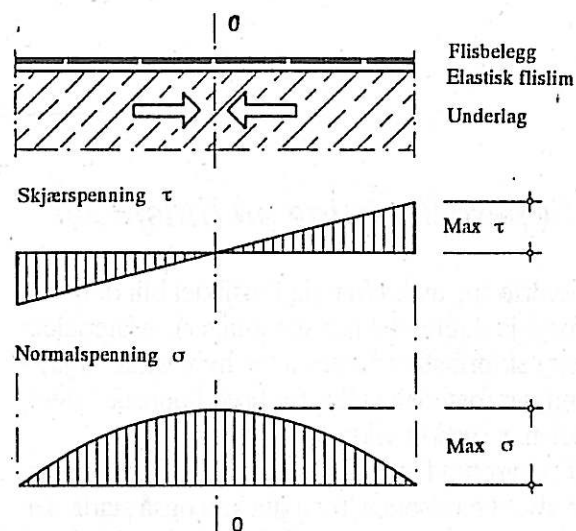


Fig. 4.3 b  
Kraftopptak med elastiske lim  
Kilde: Som 4.3 a

### 4.4 Kraft = motkraft

Ved at et flissjikt trykkes sammen på grunn av bevegelser i underlaget, mates trykkrefter inn i flissjiktet. Hva skjer med disse kreftene i forbindelse med fuger o.l.: forsvinner kreftene rett inn i fugen? Svaret er nei, fordi en kraft alltid har en motkraft (loven om kraft og motkraft er én av Newtons lover). For belegg av keramiske fliser vil trykkreftene alltid være rettet inn mot "sentrum" (0-punktet), det vil m.a.o. alltid være motsatt rettede krefter på motsatt side av sentrum som utlikner, se *fig. 4.3 a* og *b*. Det er derfor feil når det hevdes at kreftene "forsvinner" inn i bevegelsesfugen. Det riktige er at kreftene "starter" ved bevegelsesfugen.

## 5. Skadeårsaker

### 5.1 Skjærbelastning på limsjiktet

Ved overføring av krefter via limsjiktet blir dette utsatt for skjærkrefter (skjær-spenninger). Materialets (limets) skjærfasthet bestemmer hvor store skjærspenninger materialet tåler før brudd oppstår. Heftfastheten er også et viktig parameter.

Et skjærbrudd starter normalt der skjærheften er størst, dvs. i randsonen, men det kan også starte der skjærkapasiteten er lav, f.eks. ved tykkelsesvariasjoner i limsjiktet (spenningene øker når tverrsnittet reduseres). Størrelsen av skjærkreftene er som tidligere nevnt, avhengig både av limets elastisitet og av feltstørrelsen.

Bomskader som følge av skjærbrudd observeres relativt sjelden. Denne typen skader kan ikke skje hvis flisene er limt mellom med absolutt stive fuger, se *fig. 4.2*.

### 5.2 Utbuling av flissjiktet

Når flis løsner fra underlaget, skyldes det ofte en utsprenkning (oppbuling) av flissjiktet, se *fig. 5.2*. Trykkreftene i flissjiktet er så store at flisbelegget knekker ut. Det som utløser bruddet, kan være små avvik i planhet, ujevne fuger m.m. Risikoen for slik utbuling er størst der spenningene i flissjiktet er størst. Som det fremgår av figur 4.3 a, kan området med maksimale spenninger være hele flisfeltet innenfor ytre randsoner. Se også pkt. 4.4 "Kraft = motkraft".

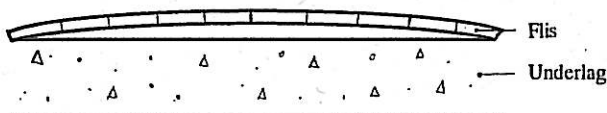


Fig. 5.2  
Flis løsner fra underlaget pga. oppbuling av flissjiktet.

### 5.3 Nedbøyning i dekkekonstruksjoner

Nedbøyning i dekkekonstruksjoner blir ofte betraktet som en egen skadeårsak. Dekket bøyer ned og flisbelegget nærmest "henger" igjen, *fig. 5.3*. Slike skader skjer etter vår mening, ikke som følge av selve nedbøyningen, men som følge av høye spenninger (tøyninger) i underlaget (dekket). Når nedbøyningene er store, er trykkspenningene ved overflaten også store. Dette har en klar relevans til prøvemethoden som nå er utviklet for prøving av elastiske egenskaper i flislim. Relative bevegelser mellom fliser og underlag skapes her nettopp ved nedbøyning av dekket.

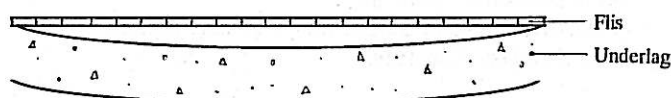


Fig. 5.3  
Nedbøyning i dekkekonstruksjonen. Flissjiktet «henger igjen».

## 6. Fleksible lim, muligheter og begrensninger

Den limtypen som i de fleste tilfellene er aktuell ved setting/legging av flis på betong, er sementbaserte pulverlim med eller uten plasttilsetning. Pastalim faller ofte ut på grunn av mangelfull fuktbestandighet og høy pris, mens herdeplastlim ikke velges av flere årsaker, bl.a. hensyn til arbeidsmiljø og pris. Begge disse sistnevnte limtypene vil imidlertid ha langt bedre elastiske egenskaper enn pulverlimene.

Av det som er nevnt foran, vil spenningene i en fliskonstruksjon bestemmes av størrelsen på de relative bevegelser mellom flis og betong, festemassens elastiske egenskaper (fleksibilitet), størrelsen på flisfeltet o.a. For å hindre at spenningene skal bli så store at skader oppstår, er det viktigste hjelpemiddelet i dag å beskrive at betongen skal ha en viss minstealder – gjerne 6 – 9 måneder, avhengig av betongtykkelse, årstid osv. – før flis limes ned. Et slikt krav er lite forenelig med de byggetidene som er vanlige i dag. På golv vil en flytende fliskonstruksjon alltid være et alternativ, mens en tilsvarende løsning ikke fins for vegger. Her må en altså søke å utnytte de mulighetene som ligger i inndeling av flisarealet ved hjelp av mykfuger o.l.

Ønsket om at en betong bør være 3/4 år ved flislegging/setting, er basert mer på praktiske erfaringer enn på kvantifiserte data for betongens deformasjoner og festemidlets egenskaper. Ut fra *fig. 2 c* vil betongens restsvinn ved denne alderen ofte være 30 – 40 % av totalsvinn eller mellom 0,1 og 0,2 ‰ etter *fig. 2 b*. Med tillegg av kryptøyninger og naturlige fukt- og temperaturvariasjoner kan de relative bevegelser i utsatte tilfeller ventes å ligge i området 0,2 til 0,35 ‰.

Noe godt grunnlag for å beskrive de elastiske eller fleksible egenskapene hos et flislim har ikke eksistert, selv om problemet gjennom skadeanalyser o.l. er viet stor interesse i de senere årene. En følge av denne fokuseringen er at markedet i dag kan tilby lim som har helt andre elastiske egenskaper enn tidligere. Denne forbedringen i limkvalitet er klart dokumentert gjennom laboratorieprøving utført i løpet av det siste året.

Prøving av fleksibilitet har i prinsipp gått ut på at flis ble limt på tynne plater av betong. Gjennom en belastning av betongplaten som gir konstant stuktøyning over flisarealet, registeres hvor stor tøyning som tåles før brudd i konstruksjonen oppstår. Prøvingen ga stuktøyninger før brudd fra 0,6 til over 1,0 mm/m for flere av de undersøkte pulverlimene. Den tilsvarende verdien for rene sementlim var til sammenlikning 0,20 mm. Det skal her også nevnes at det tradisjonelt har vært vanlig å regne med at rene sementlim kan ta opp relative bevegelser på 0,15 til 0,20 mm/m og plastmodifiserte lim fra 0,25 til 0,35 mm/m. Mange nye pulverlim kan ut fra prøveresultatene ta opp 3 til 5 ganger større relativ bevegelse enn de rene sementlimene, eller 2 til 3 ganger mer enn de eldre limene med plasttilsetning.

Hva betyr så disse resultatene i praksis? Sagt på en annen måte: Hvordan kan en nyttiggjøre seg de bedre limene best mulig? Før vi går videre inn på disse spørsmålene må betydningen presiseres av at limsjiktet er sammenhengende (ikke bruddt i fugene mellom de enkelte flisene) da fugemørtel i kontakt med flisunderlaget vil hindre at limfugens elastisitet blir utnyttet. Alternativet vil være å bruke fugemørtel med stor evne til å ta opp bevegelser. Dette siste anses i dag lite aktuelt, f.eks. på golv, på grunn av at de kravene som bør settes til fugemassens fasthet ikke lett lar seg forende med et strengt krav til fleksibilitet (krav til inntrykningsmotstand).

Når det gjelder overføring av resultater fra laboratorieforsøk til praksis, må det alltid tas visse reserverasjoner. Krav til limsjiktet er allerede berørt. Det forholdet at prøvingen strekker seg over et tidsrom på 3 – 4 timer, mens bevegelsene i praksis strekker seg over måneder og år, skulle tilsi at prøveresultatene er på den sikre siden sammenliknet med hva som kan forventes i praksis. Dette henger sammen med limmaterialenes evne til spenningsavlastning (relaksasjon). Et annet moment er at de relative bevegelsene under prøvingen i hovedsak er éndimensjonal mens de i praksis vil være todimensjonale (plater istedenfor striper). I et relativt homo-

gent limsjikt må man kunne regne med at elastiske egenskaper er de samme i alle retninger. Det er da nærliggende å angi den målte verdien delt på  $\sqrt{2}$  som dimensjonerende, relativ bevegelse for limtypen (se fig. 6). Diagonalen i et kvadrat er  $\sqrt{2}$  ganger sidelengden, og det vil være mest riktig å si at det er diagonalen (d) som bestemmes ved prøvingen av de elastiske egenskapene).

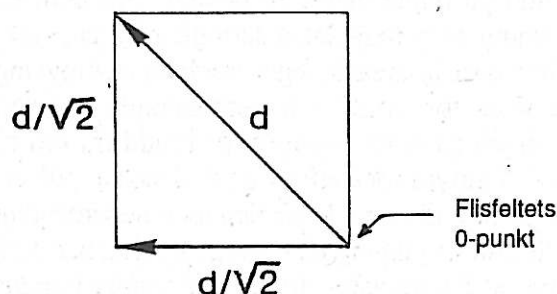


Fig. 6  
Det antas at et limkanta oppde samme relative bevegelsene i alle retninger.  
 $d$  = målt. fleksibilitet

De tenkbare mulighetene som ligger i mer fleksible lim vil være:

- Flis kan settes/legges etter dagens retningslinjer på nyere betong enn tidligere (større restsvinn).
- Flisgolv som i dag legges med glidesjikt, kan i visse tilfeller legges i fast forankring.
- Golv på glidesjikt kan under visse betingelser utføres i større felter.

Mange vil vurdere det å kunne utføre flisarbeidet på nyere betongkonstruksjoner, som det viktigste momentet. I det følgende gir vi ett par teoretiske beregninger på aktuelle problemstillinger:

### I. Flissetting av kjøleromsvegg

En 200 mm tykk betongvegg, 4,0 m x 4,0 m, skal flisettes. Betongens totale svinn er stipulert til 0,4 mm/m og fukt- og temperaturbevegelser til 0,05 mm/m. Kryptøyningen anses å kunne overses. Ved hvilken betongalder kan veggens flisettes dersom:

- Det benyttes et lim med målt fleksibilitet  $fd = 0,3$  mm/m?
- Det velges et meget fleksibelt lim,  $fd = 0,8$  mm/m?

Avstanden fra veggens 0-punkt (tyngdepunkt til randen) = 2,0 m  
Dimensjonerende bevegelse i underlaget  $(r + \Delta l) \cdot d = (r + 0,05) \cdot 2$

$r$  = restsvinn  
 $\Delta l$  = temperaturbevegelse  
 $d$  =  $\frac{1}{2}$  største sidelengde

- Dimensjonerende bevegelse for limet  $0,3/\sqrt{2} = 0,21$  mm/m

$$2r + 0,1 = 0,21$$

$$r = 0,11/2 = 0,06 \text{ mm/m eller } 15 \% \text{ av samlet svinn.}$$

Ut fra fig. 2 c må betongen ha en alder på langt over ett år for å møte dette kravet.

- Dimensjonerende bevegelse for limet:  $0,8/\sqrt{2} = 0,57$  mm/m

$$2r + 0,1 = 0,57$$

$$r = 0,24 \text{ eller } 60 \% \text{ av samlet svinn.}$$

Fra fig. 2 c: Betongens alder må være minst ca. 3 mnd. ved flissetting.

### II. Golv i foaje

En 100 mm påstøp, 6,0 m x 5,5 m, må flislegges senest 4 mnd. etter at betongen ble støpt. Hvilken løsning bør velges? Det er gitt følgende opplysninger:

- Betongens totale svinn ut fra fig. 2 b: 0,45 mm/m
- Temperatur- og fuktbevegelser kan overses.
- Betongens uttørkingsbetingelser er gode.

Restsvinnet etter 4 måneder vil være ca. 40 % eller 0,18 mm/m. Med en løsning med fleksibelt lim og fast forankring, vil kravet til målt fleksibilitet (x) bli

$$x/\sqrt{2} = 0,18 \cdot 3$$

$$x = 0,76 \text{ mm/m}$$

Ut fra en slik betraktning vil teoretisk flere av de undersøkte limene tilfredsstillende et slikt krav. Det anbefales imidlertid alltid å legge inn gode sikkerhetsmarginer i slike betraktninger. En oppdeling av flaten med fuger med spesielt elastisk fugemørtel kan være et aktuelt tiltak i dette tilfellet.

Som påpekt flere ganger foran, vil fleksible lim bare kunne utnyttes hvis de grunnleggende forutsetninger er tilfredsstillende. Helt sentralt er det at bevegelsene virkelig kan taes opp i myke fuger. Oppdeling i felter og utforming av bevegelsesfuger er behandlet i kap. 7.

## 7. Forslag til praktiske retningslinjer

### 7.1 Grunnlag

I den utprøvingen av lim som er berørt foran, har vi valgt å inndele limtypene i tre klasser.

Klasse	Målt fleksibilitet mm/m	Evaluering
S	0 - 0,3	Liten evne til å ta opp relativ bevegelse
F	0,3 - 0,6	God evne til å ta opp relativ bevegelse
MF	> 0,6	Meget god evne til å ta opp relativ bevegelse

S = stive lim, F = fleksible lim, MF = meget fleksible lim

Med bakgrunn i den skisserte utvikling på limfronten, og den skadeerfaringen som er samlet gjennom en rekke år, vil det i framtiden være riktig bare å benytte lim med fleksibilitet over 0,3 mm/m på alle "nye" betongkonstruksjoner. Unntaket vil altså være betongflater som er eldre enn 3 – 5 år.

### 7.2 Bevegelsesfuger

Innledningsvis skal her refereres fra NS 3420 kap. T.

"Alle flislag skal være utført med bevegelsesfuger i slikt omfang at sprekker og andre skader unngås. Der flislaget er fast forbundet med underlaget, tyder erfaringen på at bevegelsesfuger bare er nødvendig mot gjennom-brytende komponenter (vegger – rør o.l.) og på steder hvor bærekonstruksjonen lett får sprekker, f.eks. ved materialskiller, der man har sterke

spenningskonsentrasjoner o.l. Det skal tas hensyn til temperaturvariasjoner. Flislag som er skilt fra underlaget med glidesjikt, må i tillegg til dette ha bevegelsesfuger med jevne mellomrom. Bevegelsesfuger skal gå gjennom hele flislaget."

De tradisjonelle leggemetodene er, som nevnt, å legge fliser i mørtel, enten flytende eller fast forankret. Liming av fliser på et avrettet underlag er på en måte en mellomting av disse to. Jo mer elastisk limet er, desto mer nærmer konstruksjonen seg et flytende flislag. Nyttan av å dele opp en flate i mindre seksjoner, skilt med bevegelsesfuger gjennom flissjiktet, har vært diskutert, men med fleksible lim er effekten godt dokumentert i flere prosjekter i de senere årene.

I NS 3420 er det presisert at bevegelsesfuger skal benyttes mot gjennom-brytende komponenter. Dette begrepet omfatter vegger, oppstikkende fundamenter, rør m.m., altså alt som bryter gjennom flislaget, og som har fast forbindelse med underlaget (bærekonstruksjonen). Platevegger hvor spikerslag er skutt fast, må regnes som en fast forbindelse, likeledes murte vegger på et dekke.

Effekten av å dele opp en flate med bevegelsesfuger skal skisseres i følgende eksempel:

På et fritt opplagt betongdekke (opplagt på f.eks. lettlinkerblokkvegger) er limt keramisk flis. Ved svinn mot dekkets 0-punkt er det ingenting på kantene som følger med innover og som presser mot flissjiktet. Dermed oppnås full utnyttelse av limets elastisitet. Skjærspenningene øker ut fra dekkets 0-punkt. Skjærspenningene på grunn av relativ bevegelse ute ved rendene må imidlertid aldri bli større enn limfugen tåler, se *fig. 7.2 a*. Ved å legge inn mykfuger vil skjærspenningsbildet i prinsipp bli som vist i *fig. 7.2 b*. Maksimal skjærspenning, og dermed faren for skader, reduseres.



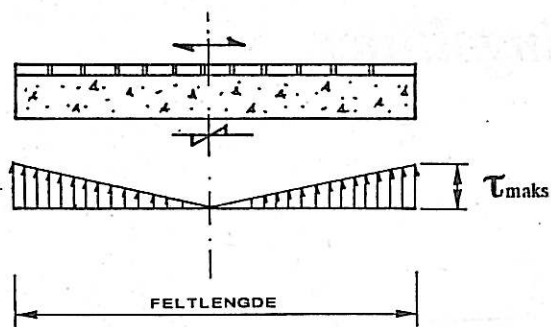


Fig. 7.2 a  
Skjærspenninger på grunn av relative bevegelser mellom flissjikt og underlag

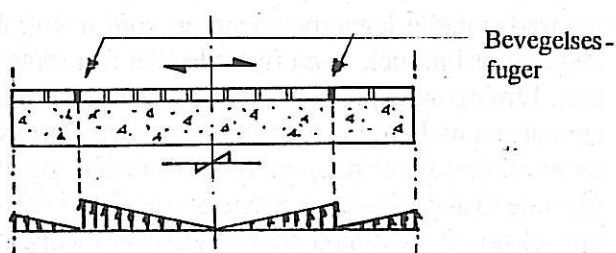


Fig. 7.2 b  
Skjærspenningsbildet i prinsipp når feltet deles opp med bevegelsesfuger

Ut fra det som er påpekt innledningsvis må man ved legging av golv alltid starte med at et mykt materiale (skumplast) festes mot vegger, søyler, rundt rør etc. Ved bruk av glidesjikt (vanligvis to lag plastfolie) skal underlagets overflate minst være så glatt som det en finner hos brettskurte flater. Ved flytende golv skal bevegelsesfugene gå helt ned til glidesjiktet, se *fig. 7.2 c*.

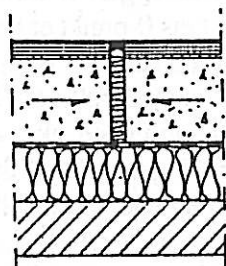


Fig. 7.2 c  
Ved flytende golv skal bevegelsesfuger føres helt ned til glidesjikt

Et limsjikt krever en viss minstetykkelse for at de elastiske egenskaper skal utnyttes. Generelt må gjelde at limproduktens angitte limforbruk må leg-

ges til grunn, men det kan også nevnes at undersøkelsen har vist at limsjiktet minst bør være 2,0 mm tykt under riller/knaster o.l.

På vegger skal det være myke fuger nede ved golvet, se *fig. 7.2 d*, oppe mot himling og i alle hjørner. Uten slike fuger kan resultatet lett bli som vist i *fig. 7.2 e*.

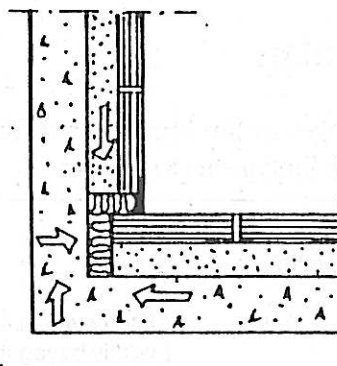


Fig. 7.2 d  
Myke fuger i vegg hjørner

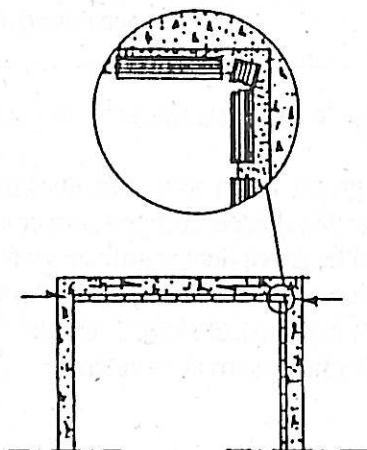


Fig. 7.2 e  
Skader som en følge av manglende mykfuger i hjørner

### 7.3 Feltinndeling

Fugeplassering må bestemmes ut fra bl.a. den geometriske utforming av det arealet som skal flislegges. Forholdet mellom største og minste sidelengde for hvert enkelt felt skal helst være 1:1, og bør aldri være større enn 1,5/1. I *fig. 7.3* er vist en golvplan hvor forslag til plassering av bevegelsesfuger er skissert.

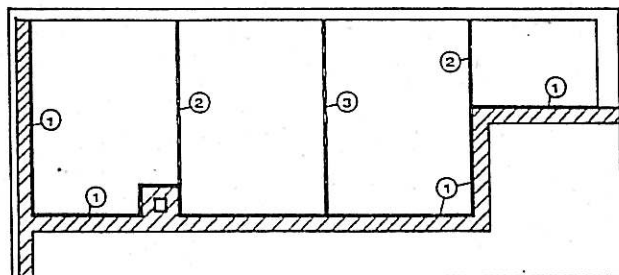


Fig. 7.3  
Golvplan  
O = bevegelsesfuger

I pkt. 7.2 er det pekt på at et flytende golv bare vil fungere dersom glidesjiktet ligger på et underlag uten altfor stor friksjon. Selv på relativt glatte betongflater er det registrert at spesielt tunge gjenstander som f.eks. de tunge frysediskene i enkelte forretninger, har hindret de relative bevegelser mellom fliskonstruksjon og underlag med skader som resultat. Hvis praktisk mulig bør derfor flater med spesielt store punktlaster skilles fra flaten for øvrig med bevegelsesfuger.

Spesielt på flater som utsettes for store temperatursvingninger, ser man ofte at bredden på bevegelsesfugene blir laget for liten. Ser vi f.eks. på en terrasse hvor flisene skal legges ut i felter på 3,6 m x 3,6 m, vil nødvendig bredde på bevegelsesfugene kunne beregnes som følger:

Differanse mellom maks.- og min.-temperatur kan settes til 80 °C. De aktuelle fugemassene kan tåle en bevegelse på ± 20 % av fugebredden. Nødvendig fugebredde med temperaturutvidelseskoeffisient 0,006 mm/m °C for flisa vil være:

$$\frac{0,006 \cdot 80 \cdot 3,6 \cdot 100}{20} = 8,6 \text{ mm}$$

For å fange opp ujevne flisstørrelser, bør fugebredden økes, og i dette tilfellet velges ca. 12 mm. Ønskes smalere fuge, må feltstørrelsen gjøres mindre. Det anbefales aldri å basere fugebredden på at fugemassen skal utsettes for større bevegelser enn ± 25 %.

## 7.4 Feltstørrelse

Som skissert i kap. 6, vil de nye limkvalitetene kunne bidra til at metoden med liming av flis direkte på et betongdekke kan benyttes der glidesjikt tidligere har vært nødvendig. For vegger ligger mulighetene altså i å sette flis ved lavere betongalder.

I tabellene 7.4 a og 7.4 b er gitt beregnet maksimal sidelengde for kvadratiske felter avhengig av stipulert betongsvinn (fig. 2 b), og betongalder (restsvinn, fig. 2 c) for lim i klasse F og MF.

Tabellene er basert på en betongtykkelse på 200 mm og tosidig uttørking. Tabellverdiene skulle derfor f.eks. kunne anvendes direkte også for en 100 mm betongplate på grunnen (énsidig uttørking). En annen forutsetning for de gitte verdiene er at fliskonstruksjonen utsettes for små temperaturbevegelser.

I tabellverdiene er det lagt inn 20 % tillegg til målt fleksibilitet som en delvis kompensasjon for den spenningsavlastningen som vil skje i limsjiktet over tid.

Tabell 7.1  
Største feltlengde (m) ved stipulert betongsvinn 0,4 mm/m

Betongalder (mnd.)	Fleksibelt lim	
	Type F	Type MF
1	1,25	1,75
3	2,75	4,50
4	3,50	5,50
6	4,50	7,25
8	5,50	8,50

Tabell 7.2  
Største feltlengde (m) ved stipulert betongsvinn 0,7 mm/m

Betongalder (mnd.)	Fleksibelt lim	
	Type F	Type MF
1	0,50	1,50
3	1,50	2,75
4	2,00	3,25
6	2,50	4,25
8	3,00	5,00

Tabellverdiene kan ved første øyekast virke konservative. Det å legge/sette flis på en relativt ung betong er i mange tilfeller lite forenelig med de kravene som må stilles, og dette bør også komme klart fram i anvisninger o.l. Samtidig viser tabellene hvilke muligheter som ligger i de fleksible limene. Med et MF-lim kan det etter tabellene f.eks. limes flis på en baderomsvegg med vegg høyde 2,75 m og stort svinnpotensiale etter 3 mnd. Etter 6 mnd. kan

et golv på 50 m<sup>2</sup> limes ned i fast forankring på en betong med svin 0,4 mm/m osv. Ved legging av flis på ny betong, f.eks. et 2 mndr. gammelt golv, vil imidlertid fliskonstruksjon på glidesjikt fortsatt være den mest aktuelle løsningen.

*Tabellene 7.4 a og 7.4 b* bør også brukes av bransjen for å påvirke rådgivere/byggherrer o.a. til å benytte en betong med lite svinn i en konstruksjon som skal ha belegg/kledning av keramisk flis.

## 8. Sluttbemerkninger

Retningslinjene for feltstørrelser, avhengig av betongens svinn og alder, må ses som et første steg på veien bort fra dagens praksis som trygt kan sies å være preget av tilfeldigheter. I framtiden kan det f.eks. være aktuelt med en mer nyansert inndeling av limkvalitetene, f.eks. kan en klasse for lim med fleksibilitet over 1,0 mm/m være aktuell. For bransjen er det, etter vår mening, i dag meget viktig å komme over i en situasjon hvor limkvalitet/feltinndeling etc.

velges med bakgrunn i en kvantifisert vurdering av de relative bevegelsene mellom flis og underlag. Det samme gjelder bruken av riktige løsninger i overganger golv/vegg, i hjørner o.l. En optimal utnyttelse av alle limtyper kan være neste steg på veien.

Det viktigste i første omgang er å ta i bruk – og innhente erfaringer med – de løsningene som er skissert her.

# Referanser

- NS 3473 Prosjektering av betongkonstruksjoner. Beregnings- og konstruksjonsregler. 3. utg. 1989
- Müller, Rudolf «Keramische Beläge und Bekleidigungen». Köln 1990
- NS 3420.1 Beskrivelsestekster for bygg og anlegg. Bind 1. Tekniske bestemmelser. 2. utg. 1986
- Vesterlied, Atle Flislegging, Universitetsforlaget, Oslo 1986

