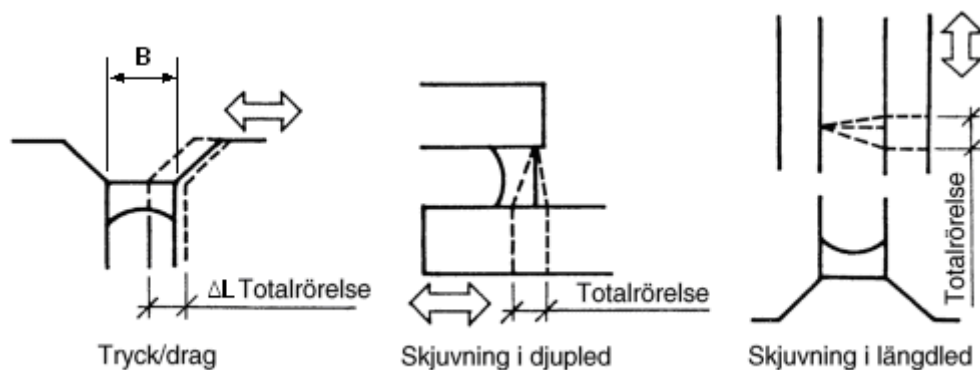




Fogbreddsberäkning för parallellfogar

1. Fogtyper

Rörelser i fogar kan delas in i två typer. Irreversibla rörelser är sådana rörelser som inträffar bara en gång. Den vanligaste beräkningsbara orsaken till denna typ av rörelse är uttorkning av betong. Den andra typen av rörelse är cyklisk och orsakas av temperatur- och fuktrörelser i de material som omger fogen. I första hand ska man kräva att få data om materialrörelser under olika miljöbetingelser från leverantören. I texten nedan finns också några allmänna källor till data angivna.



[Fig. 1 Beskriver en parallellfog som rör sig, $\Delta L = 25\%$, ej $\pm 25\%$]

Rörelsen över fogen kan i princip ske genom tryck och dragrörelser, skjuvning i djupled eller som skjuvning i längdled. Man bör göra konstruktionen så att rörelserna över fogen sker genom tryck och drag. Denna rekommendation behandlar dimensionering av fogar som har tryck- och dragrörelser. Se fig. 1 ovan.

2. Allmänt

Fogmassornas klassificering indikerar hur stor procentuell rörelse de kan ta upp vid laboratorieförsök, t.ex. $\pm 25\%$ (räknat från 0-läget i fig. 1) för en fogmassa enligt ISO 11600 F 25 LM. Det cyklingsprov som görs utförs med samma \pm amplitud som klassificeringen indikerar. Det går naturligtvis inte att konstruera en fog som har samma rörelseamplitud som den valda fogmassan utsatts för vid ett laboratorieprov.

Vid appliceringen av fogmassan kan man inte veta var i rörelsecykeln fogen befinner sig när fogmassan härdar, eftersom detta kan ta flera dygn. Man kan alltså inte anta att den rörelse som den härdade fogmassan utsatts för utgår från 0-läget enligt fig. 1. Det oförmåligaste fallet är om fogmassan härdar färdigt när fogen är som smalast, ett inte orimligt an-

tagande eftersom detta inträffar när det är som varmast (Fogmassor härdar snabbare vid högre temperatur). Man måste alltså räkna med att man bara kan använda töjningsdelen av fogmassans rörelseupptagningsförmåga. Det finns dock en egenskap hos elastiska fogmassor som på sikt mildrar effekten av att fogmassan inte härdar i 0-läget. Inga fogmassor är 100 % elastiska. Kravet på återgång efter en 24 timmars deformation är t.ex. i klass F 25 LM ≥ 70 %. Detta betyder att fogmassan så småningom anpassar sig efter rörelsens 0-läge. Detta mildrar i någon mån också effekten av irreversibla rörelser. Denna effekt kan variera mellan typ av fogmassor och den är i de flesta fall inte undersökt för den specifika fogmassa som ska användas eftersom något sådant prov inte är standardiserat.

Ovanstående resonemang ger följande regel:

En fogmassa klassificerad enligt ISO 11 600 kan ta upp en total procentuell rörelse, $100 \times (\Delta L/B)$, som är lika stor som klassens sifferbenämning.

När en fog ska konstrueras är stomme, elementmaterial och storlek samt miljö givna. Fogmassans rörelseupptagningsförmåga är 20 eller 25 %.

Vid fogkonstruktion ska alltså bredden på fogen beräknas utifrån val av fogmasseklass och övriga förutsättningar.

3. Irreversibla rörelser

De irreversibla rörelser som måste tas hänsyn till uppstår främst på grund av uttorkning av nygjuten betong. I vissa fall kan krymprörelserna i ett nybyggt hus ta ut varandra, både stommen och fasadelementen kan tänkas krympa lika mycket om de är ungefär lika nygjutna och av betongkvaliteter med liknande krympningsfaktorer. Tyvärr så kompliceras förhållandet av att uttorkningen och därmed krympningen sker i olika takt beroende på tjockleken hos stomme eller element, olika torkmiljö och betongkvalitet. Stommen kan också få flertalet mindre sprickor som i och för sig är betydelselösa, men som sammantaget gör att yttermåttan på huset inte minskar proportionellt mot teoretiska materialdata. Man bör alltså vara försiktig med antagandet att krympning hos stomme och element tar ut varandra. De verkar i och för sig åt samma håll, men innan man subtraherar stomkrympning från elementkrympning bör man kunna visa hur stor den är och att den tidsmässigt äger rum så att den faktiskt hinner motverka elementkrympningen, innan denna hunnit leda till fogbrott.

Betong krymper 0,03 -0,06 % från vattenmättat tillstånd till 50 % relativ fuktighet, se tabell 2 nedan. Vid torkning från båda håll tar det ca ett år för en 10 cm betongvägg att krympa färdigt. För en 40 cm tjock vägg tar det flera år...

I det fall nya betongelement monteras på en gammal stomme, eller stålstomme, måste man naturligtvis räkna med hela elementets irreversibla krympning.

Den irreversibla rörelsen i fogen orsakad av fasadelementens krympning, ΔL_i (mm), räknas ut enligt (1)

$$(1) \quad \Delta L_i = 0,5 (K_1 \times L_1 + K_2 \times L_2) \times 10$$

K_n = Materialets krympning i %

L_n = Längden på respektive byggnadselement i m

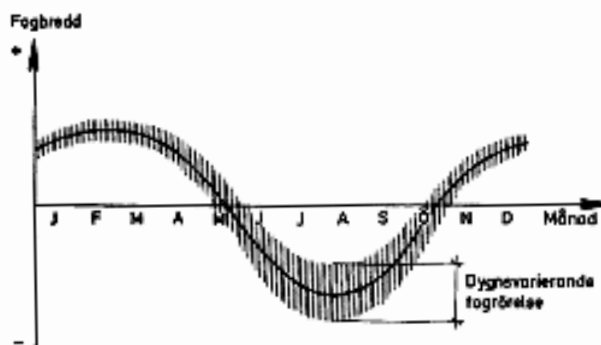
Faktorn 0,5 innebär att byggnadselementet antas röra sig med mitten som fixerad punkt, därför räknas endast hälften av elementens längd

Faktorn 10 är endast en omräkning från meter till millimeter och från %.

4. Cykliska rörelser

Fig. 2

Cyklisk fogrörelse, från ref. 1.



Temperaturbetingade rörelser

Värmeutvidgningskoefficient för några vanliga byggmaterial:

Tabell 1 Värmeutvidgningskoefficient för några vanliga byggmaterial. (Data från SFRs kursmaterial) Se även ref 1 för fler material.	Längdutvidgningskoefficienter	α
		Aluminium
	Järn, stål	11×10^{-6}
	Koppar	17×10^{-6}
	Betong	$6-12 \times 10^{-6}$
	Kalksandsten	$7,8 \times 10^{-6}$
	Tegel	$4-6 \times 10^{-6}$
	PVC	50×10^{-6}
	Glas	$8,5 \times 10^{-6}$
	Granit	$8-12 \times 10^{-6}$
	Kalksten	$8-12 \times 10^{-6}$
	Marmor	$4-16 \times 10^{-6}$

Fogens temperaturbetingade rörelse, ΔL_{ct} (mm), räknas ut enligt (2). Observera att temperaturen på materialet kan variera på grund av färg och andra egenskaper, trots att miljön för båda material är lika. Se "Design of sealant joints" (ref. 3)

$$(2) \quad \Delta L_{ct} = 0,5 (\Delta T_1 \times \alpha_1 \times L_1 + \Delta T_2 \times \alpha_2 \times L_2) \times 1000$$

ΔT_n = Temperaturdifferens i °C för respektive material

α_n = Längdutvidgningskoefficient (1/ °C) för respektive material

L_n = Längd för respektive byggnadselement

Fuktbetingade rörelser

För betongelement är rörelsen på grund av fukthaltsförändring omkring 0,05 %. Rörelsen är inte försumbar, men mycket långsammare än temperaturcyklerna. Materialet är också normalt sett torrare under den varma årstiden, vilket motverkar temperaturbetingade rörelser. Man skulle alltså kunna göra en något smalare fog om man i ett enskilt fall räknar på detta, men normalt sett bortser man från fuktrörelsen i fasadelement av betong.

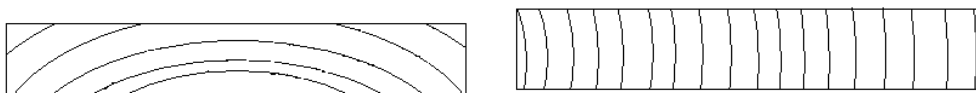
Ett fall där man måste ta hänsyn till fuktrörelser är trämaterials rörelser tvärs fiberriktningen. De vanligaste applikationerna är nåtning av trägolv och båtdäck. Större parkettgolv kan också behöva rörelsefogar på grund av fuktrörelser. Storleken på fuktrörelsen hos trä varierar kraftigt med typ av träslag och om den mäts radiellt eller tangentiellt med årsringarna. Krysslimmad lamellparkett har mindre rörelser än solida trägolv. Kantrörelser hos en större yta med stavparkett beror både på om alla bitar ligger parallellt eller om de ligger i vinkel mot varandra, men också i stor grad av hur tätt stavarna är lagda. Om de inte knackats ihop så hårt finns lite svällmån kvar mellan varje stav. Ref. 3, 4, 5 och 6 innehåller data om klimatrörelser hos olika träslag. Vid större eller dyrare objekt, kontakta alltid trämaterialleverantören för att få data på dimensionsförändringen vid de klimat konstruktionen kommer att utsättas för.

Ungefärlig uppgift om fuktrörelser hos några olika byggnadsmaterial:

Material	Krympning, %	Anmärkning
Trä i fiberriktningen	0,2 – 0,6	Från rått till helt torrt
Trä, radiellt	3,8 – 5,3	Från rått till helt torrt
Trä, tangentiellt	6,9 – 10,9	Från rått till helt torrt
Plywood	0,25	Från 90 % RF till 0 % RF
Spånskiva	0,4	Från 90 % RF till 0 % RF
Träfiberskiva	0,5	Från 90 % RF till 0 % RF
Betong	0,03 – 0,06	Från vattenmättnad till 50 % RF
Autoklaverad lättbetong	0,02 – 0,06	Från vattenmättnad till 43 % RF
Tegel	0,0005 – 0,001	Från vattenmättnad till inneklimatiserat

Enligt ref. 3 så är träets krympning proportionellt med fuktkvoten och relativa fuktigheten från ca 30 % fuktkvot (rått tillstånd) och nedåt. (Fuktkvoten = vattenmängd i förhållande till torrsubstansen i trät) Därför går det lätt att räkna ut den procentuella rörelsen för alla rimliga fall, om man t.ex. har krympningen mellan 90 och 60 % relativ fuktighet, som fallet ofta är i ref. 4.. Se även räkneexempel i ref. 5, kap. 5.10.

Fig 3. Brädor med krympning i olika riktning



Fogens cykliska rörelse, ΔL_{cf} (mm), om endast fuktrörelser beaktas, t.ex. trägolv inne räknas ut enligt (3)

$$(3) \quad \Delta L_{cf} = 0,5 (F_1 \times L_1 + F_2 \times L_2) \times 10$$

F_n = Materialets rörelse i % mellan de två klimattillstånden

L_n = Längden på respektive byggnadselement i m

Faktorn 0,5 innebär att byggnadselementet antas röra sig med mitten som fixerad punkt, därför räknas endast hälften av elementens längd

Faktorn 10 är endast en omräkning från meter till millimeter och från %.

Formeln (3) Används också när man har tabelldata på ett materials rörelse mellan de förekommande klimattillstånden.

Fogar med fukt- och temperaturbetingade rörelser

Detta förekommer naturligtvis, men det blir mycket besvärligt att beräkna rörelsen med hänsyn till båda faktorerna på ett tillförlitligt sätt. Detta främst beroende på att rörelsecyklerna inte ligger i fas. Normalt sett antar man att den ena typen av rörelse dominerar, eller att fuktrörelsen motverkar temperaturrörelsen. För träkonstruktioner kan det i vissa sammanhang vara relevant, men då finns oftast tabelldata för olika fukt och temperaturtillstånd. Se t.ex. ref. 3. När man har tillgång till materialens procentuella rörelser från litteratur eller tillverkare, används (3) för att räkna ut rörelsen.

Total rörelse

Den cykliska och den irreversibla rörelsen adderas enligt (4)

$$(4) \quad \Delta L_{tot} = \Delta L_c + \Delta L_i$$

5. Fogens bredd

Efter det att fogens rörelse har räknats ut enligt ovan och klass på fogmassa valts, räknas fogens bredd B ut enligt (5)

$$(5) \quad B = 100 \times \Delta L_{\text{tot}} / \text{ISO-klass}$$

ISO-klass = Rörelseupptagningsförmågan enligt ISO 11 600 (%)

Den uträknade bredden är fogens minimibredd, större bredd är inget problem ur rörelseupptagningsförmågans synvinkel.

I SFRs övriga rekommendationer och i Hus-AMA finns angivet minsta tillåtna fogbredd för olika applikationer. Den får inte understigas även om beräkning enligt ovan skulle indikera att det är möjligt, eftersom det ger alltför små marginaler för de toleranser som finns i material och ingångsdata.

I vissa rekommendationer finns angivet att fogen inte bör överstiga en viss bredd. Överväg detta när elementdimensionen väljs, ett betongelement över 6,5 m ger fogar som blir i bredaste laget. En för bred fog är inte estetiskt tilltalande och blir dessutom mycket svår att göra snyggt. I golv är för breda fogar definitivt inte önskvärda pga. risk för mekaniskt slitage.

6. Tumregel för fogbredd vid fasadelement av betong

Se även SFRs rekommendation nr 1.

För fogmassor av klasserna F 25 LM och F 25 HM ska fogbredden vara minst 12 mm och minst 1/500 av summan av de omgivande fasadelementens bredd eller höjd. Om byggnadens stomme är av stål (eller stomkrympning inte kan antas) används faktorn 1/400.

För fogmassor av klasserna F 20 LM och F 20 HM ska fogbredden vara minst 10 mm och minst 1/400 av summan av de omgivande fasadelementens bredd eller höjd. Om byggnadens stomme är av stål (eller stomkrympning inte kan antas) används faktorn 1/320.

Om så smal fog som möjligt önskas görs en så fullständig och noggrann beräkning som möjligt. Tumregeln måste med nödvändighet räkna med generella antaganden om materialets temperaturdeformation och initiala krympning.

7. Formelsamling

En fogmassa klassificerad enligt ISO 11 600 kan ta upp en total procentuell rörelse, $100 \times (\Delta L/B)$, som är lika stor som klassens sifferbenämning.

Den irreversibla rörelsen i fogen orsakad av fasadelementens krympning, ΔL_i (mm), räknas ut enligt (1)

$$(1) \quad \Delta L_i = 0,5 (K_1 \times L_1 + K_2 \times L_2) \times 10$$

K_n = Materialets krympning i %

L_n = Längden på respektive byggnadselement i m

Fogens cykliska temperaturbetingade rörelse, ΔL_{ct} (mm), räknas ut enligt (2). Observera att temperaturen på materialet kan variera på grund av färg och andra egenskaper, trots att miljön för båda material är lika. Se "Design of sealant joints" (ref. 3)

$$(2) \quad \Delta L_{ct} = 0,5 (\Delta T_1 \times \alpha_1 \times L_1 + \Delta T_2 \times \alpha_2 \times L_2) \times 1000$$

ΔT_n = Temperaturdifferens i °C för respektive material

α_n = Längdutvidgningskoefficient (1/ °C) för respektive material

L_n = Längd för respektive byggnadselement

Fogens cykliska rörelse, ΔL_{cf} (mm), om endast fuktrörelser beaktas, t. ex. trägolv inne räknas ut enligt (3)

$$(3) \quad \Delta L_{cf} = 0,5 (F_1 \times L_1 + F_2 \times L_2) \times 10$$

F_n = Materialets rörelse i % mellan de två klimattillstånden

L_n = Längden på respektive byggnadselement i m

Fogens totala rörelse fås genom att addera den cykliska och den irreversibla rörelsen enligt (4)

$$(4) \quad \Delta L_{tot} = \Delta L_c + \Delta L_i$$

Fogens bredd B räknas ut enligt (5)

$$(5) \quad B = 100 \times \Delta L_{\text{tot}} / \text{ISO-klass}$$

ISO-klass = Rörelseupptagningsförmågan enligt ISO 11 600 ((%)

Den uträknade bredden är fogens minimibredd, större bredd är inget problem ur rörelseupptagningsförmågans synvinkel.

I SFRs övriga rekommendationer och i Hus-AMA finns angivet minsta tillåtna fogbredd för olika applikationer. Den får inte understigas även om beräkning enligt ovan skulle indikera att det är möjligt, eftersom det ger alltför små marginaler för de toleranser som finns i material och ingångsdata.

I vissa rekommendationer finns angivet att fogen inte bör överstiga en viss bredd. Överväg detta när elementdimensionen väljs, ett betongelement över 6,5 m ger fogar som blir i bredaste laget. En för bred fog är inte estetiskt tilltalande och blir dessutom mycket svår att göra snyggt. I golv är för breda fogar definitivt inte önskvärda pga. risk för mekaniskt slitage.

Källor:

1. Per Gunnar Bjurström "Byggnadsmaterial" 2001. ISBN 91-44-01176-8
2. O'Connor, Design of sealant joints, ASTM STP 1069, 1990. ISBN 0-8031-1282-3
3. J.B.B. Esping, J-G. Salin, P. Brander, "Fukt i trä för byggindustrin", SP Träteck 2005 publ nr SP INFO 2005:24, ISBN 978-91-976310-0-6
4. Boutelje och Rune Rydell, "Träfakta", Träteck publ nr 8604028, ISBN 91-88170-21-7
5. K. Remmert, J Heller, H. Spang, K. Bauer, T. Brehm "Fachbuch für Parkettleger und Bodenleger", 2:a upplagan, SN Verlag Hamburg, ISBN 3-924883-03-3, tabell sid 176.
6. B. Esping, "Grunder i torkning", Träteck, Publ. Nr 9205030, ISBN 91-88170-06-3, Kap. 5